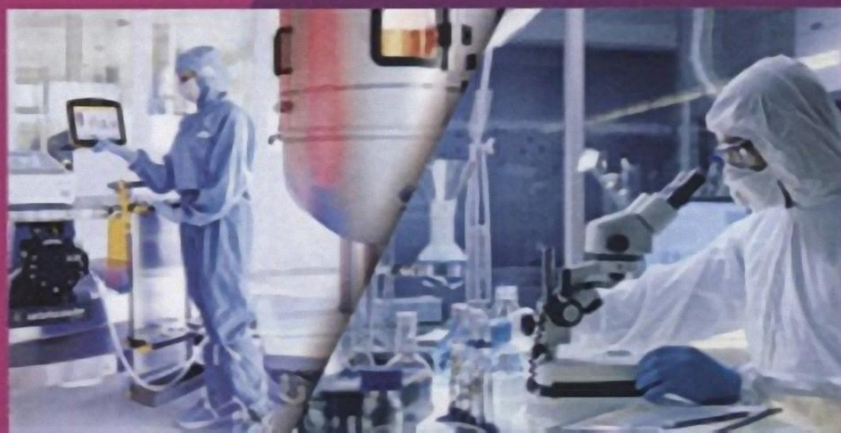


# БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ



[www.e.lanbook.com](http://www.e.lanbook.com)



**ЭБС  
ЛАНЬ**

# БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Под общей редакцией доктора технических наук,  
профессора Н. И. Акинина

## **ДОПУЩЕНО**

*Федеральным учебно-методическим объединением  
в системе высшего образования по укрупненной группе  
специальностей и направлений подготовки  
«Техносферная безопасность и природообустройство»  
в качестве учебника для студентов,  
обучающихся по основным образовательным программам  
высшего образования по направлениям подготовки  
бакалавриата «Техносферная безопасность»,  
«Природообустройство и водопользование»  
и специалитета «Пожарная безопасность»*



САНКТ-ПЕТЕРБУРГ  
МОСКВА  
КРАСНОДАР  
2019

УДК 614.8  
ББК 65.247я73  
Б 40

**Б 40**      **Безопасность жизнедеятельности в химической промышленности: Учебник / Под общ. ред. Н. И. Акинина. — СПб.: Издательство «Лань», 2019. — 448 с.: ил. — (Учебники для вузов. Специальная литература).**

**ISBN 978-5-8114-3891-4**

В учебнике изложены ключевые направления техносферной безопасности: промышленная безопасность и охрана труда, риск как мера опасности, вопросы устойчивого развития, законодательная и нормативная базы, обеспечение комфортных условий труда, производственная санитария, инженерные основы промышленной безопасности; основы пожарной безопасности; экологическая безопасность; защита населения и территорий от опасностей в чрезвычайных ситуациях.

Учебник предназначен для студентов, аспирантов и преподавателей технических вузов химико-технологического профиля направлений: «Химическая технология», «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии», «Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий», «Химическая технология материалов современной энергетики», «Техносферная безопасность».

УДК 614.8  
ББК 65.247я73

**Рецензенты:**

*Е. В. ГЛЕБОВА* — доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой промышленной безопасности и охраны окружающей среды Российского государственного университета нефти и газа (национальный исследовательский университет) им. И. М. Губкина;

*Т. В. САВИЦКАЯ* — доктор технических наук, профессор кафедры компьютерно-интегрированных систем в химической технологии Российского химико-технологического университета им. Д. И. Менделеева;

*Е. Н. СИМАКОВА* — кандидат педагогических наук, доцент кафедры экологии и промышленной безопасности Московского государственного технического университета им. Н. Э. Баумана.

**Авторы:**

*Н. И. АКИНИН* — общая редакция, разделы 1, 2;

*Л. К. МАРИНИНА* — раздел 5;

*А. Я. ВАСИН* — глава 19, раздел 6;

*М. Д. ЧЕРНЕЦКАЯ* — раздел 4;

*Е. Б. АНОСОВА* — разделы 1, 2;

*Г. Г. ГАДЖИЕВ* — раздел 3.

**Обложка**  
*Е. А. ВЛАСОВА*

© Издательство «Лань», 2019  
© Коллектив авторов, 2019  
© Издательство «Лань»,  
художественное оформление, 2019

## ВВЕДЕНИЕ

Изменения, происходящие в современном мире и в России, затрагивают все сферы человеческой деятельности.

Согласно научным прогнозам, вероятность природных и техногенных катастроф в мире будет возрастать. Эта тенденция сохранится на ближайшие десятилетия. Поэтому планирование безопасной жизнедеятельности на индивидуальном, коллективном, общественном и планетарном уровнях становится главной заботой человечества.

Формирование безопасного образа жизни, обеспечивающего выживание человеческой цивилизации, необходимо начинать на индивидуальном уровне и в различных сферах пребывания человека: семье, дошкольных учреждениях, школах, армии, при использовании СМИ. Большую роль в этой задаче играет образование.

Период 2005–2015 гг. был объявлен ООН Десятилетием образования для устойчивого развития — единственно возможного сценария выживания человеческой цивилизации. Практический результат такого образования выражается в подготовке специалистов, способных принимать решения с учетом всех аспектов безопасности и рисков, обладающих соответствующим мировоззрением. В связи с этим дисциплина «Безопасность жизнедеятельности» является обязательной для всех стандартов высшего профессионального образования третьего поколения.

Настоящий учебник составлен с учетом требований современного образовательного стандарта. Он охватывает такие вопросы, как взаимодействие человека и среды обитания, виды рисков и опасностей техносферы (в том числе химических производств), обеспечение безопасности производственной деятельности и инженерные основы техники безопасности, основы пожарной безопасности, защита населения и территорий от опасностей в чрезвычайных ситуациях.

В результате изучения дисциплины «Безопасность жизнедеятельности» с использованием данного учебника обучающийся должен:

**знать** основные природные и техносферные опасности, их свойства и характеристики, характер воздействия вредных и опасных факторов на человека и природную среду, методы защиты от них применительно к сфере своей профессиональной деятельности;

**уметь** идентифицировать основные опасности среды обитания человека, оценивать риск их реализации, выбирать методы защиты от опасностей приме-



нительно к сфере своей профессиональной деятельности и способы обеспечения комфортных условий жизнедеятельности;

**владеть** законодательными и правовыми основами в области безопасности и охраны окружающей среды, требованиями безопасности технических регламентов в сфере профессиональной деятельности; способами и технологиями защиты в чрезвычайных ситуациях; понятийно-терминологическим аппаратом в области безопасности; навыками рационализации профессиональной деятельности с целью обеспечения безопасности и защиты окружающей среды.

Изучение курса безопасности жизнедеятельности при подготовке бакалавров по техническим и химическим направлениям подготовки и специальностям направлено на приобретение следующих компетенций.

**Общекультурные компетенции:**

- способность использовать приемы оказания первой помощи, методы защиты в условиях чрезвычайных ситуаций;
- владеть культурой безопасности и риск-ориентированным мышлением, при котором вопросы безопасности и сохранения окружающей среды рассматриваются в качестве важнейших приоритетов в жизни и деятельности;
- готовность пользоваться основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий.

**Общепрофессиональные компетенции:**

- способность учитывать современные тенденции развития техники и технологий в области обеспечения техносферной безопасности, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности;
- способность ориентироваться в основных нормативно-правовых актах в области обеспечения безопасности;
- способность пропагандировать цели и задачи обеспечения безопасности человека и окружающей среды.

## **Раздел I**

# **ТЕХНОСФЕРА И БЕЗОПАСНОСТЬ**

## Глава 1

# УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ И БЕЗОПАСНОСТЬ

### 1.1.

## ОПАСНОСТИ И ИХ ИСТОЧНИКИ. ОСНОВНЫЕ ОПАСНОСТИ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

**Безопасность жизнедеятельности** — это область научных знаний, изучающая опасности и способы защиты от них человека в любых условиях существования. Как любая наука, «Безопасность жизнедеятельности» обладает понятийным аппаратом, включающим систему собственных понятий, теоретических положений, аксиом, методов исследования. Рассмотрим основные из них.

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

Люди осуществляют свою жизнедеятельность, в качестве системы которой может рассматриваться земной шар в целом, отдельная страна, населенный пункт, организация, жилище человека, обеспечивающие удовлетворение потребности человека на определенном интервале времени.

В качестве системы деятельности может рассматриваться человек и совокупность объектов внешней среды, взаимодействие которых обеспечивает реализацию определенного интереса человека. Например, человек, его рабочее место, предмет труда образует систему деятельности человека, в рамках которых протекает процесс труда.

В жизненном процессе человек неразрывно связан с окружающей его средой обитания, под которой понимают окружающую человека среду, обусловленную совокупностью факторов (физических, химических, биологических, информационных, социальных и т. д.), оказывающих прямое или косвенное, немедленное или отдаленное воздействие на жизнедеятельность человека, здоровье и его потомство. Эти факторы оказывают влияние на безопасность человека.

Согласно Закону РФ № 2446-1 от 05.03.1992 (ред. от 26.06.2008) «О безопасности», **безопасность** — состояние защищенности жизненно важных интересов личности, общества и государства от внутренних и внешних угроз.

**Угрозы безопасности** — совокупность факторов и условий, представляющих опасность жизненно важным интересам личности, общества и государства.

Термин «опасность» является ключевым в безопасности жизнедеятельности. Существует множество определений слова «опасность», зачастую отражающих область деятельности, личные представления о предмете рассмотрения и т. п.

**Опасность** — способность человека и окружающей среды причинять ущерб живой и неживой материи. Это понятие можно трактовать как негативное свойство систем материального мира, приводящее человека к потере здоровья и гибели или же природу к деградации и разрушению. Источником опасности может быть все живое и неживое всегда и везде.

Для каждого источника опасности характерны координаты пространства и времени, уровень опасности, зоны и продолжительность существования опасности. Опасности реализуются лишь при взаимодействии источника опасности, генерирующего поток воздействия, и объекта воздействия, воспринимающего этот поток. Таким образом, отсутствие одной составляющей теоретически исключает вопрос о защите от опасностей.

Для возникновения и реализации опасностей необходимо соблюдение следующих условий:

- совпадение во времени и пространстве систем «источник воздействия — объект защиты»;
- наличие источника опасности, способного создавать потоки вещества, информации и энергии;
- наличие ограничений по величине воздействия потоков у объекта защиты.

При анализе воздействия источника опасностей на объект защиты следует помнить, что потоки вещества, энергии и информации не обладают избирательностью и одновременно воздействуют на человека, окружающую среду и материальные объекты. Следовательно, на объект защиты одновременно воздействуют все потоки извне, поступающие в зону его пребывания.

Для современности характерны две основные ситуации, связанные с воздействием опасности на человека:

1) длительное (повседневное) воздействие постоянных или переменных опасностей ограниченной интенсивности в локальных, региональных и глобальных зонах (производственная городская, бытовая среды).

2) кратковременные воздействия импульсных опасностей высокой интенсивности (зоны чрезвычайных ситуаций, техногенных аварий и катастроф).

По степени завершенности процесса воздействия на объект защиты опасности разделяют на потенциальные, реальные и реализованные.

**Потенциальная опасность** не связана с пространством и временем воздействия. Например, выражение «химическое производство пожаровзрывоопасно» говорит о потенциальной опасности.

**Реальная опасность** связана с конкретной угрозой. Она связана с пространством и временем. Например, при определенных производственных про-



цессах на химически опасных объектах возможен выброс технологической среды, способной образовывать взрывоопасные концентрации в воздухе.

**Реализованная опасность** связана с фактом воздействия на окружающую среду, человека, имущество. Если на объекте химической промышленности произошел выброс и в результате погибли люди или уничтожено имущество, речь идет о реализованной опасности.

Опасность может быть реализована в виде происшествия, чрезвычайного происшествия.

**Происшествие** — событие, состоящее из негативного воздействия с причинением ущерба людским, природным и/или материальным ресурсам.

**Чрезвычайное происшествие (ЧП)** — событие, происходящее обычно кратковременно и обладающее высоким уровнем негативного воздействия на людей, природные и материальные ресурсы. ЧП — общее название для аварий, катастроф и стихийных бедствий.

**Авария** — чрезвычайное происшествие в техногенной системе, не сопровождающееся гибелью людей, при котором восстановление технических средств невозможно или экономически нецелесообразно.

**Катастрофа** — чрезвычайное происшествие в технической системе, сопровождающееся гибелью людей.

**Стихийное бедствие** — чрезвычайное происшествие, связанное со стихийными явлениями на Земле и приведшее к материальному ущербу, разрушению технических объектов и биологических систем, сопровождающееся гибелью людей.

Итак, реализованная опасность причиняет вред жизни, здоровью и имуществу человека. С точки зрения безопасности жизнедеятельности под ущербом здоровья понимается заболевание, травма или смертельный исход.

Человек подвергается опасности в быту, в городской среде, на производстве. Опасности, воздействующие на него, в каждом случае различны, их уровень неоднороден.

Опасности всегда сопровождали все виды деятельности человека. Это позволяет сформулировать аксиому о потенциальной опасности любого вида деятельности: «Любая деятельность потенциально опасна». В отдельных источниках (Федеральный закон № 7-ФЗ от 10.01.2002 «Об охране окружающей среды») эта аксиома называется презумпцией потенциальной опасности.

Источниками опасностей могут быть биосфера и техносфера.

**Биосфера** — область существования живых организмов и/или частично образованная из их останков, занимающая определенные слои литосферы, гидросферы и атмосферы. Биосфера формировалась миллиарды лет и может находиться в устойчивом равновесии без вмешательства человека неограниченное время.

**Техносфера** — преобразованная человеком с использованием технических средств область биосферы. Преобразования должны были повысить безопасность и комфортность существования. К объектам техносферы относятся все искусственно созданные объекты: здания и сооружения, автотранспорт, сеть дорог, промышленные предприятия. Отличительной особенностью техно-

сферы является то, что она может существовать исключительно при поддержке человека, в противном случае быстро деградирует и приходит в негодность.

**Окружающая среда** — это все, что окружает человека и может взаимодействовать с ним тем или иным способом, среда обитания, включающая природные и искусственно созданные объекты (т. е. объекты техносферы и биосферы) с их свойствами и зависимостями между собой. Включает *бытовую, городскую и производственную* среду. Современный человек проводит свою жизнь, перемещаясь между этими средами, и нигде не находится в состоянии абсолютной безопасности, которая является недостижимым состоянием, а любая деятельность человека может стать потенциально опасной.

Наибольшее количество травм и заболеваний приходится на производственную среду. Одной из базовых отраслей экономики России считается химическая промышленность, на предприятиях которой занято более 380 тыс. человек. В течение 2017 г. на предприятиях данной отрасли промышленности получило вред здоровью и погибло более 120 человек. Опасности химических производств зависят от многих факторов: физико-химических свойств сырья, продуктов производства, характера технологического процесса, конструкции и надежности оборудования, условий хранения и транспортирования химических веществ, наличия и состояния контрольно-измерительных приборов и средств автоматизации, эффективности средств противоаварийной защиты и т. д. Кроме того, высока опасность производства, использования, хранения и перевозок **аварийно химически опасных веществ (АХОВ)**.

Энергонасыщенность современных химических объектов колоссальна — типовой нефтеперерабатывающий завод мощностью 10–15 млн т/год сосредотачивает на своей промышленной площадке от 300 до 500 тыс. т углеводородного топлива, энергосодержание которого эквивалентно 3–5 мегатоннам тротила. Поэтому отличительной чертой таких производств является их повышенная пожаро- и взрывоопасность.

Постоянно интенсифицируются технологии (такие параметры, как температура, давление, содержание опасных веществ, растут и приближаются к критическим). Увеличиваются единичные мощности аппаратов, количества находящихся в них опасных веществ. Номенклатура выпуска нефтехимического или химического завода с передовой технологией, обеспечивающей комплексную переработку сырья, может состоять из тысяч позиций, причем многие из изготавливаемых продуктов горючи, чрезвычайно токсичны или ядовиты.

Экономическая выгода кластеризации промышленных предприятий ведет к созданию индустриальных комплексов, в которых находятся узлы энергораспределения, тепло- и газоснабжения, транспортных магистралей и которые, как правило, размещаются в местах проживания населения. Практики констатировали, что «...способы проведения спасательных и неотложных аварийно-восстановительных работ при ликвидации крупных производственных аварий в принципе мало чем отличаются от способов ведения работ в очагах ядерного поражения».

Из-за сильных коррозионных свойств обращающихся на производстве материалов на предприятиях химической промышленности особенно велик

электротравматизм, причем поражениям подвергается в основном персонал не электропрофессий.

Специалистами в области безопасности (М. В. Бесчастнов, В. А. Легасов, В. К. Маршалл) многократно отмечалась неадекватность положения, сложившегося в обеспечении безопасности химической промышленности, уровню современной технологии.

Наличие большого количества факторов, от которых зависит безопасность функционирования химически опасных объектов, определяет сложность решения проблемы предупреждения аварий и катастроф на химических производствах и требует специальных знаний по обеспечению безопасности на химических предприятиях.

Обеспечение безопасности как устранение опасности в первую очередь для человека реализует принцип **антропоцентризма**. Данный принцип положен в основу нормативного и методологического подходов к безопасности жизнедеятельности.

Другие опасности представляют угрозу для объектов техносферы и природной среды, а на жизнедеятельность людей влияют опосредованно через ухудшение качества жизни. Поэтому жизнедеятельность характеризуется не только качеством жизни, но и безопасностью. Различного рода опасности рассматриваются для вполне определенных объектов, но в первую очередь для человека.

Так, безопасность человека в окружающей среде может рассматриваться для следующих случаев:

- 1) *безопасность человека как объекта воздействия негативных факторов в окружающей среде* — основа понятия безопасности;
- 2) *безопасность человека как субъекта негативных воздействий, способных принести вред другим людям, организациям, обществу, государству;*
- 3) *безопасность человека по отношению к внутренней среде организма;*
- 4) *безопасность человека для самого себя.*

Деятельность человека как специфически человеческая форма активного отношения к окружающему миру, содержание которой составляет его преобразование, сама может быть источником опасности для других людей. Поэтому основной задачей безопасности жизнедеятельности является снижение уровня опасности любого вида деятельности человека, т. е. достижение определенного уровня безопасности.

Мерой обеспечения безопасности является риск.

## 1.2.

### **РИСК — КОЛИЧЕСТВЕННАЯ МЕРА ОПАСНОСТЕЙ. ВИДЫ РИСКА. УПРАВЛЕНИЕ РИСКОМ**

**Риск** связан с любой деятельностью человека и с угрозой причинения ему ущерба. В связи с этим в последние десятилетия и само понятия риска становится все более многогранным.

Проявление риска в различных сферах жизнедеятельности человека повлекло за собой многочисленные его трактовки. Значительная часть определенных риска связана со случайными событиями или процессами; последствия этих процессов или явлений нежелательны.

Природные процессы и человеческая деятельность считаются основными причинами существования риска. Для всесторонней оценки уровня безопасности используются различные виды риска.

**Индивидуальный риск** — вероятность реализации опасности на отдельного индивидуума. Индивидуальный риск определяют по числу реализовавшихся факторов риска:

$$R_{\text{и}} = \frac{P_t}{L_f},$$

где  $R_{\text{и}}$  — индивидуальный риск;  $P_t$  — число пострадавших (погибших) в единицу времени  $t$  от определенного фактора риска  $f$ ;  $L$  — число людей, подверженных соответствующему фактору риска  $f$  в единицу времени  $t$ .

Согласно официальным данным, за 2017 г. в Российской Федерации от пожаров погибло 29 тыс. человек. Население России составляет приблизительно 146 млн. Следовательно, индивидуальный риск пожаров в РФ на 2017 г. составляет:

$$R_{\text{и}} = \frac{29\,000}{1\,460\,000} = 1,986 \cdot 10^{-4}.$$

**Социальный (коллективный) риск** — возможность негативного воздействия на группы людей.

Для оценки воздействия на окружающую среду используют понятие **экологического риска**. Его оценивают как отношение численности разрушенных природных объектов на рассматриваемой территории в течение года:

$$R_o = \frac{\Delta O(t)}{O},$$

где  $R_o$  — экологический риск;  $\Delta O$  — число антропогенных экологических катастроф и стихийных бедствий в единицу времени  $t$ ;  $O$  — число потенциальных источников экологических разрушений на рассматриваемой территории.

Иногда экологический риск оценивают отношением площади разрушенных территорий к общей площади региона:

$$R_o^m = \frac{\Delta S}{S},$$

где  $\Delta S$  — площадь кризисных или катастрофических территорий;  $S$  — общая площадь рассматриваемого биоценоза.

Для выявления уровня существующего вида риска необходим его анализ и оценка.



**Анализ риска** — процесс идентификации опасностей и оценки риска для отдельных лиц или групп населения, имущества или окружающей среды. Существует целый ряд формальных методов выявления опасностей.

**Оценка риска** — процесс, используемый для определения величины (меры) риска анализируемой опасности для здоровья человека, материальных ценностей, окружающей природной среды и других ситуаций, связанных с реализацией опасности. Это этап, на котором идентифицированные опасности должны быть оценены на основании нормативов безопасности в целях выделения опасности с неприемлемым уровнем риска.

Оценка риска служит основой для разработки рекомендаций и мер по уменьшению опасностей. При этом и критерии безопасности, и результаты оценки риска могут быть выражены как качественно, так и количественно. Она строится на фундаментальном, прежде всего естественнонаучном и инженерном, изучении источника (например, химического объекта) и факторов риска (например, загрязняющих веществ с учетом особенностей конкретной технологии и экологической обстановки) и механизма взаимодействия между ними и служит основой для исследования и выработки мер управления риском в соответствии с алгоритмом действий.

Оценка риска включает в себя анализ частоты, анализ последствий негативных событий и их сочетаний. Существует четыре разных подхода к оценке риска:

- **инженерный (детерменистский)** опирается на статистику поломок и аварий, на вероятностный анализ безопасности: построение и расчет так называемых деревьев событий и деревьев отказов и т. д.;
- **модельный** — построение моделей воздействия вредных факторов на человека и окружающую среду. Эти модели могут описывать как последствия обычной работы предприятий, так и ущерб от аварий на них;
- **экспертный** — вероятности различных событий, связи между ними и последствия аварий определяют не вычислениями, а опросом экспертов;
- **социологический** — исследуется отношение населения к разным видам риска.

**Управление риском** — часть системного подхода к принятию решений, процедур и практических мер в решении задач предупреждения или уменьшения опасности для жизни человека, заболеваний или травм, ущерба материальным ценностям и окружающей природной среде. Это совокупность мероприятий, направленных на снижение уровня технического риска, уменьшение потенциальных материальных потерь и других негативных последствий аварий. Речь идет о предотвращении возникновения аварийных ситуаций на производстве и мерах по локализации негативных последствий в тех случаях, когда аварии произошли.

Особенностью этого направления является комплексность, включающая в себя различные аспекты: технические, организационно-управленческие, социально-экономические, медицинские, биологические.

Концепция абсолютной безопасности до недавнего времени была фундаментом, на котором строились нормативы безопасности во всем мире. Для пре-

дотвращения аварий внедрялись дополнительные технические устройства — инженерные системы безопасности, принимались организационные меры, обеспечивающие высокий уровень дисциплины, строгий регламент работы.

Считалось, что такой подход позволяет исключить любую опасность для населения и окружающей среды и обеспечить абсолютную безопасность, т. е. нулевой риск.

Со временем пришло понимание невозможности обеспечения «абсолютной безопасности» (нулевого риска), и следует стремиться к достижению такого уровня риска от опасных факторов, который можно рассматривать как **приемлемый**.

В основу данной концепции положено реальное и постоянное существование источников, условий и факторов риска для жизни, здоровья и нормальной деятельности граждан, их групп и общества в целом, материальных ценностей, а также для стабильности государства.

Под **приемлемым риском** понимается такой уровень риска, который был бы оправдан с точки зрения экономических и социальных факторов, т. е. приемлемый риск — это риск, с которым общество в целом готово мириться ради получения определенных благ в результате своей деятельности.

Особенности восприятия риска обществом определяют приемлемость различных рисков. Известно, что приемлемый уровень смертельного риска при добровольном участии людей в том или ином опасном предприятии (занятие экстремальными видами спорта, вождение автомобиля) на три порядка выше, чем при вынужденном. Также известно, что общество считает одиночные, но с тяжелыми последствиями, события менее приемлемыми, чем большое количество малых происшествий при той же степени риска.

Для оценки уровня и качества жизни часто используются интегральные функционалы, такие, например, как **средняя ожидаемая продолжительность жизни (СОПЖ)**.

СОПЖ при рождении человека вычисляется как число лет, которое в среднем предстояло бы прожить одному человеку из поколения родившихся в данном году, если бы уровень смертности на протяжении всей жизни этого поколения в каждом возрасте оставался таким же, как в год вычисления этого показателя.

В России на 2017 г. СОПЖ составляет 72,4 года, причем для мужчин этот показатель составляет 66,5 лет, женщин — 77 лет. Значение данного показателя несколько повысилось по сравнению со значением начала 2000-х гг. (59 лет — продолжительность жизни мужчин, 74 года — женщин, 66,5 лет — СОПЖ), но все еще ниже, чем в странах Европы и Японии (СОПЖ — 82–84 года).

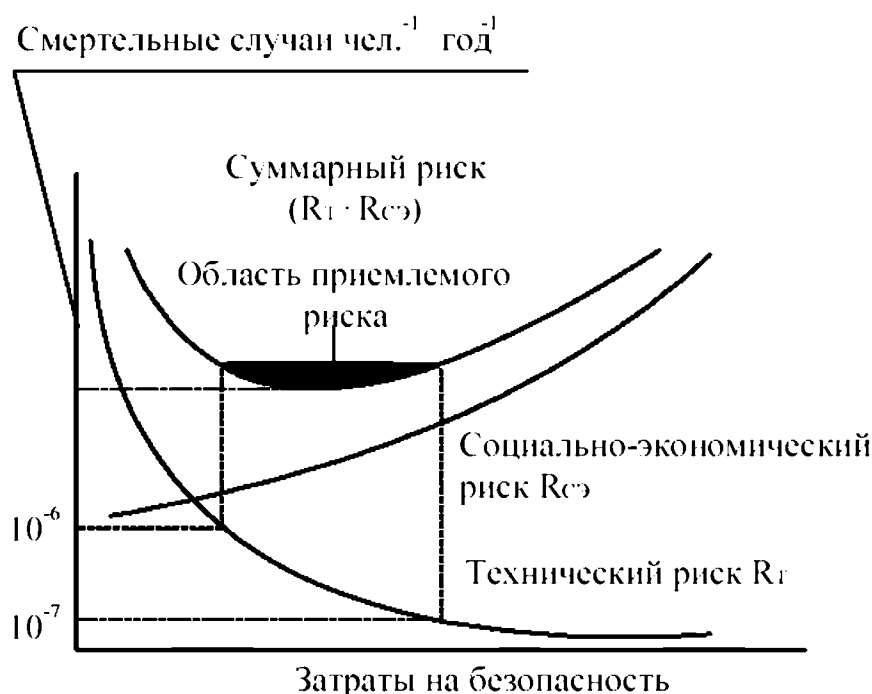
Поскольку абсолютное значение СОПЖ зависит как от разнообразных факторов, так и от внешнего воздействия, в качестве критерия риска следует принимать не абсолютное значение СОПЖ, а его изменение с течением времени. Увеличение СОПЖ означает снижение уровня риска от всех видов воздействий и увеличение социальной защищенности (улучшение медицинского обслуживания, уровня питания и т. д.). То есть изменение СОПЖ может служить интегральным критерием уровня риска внешнего воздействия.

Уровень и качество жизни описывает индекс развития человеческого потенциала (ИРЧП), который помимо СОПЖ включает сравнительную оценку бедности, грамотности, образования и других показателей развития страны.

Значения этих характеристик отражают не только уровень риска смертельных исходов вследствие самых разных причин (не только техногенного и природного характера), но и уровень здоровья населения, и качество его жизни.

Экономические возможности повышения безопасности не безграничны. Затрачивая чрезмерные средства на повышение безопасности, можно нанести ущерб социальной сфере, например ухудшить медицинскую помощь.

На рисунке 1.1 показан упрощенный пример определения приемлемого (допустимого) риска. При увеличении затрат технический риск снижается, но растет социальный. Суммарный риск имеет минимум при определенном соотношении между инвестициями в техническую и социальную сферы. Это обстоятельство нужно учитывать при выборе риска, с которым общество пока вынуждено мириться.



**Рис. 1.1**

Определение приемлемого (допустимого) риска

Управление рисками, т. е. снижение определенных рисков до приемлемого уровня, является одной из главных задач нашей цивилизации. Человечество всегда меняло одни опасности на другие. Угрозу мерзнуть и голодать — на опасность уничтожения окружающей среды. Опасность умереть от ряда болезней — на опасность получить новые поколения болезнетворных штаммов, которые устойчивы к действию применяемых лекарств. Значение технологии управления рисками в XXI в. будет только нарастать.

В интересах обеспечения сравнимости степени риска для жизнедеятельности территорий, объектов техносферы, видов деятельности, причин (источ-

ников опасности), обоснованного выбора для реализации проектов при наличии альтернатив используют показатели риска. В зависимости от возможности формализации задачи и имеющейся исходной информации могут быть использованы следующие показатели:

- **количественные;**

- **качественные**, которые применяют тогда, когда отсутствует возможность количественных оценок (необходимы статистика, модели).

Чаще всего риск определяется как возможность реализации опасности чего-либо, возможность наступления сравнительно редких событий с отрицательными последствиями, т. е. характеризуется совокупностью двух свойств:

- возможностью причинения вреда;

- неоднозначностью наступления опасного события.

Концепция тяжести (серьезности) последствия может включать и ущерб данного последствия, выраженный в денежном эквиваленте. Экономический эквивалент стоимости человеческой жизни в России составляет 9–38 млн руб.

На практике часто используются качественные методы, основанные на установлении категорий вероятности (реализуемости) и последствий, а затем присвоении каждой категории определенного рейтинга. Такой метод часто используется для индивидуального риска благодаря простоте и наглядности данной концепции.

Допустим, если известно, что на производстве в нашей стране ежегодно погибает около 7 тыс. человек, а численность работающих составляет примерно 70 млн человек:

$$\frac{n}{N} = \frac{7 \cdot 10^3}{70 \cdot 10^6} = 10^{-4}.$$

Таким образом, вероятность гибели на производстве составляет одну десятитысячную, т. е. в среднем из десяти тысяч работающих в течение года погибнет один человек.

В то же время индивидуальный риск смерти в различных отраслях промышленности варьируется в очень широких пределах: от  $10^{-2}$  при производстве отравляющих веществ до  $10^{-6}$ – $10^{-5}$  в швейной и обувной промышленности.

Если же взять все отрасли промышленности, то средний риск смерти от профессиональной деятельности практически не изменился за последние 50–60 лет и составляет в настоящее время около  $6 \cdot 10^{-4}$  в год, т. е. ежегодно из 1 млн работающих 600 погибает от воздействия факторов производственной деятельности. Этот уровень гибели от производственных факторов в настоящий момент является социально приемлемым уровнем риска гибели.

Индивидуальный риск смерти, связанный со средой обитания, составляет  $10^{-2}$  на человека в год: из 1 млн человек, включая все возрастные группы, ежегодно умирает от старости и болезней 10 тыс.

Индивидуальный риск гибели, связанный с воздействием опасных факторов среды обитания — опасных природных явлений, составляет приблизительно  $10^{-6}$  на человека в год.



В случае коллективного (группового, социального) риска оценивается не вероятность, а количество пораженных в результате воздействия опасного фактора. Таким образом, оценивается возможный ущерб. Коллективный риск зависит от индивидуального: коллективный риск для группы людей равен индивидуальному риску для одного человека, умноженному на число  $N$  людей в группе.

Для характеристики условий труда, отвечающих нормативным требованиям, введено понятие производственного риска, для чего учитывается наличие хотя бы одного вредного или опасного производственного фактора, не соответствующего требованиям нормативных документов. Наличие этого фактора может стать причиной возникновения профессионального заболевания либо спровоцировать несчастный случай.

Социальный риск характеризуется как тяжесть или катастрофичность последствий реализации опасного события. Специалисты в области безопасности и теории рисков определяют социальный риск как «зависимость риска (частоты возникновения) событий, состоящих в поражении определенного количества людей, подвергаемых поражающими воздействиями определенного вида при реализации определенных опасностей, от этого числа людей; социальный риск характеризует масштаб катастрофичности опасности». Для оценки социального риска используют кривые Фармера, представляющие собой отношение частоты возникновения аварий или ЧС с гибелью людей к числу погибших ( $F/N$ -кривые).

Таким образом, приемлемый риск любого характера сочетает в себе технические, экономические, социальные и политические аспекты и представляет собой некий компромисс между уровнем безопасности и возможностями ее достижения.

Поскольку экономические возможности повышения безопасности технических систем не безграничны (в частности, при чрезмерных затратах на повышение уровня безопасности можно нанести ущерб социальной сфере), безопасность должна достигаться путем снижения уровня риска до допустимого.

**Допустимый риск** представляет собой оптимальный баланс между безопасностью и требованиями, которым должны удовлетворять продукция, процесс или услуга, а также такими факторами, как выгодность для пользователя, эффективность затрат.

Практическая деятельность показывает, что даже при самом внимательном подходе к обеспечению безопасности (например, в космонавтике) катастроф с человеческими жертвами избежать не удастся.

Безопасность — это существование в условиях допустимого (приемлемого) риска.

### 1.3.

## ЭВОЛЮЦИЯ ОПАСНОСТЕЙ И ЧЕЛОВЕКА

Опасности и угрозы для человека (индивидуума и биологического вида) сопровождали все его существование. Несмотря на недавнее с точки зрения истории Земли появление человека, его влияние на окружающую среду заметно во всем мире.

Согласно закону Ю. Н. Куражковского, **«жизнь возможна только при обмене объекта с окружающей средой потоками вещества, энергии и информации»**. Таким образом, жизнь является формой существования организмов, возможной только в открытых системах, подпитываемых энергией из внешнего источника. Жизнь на Земле сосредоточена в биосфере. Она зависит от круговорота важнейших химических веществ, в котором непосредственное участие принимают организмы. В настоящий момент в связи с безвозвратным изъятием из окружающей среды многих элементов в результате человеческой деятельности круговороты многих элементов (биогеохимические циклы) являются разомкнутыми.

Предположительно, 200 тыс. лет назад на Земле жило не более 250 тыс. человек, 50 тыс. лет назад — около миллиона. 10–12 тыс. лет назад, во времена кроманьона, популяция людей составила 3,5 млн человек. Но поскольку смертность сильно превышала рождаемость, а средняя продолжительность жизни составляла не более 20 лет, прирост населения был невелик.

С переходом к оседлому образу жизни, распространению земледелия и скотоводства население выросло до 50 млн, но плотность его распространения была крайне неравномерной.

В Средние века численность населения была нестабильна из-за массовых эпидемий, войн, неурожаев. Но с развитием технологий начиная с XV в. численность населения стала возрастать, и к XVIII в. на Земле жило 450 млн человек. Средняя продолжительность жизни составляла 50 лет. Одновременно с ростом численности населения Земли начиная с XVI в. происходил еще один важный процесс — урбанизация.

**Урбанизация** — переселение людей на постоянное проживание из сельской местности в города главным образом в результате их широкого привлечения к промышленному производству.

С наступлением научно-технической революции (НТР), ростом экономических и технических достижений снизились заболеваемость и смертность, выросла продолжительность жизни. Численность населения за XIX в. достигла 1,6 млрд человек, усилился процесс урбанизации. Отдельные виды опасностей перестали быть критическими для роста населения Земли, что в середине XX в. привело к экспоненциальному росту народонаселения. В связи с этим возникла проблема нерационального использования всех видов ресурсов. На уровне планеты и в отдельных странах увеличился разрыв между богатыми и бедными, возросла вероятность вооруженных конфликтов.

К настоящему моменту на Земле проживает больше людей, чем жило и умерло за все время выделения человека в вид человека разумного — более 7,5 млрд человек.

Возросли потребности населения, удовлетворение которых по современным технологиям нарушает естественные круговороты многих веществ. Несмотря на достигнутые успехи в области развития технологий, производство продуктов потребления остается крайне несовершенным. В частности, выход полезного продукта из изымаемого природного сырья не превышает 1%, что означает большое число отходов производства. Все это приводит к огромному

количеству отходов, которое природа не в состоянии ассимилировать. Таким образом, человечество вновь оказалось на пороге экологического кризиса. В отличие от предыдущих кризисов, случившихся на протяжении истории становления человека как вида, он, с одной стороны, осложнен процессами, происходящими в техносфере, с другой стороны, является осознанным вызовом существования человеческой цивилизации.

В эпоху развития и становления человека как вида на него воздействовали в основном опасности, связанные с природными явлениями. Первое негативное влияние человека на природу было связано с его достижениями: успехами в охоте, оседлостью, земледелием. Однако опасности этого периода связаны с применением примитивных сельскохозяйственных орудий и других технических средств.

С наступлением научно-технической революции негативное воздействие человека на окружающую среду (и, как следствие, ее ответное воздействие) возросло, при этом сохранились все естественные опасности.

С началом XX в. резко возросла возможность воздействия на окружающую среду в связи с вероятностью инициирования крупномасштабных аварий и катастроф, экологических изменений регионального и глобального масштаба, соизмеримых со стихийными бедствиями. Увеличилась так называемая цена ошибки. Появление ядерных объектов, рост производства химических веществ, строительство колоссальных технических сооружений сделали человека ответственным за крупномасштабные разрушения и человеческие жертвы. Примером тому служат трагедии в Чернобыле, Бхопале и Фукусиме.

Кроме того, индустриализация многих стран, в том числе и Российской Федерации, проходила без учета возможности техногенного воздействия на природу. В результате гигантские химические и металлургические комбинаты создавались на плодородных и обжитых площадях страны.

Ряд непродуманных проектов (орошение земель в Средней Азии, строительство каскада гидроэлектростанций на Волге) привел к ухудшению экологической обстановки и стремительной деградации окружающей среды в ряде регионов.

Обладая широкими техническими возможностями, человечество создало дополнительный спектр опасностей. Но остановить экономический рост, создающий дополнительную нагрузку на окружающую среду, невозможно.

#### **1.4.**

### **УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ.**

#### **ВЗАИМОСВЯЗЬ**

### **УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ И БЕЗОПАСНОСТИ**

В 1987 г. Комиссия по окружающей среде и развитию, созданная ООН в 1983 г., публикует доклад «Наше общее будущее». Этот доклад описывает дальнейший возможный вектор развития цивилизации исключительно при условии, что он будет соответствовать **устойчивому развитию** — многоуровне-

во-иерархическому управляемому процессу коэволюционного развития природы и общества (при массовом и осознанном участии всего населения Земли), цель которого — обеспечить здоровую, производительную жизнь в гармонии с природой ныне живущим и будущим поколениям на основе сохранения и обогащения культурного и природного наследия.

Стратегия устойчивого развития предполагает выработку научных подходов, требует коренного изменения в отношениях людей друг к другу и в их отношении с биосферой.

На Всемирной конференции ООН по окружающей среде и развитию (май 1992 г., Рио-де-Жанейро (Бразилия)) был одобрен фундаментальный документ «Повестка дня на XXI век». В документе была изложена стратегия для выработки деловой и государственной политики, а также для принятия личных решений. Таким образом, Повестка касалась населения планеты на всех возможных уровнях, от рядового гражданина до правительства стран.

Идеи устойчивого развития получили широкое распространение во всех странах мира, в том числе в России. 4 февраля 1994 г. Указом Президента РФ были приняты Основные положения государственной стратегии Российской Федерации по устойчивому развитию. Через два года, 1 апреля 1996 г., Указом Президента России № 440 была утверждена «Концепция перехода Российской Федерации к устойчивому развитию».

В 2002 г. в Йоханесбурге (ЮАР) состоялся Всемирный саммит по проблемам устойчивого развития, в котором приняли участие представители 191 страны мира. На саммите были подведены итоги десятилетия принятия концепции устойчивого развития и были обсуждены проблемы бедности, здоровья и окружающей среды, биоразнообразия и управления экосистемами, сельского хозяйства, проблемы очистки воды и энергетики. Итогом работы саммита стало принятие двух документов: «Политической декларации» и «Плана действий». Данные документы — основа для реализации принципов, изложенных в «Повестке дня на XXI век».

20–22 июня 2012 г. в Рио-де-Жанейро (Бразилия) состоялась конференция по устойчивому развитию «Рио + 20». На повестке дня обсуждались вопросы по искоренению бедности, развитию социальной справедливости и обеспечению мер по охране окружающей среды. Особое внимание уделялось вопросам обеспечения экологической безопасности городов, так как они являются структурами, где в настоящий момент сосредоточена большая часть населения планеты. Был заявлен бюджет финансирования для проектов устойчивого развития сельского хозяйства, энергетики и транспорта, снижения рисков природных катастроф, политики в сфере лесного хозяйствования и других направлений, который превысил 510 млрд долларов. Правительства стран, представители бизнеса, общественные организации и университеты представили более 690 новых целей и проектов в сфере устойчивого развития и «зеленой» экономики.

Для реализации устойчивого развития наиболее эффективным способом стал национально-государственный путь.

В Российской Федерации принципы устойчивого развития описаны в Экологической доктрине РФ от 31 августа 2002 г.



Для движения по пути устойчивого развития перед Россией были поставлены следующие цели:

- повышение качества жизни;
- улучшение здоровья населения и демографической ситуации;
- обеспечение экологической безопасности страны;
- сохранение природных систем;
- поддержание целостности и жизнеобеспечивающих функций природных систем для устойчивого развития.

Для достижения этих целей были определены следующие задачи:

- 1) обеспечение устойчивого природопользования;
- 2) снижение загрязнения окружающей среды и ресурсосбережение;
- 3) сохранение и восстановление природной среды;
- 4) обеспечение безопасности при осуществлении потенциально опасных видов деятельности и при чрезвычайных ситуациях;
- 5) экологические приоритеты в здравоохранении;
- 6) предотвращение и снижение экологических последствий чрезвычайных ситуаций;
- 7) предотвращение терроризма, создающего опасность для окружающей среды;
- 8) контроль за использованием и распространением чужеродных видов и генетики измененных организмов.

Итак, устойчивое развитие подразумевает тесное взаимодействие разнообразных сфер жизнедеятельности: экономического развития, социальной сферы, защиты окружающей среды (рис. 1.2).

Для осуществления приоритетных направлений деятельности по обеспечению экологической безопасности России в «Экологической доктрине» предусмотрены следующие пути и средства:

- развитие системы государственного управления охраной окружающей среды и природопользованием;
- нормативно-правовое обеспечение и правоприменение;
- экономические и финансовые механизмы;
- экологический мониторинг и информационное обеспечение;
- научное обеспечение;
- экологическое образование и просвещение;
- развитие гражданского общества как условие реализации государственной политики в области экологии;
- региональная политика в области экологии;
- международное сотрудничество.

Таким образом, реализация принципов устойчивого развития в России предполагает широкую научную, образовательную и законодательную базу и участие всех граждан на разных уровнях реализации.

Важной составляющей реализации экологической политики в России является повышение образовательного уровня и профессиональных навыков и знаний в области экологии.



**Рис. 1.2**  
Составные части устойчивого развития

С 2005 по 2014 г. в мире проходило Десятилетие образования в интересах устойчивого развития. По своей концептуальной основе, экономическим последствиям и связи с окружающей средой и культурой оно представляло собой начинание, которое затрагивало все аспекты жизни.

Динамика состояния окружающей природной среды в Российской Федерации тесно связана с социально-политическими процессами XX в. Резкое снижение промышленного производства (т. е. снижение объемов выбросов и сбросов загрязняющих веществ), с одной стороны, и старение (при исключительно низких объемах капитальных вложений) оставшихся в эксплуатации производственных фондов, с другой стороны, обусловили весьма сложную картину изменений. Сохраняющийся беспрецедентный разрыв между национальными научными разработками в сфере безопасных и экологически чистых промышленных технологий и устаревшими производственными фондами, обновление которых требует колоссальных ресурсов, представляет реальную угрозу на всех направлениях устойчивого развития.

Экологическая ситуация в разных регионах страны существенно различается. Около 15% территории страны (с населением свыше 60 млн человек) характеризуется критическим или близким к критическому состоянием природной среды. Наряду с этим 65% территории практически не затронуты хозяйственной деятельностью (состояние экосистем близко к естественному), а около 7% территории включено в систему особо охраняемых территорий. Россия относится к странам с высоким уровнем урбанизации. Большая часть населения

(73%) проживает в городах, причем 45% населения проживает в городах с численностью свыше 100 тыс. Все это создает условия для высокой напряженности экологической составляющей. Во всех городах с населением более 1 млн человек, включая Москву и Санкт-Петербург, экологическая ситуация является неблагоприятной, отмечается высокий уровень загрязнения атмосферного воздуха, нарушение микроклиматического режима (теплового, аэрационного, инсоляционного), изменение режима подземных вод и связанные с этим процессы подтопления городских территорий, загрязнение подземных и поверхностных вод, а также деградация растительности.

Социальная структура России неоднородна. По статистике, основная часть населения страны (базовый слой) имеет доход, близкий к прожиточному минимуму. Эта часть составляет более двух третей населения и включает людей различного образования, специальности, рода занятости (техническая и творческая интеллигенция, труженики сельского хозяйства).

Существует и так называемый нижний слой, представленный в основном пожилыми, малообразованными, не слишком здоровыми и сильными людьми, не сумевшими адаптироваться к переменам, произошедшим в 90-е гг. XX в., и живущими за чертой бедности. Динамика и численность данного слоя населения может служить индикатором эффективности проводимых в стране социальных реформ. На 2017 г., согласно данным Росстата, 22 млн россиян имели доход ниже прожиточного минимума, что на 2 млн человек выше, чем в 2016 г. Разница в доходах у 10% беднейших и 10% обеспеченных граждан России составляет 14 раз, что представляет угрозу для социальной стабильности (максимальная допустимая разница в 10 раз). В то же время доля россиян, не имеющих собственных капиталов и доступа к государственным благам, в последнее время уменьшилась. Повышается роль профессионализма, а следовательно, и роль социокультурного капитала. Специалистами отмечается, что, хотя структура общества претерпела изменения по сравнению с советским временем, в целом сохраняются многие прежние черты. Труд научных и медицинских работников оплачивается ниже труда рабочих. Велик спрос на квалифицированных инженеров, врачей и учителей, чьи навыки и знания можно использовать «здесь и сейчас».

Развитие экономики России в 2017 г. не подразумевало ни кризисных, ни радикальных социальных процессов на краткосрочную перспективу. За счет накопления материальных ресурсов в период высоких цен на углеводороды страна смогла создать достаточные резервы, опираясь на которые можно избежать экономического краха. В то же время все основные экономические факторы и даже имеющиеся ресурсы управления сегодня либо негативно влияют на экономику РФ, либо просто не могут обеспечить ее рост. Страна пока далека от экономического коллапса и потери управляемости, но медленно движется в их сторону.

Таким образом, безопасность нашего государства, условия его дальнейшего существования и процветания могут быть реализованы лишь в случае выполнения целей и задач устойчивого развития совместно с другими государствами мира.

## 1.5. СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ И БЕЗОПАСНОСТИ

Как следует из определения реальных и реализованных опасностей, они должны воздействовать на конкретные объекты (объекты защиты). Объекты защиты, как и источники опасностей, многообразны. Каждый компонент окружающей среды может быть объектом защиты от опасностей. В порядке приоритета к объектам защиты относятся: человек, общество, государство, природная среда (биосфера), техносфера и т. п.

В вопросах обеспечения безопасности общества и государства в первую очередь, должен реализовываться принцип антропоцентризма, т. е. приоритет безопасности человека перед любой экономической выгодой.

Поскольку полное отсутствие опасностей, воздействующих на объект защиты (человека) невозможно, за основу обеспечения безопасности принято состояние объекта защиты, при котором воздействие на него всех потоков вещества, энергии и информации не превышает максимально допустимых значений.

Говоря о реализации состояния безопасности, необходимо рассматривать объект защиты и совокупность опасностей, действующих на него. Реально существующие сегодня **системы безопасности** приведены в таблице 1.

*Таблица 1.1*

**Системы безопасности**



Система безопасности (система безопасности жизнедеятельности) — организационно-функциональное структурное объединение субъектов обеспечения безопасности, имеющих единую глобальную цель — обеспечение требуемого уровня безопасности объекта, согласованные локальные цели и выполняющие скоординированные задачи для достижения этих целей в условиях общих правовых, организационных, финансово-экономических, материальных, временных и иных ограничений.

Практически самостоятельной отраслью становится системная деятельность предприятий, организаций, ассоциаций, концернов и т. д., государств по обеспечению своей экономической безопасности (со своими принципами, признаками, методами). То же самое можно сказать и о динамично развивающейся системе информационной безопасности.

Многие системы безопасности взаимосвязаны между собой как по негативным воздействиям, так и средствам достижения безопасности. Обеспечение безопасности жизнедеятельности человека в техносфере почти всегда неразрывно связано с решением задач по охране природной среды (снижение выбросов и сбросов и др.). Это хорошо иллюстрируют результаты работ по сокращению токсичных выбросов в атмосферу промышленных зон и, как следствие, по уменьшению негативного влияния этих зон на природную среду.

Из вышесказанного следует, что системы безопасности по объектам защиты, реально существующие в настоящее время, распадаются на следующие системы:

- личной и коллективной безопасности человека в процессе его жизнедеятельности;
- охраны природной среды (биосферы);
- государственной безопасности;
- глобальной безопасности.

## **Глава 2**

# **УПРАВЛЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

### **2.1.**

## **НОРМАТИВНЫЕ И ЗАКОНОДАТЕЛЬНЫЕ ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

Государственный подход к управлению безопасностью жизнедеятельности в Российской Федерации отражает Стратегия национальной безопасности Российской Федерации до 2020 года (утверждена Указом Президента Российской Федерации № 537 от 12.05.2009) — официально признанная система стратегических приоритетов, целей и мер в области внутренней и внешней политики, определяющих состояние национальной безопасности и уровень устойчивого развития государства на долгосрочную перспективу. Этот документ разработан с учетом решений Конференции ООН по окружающей среде и развитию (1992), действующих во всем мире.

В Стратегии отмечается, что «силы и средства обеспечения национальной безопасности сосредоточивают свои усилия и ресурсы на обеспечении национальной безопасности во внутривнутриполитической, экономической, социальной сферах, в сфере науки и образования, в международной, духовной, информационной, военной, оборонно-промышленной и экологической сферах, а также в сфере общественной безопасности» (раздел I, п. 7). Таким образом, Стратегия национальной безопасности Российской Федерации до 2020 года охватывает вопросы обеспечения безопасности во всех сферах и на всех уровнях жизнедеятельности в России. Цели Стратегии касаются социально-экономического развития, охраны окружающей среды, улучшения условий жизни населения и природных ресурсов и заключаются в следующем:

- повышение качества жизни российских граждан путем гарантирования личной безопасности, а также высоких стандартов жизнеобеспечения;
- экономический рост, который достигается путем развития национальной инновационной системы и инвестиций в человеческий капитал;
- наука, технологии, образование, здравоохранение и культура, которые развиваются путем укрепления роли государства и совершенствования государственно-частного партнерства;

- экология живых систем и рациональное природопользование, поддержание которых достигается за счет сбалансированного потребления, развития прогрессивных технологий и целесообразного воспроизводства природно-ресурсного потенциала страны;

- стратегическая стабильность и равноправное стратегическое партнерство, которые укрепляются на основе активного участия России в развитии многополярной модели мироустройства (п. 24, разд. III).

Согласно п. 31 раздела IV Стратегии, «Российская Федерация реализует долгосрочную государственную политику в области национальной обороны путем разработки системы основополагающих концептуальных, программных документов, а также документов планирования, развития норм законодательного регулирования деятельности органов государственной власти, учреждений, предприятий и организаций реального сектора экономики, институтов гражданского общества в мирное и военное время, а также совершенствования сил и средств гражданской обороны, сетевой и транспортной инфраструктуры страны в интересах национальной обороны».

Одним из приоритетных направлений обеспечения национальной безопасности является охрана окружающей среды, регулируемая на государственном уровне Федеральным законом № 7-ФЗ от 10.01.2002 (в ред. от 01.01.2018) «Об охране окружающей среды». Действие закона распространяется на всю территорию Российской Федерации, а требования, изложенные в нем, не могут быть изменены в сторону смягчения в иных нормативных и подзаконных актах. Этот закон «регулирует отношения в сфере взаимодействия общества и природы, возникающие при осуществлении хозяйственной и иной деятельности, связанной с воздействием на природную среду как важнейшую составляющую окружающей среды, являющуюся основой жизни на Земле, в пределах территории Российской Федерации, а также на континентальном шельфе и в исключительной экономической зоне Российской Федерации».

Деятельность по охране окружающей среды осуществляется на всех уровнях, начиная с органов государственной власти субъектов Российской Федерации и заканчивая рядовыми гражданами. Оценка уровня безопасности окружающей среды основана на риск-ориентированном подходе и происходит с учетом экологического риска и обеспечения **экологической безопасности**.

Экологическая безопасность — состояние защищенности природной среды и жизненно важных интересов человека от возможного негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, их последствий. Жизнедеятельность в условиях экологической безопасности, благоприятной окружающей среды является конституционным правом граждан Российской Федерации. Согласно презумпции потенциальной опасности жизнедеятельности, любая намечаемая хозяйственная деятельность признается экологически опасной, и вероятный вред от нее должен быть оценен при принятии решения о ее осуществлении.

Нормирование в области охраны окружающей среды происходит путем введения определенных нормативов уровней воздействия на окружающую среду при осуществлении хозяйственной или иной деятельности, с учетом совре-

менного уровня развития науки и техники, а также доступных в настоящее время технологий.

Основные нормативы в области охраны окружающей среды касаются:

- содержания химических веществ в различных природных сферах — предельно допустимые концентрации (ПДК);
- физических уровней воздействия (шума, радиоактивности, избыточного тепла) — предельно допустимые уровни (ПДУ);
- показателей биологического разнообразия окружающей среды — критического количества убыли существующих видов;
- иных нормативов, а также допустимых уровней воздействия.

Значения этих нормативов приведены в ряде законов (Гигиенические нормативы ГН 2.2.5.686-98, ГН 2.2.5.3532-18 и ГН 2.1.6.1338-03, ГОСТ 12.1.005-88).

Отдельные виды деятельности, воздействующие на окружающую среду, подлежат лицензированию. Государственный контроль состояния окружающей среды основывается на данных государственного экологического мониторинга, осуществляемого федеральными органами исполнительной власти, органами государственной власти субъектов Российской Федерации в соответствии с их компетенцией. Кроме того, контроль состояния окружающей среды осуществляется на уровне предприятия (производственный экологический контроль) и общества (общественный экологический контроль).

Научная деятельность по защите окружающей среды должна осуществляться на основании новейших научных разработок и подходов. Важной задачей является воспитание экологической культуры и экологического просвещения населения в ходе обучения, трудовой деятельности и досуга.

За нарушение законодательства в области охраны окружающей среды физическими и юридическими лицами установлена имущественная, административная, дисциплинарная и уголовная ответственность.

Серьезной проблемой в области охраны окружающей среды остается большое количество отходов производства. В настоящий момент только 1% от исходного сырья, изъятых человеком из недр, переходит в полезный продукт. В то же время закон неустранимости отходов и побочных воздействий производств (Б. Коммонер) гласит: «В любом хозяйственном цикле образуются отходы и побочные эффекты, они неустранимы и могут быть лишь переведены из одной физико-химической формы в другую или перемещены в пространстве». Ввиду игнорирования данного положения при проведении интенсивной индустриализации Советского Союза в 30–50-х гг. XX в., в настоящий момент во многих областях на территории нашей страны создались кризисные экологические условия из-за загрязнения атмосферы, гидросферы и литосферы опасными производственными отходами.

Согласно Федеральному закону № 89-ФЗ от 24.06.1998 «Об отходах производства и потребления», существует множество способов обращения с отходами производства, включающими хранение, захоронение, утилизацию, обезвреживание, однако ни один из них не является достаточно эффективным для уменьшения общего количества отходов. Для снижения общего уровня отходов



необходима разработка новых технологий, подразумевающих безотходное и малоотходное производство, что не представляется реальным в ближайшем будущем из-за устаревания производственных мощностей, недостатка исследований в данной области, отсутствия должного экономического стимулирования со стороны государства.

Твердые коммунальные (бытовые) отходы (ТКО), образующиеся в жилых помещениях в процессе потребления физическими лицами, а также товары, утратившие свои потребительские свойства в процессе их использования физическими лицами в жилых помещениях в целях удовлетворения личных и бытовых нужд, составляют значительную часть общего количества отходов, ежегодно образующихся в России, причем их масса неуклонно возрастает. Создавшееся положение осложняется отсутствием в РФ какого-либо эффективного способа их переработки — в лучшем случае перерабатывается 4% от общего объема твердых коммунальных отходов, 6% сжигается, остальное поступает на полигоны ТКО, которые фактически навсегда изымают землю из хозяйственного пользования.

В зависимости от степени негативного воздействия на окружающую среду выделяют пять классов отходов:

I класс — чрезвычайно опасные отходы;

II класс — высокоопасные отходы;

III класс — умеренно опасные отходы;

IV класс — малоопасные отходы;

V класс — практически неопасные отходы.

Отходы I–II классов опасности представляют особую угрозу для окружающей среды.

Для уменьшения отрицательного воздействия на компоненты природы и население государство осуществляет ряд мероприятий, к которым относятся разработка и принятие федеральных и иных нормативно-правовых актов в области обращения с отходами, осуществление государственного и иного надзора на объектах хозяйственной и иной деятельности, подлежащей государственному экологическому надзору, лицензирование деятельности по сбору, транспортированию, обработке, утилизации, обезвреживанию, размещению отходов I–IV классов опасности, осуществление мер по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, возникших при осуществлении обращения с отходами, организация государственного учета и отчетности в области обращения с отходами, обеспечение населения информацией в области обращения с отходами и т. д.

К полномочиям субъектов Российской Федерации в области обращения с отходами относятся: проведение мероприятий по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, возникших при осуществлении деятельности в области обращения с отходами; разработка, утверждение и реализация региональных программ в области обращения с отходами, в том числе с твердыми коммунальными отходами, участие в разработке и выполнении федеральных программ в области обращения с отходами; участие в проведении государственной политики в области обращения с отходами

на территории соответствующего субъекта Российской Федерации; осуществление государственного надзора в области обращения с отходами на объектах хозяйственной и/или иной деятельности, подлежащих региональному государственному экологическому надзору; участие в организации обеспечения доступа к информации в области обращения с отходами.

К полномочиям органов местного самоуправления и муниципальных районов городских поселений в области обращения с отходами относится участие в организации деятельности по сбору (в том числе раздельному сбору) и транспортированию твердых коммунальных отходов на территориях соответствующих поселений.

К полномочиям органов местного самоуправления городских округов в области обращения с отходами относится участие в организации деятельности по сбору (в том числе раздельному сбору), транспортированию, обработке, утилизации, обезвреживанию, захоронению твердых коммунальных отходов на территориях соответствующих городских округов.

Состояние здоровья населения во многом зависит от состояния окружающей среды. Установлены положительные связи между высоким уровнем загрязнения среды обитания и повышенным уровнем онкологических заболеваний, заболеваний органов дыхания и сердечно-сосудистой системы, патологии новорожденных. Специалистами разработана система оценки рисков вреда здоровью населения, которая заключается в сопоставлении медико-профилактических мероприятий с условиями жизни и окружающей среды.

На государственном уровне защита здоровья населения описана в Федеральном законе № 52-ФЗ от 30.03.1999 «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения». Согласно этому закону, «осуществление мер по обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия населения является расходным обязательством Российской Федерации» (п. 2, ст. 2). Государство, органы власти субъектов Российской Федерации и местного самоуправления, физические, юридические лица и индивидуальные предприниматели имеют определенный круг обязанностей и прав в обеспечении безопасной экологической обстановки.

Таким образом, в настоящий момент в Российской Федерации создана нормативно-правовая база, всесторонне освещающая требования к охране окружающей среды, обязанности и права государства, органов власти различных уровней, физических и юридических лиц.

## **2.2.**

### **ЗАКОНОДАТЕЛЬНЫЕ ОСНОВЫ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА**

Обеспечение безопасности труда в Российской Федерации осуществляется реализацией требований, изложенных в ряде законодательных актов, основным из которых является Трудовой кодекс Российской Федерации (ТК РФ). Со-

гласно ТК РФ, охрана труда — система сохранения жизни и здоровья наемных работников и приравненных к ним лиц в процессе трудовой деятельности, включающая в себя правовые, социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия (ст. 209). Ответственность за безопасность труда несет руководство организаций и работники, а также государственные органы надзора и контроля.

Основы государственной политики в области охраны труда, отраженные в ТК РФ, заключаются в создании безопасных условий труда и защите интересов обеих сторон трудового процесса — работника и работодателя.

Отражение безопасности труда работников заключается в реализации их конституционных прав на свободный труд, выбор профессии и рода деятельности в соответствии со своими способностями. Государство гарантирует защиту работников от безработицы, принудительного и рабского труда, обеспечение каждого справедливыми и безопасными условиями труда.

В рамках обеспечения безопасности труда работодатели имеют право, отраженное в ТК РФ, требовать от работников добросовестного выполнения своих обязанностей, бережного отношения к имуществу и оборудованию организации, что позволяет снизить уровень производственного риска на рабочих местах.

Взаимные обязательства между работником и работодателем отражаются в двухстороннем трудовом договоре.

Уровень безопасности труда на производстве контролируется и регулируется согласно Федеральному закону № 426-ФЗ от 28.12.2013 (ред. от 01.05.2016) «О специальной оценке условий труда», в котором описаны основные производственные риски.

Снижение риска травм, профессиональных заболеваний, отравлений — задача руководства предприятий, решение которой связано с обучением персонала, обеспечением необходимыми коллективными и индивидуальными средствами защиты работающих, обеспечением соблюдения требований соответствующих нормативных и нормативно-технических документов.

### **2.3.**

## **ЗАКОНОДАТЕЛЬНЫЕ ОСНОВЫ БЕЗОПАСНОСТИ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Количество и уровень воздействия на окружающую среду и людей со стороны опасных явлений природного и техногенного происхождения в ближайшем будущем будут возрастать. Данная ситуация связана с увеличением численности населения, его урбанизацией, усилением уровня воздействия на окружающую природную среду со стороны техносферы. Обеспечение приемлемого уровня риска воздействия опасных факторов ЧС на человека и природу

возможно только при согласованном взаимодействии граждан и государства, подкрепленном законодательной, технической, научной, культурной базой.

Федеральный закон № 68-ФЗ от 21.12.1994 (ред. от 23.06.2016) «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» «определяет общие для Российской Федерации организационно-правовые нормы в области защиты граждан Российской Федерации, иностранных граждан и лиц без гражданства, находящихся на территории Российской Федерации, всего земельного, водного, воздушного пространства в пределах Российской Федерации или его части, объектов производственного и социального назначения, а также окружающей среды от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера». Этот законодательный акт отражает политику Российской Федерации в сфере регулирования и снижения уровня техногенных и природных рисков на всех уровнях, направлен на реализацию принципа «предвидеть, по возможности предупредить, при необходимости — действовать» в отношении опасностей, порождаемых техносферой, атмосферой, гидросферой и литосферой. В законе описаны меры, принимаемые заблаговременно для защиты населения, производственных мощностей и имущества граждан и государства от последствий природных катаклизмов, крупных техногенных аварий и катастроф, определены полномочия всех властных структур и рядовых граждан для решения возникающих проблем. Подчеркивается необходимость учета специфики экономических, природных и других характеристик защищаемых зон и территорий.

Координирующая роль отводится Единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС), которая «объединяет органы управления, силы и средства федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления, организаций, в полномочия которых входит решение вопросов по защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, в том числе по обеспечению безопасности людей на водных объектах». Данная структура функционирует постоянно, на федеральном, межрегиональном, региональном, муниципальном и объектовом уровнях, в режиме повседневной деятельности, повышенной готовности к чрезвычайной ситуации.

Информация о возможных прогнозируемых и произошедших ЧС и их последствий должна быть своевременно и в достаточном объеме передана населению (принцип гласности), в противном случае виновные в ее сокрытии несут ответственность в соответствии с законодательством.

Граждане РФ имеют право на защиту в случае чрезвычайных ситуаций, а в случае получения вреда здоровью или материального ущерба — на медицинскую помощь и компенсации и социальные гарантии в случае проживания в зоне воздействия вредных факторов ЧС. Они должны оказывать помощь и содействие при проведении аварийных спасательных и других неотложных работ.

## 2.4.

### **ЗАКОНОДАТЕЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

С 90-х гг. XX в. в связи с изменением форм собственности, переходом к рыночной экономике, одновременно сопровождающимися устареванием производственных фондов и технологий, в Российской Федерации создавалась кризисная обстановка на объектах техносферы, что усугубляется большим количеством опасных техногенных объектов в стране, функционирование которых связано с возможностью аварий и катастроф, затрагивающих большое количество людей. Созданные ранее системы обеспечения безопасности (охрана труда, охрана окружающей среды) оказываются недостаточными для обеспечения безопасности данных объектов. Опасность ряда техногенных объектов в сочетании с природными катастрофами увеличивает потенциальный масштаб ущерба и возможное количество пострадавших. Авария на энергетической подстанции (юго-запад Москвы) парализовала в июне 2005 г. половину города, оставив его без электроосвещения; более 70 человек погибло в результате катастрофы на Саяно-Шушенской ГЭС; землетрясение и последующие цунами стали причинами трагедии на АЭС Фукусима (Япония) в марте 2011 г.

Для создания правовой, нормативной и экономической базы обеспечения безопасности опасных техногенных объектов был разработан Федеральный закон № 116-ФЗ от 21.07.1997 (ред. от 07.03.2017) «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», претерпевший большое количество редакций, изменений и дополнений, что, в частности, было связано с увеличением количества и масштаба воздействия техногенных аварий и катастроф. За рубежом вопросы предупреждения крупных техногенных катастроф изложены в Директиве Севезо (1982), озаглавленной так по названию города в Италии, где в 1979 г. произошла крупная техногенная катастрофа. Положения ФЗ № 116 во многом перекликаются с принципами Директивы Севезо.

Действие Федерального закона № 116-ФЗ распространяется на организации независимо от их организационно-правовых форм и форм собственности, осуществляющие деятельность в области промышленной безопасности опасных производственных объектов на территории Российской Федерации и на иных территориях, над которыми Российская Федерация осуществляет юрисдикцию в соответствии с законодательством Российской Федерации и нормами международного права.

**Под промышленной безопасностью опасных промышленных объектов в законе подразумевается «состояние защищенности жизненно важных интересов личности и общества от аварий на опасных производственных объектах и последствий указанных аварий».**

Количество опасных веществ и условия эксплуатации оборудования на объекте определяют класс его опасности. Законом предусмотрено четыре класса объектов, наиболее опасными являются объекты первого класса опасности — опасные производственные объекты чрезвычайно высокой опасности.

Разделение опасных производственных объектов на классы необходимо для установления специфических требований эксплуатации каждого из них, обязанностей руководства и работников опасных производственных объектов, необходимости лицензирования определенных видов деятельности.

В случае аварий и других происшествий на опасных производственных объектах необходимо предварительно разработать план действий по локализации и ликвидации их последствий.

Для эксплуатации опасных промышленных объектов I и II классов опасностей законом необходимо создавать системы безопасности и обеспечивать их функционирование.

В случае аварии на опасном производственном объекте необходимо расследование ее технических причин.

За опасными промышленными объектами I–III классов опасности осуществляется надзор и контроль, проявляющийся в виде плановых и внеплановых проверок со стороны органов надзора и контроля.

Контроль качества продукции, выпускаемой промышленными объектами в Российской Федерации, происходит согласно Федеральному закону № 184-ФЗ от 27.12.2002 (ред. от 29.07.2017) «О техническом регулировании». Согласно этому закону, «безопасность продукции и связанных с ней процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации — состояние, при котором отсутствует недопустимый риск, связанный с причинением вреда жизни или здоровью граждан, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений».

Уровень качества продукции регулируется техническими регламентами, требования которых обеспечивают минимальный уровень риска для населения и окружающей среды.

Надзор за соблюдением требований технических регламентов осуществляется государственными органами надзора и контроля.

## **2.5.**

### **ЗАКОНОДАТЕЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Пожары являются наиболее распространенными последствиями реализации риска аварий и катастроф на промышленных объектах Российской Федерации и в быту, в связи с чем был разработан и принят ряд законов, регулирующих обеспечение уровня безопасности во всех сферах жизнедеятельности населения.

Общие правовые, социальные и экономические основы обеспечения пожарной безопасности в России изложены в Федеральном законе № 69-ФЗ от 21.12.1994 (в ред. от 29.07.2017) «О пожарной безопасности». Обеспечение пожарной безопасности в РФ — обязанность государства, различных ведомств и

отдельных граждан. Контроль за уровнем пожарной безопасности на производстве и в окружающей среде возложен на федеральный и ведомственный надзор и контроль, оценка уровня пожарного риска — на представителей государственной службы (экспертов). Граждане государства обеспечивают пожарную безопасность, соблюдая существующие нормы и правила в данной области, участвуя на добровольной основе в пожарной охране, страхуя жилье и имущество от пожаров.

Защиту жизни, здоровья, имущества граждан, юридических лиц, государственного и муниципального имущества регулирует Федеральный закон № 123-ФЗ от 22.07.2008 (ред. от 29.07.2017) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности». Данный закон реализует риск-ориентированный подход к обеспечению безопасности, устанавливая уровень допустимого пожарного риска для людей и объектов защиты. Установление уровня пожарного риска является частью пожарной декларации объекта — информации о мерах, принимаемых для обеспечения необходимого уровня пожарной безопасности.

Наряду с Федеральными законами № 69-ФЗ и 184-ФЗ, 123-ФЗ стал основой, согласно которой разрабатываются и принимаются нормативные и технические документы, регулирующие пожарную безопасность Российской Федерации.

## 2.6.

### **ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

Согласно Стратегии национальной безопасности Российской Федерации, достижение необходимого уровня безопасности в экономической и технологической сферах является стратегической целью национальной безопасности Российской Федерации. Этой цели во многом препятствует деградация природной среды, истощение и загрязнение природных ресурсов, ухудшение условий труда работающих ввиду не до конца отлаженных механизмов взаимодействия «работник — работодатель», «работодатель — государство», увеличение количества природных и техногенных ЧС и ухудшение их последствий. В то же время механизм экономического регулирования экологических, производственных и техногенных рисков в целом разработан.

### **ЭКОНОМИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

Россия обладает крупнейшей в мире базой природных ресурсов.

**Природные ресурсы** — компоненты природной среды, природные объекты и природно-антропогенные объекты, которые используются или могут быть использованы при осуществлении хозяйственной и иной деятельности в качестве источников энергии, продуктов производства и предметов потребления и имеют потребительскую ценность.

**Использование природных ресурсов** — эксплуатация природных ресурсов, вовлечение их в хозяйственный оборот, в том числе все виды воздействия на них в процессе хозяйственной и иной деятельности. Таким образом, природопользование подразумевает создание экономических механизмов регулирования эксплуатации природных ресурсов.

Наиболее распространенный способ для оценки экономической составляющей эксплуатации природных ресурсов — создание определенных уровней (нормативов) возможного физического воздействия на нее. Согласно Федеральному закону № 7-ФЗ от 10.01.2002 (ред от 01.01.2018) «Об охране окружающей среды», **«нормативы допустимых физических воздействий** — нормативы, установленные в соответствии с уровнями допустимого воздействия физических факторов на окружающую среду, при соблюдении которых обеспечиваются нормативы качества окружающей среды». Данные нормативы ограничиваются установленными пределами (лимитами) воздействия на окружающую среду. **«Лимиты на выбросы и сбросы загрязняющих веществ и микроорганизмов** — ограничения выбросов и сбросов загрязняющих веществ и микроорганизмов в окружающую среду, установленные на период проведения мероприятий по охране окружающей среды, в том числе внедрения наилучших существующих технологий, в целях достижения нормативов в области охраны окружающей среды». Наиболее распространенные лимиты ингредиентных загрязнений — **предельно допустимый выброс и предельно допустимый сброс**.

**Предельно допустимый выброс (ПДВ)** веществ — норматив выброса вредного (загрязняющего) вещества в атмосферный воздух, который устанавливается для стационарного источника загрязнения с учетом технических нормативов выбросов и фоновое загрязнение атмосферного воздуха, при условии непревышения данным источником гигиенических и экологических нормативов качества атмосферного воздуха, предельно допустимых (критических) нагрузок на экологические системы, других экологических нормативов.

**Предельно допустимый сброс (ПДС)** веществ в водный объект — это масса вещества в сточных водах, максимально допустимая к отведению с установленным режимом в данном пункте водного объекта в единицу времени с целью обеспечения норм качества воды в контрольном пункте.

За выбросы в атмосферный воздух, сбросы в водные объекты загрязняющих веществ и размещение отходов (т. е. за воздействие на атмосферу, биосферу и гидросферу) предусмотрен ряд выплат, в зависимости от уровня норматива воздействия и превышения ПДВ и ПДС. Все юридические лица и индивидуальные предприниматели, осуществляющие деятельность, связанную с воздействием на окружающую среду, обязаны вносить плату за эксплуатацию природных объектов, которая исчисляется на основании массы загрязняющих веществ, поступающих в окружающую среду, и их нормативов.

Для стимулирования проведения мероприятий и изменений в технологии, связанных с уменьшением негативного воздействия на окружающую среду, для плательщиков предусмотрен ряд льгот по оплате. Например, при размещении отходов IV класса опасности, которые образовались в процессе обезвреживания отходов III класса опасности, оплата уменьшается в два раза.



Фонды внесенной оплаты за воздействие на окружающую среду используются как основа для мероприятий по улучшению окружающей природной среды. Несвоевременное или неполное внесение оплаты за воздействие на окружающую среду влечет за собой пени, штрафы и другие санкции со стороны государства.

Государство осуществляет экономическую поддержку деятельности юридических лиц и частных предпринимателей, направленной на применение наилучших из доступных технологий, совершенствование очистных систем и создание систем оборотного и бессточного водоснабжения и других улучшений производственного процесса, внедрение которых снизит нагрузку на окружающую природную среду.

## **ЭКОНОМИКА БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА**

Трудовая деятельность связана с профессиональным риском — вероятностью причинения вреда здоровью в результате воздействия вредных и опасных производственных факторов при исполнении работником обязанностей по трудовому договору или в иных случаях. В случае реализации профессионального риска и работник, и предприятие несут потери. Пострадавший получает ущерб здоровью, потерю трудоспособности различной степени тяжести. Потери предприятия могут быть связаны с прекращением выпуска продукции, поломкой или простоем оборудования, выплатами по больничным листам и инвалидности. Кроме того, при недостаточном обеспечении безопасности труда возникает риск текучки персонала и низкой квалификации вновь принимаемых работников, а следовательно, новые экономические потери.

Для снижения уровня профессионального риска реализуется ряд мероприятий, финансирование которых осуществляется за счет федерального бюджета, бюджета субъектов Российской Федерации, местных бюджетов, внебюджетных источников. Затраты, направленные на снижение уровня профессионального риска, окупаются за счет уменьшения количества средств, выплачиваемых по больничным листам в случае причинения вреда здоровью работников, и т. д. В случае эффективного улучшения условия труда повышается его производительность, возрастает выпуск полезной продукции, увеличивается профессиональная активность работающих, что дает положительный экономический эффект. Согласно законодательству Российской Федерации, финансирование мероприятий по улучшению условий труда должно осуществляться на разных уровнях.

Работодатель ежегодно должен выделять средства в размере не менее 0,2% от расходов на выпускаемую продукцию для проведения работ, направленных на улучшение труда работников. Эти средства формируют фонд охраны труда предприятия. Работники не несут расходов на мероприятия по улучшению их условий труда.

Административно-территориальные образования Российской Федерации совместно с фондами охраны труда предприятия и добровольными отчислениями предприятий образуют территориальные фонды охраны труда.

На уровне Правительства РФ за счет средств, выделяемых из федерального бюджета, частично из фондов охраны труда предприятий, а также штрафов, налагаемых на лиц, допустивших нарушения в области охраны труда, формируется федеральный фонд охраны труда.

ТК РФ регулирует особенности охраны труда категорий, требующих специальных условий: молодежь до 18 лет, работающие пенсионеры, женщины и инвалиды.

## **ЭКОНОМИКА ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ**

Чрезвычайные ситуации природного и техногенного характера наносят значительный ущерб промышленности и окружающей среде Российской Федерации, в связи с чем их предупреждение, снижение размеров ущерба и эффективная ликвидация последствий от них — необходимые и действенные меры в отношении экономического регулирования ЧС.

Прогнозирование угрозы возникновения чрезвычайных ситуаций, оценка их возможных социально-экономических последствий — задача Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций. В задачу РСЧС включаются также создание материальных ресурсов и финансовых ресурсов резервов для скорейшей ликвидации ЧС.

За экономическую составляющую предупреждения и ликвидации ЧС в рамках существующих компетенций отвечают также федеральные органы исполнительной власти субъектов РФ, органы местного самоуправления.

Согласно ст. 22 гл. VI Федерального закона № 68-ФЗ, «финансирование целевых программ по защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций по обеспечению устойчивости функционирования организаций осуществляется в соответствии с законодательством Российской Федерации и законодательством субъектов Российской Федерации». Резервы и материальные ресурсы создаются заблаговременно и используются исключительно в случае чрезвычайной ситуации.

Основными источниками финансовых ресурсов, предназначенных для управления чрезвычайными ситуациями в России, являются:

- финансирование мероприятий по ликвидации последствий ЧС за счет организаций, находящихся в зонах ЧС;
- назначение размеров выплат за эксплуатацию потенциально опасных объектов и оборудования;
- введение экономических санкций для предприятий, не соблюдающих требования безопасности;
- добровольные пожертвования и взносы юридических и частных лиц.

### **2.7.**

## **СТРАХОВАНИЕ РИСКОВ**

В целях защиты интересов работников от производственных и профессиональных рисков ТК РФ предусмотрено их обязательное социальное страхо-

вание в случаях, предусмотренных федеральным законом. Федеральный закон № 125-ФЗ от 24.07.1998 (ред. от 29.07.2017) «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний» позволяет надежно защитить интересы лиц, пострадавших на производстве, а также обеспечить предупредительные меры по сокращению и предупреждению производственного травматизма. Основные субъекты социального страхования:

- **застрахованный** — физическое лицо, подлежащее обязательному социальному страхованию от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний или же получившее повреждение здоровья вследствие несчастного случая на производстве или профессионального заболевания, подтвержденное в установленном порядке и повлекшее утрату профессиональной трудоспособности;

- **страхователь** — юридическое лицо любой организационно-правовой формы (в том числе иностранная организация, осуществляющая свою деятельность на территории Российской Федерации и нанимающая граждан Российской Федерации) либо физическое лицо, нанимающее лиц, подлежащих обязательному социальному страхованию от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний. Все физические и юридические лица, нанимающие работников, обязаны быть зарегистрированы как страхователи;

- **страховщик** — Фонд социального страхования Российской Федерации.

Страхователь оплачивает страховщику страховые взносы, которые рассчитываются исходя из страховых тарифов.

Для формирования механизма экономического стимулирования деятельности работодателя по созданию безопасных условий труда введен Федеральный закон № 179-ФЗ от 22.12.2005 (с изм. от 31.12.2017) «О страховых тарифах на обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний». Правительством Российской Федерации утвержден «Порядок отнесения отраслей (подотраслей) экономики к классам профессионального риска». Всего описано 32 класса профессионального риска.

Страховые тарифы, дифференцированные по классам профессионального риска, устанавливаются федеральным законом. Тарифы на обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в процентах к начисленной оплате труда застрахованных, а в соответствующих случаях — к сумме вознаграждения по гражданско-правовому договору устанавливаются в соответствии с видами экономической деятельности по классам профессионального риска.

Органы государственной власти субъектов Российской Федерации, органы местного самоуправления, а также организации и граждане, нанимающие работников, вправе помимо обязательного социального страхования, предусмотренного законом, осуществлять за счет собственных средств иные виды страхования работников, предусмотренные законодательством Российской Федерации.

Институт экологического страхования появился как следствие презумпции экологической опасности планируемой хозяйственной и иной дея-

тельности. Отличительной чертой экологического страхования является также возможность компенсации неопределенного чрезвычайного ущерба.

Экологическое страхование — это совокупность различных видов страхования экологических рисков, направленных на создание страховой защиты на случай причинения страхователям, застрахованным и третьим лицам (выгодоприобретателям) ущерба в результате внезапного сверхнормативного загрязнения окружающей среды (земельных угодий, водной среды или воздушного бассейна).

Субъекты экологического страхования:

- **страховщики** — страховые организации, которые образованы в соответствии с законодательством и получили в установленном порядке лицензию на осуществление экологического страхования;

- **страхователи** — физические или юридические лица, которые согласно законодательству заключили со страховщиками договоры экологического страхования;

- **третьи лица** — лица, которым причинен вред ухудшением состояния окружающей естественной среды в результате техногенных аварий или катастроф.

Система экологического страхования включает в себя следующие виды:

- страхование ответственности юридических лиц (организаций, предприятий, учреждений), которые являются источниками повышенной опасности за причинение вреда окружающей среде, ответственности перевозчика (опасные грузы) и т. д.;

- имущественное страхование (страхование земельных объектов или других объектов недвижимости, включая здания) на случай нанесения им вреда вследствие экологической аварии или катастрофы;

- личное страхование граждан: страхование жизни и здоровья работников организаций (предприятий, учреждений), относящихся к категории источников повышенной опасности, или граждан, находящихся на территории, потенциально подверженной влиянию источников повышенной опасности.

Тема введения обязательного экологического страхования остается актуальной и активно обсуждается страховщиками и Министерством природных ресурсов и экологии.

## 2.8.

### ГОСУДАРСТВЕННОЕ УПРАВЛЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ. ГОСУДАРСТВЕННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОХРАНОЙ ТРУДА

ТК Российской Федерации регулирует вопросы, касающиеся управления охраной труда Правительством Российской Федерации или по его поручению Минтрудом России, а также другими органами государственной исполнительной власти в пределах их полномочий: Федеральной службой по труду и социальной занятости (Рострудом), Федеральной службой по экологическому, тех-

нологическому и атомному надзору (Ростехнадзором), Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор), Федеральным медико-биологическим агентством и т. д. Эти службы и агентства действуют на основании законодательства Российской Федерации в области охраны труда и подчиняются Прокуратуре РФ.

Ряд служб по согласованию с Министерством труда РФ могут выполнять надзорную, контрольную, нормативные функции по Постановлению Правительства. К ним относятся Федеральная инспекция труда и федеральные государственные учреждения медико-социальной экспертизы. Отдельные функции и полномочия этих организаций могут быть переданы органам местного самоуправления на основании федеральных законов и законов субъектов Российской Федерации.

Для реализации государственного управления охраной труда Правительство Российской Федерации и уполномоченные органы исполнительной власти разрабатывают федеральные программы и нормативно-правовые акты в области охраны труда и обеспечивают контроль за их выполнением; устанавливают порядок организации и проведения обучения работников правилам безопасности труда и оказания первой доврачебной помощи; определяют порядок осуществления государственной экспертизы условий труда и специальной оценки условий труда; разрабатывают меры экономического стимулирования деятельности работодателей в области охраны труда; обеспечивают взаимодействие на всех уровнях по вопросам реализации государственной политики в области охраны труда; ведут и координируют научно-исследовательские работы в области охраны труда и обеспечивают распространение передового отечественного и зарубежного опыта по улучшению условий в области охраны труда и безопасности труда.

Органы исполнительной власти субъектов Российской Федерации в области охраны труда должны обеспечивать реализацию на территориях субъектов РФ государственной политики в области охраны труда и контроль за их выполнением; разрабатывать и утверждать федеральные целевые программы улучшения условий труда и обеспечивать контроль за их выполнением; организовывать в установленном порядке обучение работников по охране труда и оказанию первой доврачебной помощи; осуществлять на территории субъектов РФ в установленном порядке государственную экспертизу условий труда и специальную оценку условий труда; организуют сбор и обработку информации о состоянии условий труда на производстве.

## **ГОСУДАРСТВЕННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРИРОДООХРАННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ**

Политика Российской Федерации в области охраны окружающей среды реализует цели устойчивого развития, направленные на повышение качества жизни, улучшение здоровья населения и демографической ситуации, обеспечения экологической безопасности страны. На федеральном уровне управление

природоохранной деятельностью осуществляется Правительством РФ и федеральными органами исполнительной власти, центральное место среди которых занимает Министерство природных ресурсов и экологии России (Минприроды России). На региональном уровне государственное управление природоохранной деятельностью осуществляется органами государственной власти субъектов Российской Федерации и органами местного самоуправления в пределах их компетенций.

Федеральные органы власти во главе с Правительством РФ должны осуществлять обеспечение проведения федеральной политики в области экологического развития России; разработку федеральных законов и иных нормативных актов в области экологии и осуществлять контроль за их применением; разработку, утверждение и обеспечение реализации федеральных программ в области экологического развития Российской Федерации; установление порядка проведения государственного экологического мониторинга; обеспечение охраны окружающей среды, в том числе морской среды и морской среды на континентальном шельфе и исключительной экономической зоне России; установление порядка обращения с радиоактивными отходами; установление природоохранных требований и утверждение нормативов в области охраны окружающей среды; организацию и проведение государственной экологической экспертизы; организацию и развитие системы экологического образования; экономическую оценку воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду, оценку природных и антропогенных объектов.

Полномочия органов власти субъектов РФ и органов местного самоуправления регулируются законодательно и заключаются в участии в реализации федеральной политики в области экологического развития России и на территории субъекта РФ; принятии региональных законов и иных нормативных актов, программ в области охраны окружающей среды, а также осуществлении контроля за их исполнением; участии в осуществлении государственного экологического мониторинга и обеспечения функционирования территориальных систем наблюдения за состоянием окружающей среды на территории субъекта РФ; осуществлении регионального государственного экологического надзора и утверждении перечня лиц — государственных инспекторов в области охраны окружающей среды субъекта РФ; установлении нормативов качества окружающей среды субъекта РФ не ниже требований и норм, установленных на федеральном уровне; организации и развития системы экологического образования, образования особо охраняемых природных территорий; осуществлении экологической паспортизации территории субъекта РФ; обращении в суд с требованием об ограничении, приостановлении или запрещении в установленном порядке хозяйственной деятельности, осуществляемой с нарушением экологического законодательства.

Кроме того, местные органы самоуправления могут осуществлять полномочия по организации мероприятий по охране окружающей среды в рамках района, городского округа: городских субботников по очистке и рекультивации объектов, раздельного приема и вывоза мусора, культурно-просветительных мероприятий.

## **ГОСУДАРСТВЕННОЕ УПРАВЛЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТЬЮ В ЧС**

**Единая государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС)**, созданная в Российской Федерации в 1992 г., выполняет основные функции по защите населения в условиях ЧС и ликвидации их последствий. В военное время ее функции берет на себя служба гражданской обороны РФ. Кроме того, в России создана координированная система на уровне органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации и органов местного самоуправления, организаций в области защиты населения и территорий в условиях чрезвычайных ситуаций. Разграничение полномочий внутри системы и на соответствующих уровнях власти осуществляется законодательно.

РСЧС функционирует на федеральном, межрегиональном, региональном и муниципальном уровнях в режиме повседневной деятельности, повышенной готовности и чрезвычайной ситуации. Ее функциональные подсистемы создаются в министерствах, ведомствах и организациях федерального подчинения для обеспечения защиты населения и территорий от ЧС в областях их деятельности.

Для действий по защите от ЧС на областном, городском, районном или объектовом уровнях создаются территориальные подсистемы РСЧС.

Для согласования действий между территориальными подсистемами РСЧС создаются координационные органы, силы и средства связи, оповещения, информирования, резервного обеспечения.

Принципы создания, управления, обеспечения и координирования действий систем РСЧС осуществляются на основе законодательства Российской Федерации и постановления Правительства РФ.

Федеральные органы исполнительной власти РФ организуют работу по защите населения и территорий в условиях ЧС в пределах своей сферы деятельности и порученных им отраслях экономики. В их обязанности входит разработка соответствующих организационных и инженерно-технических мероприятий, утверждение и издание отраслевых норм и правил безопасной эксплуатации производства, обеспечение разработки и реализации мероприятий по укреплению всех видов безопасности производства, финансирование и обеспечение мероприятий по предупреждению и ликвидации ЧС и проведение аварийно-спасательных и других неотложных работ в условиях ЧС.

Вопросы образования штатных подразделений гражданской обороны в пределах выделенных ассигнований, равно как и введения режимов повышенной готовности и чрезвычайной ситуации, решаются на уровне федеральных органов исполнительной власти субъектов РФ.

На уровне организации необходимые меры в области защиты работников от ЧС осуществляются путем планирования и осуществления соответствующих мероприятий по повышению устойчивости функционирования организаций и обеспечению жизнедеятельности работников в условиях чрезвычайных ситуаций. Силы и средства предупреждения и ликвидации ЧС, локальные системы

оповещения о ЧС в организации находятся в состоянии постоянной готовности. Руководитель организации обязан наладить взаимодействие с представителем федерального органа исполнительной власти субъектов РФ, ответственного за обеспечение безопасности в условиях ЧС. В условиях возможного возникновения или возникновения ЧС руководитель организации вводит режим повышенной готовности или чрезвычайной ситуации для органов управления и сил РСЧС и принимает решение об установлении уровня реагирования и о введении дополнительных мер по защите от чрезвычайной ситуации работников данной организации и иных граждан, находящихся на ее территории.

В мероприятиях в области защиты населения и территорий от ЧС могут принимать участие общественные объединения. Их деятельность должна быть координирована с органами управления Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций. Лица, принимающие участие в ликвидации ЧС на уровне общественных объединений, должны иметь соответствующую подготовку, подтвержденную аттестацией.

## **2.9.**

### **МЕНЕДЖМЕНТ ОХРАНЫ ТРУДА И БЕЗОПАСНОСТИ ЗДОРОВЬЯ**

Наиболее современным подходом регулирования охраны труда и безопасности здоровья (ОТиБЗ) на производстве в мировой практике и в Российской Федерации является менеджмент — разработка и создание, максимально эффективное использование (управление) и контроль социально-экономических систем.

Достижение успехов в обеспечении ОТиБЗ связано с неукоснительным выполнением принципов, описанных в документах (OHSAS, ISO, ГОСТ), наиболее известным из которых является OHSAS-18001 «Национальный стандарт Российской Федерации системы менеджмента безопасности труда и охраны здоровья». Согласно данному стандарту, «организация должна разрабатывать, документировать, внедрять, поддерживать функционирование и постоянно улучшать систему менеджмента БТиОЗ в соответствии с требованиями настоящего стандарта, а также определить, каким образом она будет удовлетворять эти требования. Организация должна установить и документально зафиксировать область применения ее системы менеджмента БТиОЗ».

Политика организации в области управления рисками на производстве должна быть построена на основе учета, анализа и оценки соответствующих опасностей: риска травм и ухудшения состояния здоровья, включать в себя обязательства по обеспечению уровня безопасности как минимум на уровне существующих стандартов. Сведения об основных направлениях менеджмента безопасности должны быть доведены до всех работающих и быть доступными для заинтересованных лиц.

Организация должна разрабатывать методы идентификации, оценки и мер управления существующими рисками с учетом вида деятельности персона-



ла и его характера, характера выполняемых работ и специфики используемого оборудования, правовых актов в области оценки рисков, актуальных в настоящий момент.

При рассмотрении вопроса о снижении уровня опасностей и рисков необходимо соблюдать следующую приоритетность: 1) устранение опасности; 2) замена одного риска другим; 3) применение технических средств управления рисками; 4) применение знаков безопасности и административных мер управления рисками; 5) обеспечение средствами индивидуальной защиты.

Требования БТиОЗ, реализуемые организацией, должны иметь соответствующую правовую основу, актуальную на текущий момент и доведенную до всех сторон — участников организации. На основе требований БТиОЗ разрабатываются программы, включающие соответствие уровня полномочий и ответственности структур организации. Данные программы анализируются через запланированные интервалы времени. Ответственность за разработку, выполнение и эффективность программ по безопасности труда и охране здоровья несет высшее руководство организации. Оно же анализирует эффективность системы менеджмента БТиОЗ с целью установления ее актуальности через определенные промежутки времени.

Организация должна обеспечить компетентность персонала, выполняющего действия по обеспечению безопасности труда и охраны здоровья, на основании соответствующего образования, подготовки и опыта. В ходе реализации мер по БТиОЗ идет непрерывный обмен информации по соответствующим вопросам между различными уровнями и структурами организации, между подрядчиками и другими посетителями места работ, соответствующими внешними заинтересованными сторонами.

Помимо разработанного порядка действий по идентификации опасностей в повседневной деятельности, организация должна разработать, внедрить и обеспечить выполнение процедур по идентификации аварийных ситуаций и порядка реагирования на них.

Для выявления недостатков управления БТиОЗ в организации происходит регистрация, расследование и анализ инцидентов, завершающиеся разработкой корректирующих и предупреждающих действий, которые вносятся в документацию системы безопасности труда и охраны здоровья.

## **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Дайте определение понятиям «безопасность», «опасность».
2. Назовите виды опасности по степени завершенности воздействия на объект защиты.
3. Виды реализации опасности.
4. Основные опасности химических производств.
5. Дайте определение понятию «риск». Какие виды риска существуют?
6. Оценка риска. Виды оценки риска.

7. Как происходит управление рисками? Дайте определение понятиям «приемлемый риск» и «допустимый риск».
8. Опишите взаимосвязь эволюции человека и опасностей.
9. Дайте определение понятию «устойчивое развитие». Как устойчивое развитие связано со стратегией развития РФ и мирового сообщества?
10. Виды современных систем безопасности.
11. Основное содержание Стратегии национальной безопасности РФ до 2020 года.
12. Назовите основной документ, регулирующий взаимоотношения работодателя и работника.
13. Промышленная безопасность в РФ. Законодательные основы промышленной безопасности.
14. Дайте определение ПДК, ПДВ, ПДС.
15. Что такое социальное страхование? Кто является объектом социального страхования?



## **Раздел II**

# **ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ОХРАНЫ ТРУДА**

## Глава 3

### УСЛОВИЯ ТРУДА

#### 3.1.

#### УСЛОВИЯ ТРУДА.

#### ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Важнейшей частью жизнедеятельности является **труд** — осознанная материально-преобразующая деятельность человека, направленная на удовлетворение его жизненных потребностей. Созидательная трудовая деятельность присуща людям любого возраста и состояния здоровья: работающему населению, обучающимся, пенсионерам, домохозяйкам, инвалидам и т. д. Параграф 2.8 раздела I настоящего учебника посвящен роли государства в сохранении жизни и здоровья работников производства в процессе трудовой деятельности.

В процессе труда на человека воздействуют различные параметры производственной обстановки, в которой протекает труд (температура, влажность и подвижность воздуха, шум, вибрация, вредные вещества, различные излучения и т. п.). Большое значение для высоких результатов работы имеют психологический микроклимат в коллективе и эффективное руководство людьми. Все это в совокупности характеризует определенные условия, в которых трудится человек.

**Условия труда** — совокупность факторов производственной среды и трудового процесса, оказывающих влияние на здоровье и работоспособность работника.

От условий труда в большой степени зависят отношение человека к труду и результаты труда. При плохих условиях резко снижается производительность труда и создаются предпосылки для возникновения травм и профессиональных заболеваний.

Факторы производственной среды подразделяются на опасные и вредные, классифицируются по природе происхождения на четыре группы: **физические, химические, биологические, психофизиологические**.

**Опасным** называется производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к травме или другому внезапному резкому ухудшению здоровья.

Если же производственный фактор приводит к заболеванию или снижению работоспособности, то его считают **вредным**.

В зависимости от интенсивности воздействия вредный производственный фактор может стать опасным и наоборот. Например, повышенная температура на кухне предприятия общественного питания является вредным фактором, повышенная температура во время пожара — опасный фактор.

К физическим опасным и вредным производственным факторам относятся те, которые могут быть причиной механического, физического, электромагнитного, термического, радиационного поражения. Это движущиеся части машин и механизмов, повышенный уровень шума, электромагнитные поля, нагретые поверхности оборудования, радиоактивные вещества и т. д.

К химически опасным и вредным производственным факторам относятся вредные химические вещества.

К биологически опасным и вредным производственным факторам можно отнести специфические свойства патогенных микроорганизмов (бактерий, вирусов, риккетсий, спирохет, грибов, простейших) и продуктов их жизнедеятельности, а также макроорганизмов (растений и животных), которые способны нанести ущерб здоровью работающих.

К психофизиологическим опасным и вредным факторам относятся физические (статические и динамические) и нервно-психические перегрузки (умственное перенапряжение, перенапряжение анализаторов, монотонность труда, эмоциональные перегрузки), связанные как с особенностями трудового процесса, так и условиями труда и организацией труда.

Один и тот же опасный и вредный производственный фактор по природе своего действия может относиться одновременно к различным группам (недостаточный уровень освещения — и физический, и психофизиологический вредный фактор).

Характеристиками трудового процесса по физической и психологической нагрузке являются тяжесть и напряженность труда.

**Тяжесть труда** — характеристика трудового процесса, отражающая преимущественную нагрузку на опорно-двигательный аппарат и функциональные системы организма (сердечно-сосудистую, дыхательную и др.), обеспечивающие его деятельность.

Тяжесть труда характеризуется физической динамической нагрузкой, массой поднимаемого и перемещаемого груза, общим числом стереотипных рабочих движений, статичностью рабочей позы, степенью наклона корпуса, перемещениями в пространстве. С понятием тяжести труда тесно связаны метеорологические параметры производственной среды, зависящие от уровня затраты энергии в трудовом процессе.

**Напряженность труда** — характеристика трудового процесса, отражающая нагрузку на центральную нервную систему, органы чувств, эмоциональную сферу работника.

К факторам, характеризующим напряженность труда, относятся: интеллектуальные, сенсорные, эмоциональные нагрузки, монотонность работы, режим работы, высокая ответственность за принятые решения, ритмичность ра-

боты. Напряженность труда связана с психологическим микроклиматом производства.

В случае нарушений правил и отсутствия обеспечения безопасности труда на производстве возможны несчастные случаи и **профессиональные заболевания**. Последствиями несчастных случаев являются **травмы** — нарушение целостности тканей и органов тела и расстройство их функций под влиянием внешних факторов.

**Производственная травма** — травма, полученная работающим на производстве и вызванная несоблюдением требований безопасности труда.

Явление, характеризующееся совокупностью производственных травм, называется **производственным травматизмом**.

**Профессиональным заболеванием** называется заболевание, вызванное воздействием на работающего вредных условий труда.

**Профессиональным отравлением** называется группа заболеваний, обусловленных воздействием на организм вредных веществ различного происхождения в условиях производства.

Профессиональные заболевания, возникающие в течение короткого промежутка времени (одной смены или суток), называются острыми, а возникшие в течение более длительного срока — хроническими.

В настоящий момент руководство организаций должно уделять особое внимание управлению (менеджменту) безопасности труда и охраны здоровья на производстве (БТиОЗ) для уменьшения уровня профессиональной заболеваемости и профилактики травматизма. Основы БТиОЗ регулируются ГОСТ 12.0.004-2015 «Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Организация обучения безопасности труда. Общие положения».

**Требования безопасности труда** — требования, установленные законодательными актами, нормативно-технической документацией, правилами и инструкциями, выполнение которых обеспечивает безопасность труда. Требования безопасности труда предъявляются к производственной среде, производственному процессу, оборудованию, а также к работающим.

**Производственная санитария** — важнейшая составляющая охраны труда — представляет собой систему организационных, гигиенических и санитарно-технических мероприятий и средств, предотвращающих воздействие на работающих вредных производственных факторов.

Безопасность труда и производственная санитария, наряду с трудовым законодательством, — основные составляющие охраны труда.

### 3.2. СПЕЦИАЛЬНАЯ ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ТРУДА

Для реализации прав работников на безопасные условия труда работодатель должен провести ряд мероприятий, важнейшим из которых является специальная оценка условий труда, законодательно описанная Федеральным зако-

ном № 426-ФЗ от 28.12.2013 (ред. от 01.05.2016) «О специальной оценке условий труда».

**Специальной оценкой условий труда (СОУТ)** называется комплекс последовательно осуществляемых мероприятий по идентификации вредных и опасных факторов производственной среды и трудового процесса и оценке уровня их воздействия на работника с учетом отклонения их фактических значений от установленных нормативов (гигиенических нормативов) условий труда и применения средств индивидуальной и коллективной защиты работников. По результатам СОУТ назначаются классы условий труда, что необходимо для разработки мероприятий БТиОЗ на производстве и в учреждениях и выдачи разрешения на дальнейшую деятельность организации.

Специальная оценка условий труда производится не реже чем раз в пять лет за счет работодателя. Руководство организации обязано обеспечить всеми необходимыми сведениями по условиям трудового процесса организацию, проводящую СОУТ, а также информировать работников о результатах оценки условий труда на их рабочих местах.

Результаты проведенной СОУТ должны точно описывать условия труда на производстве и быть доступны работодателю, работникам предприятия, представителям государственного и общественного надзора и контроля безопасности труда. При проведении оценки условий труда используются методы, методики и соответствующие им средства измерений, обеспечивающие единство результатов измерений, прошедшие поверку и внесенные в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

Для организации и проведения специальной оценки условий труда работодателем образуется соответствующая комиссия, число членов которой должно быть нечетным, а также утверждается график проведения мероприятий СОУТ. Комиссию возглавляет работодатель. Она должна обязательно включать представителей интересов работающих на производстве (представителей общественного контроля).

До начала проведения мероприятий по оценке условий труда утверждается перечень рабочих мест с указанием аналогичных рабочих мест. Согласно закону № 426-ФЗ, «аналогичными рабочими местами признаются рабочие места, которые расположены в одном или нескольких однотипных производственных помещениях (производственных зонах), оборудованных одинаковыми (однотипными) системами вентиляции, кондиционирования воздуха, отопления и освещения, на которых трудятся работники одной и той же профессии, должности, специальности, осуществляют одинаковые трудовые функции в одинаковом режиме рабочего времени при ведении однотипного технологического процесса с использованием одинакового производственного оборудования, инструментов, приспособлений, материалов и сырья и обеспечены одинаковыми средствами индивидуальной защиты».

Эксперт организации, проводящей специальную оценку условий труда, идентифицирует опасные и вредные факторы на рабочих местах и утверждает их перечень. При этом должно уделяться внимание производственному оборудованию, материалам и сырью, являющемуся источниками вредных и опасных



производственных факторов; результатам ранее проводившихся на данных рабочих местах исследований и измерений вредных и опасных производственных факторов; показателям производственного травматизма; предложениям работников по осуществлению на их рабочих местах идентификации потенциально вредных и опасных производственных факторов.

Эксперт может осуществлять:

- изучение документации, характеризующей технологический процесс, и документов, регламентирующих обязанности работника, занятого на данном рабочем месте;
- обследование рабочего места;
- ознакомление с работами, фактически выполняемыми работником на рабочем месте.

Результаты проведенных исследований и измерений вредных и опасных производственных факторов оформляются протоколами в отношении каждого из этих вредных и опасных производственных факторов.

В целях проведения специальной оценки условий труда исследованию и измерению подлежат тяжесть трудового процесса и напряженность трудового процесса.

Испытательная лаборатория проводит исследования и измерения вредных и опасных факторов производственной среды и трудового процесса, которые касаются метеорологических условий и температуры нагретых поверхностей в помещении, режима работы и вида электрических устройств и источников ультрафиолетового, лазерного и радиоактивного излучения, неингредиентных и ингредиентных загрязнений, а также тяжести и напряженности труда работающих. Таким образом, СОУТ позволяет комплексно оценить труд работающих и назначить класс условий труда для каждого рабочего места.

В зависимости от наличия и уровня воздействия вредных и опасных факторов условия труда подразделяются на четыре класса — **оптимальные, допустимые, вредные и опасные**.

Оптимальными условиями труда (**1-й класс**) являются условия труда, при которых воздействие на работника вредных и опасных производственных факторов отсутствует или воздействие которых не превышает уровни, установленные нормативами условий труда и принятые в качестве безопасных для человека, и создаются предпосылки для поддержания высокого уровня работоспособности работника. Такие условия труда редко достижимы на рабочих местах в силу ряда причин.

Допустимыми условиями труда (**2-й класс**) являются условия труда, при которых на работника воздействуют вредные и опасные производственные факторы, воздействия которых не выходят за уровни, установленные нормативами условий труда, а измененное функциональное состояние организма работника восстанавливается во время регламентированного отдыха или к началу следующего рабочего дня (смены).

Оптимальные и допустимые условия труда относятся к безопасным условиям труда, которые должны быть обеспечены для трудовой деятельности лиц до 18 лет и некоторых категорий работающих.

Вредными условиями труда (**3-й класс**) являются условия труда, при которых воздействие вредных и опасных производственных факторов превышает уровни, установленные нормативами (гигиеническими нормативами) условий труда, в том числе:

- **подкласс 3.1 (вредные условия труда 1-й степени)** — условия труда, при которых на работника воздействуют вредные и/или опасные производственные факторы, после воздействия которых измененное функциональное состояние организма работника восстанавливается, как правило, при более длительном, чем до начала следующего рабочего дня (смены), прекращении воздействия данных факторов, и увеличивается риск повреждения здоровья;

- **подкласс 3.2 (вредные условия труда 2-й степени)** — условия труда, при которых на работника воздействуют вредные и/или опасные производственные факторы, уровни воздействия которых способны вызвать стойкие функциональные изменения в организме работника, приводящие к появлению и развитию начальных форм профессиональных заболеваний или профессиональных заболеваний легкой степени тяжести (без потери профессиональной трудоспособности), возникающих после продолжительной экспозиции (пятнадцать и более лет);

- **подкласс 3.3 (вредные условия труда 3-й степени)** — условия труда, при которых на работника воздействуют вредные и/или опасные производственные факторы, уровни воздействия которых способны вызвать стойкие функциональные изменения в организме работника, приводящие к появлению и развитию профессиональных заболеваний легкой и средней степени тяжести (с потерей профессиональной трудоспособности) в период трудовой деятельности;

- **подкласс 3.4 (вредные условия труда 4-й степени)** — условия труда, при которых на работника воздействуют вредные и опасные производственные факторы, уровни воздействия которых способны привести к появлению и развитию тяжелых форм профессиональных заболеваний (с потерей общей трудоспособности) в период трудовой деятельности. Наличие двух и более факторов трудового процесса, относящихся к одной категории вредности, означает повышение ее подкласса. Поскольку один и тот же вредный фактор может оказывать разное воздействие (например, физическое и психофизиологическое), в настоящий момент вредные условия труда — наиболее распространенная категория труда в Российской Федерации (51% рабочих мест).

Опасными условиями труда (**4-й класс**) являются условия труда, при которых на работника воздействуют вредные и опасные производственные факторы, уровни воздействия которых в течение всего рабочего дня (смены) или его части способны создать угрозу жизни работника, а последствия воздействия данных факторов обуславливают высокий риск развития острого профессионального заболевания в период трудовой деятельности. Такие условия возникают при ликвидации последствий аварий и катастроф, а также при выполнении особо опасных работ: на высоте, в условиях невесомости, огневых работ, очистных работ.

Итог проведения специальной оценки условий труда — отчет, куда вносят сведения об организации, перечень рабочих мест, на которых проводилась СОУТ, протоколы проведения исследований и измерений вредных и опасных

производственных факторов и оценки эффективности применяемых работниками средств индивидуальной защиты, сводная ведомость СОУТ, перечень мероприятий по улучшению условий труда и охраны труда работников, заключение эксперта организации, проводившей специальную оценку условий труда.

Результаты проведения специальной оценки условий труда — информация, с которой работодатель обязан ознакомить работающих на производстве в течение 30 дней с момента утверждения отчета о СОУТ. По результатам оценки условий труда рабочее место может быть разрешено к дальнейшей эксплуатации, либо разрешено при условии проведения специальных мероприятий, либо должно быть ликвидировано.

Основные методы и способы защиты от вредных и опасных факторов на производстве следующие:

- **снижение опасностей и вредностей в источнике их воздействия** вплоть до полного устранения, для чего необходимо внедрение современных технологий (наилучших из доступных технологий), которые, как правило, являются наиболее безопасными, своевременное проведение планово-предупредительных ремонтов, применение внешних защитных устройств, использование исправного оборудования, замена устаревшего оборудования новым;

- **защита зонированием (расстоянием)** за счет увеличения дистанции между источником вредностей и опасностей и объектом защиты. В случае производств осуществляется путем введения санитарно-защитных зон (СЗЗ), отделяющих зону воздействия вредных и опасных факторов от селитебной зоны. Размер СЗЗ зависит от интенсивности воздействия и вида опасных и вредных факторов;

- **использование экипировки**, которая представляет собой защитные устройства, устанавливаемые на пути опасного потока от источника до защищаемого объекта (глушители шума, пыле- и газоулавливатели, нейтрализаторы, очистные сооружения);

- **применение средств и устройств индивидуальной защиты**, соответствующих условиям производства, исправных, удобных в применении и соответствующих антропометрическим параметрам защищаемого работника;

- **защита временем** — уменьшение вредного воздействия неблагоприятных факторов производственной среды и трудового процесса на работающих за счет снижения времени их действия: введение внутрисменных перерывов, сокращение рабочего дня, увеличение продолжительности отпуска, ограничение стажа работы в данных условиях.

## Глава 4

# ПРАВОВЫЕ И НОРМАТИВНЫЕ ОСНОВЫ ОХРАНЫ ТРУДА

### 4.1.

## ОБЯЗАННОСТИ РАБОТНИКА И РАБОТОДАТЕЛЯ, ОТРАЖЕННЫЕ В ТРУДОВОМ ДОГОВОРЕ. ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ЗА НАРУШЕНИЕ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА ОБ ОХРАНЕ ТРУДА

Поступив на работу, работник вступает с работодателем и организацией в трудовые отношения, которые регулируются на основании заключенного трудового договора.

Согласно трудовому договору (ст. 21 ТК РФ), **работник имеет право на:**

- предоставление ему работы, обусловленной трудовым договором;
- рабочее место, соответствующее государственным нормативным требованиям охраны труда и условиям, предусмотренным коллективным договором;
- своевременную и в полном объеме выплату заработной платы в соответствии со своей квалификацией, сложностью труда, количеством и качеством выполненной работы;
- отдых, обеспечиваемый установлением нормальной продолжительности рабочего времени, сокращенного рабочего времени для отдельных профессий и категорий работников, предоставлением еженедельных выходных дней, нерабочих праздничных дней, оплачиваемых ежегодных отпусков;
- полную достоверную информацию об условиях труда и требованиях охраны труда на рабочем месте, включая реализацию прав, предоставленных законодательством о специальной оценке условий труда;
- подготовку и дополнительное профессиональное образование;
- объединение, включая право на создание профессиональных союзов и вступление в них для защиты своих трудовых прав, свобод и законных интересов;
- участие в управлении организацией в предусмотренных ТК РФ, иными федеральными законами и коллективным договором формах;

- ведение коллективных переговоров и заключение коллективных договоров и соглашений через своих представителей, а также на информацию о выполнении коллективного договора, соглашений;

- разрешение индивидуальных и коллективных трудовых споров, включая право на забастовку, в порядке, установленном ТК РФ, иными федеральными законами;

- возмещение вреда, причиненного ему в связи с исполнением трудовых обязанностей, и компенсацию морального вреда в порядке, установленном ТК РФ, иными федеральными законами;

- обязательное социальное страхование в случаях, предусмотренных федеральными законами.

Соблюдение пунктов трудового договора гарантирует организации и работнику достойный, эффективный и безопасный труд. Однако, вступив в трудовые отношения с организацией, **работник должен выполнять ряд обязанностей:**

- добросовестно исполнять свои трудовые функции, возложенные на него трудовым договором;

- соблюдать правила внутреннего трудового распорядка;

- соблюдать трудовую дисциплину;

- выполнять установленные нормы и требования по охране труда и обеспечению безопасности труда;

- бережно относиться к имуществу работодателя и других работников;

- незамедлительно сообщить работодателю либо непосредственному руководителю о возникновении ситуации, представляющей угрозу жизни и здоровью людей, сохранности имущества работодателя.

**Работодатель имеет право:**

- заключать, изменять и расторгать трудовые договоры с работниками;

- вести коллективные переговоры и заключать коллективные договоры;

- поощрять работников за добросовестный эффективный труд;

- требовать от работников исполнения ими трудовых обязанностей и бережного отношения к имуществу работодателя;

- привлекать работников к дисциплинарной и материальной ответственности в порядке, установленном Трудовым кодексом, иными федеральными законами;

- принимать локальные нормативные акты, за исключением работодателей — физических лиц, не являющихся индивидуальными предпринимателями;

- создавать объединения работодателей в целях представительства и защиты своих интересов и вступать в них и т. д.

**Работодатель обязан (ст. 22 ТК РФ):**

- соблюдать трудовое законодательство и иные нормативные правовые акты, содержащие нормы трудового права, локальные нормативные акты, условия коллективного договора, соглашений и трудовых договоров;

- предоставлять работникам работу, обусловленную трудовым договором;

- обеспечивать безопасность и условия труда, соответствующие государственным нормативным требованиям охраны труда;

- обеспечивать работников оборудованием, инструментами, технической документацией и иными средствами, необходимыми для исполнения ими трудовых обязанностей;
- обеспечивать работникам равную оплату за труд равной ценности;
- выплачивать в полном размере причитающуюся работникам заработную плату;
- вести коллективные переговоры, а также заключать коллективный договор в порядке, установленном Трудовым кодексом;
- предоставлять представителям работников полную и достоверную информацию, необходимую для заключения коллективного договора, соглашения и контроля за их выполнением;
- знакомить работников под роспись с принимаемыми локальными нормативными актами, непосредственно связанными с их трудовой деятельностью;
- своевременно выполнять предписания федерального органа исполнительной власти, уполномоченного на осуществление федерального государственного надзора за соблюдением трудового законодательства, уплачивать штрафы, наложенные за нарушения трудового законодательства и иных нормативных правовых актов, содержащих нормы трудового права;
- рассматривать представления соответствующих профсоюзных органов, иных избранных работниками представителей о выявленных нарушениях трудового законодательства;
- создавать условия, обеспечивающие участие работников в управлении организацией в предусмотренных ТК РФ, иными федеральными законами и коллективным договором формах;
- обеспечивать бытовые нужды работников, связанные с исполнением ими трудовых обязанностей;
- осуществлять обязательное социальное страхование работников в порядке, установленном федеральными законами;
- возмещать вред, причиненный работникам в связи с исполнением ими трудовых обязанностей, а также компенсировать моральный вред в порядке и на условиях, которые установлены Трудовым кодексом, другими федеральными законами и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации.

Главным условием безопасности труда является соблюдение трудовой дисциплины, в противном случае работник или работодатель могут подвергаться юридической ответственности.

Юридическая ответственность за нарушения требований охраны труда может быть следующих видов: *дисциплинарная, административная, материальная, уголовная и гражданско-правовая* (гл. 62, ст. 419 ТК РФ).

К гражданско-правовой и административной ответственности могут быть привлечены юридические лица (предприятия). Круг ответственности физических лиц (граждан) зависит от их должностных полномочий. Один из важных показателей принадлежности того или иного работника к категории **должностных лиц** — наличие у него в подчинении других работников либо самостоятельная ответственность за участок работы. Должностные лица не освобожда-

ются от ответственности за нарушение требований безопасности труда подчиненных, поскольку именно они должны обеспечивать дисциплину труда.

**Дисциплинарная ответственность** состоит в применении к виновному лицу следующих взысканий: замечание, выговор, увольнение — в установленном порядке (ст. 192 ТК РФ).

Основанием для привлечения к дисциплинарной ответственности могут быть результаты проверок состояния охраны труда, проводимые администрацией, органами государственного надзора и общественного контроля, а также аварии, несчастные случаи и т. д.

Налагать дисциплинарные взыскания должностное лицо может только на подчиненного ему работника. До применения дисциплинарного взыскания работодатель должен затребовать от работника объяснения в письменной форме. За каждый дисциплинарный проступок может быть применено только одно дисциплинарное взыскание. Как дисциплинарный проступок может быть квалифицировано уклонение работника от медицинского освидетельствования, прохождения в рабочее время специального обучения или проверки знаний и навыков по охране труда, если это обязательное условие допуска к работе. Дисциплинарное увольнение с работы установлено Трудовым кодексом РФ за появление работника в состоянии алкогольного, наркотического или другого опьянения, нарушение работником требований по охране труда, если оно повлекло за собой тяжкие последствия либо заведомо создало угрозу таких последствий.

**Административная ответственность** работодателей и должностных лиц (предприятий, учреждений и организаций независимо от форм собственности) регулируется Кодексом Российской Федерации об административных правонарушениях (КоАП). Административные нарушения заключаются в применении таких мер взыскания, как предупреждения, денежные штрафы, которые могут достигать 100 минимальных размеров оплаты труда (ст. 41 КоАП), изъятие орудия совершения или предмета административного правонарушения, лишение социального права, предоставленного физическому лицу, административный арест, административное выдворение за пределы Российской Федерации. Налагать административную ответственность могут только представители различных органов государственного надзора и контроля: Госкомсанэпиднадзора РФ, Госпожнадзора РФ, Гострудинспекции и т. д.

В соответствии с КоАП РФ к административным правонарушениям относятся нарушения законодательства об охране труда, непредставление информации, необходимой для проведения коллективных переговоров и осуществления контроля за соблюдением коллективного договора, соглашения, необоснованный отказ от трудового договора, соглашения, увольнение работников в связи с забастовкой, коллективным трудовым спором, сокрытие страхового случая, нарушения требований и норм безопасности опасного технического объекта и др.

**Уголовная ответственность** наступает за совершение преступлений в области безопасности труда и охраны здоровья, которые повлекли или могли повлечь причинение тяжкого или средней тяжести вреда здоровью человека, массовое заболевание или отравление людей, смерть человека или группы людей или иные тяжкие последствия. Правонарушения в области охраны труда

подразумевают уголовную ответственность за необоснованный отказ в приеме на работу или необоснованное увольнение беременной женщины или женщины с детьми в возрасте до трех лет, нарушение правил безопасности на опасных технических объектах, сокрытие информации об обстоятельствах, создающих опасность для жизни и здоровья людей, нарушение правил обращения с экологически опасными веществами и отходами, недоброкачественный ремонт транспортных средств и выпуск их в эксплуатацию с техническими неисправностями.

В случае, когда правонарушение повлекло существенное нарушение законных прав и интересов граждан либо смерть человека и иные тяжкие последствия, виновное лицо может быть привлечено к уголовной ответственности за халатность, т. е. за неисполнение или ненадлежащее исполнение своих обязанностей.

За совершение преступлений в сфере охраны труда УК РФ предусмотрены следующие виды наказаний: штрафы в размере до 500 тыс. рублей или в размере заработной платы или иного дохода осужденного за период до 3 лет либо исправительные работы на срок до 2 лет; лишение права занимать определенные должности или заниматься определенной деятельностью на срок до 3 лет; общественно полезные работы на срок до 240 ч; лишение свободы на срок до 8 лет.

**Материальная ответственность** стороны трудового договора наступает за ущерб, причиненный ею другой стороне этого договора в результате ее противоправного поведения (действия или бездействия), если иное не предусмотрено ТК РФ или иными федеральными законами. Все вопросы по материальной ответственности сторон договора регулируются в разделе XI (ст. 232–250 ТК РФ).

Материальная ответственность за ущерб, причиненный предприятию при исполнении трудовых обязанностей, возлагается на работника при условии, если ущерб произошел по его вине, и соглашения о материальной ответственности, заключенного дополнительно к трудовому договору. Эта ответственность ограничивается, как правило, частью заработка работника и не должна превышать полного размера причиненного ущерба. При определении размера ущерба учитывается только прямой действительный ущерб. Недополученные доходы (упущенная выгода) взысканию с работника не подлежат.

Недопустимо возложение на работника ответственности за ущерб, который возник вследствие непреодолимой силы, нормального хозяйственного риска, крайней необходимости или необходимой обороны либо неисполнением работодателем обязанности по обеспечению надлежащих условий для хранения имущества, вверенного работнику.

Возмещение ущерба работниками в размере, не превышающем среднего месячного заработка, производится по распоряжению работодателя.

**Гражданско-правовая ответственность** предусмотрена для юридических лиц (работодателей) разными законодательными и нормативными актами — Гражданским кодексом РФ, Трудовым кодексом РФ и специальными актами.



Гражданско-правовая ответственность выражается в возмещении убытков, вреда, уплаты неустойки. При повреждении здоровья или в случае смерти работника вследствие несчастного случая на производстве либо профессионального заболевания работнику (его семье) возмещается утраченный заработок, а также связанные с повреждением здоровья дополнительные расходы на медицинскую, социальную и профессиональную реабилитацию либо расходы, связанные со смертью работника.

Юридическое лицо либо гражданин возмещает вред, причиненный его работником при исполнении трудовых обязанностей, в полном объеме возмещения с учетом упущенной выгоды.

Вред, причиненный гражданину или юридическому лицу в результате незаконных действий (бездействий) государственных органов, органов местного самоуправления либо должностных лиц этих органов, также подлежит возмещению. Таким образом, трудовые отношения работника и работодателя и трудовая дисциплина четко регламентируются нормативно-правовыми актами Российской Федерации.

## 4.2.

### ОПАСНЫЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ОБЪЕКТЫ

В настоящее время на территории России функционирует более ста тысяч предприятий химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей, сельскохозяйственной, горнодобывающей, энергетической и других отраслей, при аварии на которых или при разрушении которых возможно нанесение крупного ущерба окружающей среде, населению, экономике страны. Такие предприятия относят к опасным производственным объектам.

Принятый Государственной Думой Федеральный закон № 116-ФЗ от 20.06.1997 (в ред. от 07.03.2017) «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» определяет правовые, экономические и социальные основы обеспечения безопасной эксплуатации опасных производственных объектов (ОПО) и направлен на предупреждение аварий на ОПО и обеспечение готовности организаций, эксплуатирующих их, к локализации и ликвидации последствий указанных аварий.

Согласно Федеральному закону № 116-ФЗ, **опасными производственными объектами** являются предприятия или их цехи, участки, площадки, а также иные производственные объекты, на которых:

1) получают, используются, перерабатываются, образуются, хранятся, транспортируются, уничтожаются воспламеняющиеся, окисляющие, горючие, взрывчатые, токсичные, высокотоксичные вещества, а также вещества, представляющие опасность для окружающей природной среды;

2) используется оборудование, работающее под давлением более 0,07 МПа или при температуре нагрева воды более 115°C;

3) используются стационарно установленные грузоподъемные механизмы, эскалаторы, 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;

6) осуществляется хранение или переработка растительного сырья, способного самовозгораться, возгораться от источника зажигания и самостоятельно гореть после его удаления, а также осуществляется хранение зерна, продуктов его переработки и комбикормового сырья, склонных к самосогреванию и самовозгоранию.

В соответствии со ст. 6 Федерального закона № 116-ФЗ, деятельность по проектированию, строительству, эксплуатации, расширению, реконструкции, техническому перевооружению, консервации и ликвидации опасного производственного объекта; изготовлению, монтажу, наладке, обслуживанию и ремонту технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте; проведению экспертизы промышленной безопасности; подготовке и переподготовке работников опасного производственного объекта в необразовательных учреждениях может осуществляться на основании соответствующей **лицензии**, выданной федеральным органом исполнительной власти, специально уполномоченным в области промышленной безопасности, или его территориальным органом в соответствии с законодательством РФ.

При рассмотрении вопроса о выдаче лицензии на эксплуатацию ОПО заявитель представляет в федеральный орган исполнительной власти, специально уполномоченный в области промышленной безопасности, или в его территориальные органы следующие документы:

а) акт приемки опасного производственного объекта в эксплуатацию или положительное заключение экспертизы промышленной безопасности;

б) **декларацию промышленной безопасности** опасного производственного объекта.

В лицензиях на эксплуатацию опасного производственного объекта делается запись об обязательном наличии у заявителя на момент начала эксплуатации и на протяжении всего периода эксплуатации опасного производственного объекта договора о страховании риска ответственности за причинение вреда при эксплуатации опасного производственного объекта в соответствии со ст. 15 Федерального закона № 116-ФЗ.

Статья 7 Федерального закона № 116-ФЗ определяет требования к техническим устройствам, применяемым на опасном производственном объекте. Технические устройства, в том числе иностранного производства, применяемые на опасном производственном объекте, подлежат сертификации на соответствие требованиям промышленной безопасности в установленном законодательством Российской Федерации порядке. Перечень технических устройств, применяемых на опасных производственных объектах и подлежащих сертификации, разрабатывается и утверждается в порядке, определяемом Правительством Российской Федерации.

Сертификацию технических устройств, применяемых на ОПО, проводят организации, аккредитованные федеральным органом исполнительной власти, специально уполномоченным в области промышленной безопасности.

Правила проведения сертификации устанавливаются федеральным органом исполнительной власти по стандартизации, метрологии и сертификации совместно с федеральным органом исполнительной власти, специально уполномоченным в области промышленной безопасности.

Общий порядок и условия применения технических устройств на опасном производственном объекте устанавливаются Правительством Российской Федерации.

Технические устройства, применяемые на ОПО, в процессе эксплуатации подлежат экспертизе промышленной безопасности в установленном порядке.

Требования промышленной безопасности к проектированию, строительству и приемке в эксплуатацию опасного производственного объекта определены в ст. 8 Федерального закона № 116-ФЗ.

Одним из обязательных условий принятия решения о начале строительства, расширения, реконструкции, технического перевооружения, консервации и ликвидации ОПО является наличие положительного заключения экспертизы промышленной безопасности проектной документации, утвержденного федеральным органом исполнительной власти, специально уполномоченным в области промышленной безопасности, или его территориальным органом.

Отклонения от проектной документации в процессе строительства, расширения, реконструкции, технического перевооружения, консервации и ликвидации опасного производственного объекта не допускаются. Изменения, вносимые в проектную документацию на строительство, расширение, реконструкцию, техническое перевооружение, консервацию и ликвидацию опасного производственного объекта, подлежат экспертизе промышленной безопасности и согласовываются с федеральным органом исполнительной власти, специально уполномоченным в области промышленной безопасности, или его территориальным органом.

В процессе строительства, расширения, реконструкции, технического перевооружения, консервации и ликвидации ОПО организации, разработавшие проектную документацию, в установленном порядке осуществляют авторский надзор.

Приемка в эксплуатацию опасного производственного объекта проводится в установленном порядке. В процессе приемки в эксплуатацию опасного производственного объекта проверяются его соответствие проектной документации, готовность организации к эксплуатации опасного производственного объекта и к действиям по локализации и ликвидации последствий аварии.

Статьей 14 Федерального закона № 116-ФЗ определена необходимость разработки организациями декларации промышленной безопасности.

Разработка декларации промышленной безопасности предполагает всестороннюю оценку риска аварии и связанной с ней 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, специально уполномоченным в области промышленной безопасности.

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.

Декларацию промышленной безопасности представляют органам государственной власти, органам местного самоуправления, общественным объединениям и гражданам в порядке, который установлен Правительством Российской Федерации.

### 4.3.

## **НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ ПО ОХРАНЕ ТРУДА**

Для обеспечения защиты работающих от вредных и опасных факторов трудового процесса, соблюдения требований безопасности к производственному оборудованию, средствам защиты, процессам и помещениям в установленном порядке разрабатывается ряд нормативно-технических документов (НТД), которые должны быть утверждены компетентным органом. Требования НТД должны соблюдаться на всех этапах строительства и производственного процесса.

Основные виды НТД — нормы и правила Министерства здравоохранения Российской Федерации (Минздрав России) и Стандарты Росстандарта.

Для соблюдения требований производственной санитарии и гигиены труда разработан ряд нормативных актов по охране труда. Нормативно-техническая документация включает правила, нормы, инструкции, стандарты.

**Правила по охране труда** устанавливают требования, обязательные для исполнения на всех этапах производственных процессов и отдельных видов работ и связанные с обеспечением безопасности работающих.

Существуют правила по охране труда **федерального (единого), межотраслевого и отраслевого назначения**.

Действие единых норм и правил распространяется на все отрасли экономики. Они принимаются федеральными директивными органами совместно или по соглашению с Федерацией профсоюзов и содержат важнейшие требования, актуальны для всего народного хозяйства.

Действие межотраслевых норм и правил распространяется на несколько отраслей либо на отдельные виды производства или работ во всех отраслях.

Отраслевые нормы и правила по охране труда учитывают специфику отдельных отраслей экономики и распространяются на все предприятия. Они утверждаются министерствами, органами государственного надзора совместно или по соглашению с ЦК профсоюза отрасли.

Требования по охране труда при выполнении работ на территории предприятия рассматриваются в инструкциях по охране труда. Инструкции по охране труда бывают типовыми (для рабочих основных предприятий), отраслевыми и действующими в масштабе предприятия.

Предприятия, учреждения и организации разрабатывают и утверждают стандарты предприятия системы стандартов безопасности труда (СТП ССБТ), инструкции по охране труда для работников и на отдельные виды работ (ИОТ) на основе государственных нормативных правовых актов и соответствующих нормативных правовых актов субъектов РФ.

Система стандартов безопасности труда (ССБТ) является комплексом взаимосвязанных стандартов, объединяющих требования охраны труда для производств и учреждений на всех этапах их функционирования. Эта система действует в России (ранее в Советском Союзе) с 1972 г. и за это время претерпела многие изменения и усовершенствования. Основные положения о ССБТ в настоящий момент закреплены ГОСТ Р 12.0.001-2013 «Национальный стандарт Российской Федерации. Система стандартов безопасности труда. Основные положения».

Стандарты ССБТ могут быть **государственными, отраслевыми и стандартами предприятий**. Государственные стандарты утверждаются Федеральным агентством по техническому урегулированию и метрологии; отраслевые — соответствующими федеральными органами исполнительной власти; стандарты предприятий — администрацией предприятий.

Отраслевые стандарты (ОСТ) разрабатываются с учетом специфики отрасли и могут содержать требования более жесткие, чем в соответствующем государственном стандарте. Такой же подход принят и в стандартах предприятия (СТП). Объектами стандартизации на предприятиях являются организация работ по охране труда, контроль состояния условий труда, планирование работ по безопасности труда, порядок стимулирования работы по обеспечению безопасности труда, организация обучения и инструктаж работающих по безопасности труда.

ССБТ имеет свою кодификацию. В государственной системе стандартов (ГСС) ей присвоен шифр 12; она состоит из подсистем, имеющих шифр от 0 до 9.

- 0 — организационно-методические стандарты основ построения системы;
- 1 — государственные стандарты требований и норм по видам опасных и вредных факторов;
- 2 — стандарты требований безопасности к производственному оборудованию;
- 3 — стандарты требований безопасности к производственным процессам;

- 4 — стандарты требований к средствам защиты работающих;
  - 5 — стандарты требований к производственным зданиям (помещениям).
- Подсистемы 6–9 являются резервными.

Пример обозначения стандарта в системе ССБТ — ГОСТ 12.1.005-88 «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны», в котором:

- 12 — шифр ССБТ в ГСС (принадлежность ГОСТ к ССБТ);
- 1 — шифр подсистемы (в данном случае подсистема требований и норм по видам опасных и вредных факторов);
- 005 — порядковый номер стандарта в подсистеме;
- 88 — последние две (с 2000 г. — четыре) цифры года издания или регистрации.

ССБТ содержит около 370 государственных и более 700 отраслевых стандартов. Нормы и требования, установленные в стандартах ССБТ, включены в более чем 70 тыс. стандартов и технических условий на конкретную продукцию, на производственное оборудование, материалы, вещества.

Нормы и требования стандартов ССБТ в обязательном порядке входят во все виды конструкторской, технологической, проектной документации, а также в правила, инструкции и другие документы по охране труда.

Стандарты ССБТ содержат нормы, требования или ссылки всех видов нормативных документов, содержащих требования по безопасности труда и охране здоровья — Ростехнадзора, Роспотребнадзора, Роструда. Таким образом, ССБТ представляет собой цельное единство нормативных документов.

Стандарты предприятий по безопасности труда (СТП ССБТ) не должны дублировать государственные и отраслевые стандарты ССБТ. Предприятия разрабатывают стандарты, относящиеся в основном к подсистемам «0» и «4» (организация работ по охране труда на предприятии, организация обучения и инструктажа работающих по безопасности труда, порядок надзора за объектами повышенной опасности).

СТП ССБТ на требования к средствам защиты работающих (подсистема «4») не устанавливают требования к защитным и гигиеническим свойствам этих средств. Они лишь устанавливают требования к организации обеспечения работающих средствами защиты и к эксплуатации этих средств. Стандарт предприятия может, например, устанавливать порядок выдачи и списания средств индивидуальной защиты, порядок их приемки и испытания и т. п.

## Глава 5

# ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОХРАНЫ ТРУДА

### 5.1.

## ВИДЫ НАДЗОРА И КОНТРОЛЯ ЗА СОБЛЮДЕНИЕМ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА ОБ ОХРАНЕ ТРУДА

Практика управления охраной труда в экономически развитых странах показывает, что наиболее эффективным видом контроля за соблюдением норм безопасности труда является сочетание государственного контроля, контроля внутри предприятия на уровне работников и контроля на уровне министерств по ведомственной подчиненности. Все перечисленные виды контроля за соблюдением законов о труде и правил охраны труда осуществляются в Российской Федерации в полном объеме и условно разделяются на государственный, общественный (профсоюзный) и ведомственный.

**Государственный надзор и контроль** за соблюдением законодательных и иных нормативных актов по охране труда осуществляется федеральным органом надзора и контроля за охраной труда, а также соответствующими органами субъектов Федерации, не зависящими в своей деятельности от администрации предприятий и их вышестоящих органов (Ростехнадзором и его комитетами и инспекциями).

**Общественный контроль** за соблюдением законных прав и интересов работников в области охраны труда осуществляют профессиональные союзы в лице их соответствующих органов и иные уполномоченные работниками представительные органы.

**Ведомственный контроль** соблюдения законодательства о труде и охране труда в отношении подчиненных им предприятий, учреждений, организаций осуществляют отраслевые министерства и ведомства РФ, а также концерны, ассоциации и другие объединения предприятий.

На уровне предприятий контроль за выполнением инструкций по охране труда работниками возлагается на руководителей предприятий и их структурных подразделений (служб), руководителей цехов (участков), а также на бригадиров (производственный контроль). Выполнение требований инструкций следует проверять при осуществлении всех видов контроля.

**Государственный надзор и контроль за охраной труда** осуществляет Федеральная инспекция труда при Министерстве труда РФ (Рострудинспекция), Федеральная служба по технологическому надзору России (Ростехнадзор), Государственный санитарный надзор, Государственный пожарный надзор, Государственный энергетический надзор и другие надзорные органы.

Рострудинспекция и подведомственные ей государственные инспекции труда в своей деятельности руководствуются Конституцией РФ, законодательными и иными нормативными актами РФ и Положением о Рострудинспекции, утвержденным Президентом РФ.

Рострудинспекция образует государственные отраслевые инспекции труда, организация деятельности которых регулируется положениями, утвержденными главным государственным инспектором труда РФ.

Государственными инспекторами труда и государственными инспекторами по охране труда могут быть лица с высшим образованием, имеющие стаж практической работы не менее 3-х лет.

Представители Рострудинспекции и подведомственные ей государственные инспекции труда:

- осуществляют надзор и контроль за соблюдением на предприятиях законодательства РФ о труде и охране труда, а также связанных с ним законодательных и нормативных правовых актов о возмещении вреда, причиненного здоровью работника, социальном страховании, занятости, банкротстве и приватизации предприятий, коллективных договорах и соглашениях;

- организуют обучение работодателей и работников по вновь изданным нормативным актам в области охраны труда и консультируют по действующим документам;

- анализируют уровень и причины производственного травматизма;

- участвуют в разработке государственных стандартов по безопасности труда и дают заключения по проектам строительных норм и правил (СНиП) и других нормативных документов на соответствие их требованиям норм и правил по охране труда;

- проводят предупредительный надзор за строительством новых и реконструкцией действующих производственных объектов;

- ведут прием и рассматривают заявления, письма, жалобы и иные обращения работников и их объединений о нарушении их трудовых прав и прав на охрану труда.

Государственные инспекторы труда имеют право:

- беспрепятственно посещать предприятия любой формы собственности с целью осуществления надзора и контроля за выполнением требований норм и правил по охране труда;

- иметь доступ к информации, необходимой для осуществления их деятельности, выдавать должностным лицам предприятий обязательные технические предписания об устранении нарушений безопасности труда и охраны здоровья, привлекать виновных в этих нарушениях к дисциплинарной или административной ответственности;



- приостанавливать работу отдельных производственных подразделений и оборудования, не отвечающих требованиям норм и правил по охране труда и создающих угрозу жизни и здоровья работников;

- отстранять от работы лиц, не прошедших в установленном порядке обучение, инструктаж и проверку знаний правил, норм и инструкций по охране труда.

Государственный инспектор по охране труда контролирует правильность расследования и учета несчастных случаев, участвует в расследовании групповых, тяжелых несчастных случаев, участвует в приемке нового оборудования, контролирует выполнение мероприятий по охране труда, предусмотренных коллективными договорами и соглашениями по охране труда.

Руководителем Рострудинспекции является Главный государственный инспектор труда РФ в ранге первого заместителя министра труда РФ, назначаемый на должность и освобождаемый от должности Президентом России.

Государственный инспектор труда несет ответственность в рамках существующего в Российской Федерации законодательства в случае разглашения коммерческой и иной тайны, а также в случае своих противоправных действий или бездействия.

**Общественный контроль.** Большое значение для создания здоровых и безопасных условий труда имеет общественный контроль, организуемый профсоюзами. Общественный контроль осуществляется технической инспекцией труда профсоюзов, институтом уполномоченных (доверенных) лиц профкомов или трудовых коллективов по охране труда, а также с помощью представителей профсоюзов в совместных комитетах (комиссиях) по охране труда, создаваемых на предприятиях с численностью работников более 10 человек.

Техническая инспекция труда профсоюзов формируется по территориально-отраслевому принципу. Основные направления деятельности технической инспекции труда профсоюзов:

- защита прав трудящихся на охрану труда в конфликтных ситуациях;
- проведение экспертиз состояния условий труда по просьбам трудящихся или по инициативе профорганов;

- оказание помощи трудовым коллективам и непосредственно работникам в решении вопросов охраны труда, в том числе при их обращениях в судебные органы на неправомерные действия администрации;

- оказание помощи профсоюзным комитетам предприятий при подготовке коллективных договоров и соглашений по охране труда и организации контроля за их выполнением.

Технические (главные технические) инспекторы труда имеют право:

- беспрепятственно посещать и осматривать цехи, мастерские на предприятиях, где работают члены данного профсоюза, в целях осуществления контроля за соблюдением законодательных и других нормативных актов об охране труда и окружающей среды;

- осуществлять выдачу работодателям обязательных к рассмотрению представлений об устранении выявленных нарушений законодательства об охране труда;

- предъявлять требования о приостановке проведения работ в цехах, если продолжение этих работ создает непосредственную угрозу жизни или здоровью работающих;

- участвовать в экспертизе безопасности условий труда на предприятиях;
- вести совместно с соответствующими правоохранительными органами и самостоятельно расследование несчастных случаев, профессиональных заболеваний, давать заключения о возмещении вреда, вызванного несчастными случаями и профессиональными заболеваниями;

- проверять организацию обучения и инструктажа работающих безопасным методам труда;

- принимать участие в разработке и согласовании нормативных актов по охране труда и окружающей среды.

С целью осуществления постоянного общественного контроля за охраной труда на всех предприятиях любых форм собственности избираются **уполномоченные (доверенные) лица по охране труда** профессионального союза или трудового коллектива (далее — уполномоченные).

Выборы уполномоченных по охране труда проводятся открытым голосованием на общем собрании трудового коллектива подразделения на срок не менее 2-х лет. Увольнение лиц данной категории возможно только по согласованию с профсоюзом. Уполномоченный по охране труда контролирует на своем производственном участке выполнение законодательства о труде, правил, норм и инструкций по охране труда, а также условия труда и специфику работы отдельных категорий лиц (женщин и подростков), исправность оборудования, машин, механизмов и инструмента, обеспеченность рабочих средствами коллективной и индивидуальной защиты и правильность их применения и т. д. Свои обязанности уполномоченный по охране труда выполняет в порядке общественной работы после соответствующего обучения с выдачей удостоверения установленной формы. За добросовестный труд, выполняемый на общественных началах, уполномоченный может быть поощрен из фондов профессионального союза.

Для оказания помощи комитету профсоюза в осуществлении контроля соблюдения трудового законодательства при комитете профсоюза создается комиссия по охране труда и окружающей среды, которую возглавляет старший уполномоченный по охране труда.

В функции комиссии по охране труда и окружающей среды входит контроль соблюдения работодателем законодательных и других нормативных актов по охране труда, контроль состояния условий труда на рабочих местах, участие в составлении и контроль соблюдения мероприятий по охране труда на предприятии, участие в приемке в эксплуатацию законченных строительных объектов, выдача заключений о степени вины пострадавшего от несчастного случая при смешанной ответственности и т. д.

**Ведомственный надзор за охраной труда** осуществляют министерства и ведомства по принадлежности и подчиненности. Надзор заключается в контроле соблюдения внутриведомственных документов в области охраны труда. Исполнительными органами ведомственного надзора и контроля выступают спе-

циальные отделы службы охраны труда, санитарные врачи и другие специалисты.

Таким образом, сочетание всех существующих видов надзора и контроля за соблюдением законодательства по охране труда на производстве при условии его добросовестного осуществления — важная составляющая обеспечения безопасности труда и охраны здоровья.

## 5.2.

### **ОРГАНИЗАЦИЯ СЛУЖБЫ ОХРАНЫ ТРУДА НА ПРЕДПРИЯТИИ, В УЧРЕЖДЕНИИ И ОРГАНИЗАЦИИ**

Организация на предприятиях работы по созданию здоровых и безопасных условий труда работающих, предупреждению несчастных случаев и профессиональных заболеваний возлагается на **службу охраны труда** — самостоятельное структурное подразделение предприятия. Она подчиняется непосредственно руководителю предприятия, проводит свою работу совместно с другими подразделениями и во взаимодействии с комитетом профсоюза, технической инспекцией труда и местными органами государственного надзора по плану, утвержденному руководителем или главным инженером предприятия.

Задачи, функциональные обязанности и права работников службы охраны труда определены с учетом того, что основная ответственность за состояние условий труда и охраны труда на предприятии возложена на работодателя, а работники предприятия должны вносить свой вклад в безопасность труда и охрану здоровья: соблюдать нормы, правила и инструкции по охране труда, правильно применять коллективные и индивидуальные средства защиты, соблюдать внутренний распорядок предприятия.

Структура и численность службы охраны труда определяются в соответствии с межотраслевыми нормативами численности работников службы охраны труда на предприятии, утвержденными Министерством труда РФ. В обязательном порядке служба охраны труда создается на предприятии с численностью работающих более 50 человек, в остальных случаях специалист по охране труда может быть приглашен на время ведомственных проверок и государственных инспекций.

**Функции службы охраны труда.** Служба охраны труда должна осуществлять:

- выявление опасных и вредных производственных факторов на рабочих местах, проведение анализа состояния и причин производственного травматизма и профзаболеваний;
- оказание помощи подразделениям предприятия в организации и проведении замеров параметров опасных и вредных производственных факторов, в аттестации и сертификации рабочих мест и производственного оборудования на соответствие требованиям охраны труда;
- информирование работников о состоянии условий труда на рабочем месте, о принятых мерах защиты;

- участие в подготовке документов на выплату возмещения вреда, причиненного здоровью в результате несчастного случая или профзаболевания;

- проведение совместно с представителями соответствующих подразделений и с уполномоченными профсоюзов обследований технического состояния зданий, сооружений, оборудования, машин на соответствие их нормативным требованиям по охране труда;

- организация расследования несчастных случаев на производстве, участие в работе комиссии по расследованию несчастного случая; оформление и хранение документов, касающихся требований охраны труда (актов по форме Н-1 и других документов по расследованию несчастных случаев на производстве, отчета о проведении специальной оценки условий труда), в соответствии с установленными сроками;

- участие в разработке мероприятий по улучшению условий труда, в составлении раздела «Охрана труда» коллективного договора, соглашения по охране труда предприятия, согласование разрабатываемой на предприятии проектной документации;

- участие в комиссиях по приемке в эксплуатацию законченных строительством или реконструированных объектов производственного назначения, а также в комиссиях по приемке из ремонта установок, агрегатов и др.;

- составление перечня профессий и видов работ, на которые должны быть разработаны инструкции по охране труда;

- разработку программы и проведение вводного инструктажа по охране труда;

- согласование инструкций по охране труда, стандартов предприятия;

- участие в работе комиссий по проверке знаний по охране труда;

- составление отчетности по охране труда, доведение до сведения работников вводимых в действие новых законодательных и иных нормативных актов;

- организацию хранения документации в соответствии с установленными сроками;

- рассмотрение писем, жалоб и заявлений по вопросам охраны труда;

- организацию и пропаганду по вопросам охраны труда.

Служба охраны труда также осуществляет контроль за:

- соблюдением требований законодательных и иных нормативных актов по охране труда;

- правильным применением средств индивидуальной защиты;

- соблюдением Положения о порядке расследования и учета несчастных случаев на производстве;

- выполнением мероприятий по охране труда коллективного договора;

- наличием соответствующих инструкций;

- состоянием работы вентиляционных систем, защитных устройств, предохранительных приспособлений;

- организацией хранения и выдачи средств индивидуальной защиты (СИЗ) и др.

**Газоспасательная служба.** На предприятиях, где возможно внезапное выделение взрывоопасных токсичных газов (в результате аварии, нарушения

герметичности аппаратов, коммуникаций и резервуаров), организуется газоспасательная служба (ГСС). Эта служба размещается в специально оборудованном помещении, снабжается транспортом и специальным оборудованием (респираторами, противогазами и др.) для оказания помощи персоналу, оказавшемуся в зоне повышенной загазованности.

Работа ГСС складывается из оперативных мероприятий (эвакуация обслуживающего персонала из загазованных мест, оказание первой помощи пострадавшим, участие в ликвидации аварий и др.) и профилактических мероприятий (о осуществляют постоянный контроль за газоопасными участками, анализируют степень загазованности, проверяют эффективность работы вентиляционных систем, исправность газозащитных средств и др.)

**Санитарная лаборатория.** Постоянный контроль за соблюдением санитарно-гигиенических нормативов в цехах, а также загрязнения атмосферного воздуха, почвы и водоемов промышленными выбросами на химических предприятиях осуществляют санитарные лаборатории. В их обязанность входит постоянный контроль:

- содержания вредных веществ в воздухе рабочих и подсобных помещений, на открытых производственных площадках и территории предприятия;
- приточных и вытяжных систем вентиляции;
- загрязнения кожных покровов и спецодежды работающих;
- эффективности работы газопылеулавливающих и рекуперационных установок;
- состояния сточных вод и чистоты почвы.

Санитарные лаборатории контролируют освещенность, уровень вибрации и шума на рабочих местах, проводят комплексное обследование санитарно-гигиенических и психофизиологических условий труда.

### **5.3.**

## **ОРГАНИЗАЦИЯ ОБУЧЕНИЯ И ПРОВЕРКИ ЗНАНИЙ ПО ОХРАНЕ ТРУДА РУКОВОДИТЕЛЕЙ И СПЕЦИАЛИСТОВ. ИНСТРУКТАЖ ПО ОХРАНЕ ТРУДА, ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ**

Технические усовершенствования, внедрение новых материалов и технологий в производственный процесс, опасности, сопровождающие ряд технологических операций, связаны с риском несчастных случаев на производстве и требуют от работающих специальных знаний, умений и навыков, связанных с безопасностью труда. Кроме того, работники, не связанные с производственной деятельностью, должны уметь действовать в случае чрезвычайных ситуаций на производстве, сохраняя свою жизнь и здоровье, а также имущество предприятия. Всем работающим необходим некоторый набор знаний, не связанный на-

прямую с их трудовыми функциями, но позволяющий обеспечить безопасность труда и охрану здоровья на производстве.

В связи с этим разработано и действует «Типовое положение о порядке обучения и проверки знаний по охране труда руководителей и специалистов предприятий, учреждений и организаций», утвержденное постановлением Министерства труда РФ № 18 от 09.04.1996 Приказом Росстандарта № 600-ст от 09.06.2016 введен в действие ГОСТ 12.0.004-2015 «Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Организация обучения безопасности труда. Общие положения» (вместе с «Программами обучения безопасности труда»).

Обучению и проверке знаний в порядке, установленном Типовым положением, подлежат работники предприятий и учреждений всех форм собственности, независимо от должности, квалификации и стажа работы.

Проверка знаний по охране труда поступивших на работу руководителей и специалистов проводится не позднее одного месяца после назначения на должность, для работающих периодически — не реже одного раза в три года.

Ответственность за организацию своевременного и качественного обучения и проверки знаний по охране труда в целом по организации возлагается на ее руководителя, в подразделениях (цех, участок, лаборатория, мастерская и др.) — на руководителя подразделения.

В соответствии с требованием Типового положения инженерно-технические работники, рабочие основных и вспомогательных цехов и служб предприятий и организаций Министерства химической промышленности, независимо от характера и степени опасности производства, при поступлении на работу, а затем в соответствии с установленной периодичностью проходят следующие виды инструктажа по безопасности труда и технике безопасности:

- вводный инструктаж;
- первичный инструктаж на рабочем месте;
- повторный инструктаж;
- внеплановый инструктаж;
- текущий (целевой) инструктаж.

**Вводный инструктаж** проводит инженер по охране труда (технике безопасности) со всеми принимаемыми на работу, независимо от их образования, стажа работы по данной профессии или в данной должности, а также с командированными, учащимися и студентами, прибывшими на производственное обучение или практику. Вводный инструктаж проводится в специально оборудованном для этой цели кабинете охраны труда с использованием современных технических средств обучения и наглядных пособий, по программе, разработанной с учетом требований ССБТ. Он заключается в разъяснении всех особенностей и опасностей производства, рассмотрении правил внутреннего распорядка предприятия. Вводный инструктаж может быть проведен с группой вновь поступающих на производство.

По окончании вводного инструктажа и проверки знаний делается запись в журнале вводного инструктажа. Под этой записью должны обязательно расписаться инструктируемый и инструктирующий.

**Первичный инструктаж на рабочем месте** проходят все вновь принятые на предприятие, переводимые из одного подразделения предприятия в другое, учащиеся и студенты, прибывающие на производственное обучение или практику, работники, выполняющие новую для них работу.

Первичный инструктаж на рабочем месте должен получать каждый работник индивидуально. При этом ему должны быть практически показаны безопасные приемы и методы труда, указанные в инструкциях по охране труда, разработанных для отдельных профессий.

Все рабочие после первичного инструктажа на рабочем месте и проверки знаний в течение первых двух-пяти смен (в зависимости от подготовки, стажа, опыта и характера работы) выполняют работу под наблюдением мастера или бригадира, после чего по результатам проверки полученных знаний оформляется допуск их к самостоятельной работе. Для работ, к которым предъявляются дополнительные (повышенные) требования к безопасности труда, может быть установлен более продолжительный срок обучения. В случае неудовлетворительных знаний инструктируемого обучение повторяется.

Допуск к самостоятельной работе фиксируют датой и подписью инструктирующего в журнале регистрации первичного инструктажа на рабочем месте (личной карточке инструктажа).

**Повторный инструктаж** проходят все работающие, независимо от квалификации, образования и стажа работы, не реже чем через шесть месяцев с целью проверки и повышения уровня знаний правил и инструкций по охране труда по программе первичного инструктажа на рабочем месте.

Инструктаж проводят индивидуально или с группой работников одной профессии.

**Внеплановый инструктаж** проводят при:

- изменении правил по охране труда;
- изменении технологического процесса, замене или модернизации оборудования, исходного сырья, материалов и других факторов, влияющих на безопасность труда;
- нарушении работниками требований безопасности труда, которые могут привести или привели к травме, аварии, взрыву или пожару;
- перерывах в работе для видов работ, к которым предъявляются повышенные требования к безопасности труда, более чем на 30 календарных дней, а для остальных работ 60 дней.

Внеплановый инструктаж проводят индивидуально или с группой работников одной профессии в объеме первичного инструктажа на рабочем месте.

**Текущий (целевой) инструктаж** получают работники перед производством работ, на которые оформляется наряд-допуск, либо перед работами разового характера, связанными с повышенной опасностью (разгрузка баллонов, электромонтажные работы). Проведение текущего инструктажа фиксируется в наряде-допуске на производство работ.

Знания, полученные при инструктаже, проверяет работник, проводивший инструктаж. Работающий, получивший инструктаж и показавший неудовлетворительные знания, к работе не допускается и обязан вновь пройти инструктаж.

О проведении первичного инструктажа на рабочем месте, повторного и внепланового лицо, проводившее инструктаж, делает запись в журнале регистрации инструктажа на рабочем месте (личной карточке инструктажа). Под этой записью должны обязательно расписаться инструктируемый и инструктирующий. При регистрации внепланового инструктажа указывают причину, вызвавшую его проведение.

В случае аварии, несчастного случая и других видов реализации опасности на производстве, журналы регистрации инструктажей служат обязательными документами для работы комиссии по расследованию обстоятельств происшествия.

Получение знаний в области охраны труда и повышение уровня подготовки в данной области возможно также в виде традиционного (аудиторного) обучения — лекций, семинаров, лабораторных занятий, с отрывом от работы или дистанционно. Для обновления и проверки навыков в области доврачебной помощи пострадавшим могут проводиться занятия на манекенах и тренажерах. Для руководителей, ответственных за безопасность труда и охрану здоровья на производстве, возможны стажировки и обмен опытом. Виды, периодичность, сроки и порядок обучения, а также форму контроля знаний по безопасности труда в системе повышения квалификации рабочих, руководителей и специалистов определяют в соответствии с установленным национальным законодательством порядком и установившейся практикой.



## **Глава 6**

# **ТРАВМАТИЗМ И ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ НА ПРОИЗВОДСТВЕ**

### **6.1. РАССЛЕДОВАНИЕ НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЕВ И ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ НА ПРОИЗВОДСТВЕ**

Для обеспечения единого порядка расследования и учета несчастных случаев на производстве Правительство Российской Федерации постановлением № 558 от 03.06.1995 утвердило и ввело в действие «Положение о порядке расследования и учета несчастных случаев на производстве». Это Положение является обязательным для предприятий, учреждений и организаций всех форм собственности.

Расследованию и учету подлежат несчастные случаи, повлекшие за собой необходимость перевода работника на другую работу, временную или стойкую утрату им трудоспособности либо его смерть и происшедшие при выполнении работником своих трудовых обязанностей (работ) на территории организации или вне ее, а также во время следования к месту работы или с работы на транспорте, представляемом организацией. К таковым относятся: травма (в том числе полученная в результате нанесения телесных повреждений другим лицом), острое отравление, тепловой удар, ожог, обморожение, утопление, поражение электрическим током, молнией, ионизирующим излучением и т. д.

Не расцениваются как несчастные случаи на производстве суицид, смерть вследствие общего заболевания, травма, полученная в результате изготовления работником каких-либо изделий в личных целях или хищения имущества предприятия, а также вследствие алкогольного или наркотического опьянения, которое не связано с веществами, обращающимися на производстве. Отсутствие или наличие несчастного случая с производством обсуждается с представителями общественного контроля (представителями профсоюза).

При каждом несчастном случае на производстве работодатель обязан:

- обеспечить незамедлительное оказание пострадавшему медицинской помощи, а при необходимости доставку его в учреждение скорой медицинской помощи или в любое иное лечебно-профилактическое учреждение;

- организовать формирование комиссии по расследованию несчастных случаев;

- обеспечить до начала расследования обстоятельств и причин несчастных случаев сохранение обстановки на рабочем месте и оборудования такими, какими они были на момент происшествия (если это не угрожает жизни и здоровью работников и не приведет к аварии). В случае невозможности сохранения обстоятельств несчастного случая в первоначальном виде необходимо по возможности сфотографировать место происшествия, составить его схему и т. д.

Расследование несчастных случаев, не повлекших за собой тяжелых последствий, проводится комиссией, образуемой минимум из трех членов: представителя работодателя, представителя профсоюзного органа или иного уполномоченного работниками представительного органа (общественного контроля), ответственного за безопасность труда на предприятии. Ответственный за охрану труда на участке предприятия, где произошел несчастный случай, в комиссию не входит.

Состав комиссии утверждается приказом руководителя организации или уполномоченного им ответственного должностного лица.

По требованию пострадавшего в расследовании несчастных случаев может принимать участие его доверенное лицо. Доверенное лицо не является членом комиссии, но участвует в опросах свидетелей и очевидцев, в составлении материалов, характеризующих место происшествия, знакомится с необходимыми документами и т. д.

Расследование обстоятельств несчастного случая заключается в осмотре места происшествия, опросе свидетелей, работе с документацией предприятия. По результатам расследования устанавливается степень вины пострадавшего, виды компенсации причиненного вреда здоровью, меры предотвращения аналогичных несчастных случаев.

Несчастные случаи, происшедшие на производстве с работниками, направленными сторонними организациями, в том числе военными служащими, студентами и т. д., расследуются с участием уполномоченного представителя направившей их организации.

Несчастный случай, происшедший с работником, временно переведенным на работу в другую организацию, расследуется той организацией, где произошел несчастный случай.

Каждый несчастный случай оформляется актом по форме Н-1 в двух экземплярах на русском языке или языке республики в составе РФ с переводом на русский язык.

Если несчастный случай произошел с работником другой организации, то акт по форме Н-1 составляется в трех экземплярах, два из которых вместе с остальными материалами расследования направляются в организацию, работником которой является пострадавший.

Третий экземпляр акта и других материалов расследования остается в организации, где произошел несчастный случай.

Расследование обстоятельств и причин несчастных случаев должно быть проведено в течение 3-х суток с момента его происшествия.

Акт по форме Н-1 должен быть оформлен и подписан членами комиссии, утвержден работодателем и заверен печатью организации.

Один экземпляр акта выдается пострадавшему (его доверенному лицу) или родственникам погибшего по их требованию не позднее 3-х дней после окончания расследования.

Второй экземпляр хранится вместе с материалами расследования в течение 45 лет с момента несчастного случая в организации по основному месту работы пострадавшего.

Каждый акт по форме Н-1 учитывается организацией по месту основной работы пострадавшего и регистрируется в журнале регистрации несчастных случаев по форме, установленной Министерством труда РФ, а также включается в статистический отчет о временной нетрудоспособности и травматизме на производстве.

Ответственность за организацию, своевременное расследование и учет несчастных случаев, разработку и реализацию мероприятий по устранению причин их возникновения несет работодатель.

Результаты расследования каждого несчастного случая рассматриваются работодателями в целях разработки и реализации мер по их предупреждению, решению вопросов о возмещении вреда пострадавшим (членам их семей), предоставлении им компенсаций и льгот.

Групповые несчастные случаи (два и более пострадавших), несчастные случаи с возможным инвалидным исходом и несчастные случаи со смертельным исходом подлежат специальному расследованию. В этом случае работодатель обязан сообщить в течение одних суток по форме, установленной Министерством труда РФ, в:

- государственную инспекцию труда субъекта РФ;
- прокуратуру по месту, где произошел несчастный случай;
- орган исполнительной власти субъекта РФ;
- соответствующий федеральный орган исполнительной власти;
- орган государственного надзора, если несчастный случай произошел в организации, подконтрольной этому органу;
- организацию, направившую работника, с которым произошел несчастный случай;
- соответствующий профсоюзный орган.

Расследование проводится до раскрытия обстоятельств и причин несчастного случая комиссией в составе:

- государственного инспектора по охране труда;
- представителей работодателя;
- органа исполнительной власти соответствующего субъекта РФ;
- профсоюзного органа или иного уполномоченного работниками представительного органа.

Акт по форме Н-1 составляется на каждого пострадавшего отдельно. По результатам расследования комиссии оформляются материалы, которые должны содержать все необходимые документы, выписки, протоколы, экспертные заключения специалистов, медицинские заключения и другие законодательные

акты, на основании которых составляется акт по форме Н-1. Эти материалы вместе с актом по форме Н-1 и актом расследования указанных несчастных случаев в трехдневный срок после их оформления должны быть направлены работодателем в:

- прокуратуру по месту, где произошел несчастный случай;
- государственную инспекцию труда субъекта РФ;
- органы государственного надзора (по их требованию), если несчастный случай произошел в организациях, подконтрольных этим органам.

Акт по форме Н-1 о расследовании этого несчастного случая и копия акта направляются работодателем в Федеральную инспекцию труда при Министерстве труда РФ.

По окончании временной нетрудоспособности пострадавшего работодатель обязан направить сообщение по формам, установленным Министерством труда РФ, о мерах, принятых на производстве, о решении прокуратуры по факту возбуждения уголовного дела или об отказе в нем и о мероприятиях, выполненных в целях предупреждения подобных несчастных случаев, в государственную инспекцию труда по субъекту РФ и в соответствующих случаях в орган государственного надзора. Все это необходимо для анализа причин травматизма с целью их дальнейшего устранения. Многообразные причины травматизма можно разделить на две основные группы: *технические* (конструкционные недостатки, устаревание и неисправность оборудования) и *организационные* (недисциплинированность и неподготовленность работников, несоблюдение ими трудовой дисциплины и распорядка работы).

## 6.2. ПОКАЗАТЕЛИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА И ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

Травматизм — распространенное явление на производстве во всем мире. Согласно официальным данным, в настоящий момент Россия находится на пятом месте по количеству несчастных случаев на производстве. Однако эти данные могут быть недостоверны, так как зачастую работодатели склонны скрывать реальное количество несчастных случаев и связывать травмы и заболевания работников с производственными причинами.

Согласно данным Фонда социального страхования Российской Федерации, абсолютное количество страховых несчастных случаев за период с 2007 по 2017 г. сократилось более чем в 2 раза: с 90 251 до 42 609. Это соотношение характерно как для несчастных случаев со смертельным исходом (3677 в 2007 г., 1620 в 2017 г.), так и для несчастных случаев с легким исходом (72 820 в 2007 г., 30 797 в 2017 г.). В то же время, количество несчастных случаев с тяжелым исходом сократилось с 8515 в 2007 г. до 5143 в 2017 г., а число профес-

сиональных заболеваний осталось фактически неизменным и в период 2014–2016 гг. несколько увеличивалось.

Чаще всего (приблизительно в 2–2,5 раза) жертвами несчастных случаев являются мужчины. Для несчастных случаев со смертельным исходом это соотношение увеличивается до 10. К основным причинам несчастных случаев относятся падение с высоты, воздействие движущихся, разлетающихся и вращающихся деталей, транспортные происшествия, падения, обрушения, обвалы предметов и материалов.

Для химической отрасли промышленности России наиболее травмоопасным является сектор добычи и переработки сырья (первичный сектор экономики). Доля травмированных работников, приходящаяся на данный сектор в течение последних 5 лет, составляет приблизительно 5% от общего количества травмированных по стране, что соответствует шестому месту по всем видам экономической деятельности в РФ. Высок процент травм со смертельным исходом (8% от общего количества пострадавших со смертельным исходом). Ввиду небольшого количества людей, как правило участвующих в работе химических производств, сложившаяся ситуация связана с высокой вероятностью получения травм и увечий в данной отрасли промышленности.

В таблице 6.1 приведены данные Ростехнадзора за 2016–2017 гг. о смертельных событиях и несчастных случаях со смертельным исходом на объектах нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности и иных объектах химической промышленности.

*Таблица 6.1*

**Смертельный травматизм  
на предприятиях химической промышленности**

Происшествия	2016 г.	2017 г.
Смертельные события:		
— нефтехимическая и нефтеперерабатывающая промышленность	19	19
— объекты химического комплекса	5	4
Несчастные случаи со смертельным исходом:		
— нефтехимическая и нефтеперерабатывающая промышленность	11	12
— объекты химического комплекса	1	4

Таким образом, экономический ущерб, связанный с гибелью людей и затратами на восстановление здоровья травмированных работников как в химической промышленности, так и в иных отраслях промышленности Российской Федерации остается высоким.

Для анализа деятельности предприятий в области создания безопасных и здоровых условий труда существует единый порядок отчетности о пострадавших при несчастных случаях, связанных с производством, а также о профессиональных заболеваниях. Каждый расследованный несчастный случай должен быть занесен в журнал установленного образца.

Каждое предприятие и органы здравоохранения один раз в год представляют в свой вышестоящий орган и статистическое управление данные об абсолютном числе происшедших несчастных случаев и профессиональных заболеваний.

Абсолютное число несчастных случаев не дает полного представления об уровне и динамике травматизма, так как число работающих на различных предприятиях неодинаково. Кроме того, на предприятиях одного вида несчастные случаи могут иметь тяжелые последствия, но происходить редко, а на других предприятиях — иметь легкие последствия, но высокую частоту. Поэтому для правильного суждения об уровне травматизма и заболеваемости на предприятиях пользуются относительными показателями: коэффициентами частоты  $K_{\text{ч}}$  и тяжести  $K_{\text{т}}$  травматизма. На практике **коэффициент частоты травматизма** определяют числом несчастных случаев, приходящихся на 1000 работающих:

$$K_{\text{ч}} = \frac{H}{P} \cdot 1000,$$

где  $H$  — число учтенных несчастных случаев, приведших к потере трудоспособности;  $P$  — среднее списочное число работающих за отчетный период.

Коэффициент частоты несчастных случаев не характеризует тяжести их последствий. Поэтому вводится понятие **коэффициента тяжести травматизма**, который характеризует среднюю потерю трудоспособности в днях на одного пострадавшего за отчетный период:

$$K_{\text{т}} = \frac{D}{H},$$

где  $D$  — общее число рабочих дней, потерянных за отчетный период (в учтенных случаях);  $H$  — число учтенных несчастных случаев, вызвавших потерю трудоспособности.

Показатель **общего уровня травматизма на производстве** вычисляется как произведение  $K_{\text{ч}} \cdot K_{\text{т}}$ .

Кроме показателей  $K_{\text{ч}}$  и  $K_{\text{т}}$ , в статистической отчетности по травматизму предусмотрен учет периода времени без аварий, затрат на один несчастный случай, количество несчастных случаев со смертельным исходом, основных причин несчастных случаев и видов травмирующих факторов.

Основной причиной несчастных случаев на производстве является антропогенный (человеческий) фактор, заключающийся в непреднамеренном или умышленном нарушении требований охраны труда, ошибочных действиях операторов, низкой квалификации работающих. Считается, что он обуславливает более 70% всех аварий и катастроф.

По результатам ежегодного отчета об уровне производственного травматизма руководство должно разработать ряд мероприятий, включая проведение внепланового инструктажа по охране труда, направленных на снижение количества несчастных случаев на производстве (согласно ГОСТ Р 12.0.006-2002 ССБТ). Реализация мероприятий по повышению безопасности труда должна

привносить изменения в показатели производственного травматизма, что отражается в ежегодных отчетах предприятия.

Кроме статистического метода оценки производственного травматизма, существуют также топографический (по основным травмоопасным рабочим местам) и монографический (многосторонний анализ причин травматизма на рабочих местах) методы. Они находят применение для различных подходов к анализу травматизма и взаимно дополняют друг друга.

## **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Дайте определение понятию «условия труда». Назовите классы условий труда.
2. Что такое вредные и опасные производственные факторы? Виды вредных и опасных факторов.
3. Раскройте понятия «тяжесть труда» и «напряженность труда».
4. Понятие «производственная травма». Особенности производственных травм и отравлений.
5. Что такое СОУТ? Порядок и законодательные основы ее проведения на производстве.
6. Назовите основные виды и способы защиты от вредных и опасных факторов.
7. Права и обязанности работника согласно ТК РФ.
8. Права и обязанности работодателя согласно ТК РФ.
9. Виды юридической ответственности за нарушения требования безопасности труда.
10. Дайте определение понятию «опасный производственный объект». Опишите особенности функционирования опасных производственных объектов.
11. Перечислите виды правил по охране труда.
12. Назовите виды надзора и контроля за безопасностью труда.
13. Назовите основные задачи службы охраны труда, газоспасательной службы и санитарной лаборатории на предприятии.
14. Виды и порядок проведения инструктажа по охране труда на предприятии.
15. Порядок расследования и учета несчастных случаев на производстве.

### **Раздел III**

## **ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ САНИТАРИЯ В ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**



Согласно ГОСТ 12.0.002-2014, производственная санитария — вид деятельности по защите организма работающего от воздействия вредных производственных факторов.

Многие главы и статьи Трудового кодекса Российской Федерации (в редакции от 31.12.2017) непосредственно посвящены вопросам производственной санитарии, а раздел X полностью посвящен охране труда.

Основополагающим является Федеральный закон № 52-ФЗ от 30.03.1999 «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения». Согласно этому закону, индивидуальные предприниматели и юридические лица обязаны осуществлять санитарно-противоэпидемические (профилактические) мероприятия по обеспечению безопасных для человека условий труда и выполнению требований санитарных правил и иных нормативных актов Российской Федерации к производственным процессам и технологическому оборудованию, организации рабочих мест, коллективным и индивидуальным средствам защиты работников, к режиму труда и отдыха, бытовому обслуживанию работников в целях предупреждения травм, профессиональных заболеваний, инфекционных заболеваний и заболеваний (отравлений), связанных с условиями труда.

## Глава 7

# ИДЕНТИФИКАЦИЯ И ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ЧЕЛОВЕКА ФАКТОРОВ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ

В главе 3 даны определения *вредных и опасных факторов производственной среды*, а также разделение условий труда на четыре класса: *оптимальные, допустимые, вредные и опасные*.

Для химической и смежных отраслей промышленности характерно потенциальное действие различных вредных факторов производственной среды: токсичность и агрессивность используемых веществ и продуктов, неблагоприятные метеорологические условия, повышенный шум и вибрация, недостаточное освещение, воздействие электромагнитного излучения и др. Поэтому у работников, занятых на работах с неблагоприятными условиями труда, возможны различные виды профессиональных заболеваний: при производстве цемента — пневмокониозы, пылевой бронхит, дерматозы, бронхиальная астма; у машинистов, управляющих строительной техникой, — вибрационная болезнь; у отделочников — отравления и заболевания кожного покрова; у сварщиков — заболевания глаз.

«Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах» СанПиН 2.2.4.3359-16 устанавливают требования к неионизирующим физическим факторам, таким как шум, вибрация, микроклимат, освещение, электромагнитные излучения и поля.

### 7.1.

## ВРЕДНЫЕ ВЕЩЕСТВА

В соответствии с ГОСТ 12.1.007-76 «Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности», **«вредное вещество — вещество, которое при контакте с организмом человека в случае нарушений требований безопасности может вызвать производственные травмы, профессиональные заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами, как в процессе работы, так и в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений»**. ГОСТ устанавливает также общие требования безопасности при производстве, хранении и применении вредных веществ.

В зависимости от характера действия вредные вещества делятся на токсические (яды), раздражающие, сенсibilизирующие (аллергены), канцерогенные, мутагенные и влияющие на репродуктивную функцию (тератогенные) (ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»). Многие из них обладают одновременно несколькими вредными свойствами, и прежде всего в той или иной мере токсическими, поэтому понятие «вредные вещества» нередко отождествляется с «токсическими веществами», «ядами» независимо от наличия в них других свойств.

**Токсические химические вещества** (углеводороды, сероводород, синильная кислота, тетраэтилсвинец) вызывают расстройства нервной системы, мышечные судороги, влияют на кроветворные органы, взаимодействуют с гемоглобином крови, вызывают патологические изменения печени и почек.

**Раздражающие химические вещества** (кислоты, щелочи, хлор, аммиак, оксид азота, фосген, сернистый газ) — агрессивные вещества и препараты, которые при мгновенном, длительном или повторяющемся контакте с живыми тканями могут их разрушить. Наиболее чувствительны к воздействию слизистые оболочки и дыхательные пути.

**Аллергены** (анилин, соединения никеля, формальдегид, пыль, нитрозосоединения) — соединения, повышающие чувствительность организма к химическим веществам, а в производственных условиях приводящие к аллергическим заболеваниям. Аллергия на различные химические вещества может выражаться в немедленной реакции (высыпание, отек, конъюнктивит, зуд, кашель, слезотечение и т. д.) или в реакции замедленного типа (дерматит, экзема). Наиболее сильные проявления промышленной аллергии связаны с бронхиальной астмой.

**Канцерогенные химические вещества** (бензпирен, асбест, никель и его соединения, нафтиламины, эпоксидные соединения, нитрозосоединения) увеличивают вероятность возникновения у человека доброкачественной или злокачественной опухоли.

**Мутагенные химические вещества** (соединения свинца и ртути, этиленмин, оксиды этилена, бензол, нафтилфенол) приводят к нарушениям генетического кода, причем эти нарушения могут проявиться спустя длительное время и сказаться на следующих поколениях.

**Тератогенные химические вещества** (борная кислота, аммиак, бензол и его гомологи, фталевый ангидрид, хлорированные углеводороды и многие химические вещества в больших количествах) вызывают стойкие структурные, функциональные и биохимические изменения в период развития зародыша или плода, приводящие к порокам развития или уродствам.

Под воздействием вредных веществ, проникающих в организм человека через *органы дыхания, желудочно-кишечный тракт* или *кожный покров*, в организме могут происходить различные нарушения. Эти нарушения проявляются в виде острых и хронических отравлений.

**Острые отравления** часто происходят в результате аварий, поломок оборудования и грубых нарушений техники безопасности, характеризуются кратковременностью действия относительно больших количеств вредных ве-

ществ и ярким типичным проявлением непосредственно в момент воздействия или через сравнительно небольшой (обычно несколько часов) скрытый (латентный) период.

**Хронические отравления** возникают при длительном, многолетнем воздействии вредных химических веществ, проникающих в организм в относительно небольших количествах. Они развиваются вследствие накопления вредного химического вещества в организме (материальная кумуляция) или вызываемых им изменений (функциональная кумуляция).

Важнейшей характеристикой вредного химического вещества является степень его физиологической активности (токсичности).

Экспериментальные исследования на лабораторных животных при однократном воздействии вещества позволяют определить следующие параметры *острой токсичности*.

**Средняя смертельная доза при введении в желудок ( $DL_{50ж}$ , мг/кг)** — доза вещества, вызывающая гибель 50% животных при однократном введении в желудок.

**Средняя смертельная доза при нанесении на кожу ( $DL_{50к}$ , мг/кг)** — доза вещества, вызывающая гибель 50% животных при однократном нанесении на кожу.

**Средняя смертельная концентрация в воздухе ( $CL_{50}$ , мг/м<sup>3</sup>)** — концентрация вещества, вызывающая гибель 50% животных при 2–4-часовом ингаляционном воздействии.

**Порог острого действия ( $Lim_{ac}$ , мг/м<sup>3</sup>)** — минимальная концентрация вещества, вызывающая при однократном воздействии изменение показателей жизнедеятельности организма, отличающихся от нормы.

При изучении *хронического токсического действия* лабораторные животные длительное время (4 месяца — 1,5 года) подвергаются токсическому воздействию, после чего оценивается состояние их организма. Минимальная доза или концентрация вещества, которая вызывает отклонение изучаемых показателей жизнедеятельности организма от физиологической нормы при длительном воздействии, называется **порогом хронического токсического действия ( $Lim_{ch}$ , мг/м<sup>3</sup>)**.

Полученные в опытах параметры острой токсичности позволяют рассчитывать коэффициент возможности ингаляционного отравления (КВИО), зоны острого и хронического действия, которые дают возможность оценить опасность вещества.

**Опасность** — вероятность возникновения вредных для здоровья последствий вследствие трудового контакта с химическими веществами в реальных условиях.

Опасность оценивается двумя группами количественных показателей: *критериями потенциальной опасности* и *критериями реальной опасности*.

К потенциальным показателям относится **КВИО** — отношение насыщенной концентрации вредного вещества в воздухе при 20°С к средней смертельной концентрации вещества в воздухе ( $CL_{50}$ , мг/м<sup>3</sup>). Анализ оценки опасности различных промышленных ядов по величине КВИО показывает, что в ряде

случаев малотоксичное, но высоколетучее вещество в условиях производства может оказаться более опасным в плане развития острого отравления, чем высокотоксичное, но малолетучее соединение.

Перечислим показатели реальной опасности.

**Зона острого действия** — отношение средней смертельной концентрации ( $CL_{50}$ , мг/м<sup>3</sup>) к пороговой концентрации при однократном воздействии ( $Lim_{ac}$ , мг/м<sup>3</sup>). Этот параметр является показателем компенсаторных свойств организма, его способности к обезвреживанию и выведению из организма ядов. Чем зона меньше, тем больше опасность развития острого отравления, так как даже небольшое повышение концентрации, начиная от пороговой, уже может вызвать крайние формы влияния на организм.

**Зона хронического действия** — отношение пороговой концентрации при однократном воздействии ( $Lim_{ac}$ , мг/м<sup>3</sup>) к пороговой концентрации при хроническом воздействии ( $Lim_{ch}$ , мг/м<sup>3</sup>). Эта величина прямо пропорциональна опасности хронического отравления.

При создании на химических предприятиях безопасных производственных условий возникла необходимость определения допустимых (безвредных) концентраций химических веществ в воздухе рабочей зоны. Такая концентрация вредного вещества в воздухе рабочей зоны называется предельно допустимой.

**Предельно допустимая концентрация (ПДК)** вредного вещества в воздухе рабочей зоны — концентрация, которая при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 ч или другой продолжительности, но не более 41 ч в неделю, в течение всего рабочего стажа не вызывает заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений (ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»). Значения ПДК приведены в ГН 2.2.5.3532-18 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны».

В Российской Федерации принята официальная классификация опасности вредных веществ по степени воздействия на организм человека. Согласно ГОСТ 12.1.007-76, вредные вещества подразделяют на *четыре класса опасности* (табл. 7.1):

- 1) вещества чрезвычайно опасные;
- 2) вещества высокоопасные;
- 3) вещества умеренно опасные;
- 4) вещества малоопасные.

Каждое вещество относится к классу опасности по показателю, значение которого соответствует наиболее высокому классу опасности.

Если ПДК не установлены, временно устанавливают санитарные нормативы, так называемые **ОБУВ** (ориентировочные безопасные уровни воздействия, которые устанавливаются путем расчета по физико-химическим свойствам или интерполяцией и экстраполяцией в рядах, близких по строению соединений или показателям острой опасности).

**Классификация опасности веществ по степени воздействия на организм**

Показатель	Нормы для класса опасности			
	1	2	3	4
Предельно допустимая концентрация (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м <sup>3</sup>	Менее 0,1	0,1–1,0	1,1–10	Более 10,0
Средняя смертельная доза при введении в желудок, мг/кг	Менее 15	15–150	151–5000	Более 5000
Средняя смертельная доза при нанесении на кожу, мг/кг	Менее 100	100–500	501–2500	Более 2500
Средняя смертельная концентрация в воздухе, мг/м <sup>3</sup>	Менее 500	500–5000	5001–50 000	Более 50 000
Коэффициент возможности ингаляционного отравления (КВИО)	Более 300	300–30	29–3	Менее 3
Зона острого действия	Менее 6	6,0–18,0	18,1–54,0	Более 54,0
Зона хронического действия	Более 10	10,0–5,0	4,9–2,5	Менее 2,5

ОБУВ должны пересматриваться каждые три года после их утверждения с учетом накопленных данных о состоянии здоровья работающих и условий труда или заменяются ПДК.

Химические вещества, оказывающие вредное и опасное воздействие на работающих людей, представляют собой газы, пары, жидкости, туманы и пыли.

Профессиональные заболевания, вызываемые пылью, относятся к числу наиболее тяжелых и распространенных во всем мире. Высокая запыленность производственных помещений ухудшает санитарно-гигиенические условия, снижает производительность труда.

**Производственной пылью** называются находящиеся во взвешенном состоянии в воздухе рабочей зоны твердые частицы размером от нескольких десятков до долей микрометра. Пыль принято также называть аэрозолем, имея в виду, что воздух — дисперсная среда, а твердые частицы — дисперсная фаза. Производственную пыль классифицируют по происхождению, способу образования и размерам частиц.

По происхождению различают пыль органическую, неорганическую и смешанную. Органическая пыль может быть естественного животного (костяная, шерстяная) или растительного (древесная, хлопковая) происхождения и искусственной (пыль пластмасс, резины, красителей). Неорганическая пыль может быть минеральной (кварцевая, цементная, фарфоровая) и металлической (цинковая, железная, свинцовая). В условиях производства особенно распространена пыль смешанного происхождения.

По способу образования различают аэрозоли дезинтеграции и конденсации. *Аэрозоли дезинтеграции* образуются при дроблении какого-либо твердого вещества, например в дробилках, мельницах, при бурении, шлифовке и т. п. Они в значительной мере состоят из пылинок больших размеров неправильной формы. *Аэрозоли конденсации* образуются из паров металлов, которые при охлаждении превращаются в твердые частицы. При этом размеры пылевых частиц значительно меньше, чем при образовании аэрозолей дезинтеграции.

Исключительно высокое значение имеет классификация пыли по *дисперсности*. Видимая пыль (размер свыше 10 мкм) быстро выпадает из воздуха, при вдыхании она задерживается в верхних дыхательных путях и удаляется при кашле, чихании, с мокротой. Микроскопическая пыль (0,25–10 мкм) более устойчива в воздухе, при вдыхании попадает в альвеолы легких и действует на легочную ткань. Ультрамикроскопическая пыль (менее 0,25 мкм) в легких задерживается до 60–70%, но ее роль в развитии пылевых поражений не является решающей, так как невелика ее общая масса. Производственная пыль, как правило, полидисперсна. В большинстве случаев около 70% частиц пыли имеют диаметр до 2 мкм, однако общая масса таких пылевых частиц весьма незначительна и не превышает порядка 3% массы всей пыли.

Вдыхание пыли может вызвать такие заболевания, как бронхит, пневмокониоз или развитие общих реакций (интоксикация, аллергия). Основным профессиональным заболеванием на предприятиях с повышенным пылевыделением являются пневмокониозы.

**Пневмокониоз** — это фиброзное заболевание легких, связанное с воздействием на них вдыхаемой пыли. Название большинства пневмокониозов определяется химическим составом накапливающейся пыли. Например, *силикоз*, вызван действием диоксида кремния; *силикатоз* — действием силикатов (асбестоз, талькоз, каолиноз), *металлокониоз* — действием пыли металлов и их оксидов (сидероз, алюминоз).

## ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ДЕЙСТВИЕ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ НА ОРГАНИЗМ

Токсическое действие зависит от количества попавшего в организм вещества, его токсичности, длительности поступления, метеорологических условий производственной среды, химической структуры, физических свойств вещества, пола, возраста и индивидуальной чувствительности организма.

Наиболее важным физическим свойством веществ с точки зрения токсикологии является их *растворимость*. Статистика профессиональных заболеваний показывает, что большинство промышленных отравлений связано с проникновением вредных веществ через органы дыхания. Легче всего из легких в кровь попадают вещества, обладающие хорошей растворимостью в воде, близкой к растворимости в крови.

Растворимость пыли в воде и тканевых жидкостях может иметь и положительное и отрицательное значение. Если пыль не токсична и действие ее на ткань сводится к механическому раздражению, то хорошая растворимость та-

кой пыли — благоприятный фактор, который способствует быстрому удалению ее из легких. В случае токсичной пыли хорошая растворимость сказывается отрицательно, так как в этом случае токсичные вещества попадают в кровь.

Некоторые химические вещества могут всасываться в кровь через кожные покровы благодаря хорошей растворимости в поту и жировом покрове (углеводороды, ароматические амины, соединения анилина, бензола, эфиров).

В основном всасывание вредных веществ из желудочно-кишечного тракта происходит через кишечник. Однако на пути к кишечнику вредные вещества могут обезвреживаться кислой средой желудка, сорбироваться пищевыми веществами и проходить через печеночный барьер. Печень является одним из наиболее активных органов, участвующих в обезвреживании вредных веществ, но при этом она сама становится объектом приложения действия вредных веществ.

*Изменение температуры*, как правило, усиливает и ускоряет действие вредных веществ. Это объясняется нарушением терморегуляции (учащением дыхания и ускорением кровообращения). Например, повышение температуры усиливает возможность отравления соединениями бензола, окисью углерода, парами ртути, хлорофоса.

*Влажность воздуха* повышает опасность отравлений, особенно раздражающими газами.

*Физическое напряжение* обычно сопровождается усилением легочной вентиляции и кровообращения. В таких условиях количество вредных веществ, поступающих в организм через органы дыхания, увеличивается, что способствует развитию интоксикации.

*Производственный шум* усиливает токсический эффект вредных веществ и ускоряет их воздействие. Это доказано для окиси углерода, стирола, алкилнитрита, аэрозоля борной кислоты, нефтяных газов и других веществ.

Характер действия вредных веществ на организм зависит от их *химической структуры*. Так, токсичность органических соединений увеличивается с увеличением числа ненасыщенных связей; токсичность линейных молекул выше, чем токсичность их изомеров; цис-изомеры более токсичны, чем транс-изомеры; при уменьшении количества радикалов, отходящих от циклических углеводородов, токсичность растет (пары этилциклогексана более токсичны, чем пары диметилциклогексана); циклические соединения более токсичны, чем алифатические; гомологи алифатических соединений с большей длиной цепи обладают большей токсичностью (правило Ричардсона); введение в молекулу гидроксильной группы (в связи с увеличением растворимости), как правило, усиливает токсичность соединения; введение в органическую молекулу галогенов, amino- и нитрогрупп также обычно усиливает токсичность веществ.

Изолированное действие вредных веществ в химической промышленности встречается редко, обычно работающие подвергаются одновременному или последовательному воздействию нескольких вредных веществ, т. е. *комбинированному воздействию*.

Различают несколько видов комбинированного (совместного) действия вредных веществ.



**Однонаправленное действие** — компоненты смеси действуют на одни и те же системы в организме, например наркотическое действие смеси углеводов. В этом случае суммарный эффект действия смеси равен сумме действующих компонентов и должен отвечать уравнению

$$\frac{C_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_2} + \dots + \frac{C_n}{\text{ПДК}_n} \leq 1,$$

т. е. сумма отношений фактических концентраций каждого из них ( $C_1, C_2, \dots, C_n$ ) к их ПДК не должна превышать единицы.

**Независимое действие** вредных веществ возникает при одновременном содержании в воздухе рабочей зоны нескольких вредных веществ, не обладающих однонаправленным действием. В этом случае их токсический эффект не зависит один от другого. Например, пары бензола и раздражающие газы действуют на разные органы и системы, их ПДК остаются такими же, как при изолированном действии каждого.

**Положительный синергизм (потенцирование)** — это такой тип комбинированного взаимодействия, при котором биологический эффект превышает сумму эффектов, наблюдаемых при изолированном действии веществ. Усиление вредного воздействия на организм происходит вследствие подавления одним вредным веществом деятельности систем организма, ответственных за обезвреживание другого вещества. Положительный синергизм отмечен при совместном действии оксида углерода и оксидов азота, сернистого ангидрида и сероводорода, алкоголя и ртути или анилина.

**Отрицательный синергизм (антагонизм)** — это такой тип комбинированного действия веществ, при котором совместный эффект взаимодействия меньше суммарного эффекта каждого из веществ при их изолированном действии. Этот тип комбинированного действия приводит к снижению токсичности. Такое действие известно, например, для сернистого ангидрида и хлора, сернистого газа и аммиака, аммиака и углекислого газа. Это происходит за счет химического взаимодействия названных веществ и образования малотоксичных соединений.

Влияние возраста на проявление токсического действия неодинаково: одни вещества более токсичны для молодых, другие — для пожилых людей. Организм подростков в 2–3 раза, а иногда и более чувствителен к воздействию вредных веществ, чем организм взрослых работников.

Правительством Российской Федерации с учетом консультаций с общероссийскими объединениями работодателей, общероссийскими объединениями профессиональных союзов установлены перечни работ с вредными условиями труда, при выполнении которых запрещается применение труда женщин и лиц моложе восемнадцати лет, а также лиц, которым указанные работы противопоказаны по состоянию здоровья.

## 7.2. МИКРОКЛИМАТ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Метеорологические условия (микроклимат) в производственных помещениях характеризуется температурой воздуха, влажностью, скоростью движения воздуха, температурой окружающих поверхностей и их тепловым излучением.

Влажность воздуха измеряют величиной относительной влажности, выраженной в процентах. **Относительная влажность** — это отношение массы водяного пара, содержащегося в единице объема воздуха, к массе водяного пара, содержащегося в насыщенном водяными парами воздухе при данной температуре. Так, 100%-ная относительная влажность означает, что воздух насыщен водяными парами и в такой среде испарение происходить не может.

На современных промышленных предприятиях основным фактором, определяющим метеорологические условия, является температура. Высокая температура воздуха характерна для металлургической, пищевой, угольной промышленности, где технологические процессы сопровождаются значительными тепловыделениями (источниками тепловыделения могут быть печи для плавки, котельные, быстродвижущиеся машины). При работе на элеваторах, складах, при работе на открытом воздухе (строительство, добыча нефти и т. д.) в холодное время года возможно воздействие низких температур.

В обычных условиях благодаря физиологическим и химическим процессам в организме человека обеспечивается тепловое равновесие между количеством тепла, непрерывно образующимся в организме, и излишком тепла, непрерывно отдаваемым в окружающую среду, т. е. сохраняется тепловой баланс. Эта способность человеческого организма поддерживать постоянную температуру (36–37°C) при изменении параметров микроклимата и выполнении различной по тяжести работы называется **терморегуляцией**.

Различают химическую и физическую терморегуляцию. *Химическая терморегуляция* осуществляется снижением или усилением обмена веществ. Ее роль невелика по сравнению с *физической терморегуляцией*, которая осуществляется через отдачу тепла в окружающую среду. Физическая терморегуляция может осуществляться тремя путями: в виде инфракрасных лучей, излучаемых поверхностью тела в направлении окружающих предметов с более низкой температурой (радиация); нагревом воздуха, омывающего поверхность тела (конвекция); испарением влаги (пота) с поверхности тела, легких и слизистых оболочек верхних дыхательных путей.

При оптимальных метеорологических условиях на долю радиации приходится около 45%, конвекции — 30%, а испарения — 25% всего отдаваемого организмом тепла. Эти соотношения могут меняться при изменении метеорологических условий или изменении тяжести выполняемых работ. Так, при увеличении температуры окружающей среды доля радиации и конвекции снижается, а испарения увеличивается.

По воздействию на тепловой баланс человека микроклимат подразделяют на *комфортный* и *дискомфортный*. Параметры микроклимата воздушной сре-

ды, которые обеспечивают оптимальный обмен веществ в организме и при которых отсутствуют неприятные тепловые ощущения и напряженности систем терморегуляции, а также создаются предпосылки для высокого уровня работоспособности, называются **комфортными** или **оптимальными**. Микроклиматические условия, при которых нормальное тепловое состояние человека нарушается, называются **дискомфортными**. При этом, если такие условия не вызывают нарушений в состоянии здоровья, а лишь приводят к ухудшению самочувствия и понижению работоспособности, они считаются **допустимыми**.

Если температурный режим в помещении ниже или выше допустимых норм, то такой микроклимат называют соответственно *охлаждающий* или *нагревающий*. В таких условиях происходит усиление отравляющего воздействия вредных веществ, негативного воздействия шума и вибрации.

При действии нагревающего дискомфорта микроклимата у человека может возникнуть тепловая гипертермия, судорожная болезнь, тепловой удар, а также хронический перегрев.

**Тепловая гипертермия** — это форма нарушения терморегуляции, возникающая в результате действия высокой температуры окружающей среды и/или нарушения процессов теплоотдачи организма. Проявляется резким повышением температуры тела выше нормы, обильным потоотделением, жаждой, учащением дыхания и пульса, головокружением.

**Судорожная болезнь** вызывается длительным воздействием высокой температуры воздуха и теплового излучения и обусловлена изменениями водно-солевого обмена. Проявляется большой потерей пота, сильным сгущением крови, болезненностью и судорогами мышц конечностей и туловища.

**Тепловой удар** обычно возникает в условиях сочетания повышенной температуры и высокой влажности воздуха (80–100%). Тепловой удар проявляется в виде легкой, средней и тяжелой форм течения. При легкой и средней форме пострадавший апатичен, температура его тела поднимается до 39–40°C, он испытывает головную боль, тошноту и рвоту. При тяжелой форме течения человек впадает в коматозное состояние, у него начинаются галлюцинации, учащенное дыхание, тахикардия, температура тела достигает 40–41°C.

**Хронический перегрев** является результатом длительного пребывания работающего в условиях микроклимата, характеризующегося температурой воздуха 26–28°C, влажностью более 80% и скоростью движения воздуха 0,3 м/с. Проявляется в изменении функций центральной нервной системы, нарушении водно-солевого обмена, увеличении сердечных патологий.

Охлаждающий микроклимат может привести к **гипотермии**. Широко распространены при переохлаждении воспалительные процессы, плевриты, бронхиты, острые респираторные заболевания, ангины и т. д. Наибольший процент обморожений и даже смертей наблюдается при сочетании низкой температуры воздуха, высокой влажности и большой его подвижности. Это объясняется тем, что влажный воздух лучше проводит тепло, а его подвижность увеличивает теплоотдачу конвекцией.

«Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах» СанПиН 2.2.4.3359-16 устанавливают оптимальные и

допустимые параметры микроклимата рабочих мест (табл. 7.2) с учетом тяжести выполняемой работы, периодов года и продолжительности работы и содержат требования к методам измерения и контроля микроклиматических условий.

Таблица 7.2

**Оптимальные и допустимые нормы температуры,  
относительной влажности и скорости движения воздуха  
в рабочей зоне помещений на постоянных рабочих местах**

Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура, °С			Влажность, %		Скорость движения, м/с	
	опти- мальная	допустимая граница		опти- мальная	допу- стимая	опти- мальная	допу- стимая
		нижняя	верхняя				
Холодный период года							
Легкая Ia (менее 139)	22–24	20	25	40–60	15–75*	0,1	0,1
Легкая Ib (140–174)	21–23	19	24	40–60	15–75	0,1	0,1–0,2
Средней тяжести IIa (175–232)	19–21	17	23	40–60	15–75	0,2	0,1–0,3
Средней тяжести IIб (233–290)	17–19	15	22	40–60	15–75	0,2	0,2–0,4
Тяжелая III (более 290)	16–18	13	21	40–60	15–75	0,3	0,2–0,4
Теплый период года							
Легкая Ia (менее 139)	23–25	21	28	40–60	15–75*	0,1	0,1–0,2
Легкая Ib (140–174)	22–24	20	28	40–60	15–75*	0,1	0,1–0,3
Средней тяжести IIa 175–232)	20–22	18	27	40–60	15–75*	0,2	0,1–0,4
Средней тяжести IIб (233–290)	19–21	16	27	40–60	15–75*	0,2	0,2–0,5
Тяжелая III (более 290)	18–20	15	26	40–60	15–75*	0,3	0,2–0,5

*Примечание.* \* При температуре воздуха на рабочих местах 25°С и выше максимально допустимые величины относительной влажности воздуха не должны выходить за пределы: 70% — при температуре воздуха 25°С, 65% — при температуре воздуха 26°С, 60% — при температуре воздуха 27°С, 55% — при температуре воздуха 28°С.

*Работы по своей тяжести*, характеризуемой энергозатратами организма, подразделяются на следующие категории:

- категория I — *легкие физические работы*. К категории Ia относятся работы, производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением. К категории Ib относятся работы, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением;

- категория II — *физические работы средней тяжести*. К категории IIa относятся работы, связанные с постоянной ходьбой, перемещением мелких (до 1 кг) изделий или предметов в положении стоя или сидя и требующие определенного физического напряжения. К категории IIб относятся работы, связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением;

- категория III — *тяжелые физические работы*, связанные с постоянными передвижениями, перемещением и переноской значительных (свыше 10 кг) тяжестей и требующие больших физических усилий.

*Периоды года* подразделяются в зависимости от среднесуточной температуры наружного воздуха на теплый период (температура выше  $+10^{\circ}\text{C}$ ) и холодный период (температура ниже или равна  $+10^{\circ}\text{C}$ ).

Для оценки нагревающего микроклимата в помещении (вне зависимости от периода года), а также на открытой территории в теплый период года используют интегральный показатель — тепловую нагрузку среды.

**Тепловая нагрузка среды (ТНС)** — это сочетанное действие на организм человека параметров микроклимата (температура, влажность, скорость движения воздуха, тепловое облучение), выраженное одночисловым показателем в градусах Цельсия.

С точки зрения обеспечения теплового комфорта человека большое значение имеет величина перепадов температуры воздуха. Изменение температуры по высоте помещения не должно превышать  $3^{\circ}\text{C}$  на каждый метр высоты. Нормативы температуры воздуха удовлетворяют гигиеническим требованиям только в том случае, если температура внутренних поверхностей стен ниже температуры воздуха внутри помещения не более чем на  $2\text{--}3^{\circ}\text{C}$ . Более низкая температура стен и окружающих предметов увеличивает радиационные потери тепла у работающих людей, усиливая ощущение дискомфорта.

В производственных помещениях, в которых допустимые нормативные величины параметров микроклимата невозможно установить из-за технологических требований к производственному процессу, условия микроклимата следует рассматривать как вредные и опасные.

Контроль температуры воздуха в производственных помещениях обычно осуществляют ртутными или спиртовыми термометрами. Относительную влажность воздуха измеряют *аспирационными психрометрами*. Для измерения скорости движения воздуха в производственных помещениях используют крыльчатые и чашечные *анемометры* или *термоанемометры* для определения малых скоростей движения воздуха (менее  $0,5\text{ м/с}$ ). Для оценки сочетанного

воздействия параметров микроклимата (ТНС-индекса) используют *шаровые термометры*, для оценки интегральной тепловой нагрузки — *мониторы тепловой нагрузки*.

### 7.3.

## ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ

Наибольшее количество информации (около 90%) об окружающем мире человек получает посредством зрения. Качество этой информации во многом зависит от освещения. Недостаточная освещенность территории, дорог, установок, подходов к аппаратам, лестниц вызывает напряжение глаз, замедляет темп работы, увеличивает утомляемость, а также может привести к несчастным случаям. Благоприятные световые условия способствуют увеличению работоспособности и активности человека, являясь мощным эмоциональным фактором.

Из всего многообразия электромагнитных колебаний, встречающихся в природе, человеческий глаз реагирует лишь на колебания с длинами волн от 380 до 770 нм, воспринимая их как свет. Глаза человека наиболее чувствительны к фотонам с длиной волны 500–555 нм (желто-зеленый свет).

Освещение характеризуется количественными и качественными показателями. К *количественным* относятся световой поток, сила света, освещенность и яркость. К *качественным* — фон, контраст объекта различения с фоном, показатель ослепленности, коэффициент пульсации освещенности, показатель дискомфорта.

Вся световая энергия, излучаемая источником света за единицу времени, характеризует **световой поток**, измеряемый в люменах (лм). В общем случае этот световой поток может распределяться в пространстве неравномерно (например, весь световой поток можно направить в узкую область с помощью зеркальной поверхности), поэтому для характеристики интенсивности излучения вводят понятие силы света, измеряемой в канделах (кд).

**Сила света** характеризует световую энергию, приходящуюся на телесный угол в 1 стерадиан.

**Освещенностью** называется поверхностная плотность светового потока, которая определяется отношением световой энергии к площади освещаемой поверхности. Единицей измерения освещенности является люкс (лк). Освещенность обратно пропорциональна квадрату расстояния от источника до освещаемой поверхности и не зависит от свойств самой поверхности. Примерно оценить освещенность можно, зная, что освещенность поверхности Земли в лунную ночь составляет порядка 0,2 лк, а в солнечный день доходит до 100 000 лк.

**Яркость**, в отличие от освещенности, зависит от свойств материала и увеличивается с ростом отражательной или излучательной способности поверхности. Она характеризует силу света, излучаемую 1 м<sup>2</sup> поверхности в направлении глаза, и измеряется в кд/м<sup>2</sup>. Так, при одной и той же освещенности белая поверхность будет выглядеть ярче черной.

Для зрительного восприятия освещаемых предметов необходимы определенные уровни яркости. Чрезмерная яркость (**блескость**) оказывает отрицательное влияние на зрение, вызывая затрудненное видение. Блескость может быть *прямая*, когда она связана с источником света, и *отраженная*, когда она возникает на отражающих свет поверхностях. Блескость является причиной утомления глаз и снижает работоспособность. Такое изменение нормальных зрительных функций называется *слепимостью*. Чтобы избежать слепящего действия света, важно обеспечить равномерное распределение яркостей в поле зрения работающих людей. При обычных условиях яркость  $30\,000\text{ кд/м}^2$  является слепящей. Гигиенически приемлемой считается яркость до  $5000\text{ кд/м}^2$ .

При освещении производственных помещений используют *естественное освещение* (поток лучистой энергии Солнца), *искусственное освещение* (свет от электрических источников), а также *совмещенное освещение*, при котором недостаточное по нормам естественное освещение дополняют искусственным. Нормирование осуществляется на основании СанПиН 2.2.4.3359-16, согласно которым принято раздельное нормирование естественного, искусственного и совмещенного освещения.

**Естественное освещение**, как правило, предусматривается во всех помещениях с постоянным пребыванием людей. На величину освещенности внутри помещения влияют геометрические размеры окон, их количество и форма, расположение соседних зданий и сооружений, окраска стен, уровень загрязненности стекол световых проемов. Без естественного освещения допускается проектировать такие помещения, как книгохранилища и архивы, конференц-залы, помещения кондиционеров и т. п. Естественное освещение помещений подразделяется на *боковое*, *верхнее* и *комбинированное*. *Боковое освещение* осуществляется через световые проемы в наружных стенах; *верхнее* — через фонари, световые проемы в покрытии; *комбинированное освещение* — это сочетание верхнего и бокового освещения. Комбинированное освещение имеет преимущество, так как обеспечивает большую равномерность освещения.

Вследствие крайней изменчивости природного освещения не только в течение суток, но даже в течение коротких промежутков времени для нормирования и расчета естественного освещения помещений принята относительная величина, называемая **коэффициентом естественной освещенности (КЕО)**, который равен отношению естественной освещенности, создаваемой в некоторой точке помещения светом неба  $E_{\text{вн}}$ , к одновременному значению наружной горизонтальной освещенности  $E_{\text{нар}}$ , создаваемой светом полностью открытого неба, выраженному в процентах:

$$\text{КЕО} = \frac{E_{\text{вн}}}{E_{\text{нар}}} 100\%.$$

СанПиН 2.2.4.3359-16 устанавливает нормируемые значения КЕО ( $E_{\text{н}}$ ) в зависимости от характеристики зрительных работ (определяется наименьшим размером объекта различения, например деления шкалы приборов или размер частиц в растворах) и вида освещения (табл. 7.3).

**Нормы естественного и искусственного освещения  
производственных помещений  
(извлечение из СанПиН 2.2.4.3359-16)**

Характеристика и разряд зрительной работы	Наименьший размер объекта различения, мм	Искусственное освещение			Естественное освещение	
		Освещенность, лк			КЕО ( $E_n$ ), %	
		при системе комбинированного освещения		при системе общего освещения	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении
		всего	в том числе от общего			
Наивысшей точности; I	< 0,15	1250–5000	200–500	300–1250	—	—
Очень высокой точности; II	0,15–0,30	750–4000	200–400	200–750	—	—
Высокой точности; III	0,30–0,50	400–2000	200	200–500	—	—
Средней точности; IV	0,5–1,0	400–750	200	200–300	4,0	1,5
Малой точности; V	1,0–5,0	400	200	200–300	3,0	1,0
Общее наблюдение за ходом производственного процесса; VIII	—	—	—	20–200	0,3–3,0	0,1–1,0

В связи с тем, что световой климат в различных районах России отличается, территория была разбита на пять световых поясов, для каждого из которых определен коэффициент  $m$ , учитывающий обеспеченность района естественным светом. Нормированное значение КЕО  $E_N$  для зданий, расположенных в различных районах России, определяют по формуле

$$E_N = E_n m,$$

где  $m$  — коэффициент, учитывающий особенности светового климата по СанПиН 2.2.4.3359-16.

Например, для Московского, Смоленского, Калужского, Тульского административных районов коэффициент принят равным единице, для Брянского,



Курского, Тамбовского — 0,85 или 0,9 в зависимости от ориентации световых проемов по сторонам горизонта.

В производственных помещениях глубиной до 6,0 м при одностороннем боковом освещении нормируется минимальное значение КЕО в точке, расположенной на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и условной рабочей поверхности (обычно принимается на уровне поверхности стола — 0,8 м) на расстоянии 1,0 м от стены или линии максимального заглубления зоны, наиболее удаленной от световых проемов.

В производственных помещениях со зрительными работами разрядов I–III следует применять совмещенное освещение.

Производственные помещения, где постоянно работают люди, без естественного освещения или с недостаточным по биологическому действию естественным освещением ( $КЕО < 0,1\%$ ) должны быть оборудованы установками искусственного ультрафиолетового излучения. Отсутствие или недостаток УФ-излучения вызывает «ультрафиолетовое голодание», при котором ослабевают защитные функции организма, происходит понижение сопротивляемости организма к токсическим, канцерогенным, мутагенным веществам, повышается утомляемость.

**Искусственное освещение** предусматривается в помещениях, в которых недостаточно естественного света или для освещения помещения в часы суток, когда естественная освещенность отсутствует.

По конструктивному исполнению искусственное освещение подразделяют на *общее* и *комбинированное*. *Общее освещение* предназначено для освещения всего помещения и создает условия для выполнения работы в любом месте освещаемого пространства, так как рабочие и соседние с ним поверхности освещаются практически одинаково. Такое освещение осуществляется с помощью светильников, расположенных в верхней зоне производственных помещений, как правило, на потолке или фермах.

*Комбинированное освещение* состоит из общего и местного. Комбинированное освещение целесообразно устраивать при выполнении работ высокой точности, при необходимости определенного или изменяемого в процессе работы направления света, а также в случаях, когда общее освещение создает тени на рабочих поверхностях, расположенных вертикально или с наклоном. *Местное освещение* создают светильники, располагаемые рядом с рабочим местом либо непосредственно на нем и посылающие световой поток на рабочую поверхность. Эти светильники обеспечивают освещение только рабочих мест и практически не освещают прилегающие поверхности.

Применение только местного освещения не допускается, так как резкий контраст между ярко освещенными и неосвещенными местами утомляет глаза и может стать причиной несчастных случаев. Доля общего освещения в системе комбинированного должна быть не менее 10% от нормируемой освещенности.

Искусственное освещение по функциональному назначению подразделяют на *рабочее*, *дежурное*, *охранное* и *аварийное*.

*Рабочее освещение* обеспечивает необходимые условия при нормальном режиме работы осветительной установки; оно обязательно во всех помещениях

и на открытых пространствах. Максимальное значение освещенности для I разряда — 5000 лк, минимальное для VIII разряда — 20 лк (табл. 7.3).

*Дежурное освещение* включают в нерабочее время.

*Охранное освещение* предусматривается вдоль границ территорий, охраняемых в ночное время. Охранное освещение должно обеспечивать освещенность не менее 0,5 лк на уровне земли.

*Аварийное освещение* предусматривается для обеспечения минимальной освещенности производственных помещений на случай внезапного отключения рабочего. Аварийное освещение подразделяется на освещение безопасности и эвакуационное.

*Освещение безопасности* — освещение, необходимое для продолжения работы при аварийном отключении рабочего освещения. Его предусматривают, если отключение рабочего освещения может привести к нарушению технологического процесса вследствие ошибочных действий персонала. Наименьшая освещенность, создаваемая освещением безопасности, должна составлять не менее 5% освещенности, нормируемой для рабочего освещения, но не менее 2 лк внутри зданий и не менее 1 лк для территорий предприятий.

*Эвакуационное освещение* — освещение для эвакуации людей из помещения при аварийном отключении рабочего освещения. Оно предусматривается в местах, опасных для прохода людей, в проходах и на лестницах, служащих для эвакуации более чем 50 человек, в производственных помещениях, из которых выход работающих при отключении рабочего освещения связан с опасностью травматизма из-за продолжения работы производственного оборудования.

Для искусственного освещения нормируемый параметр — освещенность (табл. 7.3). СанПиН 2.2.4.3359-16 устанавливает необходимые уровни освещенности рабочих поверхностей в зависимости от точности зрительной работы, контраста объекта и фона, яркости фона, показателя ослепленности, коэффициента пульсации и типа освещения. Равномерность и устойчивость уровня освещенности в помещении достигается рациональным размещением источников света и предотвращением пульсации величины светового потока.

Для измерения и контроля искусственной и естественной освещенности, коэффициента пульсации, яркости используют люксометры, люксометры-пульсметры и люксометры-яркомеры.

## 7.4.

### АКУСТИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ И ВИБРАЦИИ

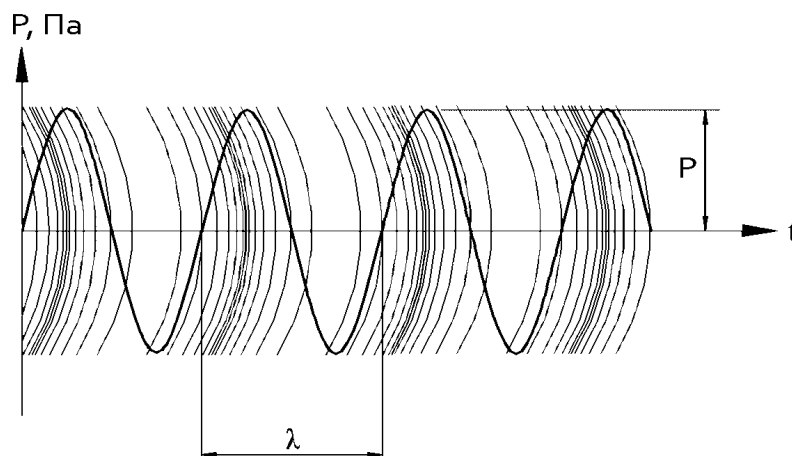
Внедрение в промышленность новых технологических процессов, оснащение предприятий мощными и быстродвижущимися машинами и механизмами приводит к тому, что человек постоянно подвергается воздействию шума и вибрации все возрастающей интенсивности.

Высокие уровни шума и вибрации воздействуют на центральную нервную систему, желудочно-кишечный тракт, вызывают заболевания суставов и

сосудов, усиливают токсическое действие вредных химических веществ. Шум и вибрация также могут приводить к повышению утомляемости, понижению производительности труда на 10–20%, травматизму. На шумных предприятиях заболевания гипертонией регистрируются на 50–60% чаще, чем на бесшумных предприятиях. Длительное воздействие шума и вибрации может приводить к профессиональным заболеваниям (профессиональная тугоухость, глухота, вибрационная болезнь). Эффективное лечение этих профессиональных заболеваний возможно только на ранних стадиях, причем восстановление нарушенных органов происходит крайне медленно.

Помимо вредного воздействия на организм человека, вибрация негативно влияет на производственное оборудование, здания и сооружения. Длительные сотрясения, вызываемые вибрацией, могут привести к преждевременному износу частей оборудования, нарушению механической прочности и герметичности аппаратов, разрушению фундаментов машин и целых сооружений.

**Акустические колебания** представляют собой волны сжатия и разрежения среды (поперечное увеличение и уменьшение давления), распространяющиеся от источника (рис. 7.1). Основные характеристики акустических колебаний — *частота, длина волны и звуковое давление*.



**Рис. 7.1**

Схематическое изображение акустических колебаний:

$\lambda$  — длина волны;  $P$  — звуковое давление.

*Длина волны* отражает минимальное расстояние между двумя точками волны с одинаковым давлением. Она связана с частотой соотношением

$$\lambda = \frac{v}{f},$$

где  $\lambda$  — длина волны, м;  $v$  — скорость звука, при 20°С равная 344 м/с;  $f$  — частота, Гц.

*Частота* характеризует количество колебаний давления в данной точке пространства за одну секунду и измеряется в герцах (Гц). Органы слуха человека воспринимают звуковые колебания в интервале частот от 16 до 20 000 Гц.

Колебания с частотой ниже 16 Гц (инфразвук) и выше 20 000 Гц (ультразвук) не воспринимаются органами слуха. Повышение частоты в слышимом диапазоне воспринимается человеческим ухом как повышение тональности. Обычно параметры шума и вибраций оценивают в октавных полосах. За ширину полосы принята октава, т.е. интервал частот, в котором высшая частота  $f_2$  в два раза больше низшей  $f_1$ . В качестве частоты, характеризующей полосу в целом, берут среднегеометрическую частоту  $f_{\text{ср.г}} = \sqrt{f_1 f_2}$ . Среднегеометрические частоты октавных полос составляют 16, 31, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц при соответствующих им граничных частотах 11,4–22,4; 22,4–45; 45–90; 90–180; 180–355; 355–710; 710–1400; 1400–2800; 2800–5600; 5600–11 200.

*Звуковое давление* характеризует разность между максимальным значением давления в данной точке звукового поля и средним (атмосферным) давлением и измеряется в паскалях (Па). Величина звукового давления влияет на громкость воспринимаемых звуков. Минимальное звуковое давление, которое воспринимается ухом, называется **порогом слышимости**. Порог слышимости для звуков разных частот сильно отличается. В связи с этим в качестве стандартной частоты сравнения принята частота 1000 Гц. При этой частоте порог слышимости составляет  $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$  Па. Звуковое давление, при котором человеческое ухо начинает испытывать болевые ощущения, называется **порогом болевого ощущения** и составляет  $P = 2 \cdot 10^2$  Па при частоте 1000 Гц. Порог болевого ощущения в значительно меньшей степени зависит от частоты.

Так как звуковое давление, воспринимаемое человеческим ухом, изменяется в очень широких пределах (от  $2 \cdot 10^{-5}$  до  $2 \cdot 10^2$  Па), то пользоваться для оценки звука абсолютными значениями крайне неудобно. В связи с этим была введена величина, называемая **уровнем звукового давления  $L$** , выраженная в **децибелах (дБ)**:

$$L = 10 \lg \frac{P^2}{P_0^2} = 20 \lg \frac{P}{P_0},$$

где  $P$  — звуковое давление, Па;  $P_0$  — порог слышимости, равный  $2 \cdot 10^{-5}$  Па.

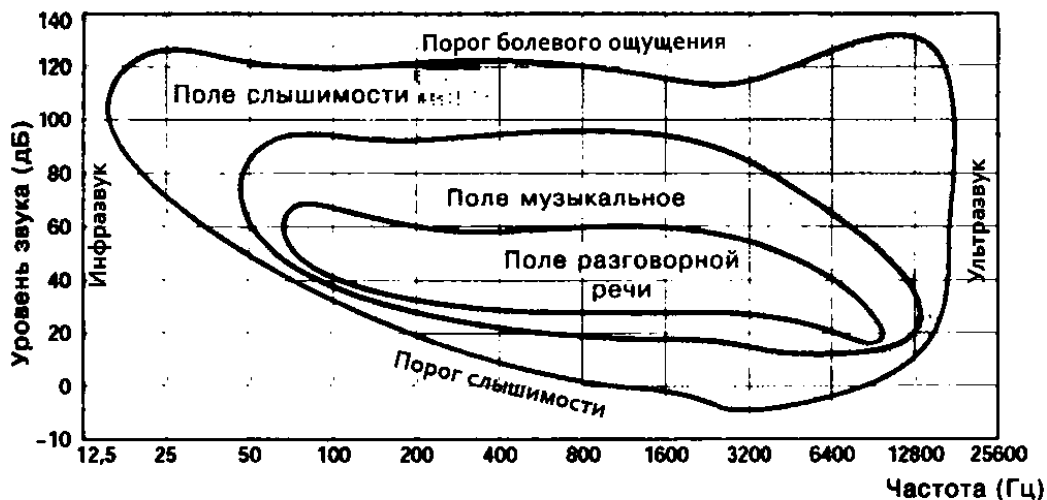
Использование логарифмической шкалы для измерения уровня шума значительно удобнее, так как значения укладываются в небольшом интервале логарифмических величин от 0 до 140 дБ. При этом 0 дБ соответствует порогу слышимости, 140 дБ — порогу болевого ощущения. Окружающие человека шумы имеют разную интенсивность: 40–50 дБ — уровень шума в квартире при разговоре, 80–90 дБ — шум от автомобилей или поездов, 110–120 дБ — шум от работающих лопастей вертолета. При шуме 150–160 дБ возможен разрыв барабанной перепонки.

Зависимость слышимого диапазона акустических волн от частоты и уровня звукового давления представлена на рисунке 7.2.

Для определения уровня звука (дБ) в расчетной точке, удаленной от источника шума, *на открытом пространстве* можно воспользоваться формулой

$$L = L_p + G - 10 \lg \frac{S}{S_0} - \Delta L,$$

где  $L_p$  — уровень звуковой мощности источника звука, дБ;  $G$  — показатель направленности источника, дБ (показывает, на сколько дБ энергия звука, излучаемая в данном направлении, больше ( $G > 0$ ) или меньше ( $G < 0$ ) энергии, которая бы излучалась тем же источником во всех направлениях одинаково);  $S$  — площадь поверхности, в которую излучается звук (например, если источник звука находится на полу, то звук распространяется в полусферу и  $S = 2\pi r^2$ , где  $r$  — расстояние от источника звука до расчетной точки),  $m^2$ ;  $S_0 = 1 m^2$ ;  $\Delta L$  — снижение уровня шума на пути его распространения (если на пути шума нет препятствий и расстояние до расчетной точки не более 50 м, значение  $\Delta L$  можно принимать нулевым).



**Рис. 7.2**  
Слуховой диапазон человека

Суммарный уровень звукового давления  $L$  от нескольких источников шума  $n$ , создающих в данной точке уровни звукового давления  $L_i$  (дБ), может быть рассчитан по формуле

$$L = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0,1L_i}.$$

Расчет уровней звукового давления (дБ) на рабочих местах и на территории производственных предприятий или на границе жилого района производится по формуле

$$L = L_p - 20 \lg r - \frac{\beta_a r}{1000} - 8,$$

где  $L_p$  — уровень звуковой мощности источника шума, дБ;  $r$  — кратчайшее расстояние от источника шума до расчетной точки, м;  $\beta_a$  — коэффициент по-

глощения звука в воздухе  $\beta \cdot 10^2$  дБ/м (при 20°C и влажности воздуха 70–90%), который имеет следующую зависимость: при 63 Гц — 0,03 дБ/м, при 125 — 0,05, при 250 — 0,11, при 500 — 0,21, при 1000 — 0,42, при 2000 — 0,85, при 4000 — 1,70, при 8000 — 3,90.

Если шум создается несколькими источниками звука  $n$  с одинаковым уровнем звукового давления  $L_i$ , формула упрощается:

$$L = L_i + 10 \lg n.$$

Так, например, если шум создают два одинаковых источника шума, то их суммарный шум на 3 дБ больше, чем каждого из них в отдельности.

В связи с тем, что при одинаковых значениях уровня звукового давления громкость звука для разных частот сильно отличается, широко используют **уровень звука с частотной коррекцией  $A$**  (уровень звука  $A$ , дБА). Он отражает общий уровень звукового давления, измеряемый шумомером, установленным на частотную характеристику  $A$ , которая приближенно соответствует частотной характеристике восприятия шума человеческим ухом. Если измерение происходит на заданном интервале времени, то определяемая величина называется **эквивалентный уровень звука  $A$** .

Согласно ГОСТ 12.1.003-2014 «Шум. Общие требования безопасности», **шум** — это звуковые колебания в диапазоне слышимых частот, способные оказать вредное воздействие на безопасность и здоровье работника.

*По природе возникновения* производственный шум подразделяется на ударный, механический и аэродинамический. *Ударный шум* возникает при штамповке, клепке, ковке. *Механический* возникает при работе машин и механизмов (звук возникает за счет вибрации). *Аэродинамический шум* сопровождает работу аппаратов, трубопроводов, турбин, воздуходувок, вентиляторов (излучение звука происходит при движении газа или жидкости за счет пульсации). В химической промышленности наибольшее распространение имеют механический и аэродинамический шум.

*По характеру спектра шума* выделяют: а) **тональный шум**, в спектре которого имеются выраженные тоны. Тональный характер шума для практических целей устанавливается измерением уровней звукового давления в 1/3-октавных полосах частот по превышению уровня звукового давления в одной полосе над соседними не менее чем на 10 дБ или по превышению суммарного уровня двух соседних полос, уровни которых отличаются менее чем на 3 дБ, над соседними не менее чем на 12 дБ; б) **широкополосный шум**, не содержащий выраженных тонов.

Частотный состав шума называется **спектром**.

*По временным характеристикам шума* выделяют:

а) **постоянный шум**, уровень звука которого за 8-часовой рабочий день или за время измерения изменяется не более чем на 5 дБА при режиме усреднения шумомера  $S$  (медленно);

б) **непостоянный шум**, уровень звука которого за 8-часовой рабочий день, рабочую смену или за время измерения изменяется более чем на 5 дБА при измерениях с постоянной времени усреднения шумомера  $S$  (медленно);

в) **импульсный шум**, состоящий из одного или нескольких звуковых событий, каждый длительностью менее 1 с. Импульсный шум оказывает наиболее неблагоприятное воздействие на организм по сравнению с другими видами шумов.

Согласно СанПиН 2.2.4.3359-16, нормируемыми показателями шума на рабочих местах являются:

а) **эквивалентный уровень звука  $A$  за рабочую смену (дБА)** — это эквивалентный уровень звука  $A$ , измеренный или рассчитанный за 8 ч рабочей смены, с учетом поправок на импульсный и тональный шум;

б) **максимальные уровни звука  $A$  (дБА)**, измеренные с временными коррекциями  $S$  (медленно) и  $I$  (импульс). Используются для определения уровня звука непостоянного и импульсного шума;

в) **пиковый уровень звука  $C$  (дБС)** измеряется с использованием частотной коррекции  $C$ , которая соответствует частотной характеристике человеческого уха при высоких уровнях звука, близких к порогу болевого ощущения.

Уровни звукового давления в октавных полосах не являются нормируемыми параметрами, но могут быть использованы для подбора СИЗ, разработки мер профилактики, решения вопросов связи заболевания с профессией и т. д.

*Нормативным эквивалентным уровнем звука на рабочих местах считается 80 дБА (для некоторых отраслей допускается 85 дБА при условии подтверждения приемлемого риска здоровью работающих). В таблице 7.4 представлены нормативные значения эквивалентных уровней звука на рабочих местах с учетом тяжести и напряженности труда. Методика оценки тяжести и напряженности труда описана Приказе Минтруда России № 33н от 24.01.2014 (ред. от 14.11.2016) «Об утверждении Методики проведения специальной оценки условий труда, Классификатора вредных и/или опасных производственных факторов...». При сокращенном рабочем дне ПДУ применяются без изменения.*

Таблица 7.4

**Предельно допустимые эквивалентные уровни звука на рабочих местах, дБА**

Категории напряженности трудового процесса	Категории тяжести трудового процесса		
	легкая и средняя физическая нагрузка	тяжелый труд 1-й степени	тяжелый труд 2-й степени
Напряженность легкой и средней степени	80	75	75
Напряженный труд 1-й степени	70	65	65
Напряженный труд 2-й степени	60	—	—
Напряженный труд 3-й степени	50	—	—

**Тяжесть труда** — это характеристика трудового процесса, отражающая преимущественную нагрузку на опорно-двигательный аппарат и функциональные системы организма (сердечно-сосудистую, дыхательную и др.), обеспечивающие его деятельность. Тяжесть труда характеризуется физической динамической нагрузкой, массой поднимаемого и перемещаемого груза, общим числом стереотипных рабочих движений, величиной статической нагрузки, формой рабочей позы, степенью наклона корпуса, перемещениями в пространстве. По показателям тяжести трудового процесса работа относится к следующим классам условий труда: оптимальным (при легкой физической нагрузке), допустимым (при средней физической нагрузке), вредным класса 3.1 (при тяжелом труде 1-й степени), вредным класса 3.2 (при тяжелом труде 2-й степени).

**Напряженность труда** — это характеристика трудового процесса, отражающая нагрузку преимущественно на ЦНС, органы чувств, эмоциональную сферу работника. К факторам, характеризующим напряженность труда, относятся сенсорные нагрузки и степень монотонности нагрузок. По показателям напряженности трудового процесса работа также может относиться к следующим классам условий труда: оптимальным (при напряженности труда легкой степени), допустимым (при напряженности средней степени), вредным класса 3.1 (при напряженном труде 1-й степени), вредным класса 3.2 (при напряженном труде 2-й степени), вредным класса 3.3 (при напряженном труде 3-й степени).

*Максимальные уровни звука  $A$ , измеренные с временными коррекциями  $S$  и  $I$ , не должны превышать 110 и 125 дБА соответственно. Пиковый уровень звука  $C$  не должен превышать 137 дБС.*

**Работы в условиях воздействия эквивалентного уровня шума выше 85 дБА не допускаются.**

**Инфразвук** — акустические колебания с частотами ниже 22 Гц. ПДУ звукового давления на рабочих местах нормируются для различных видов работ. Эквивалентный уровень звукового давления для работ различной степени тяжести не должен превышать 100 дБ, для работ различной степени интеллектуально-эмоциональной напряженности — не более 95 дБ.

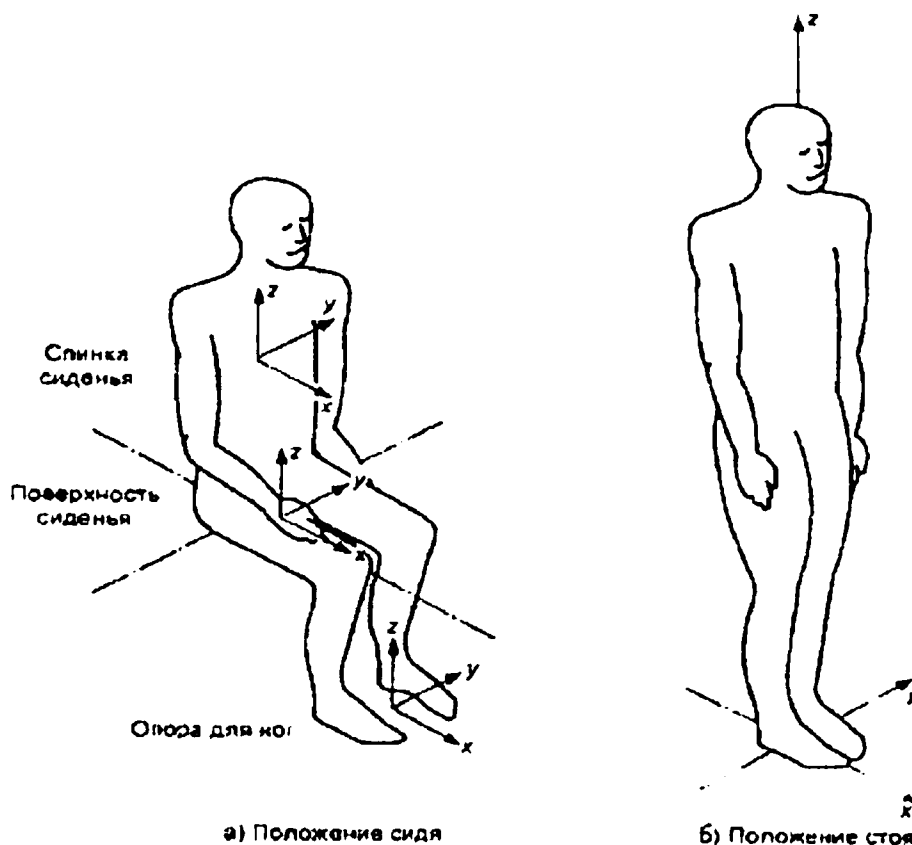
**Ультразвук.** Нормы для ультразвука, распространяющегося воздушным путем, установлены для диапазона частот 12,5–100 кГц. ПДУ звукового давления изменяются от 80 дБ для частоты 12,5 кГц до 110 дБ для диапазона частот 31,5–100 кГц. Для контактного ультразвука уровни ультразвука в зонах контакта рук и других частей тела не должны превышать 110 дБ.

**Вибрация** — это малые механические колебания, передаваемые по жидким или твердым средам. Вибрация аналогична шуму по физической природе и характеризуется *частотой  $f$  (Гц) и амплитудой смещения  $A$  (м)*. Как правило, вибрацию рассматривают в частотном диапазоне 1–1000 Гц. Наиболее опасна вибрация с частотой 4–100 Гц, поскольку она совпадает с собственной частотой колебаний внутренних органов человека (4–8 Гц — органы брюшной полости; 25 Гц — голова; 50 Гц — глаза), в результате чего может возникнуть резонанс.

Согласно СН 2.2.4/2.1.8.566-96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий», *по направлению действия общую*



вибрацию подразделяют на вертикальную ( $z$ ), направленную перпендикулярно опорной поверхности, и горизонтальную ( $x$  и  $y$ ), действующую в плоскости, параллельной опорной поверхности (рис. 7.3).



**Рис. 7.3**

Направление координат осей при действии общей вибрации:

$a$  — положение сидя;  $b$  — положение стоя;

ось  $z$  — вертикальная, перпендикулярная опорной поверхности;

ось  $x$  — горизонтальная от спины к груди;

ось  $y$  — горизонтальная от правого плеча к левому.

В зависимости от способа передачи колебаний человеку вибрацию подразделяют на **общую**, передающуюся на тело через опорные поверхности, и **локальную**, передающуюся через руки, ступни ног сидящего человека и предплечья, контактирующие с вибрирующими рабочими поверхностями.

Согласно СанПиН 2.2.4.3359-16, в зависимости от источника возникновения вибраций различают две категории локальной вибрации (от механизированного инструмента (с двигателями) и от немеханизированного инструмента) и три категории общей вибрации, где 3-я категория подразделяется на три типа в зависимости от места действия. Общая вибрация 1-й категории — транспортная (тракторы сельскохозяйственные и промышленные, самоходные сельскохозяйственные машины, автомобили грузовые, снегоочистители, самоходный горно-шахтный транспорт); общая вибрация 2-й категории — транспортно-технологическая (экскаваторы, краны промышленные и строительные, горные комбайны, самоходные бурильные каретки, бетоноукладчики); общая вибрация

3-й категории — технологическая (станки металло- и деревообрабатывающие, литейные машины, насосные агрегаты и вентиляторы, буровые станки, установки химической и нефтехимической промышленности).

Как и в случае с шумом, при измерениях вибрации используются различные корректирующие фильтры, учитывающие особенности восприятия человеком вибрации на разных частотах.

Важной производной величиной, характеризующей вибрацию, является *виброускорение*  $a$  ( $\text{м/с}^2$ ). По аналогии с уровнем звукового давления для удобства используют **уровень виброускорения**, измеряемый в дБ, для расчета которого используют опорное значение виброускорения, равное  $10^{-6} \text{ м/с}^2$ .

СанПиН 2.2.4.3359-16 устанавливает в качестве нормируемого показателя вибрации на рабочем месте *эквивалентное скорректированное виброускорение* за рабочую смену,  $\text{м/с}^2$  (**эквивалентный скорректированный уровень виброускорения** за рабочую смену, дБ). **Эквивалентное виброускорение** — это среднеквадратичное значение ускорения на заданном интервале времени.

Предельно допустимые величины эквивалентного скорректированного виброускорения следует выбирать в зависимости от типа и категории вибрации, а также от направления действия вибрации (табл. 7.5).

Таблица 7.5

**Предельно допустимые значения и уровни производственной вибрации**

Вид вибрации	Категория вибрации	Направление действия	Коррекция	Нормативные эквивалентные скорректированные значения и уровни виброускорения	
				$\text{м/с}^2$	дБ
Локальная		$X_{\text{л}}, Y_{\text{л}}, Z_{\text{л}}$	Wh	2,0	126
Общая	1	$Z_0$	Wk	0,56	115
		$X_0, Y_0$	Wd	0,40	112
	2	$Z_0$	Wk	0,28	109
		$X_0, Y_0$	Wd	0,2	106
	3а	$Z_0$	Wk	0,1	100
		$X_0, Y_0$	Wd	0,071	97
	3б	$Z_0$	Wk	0,04	92
		$X_0, Y_0$	Wd	0,028	89
	3в	$Z_0$	Wk	0,014	83
		$X_0, Y_0$	Wd	0,0099	80

Работа в условиях воздействия локальной и общей вибрации с текущими уровнями, превышающими настоящие санитарные нормы более чем на 12 дБ (в 4 раза) и 24 дБ (в 8 раз) соответственно, не допускается.

Измерения шума и вибрации проводят шумомерами и виброметрами, параметры которых должны удовлетворять ГОСТ 17187-2010 и ГОСТ ИСО 8041-2006.

## 7.5.

### ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОЛЯ И ИЗЛУЧЕНИЯ (НЕИОНИЗИРУЮЩИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ)

Спектр электромагнитных колебаний по частоте достигает  $10^{21}$  Гц. В зависимости от энергии фотонов (квантов) его подразделяют на область неионизирующих (до  $10^{16}$  Гц) и ионизирующих излучений ( $10^{16}$ – $10^{21}$  Гц). К неионизирующим относят электромагнитные поля (ЭМП) и излучения (ЭМИ) *оптического и радиочастотного* диапазона. Сюда же следует отнести, согласно СанПиН 2.2.4.3359-16, *электростатические поля (ЭСП) и постоянные магнитные поля (ПМП)*.

ЭМП и ЭМИ *по происхождению* бывают естественными и антропогенными. К *естественным* относятся атмосферное электричество, радиоизлучения Солнца и галактик, электрические и магнитные поля Земли. К *антропогенным* — излучения, вызванные работой различных электрических механизмов и приборов: антенных систем радиолокационных станций (РЛС), радио- и телестанций, воздушных линий электропередач и др.

Биологическое действие ЭМП и ЭМИ зависит от частоты излучения, режима генерации (постоянный, импульсный) и условий воздействия на организм (постоянное, прерывистое, общее, местное). Отмечено, что биологическая активность убывает с увеличением длины волны (или снижением частоты) излучения. Воздействие полей может привести к функциональным нарушениям сердечно-сосудистой и ЦНС, расстройствам сна, снижению памяти, головным болям и другим отклонениям. Нарушения могут проявляться в виде острых и хронических поражений. Острые возникают при действии значительных тепловых интенсивностей излучения. Они встречаются редко — при авариях или грубых нарушениях техники безопасности на РЛС. Для профессиональных условий более характерны хронические поражения, выявляемые, как правило, после нескольких лет работы с источниками ЭМИ микроволнового диапазона.

В условиях производства, связанного с воздействием ЭМП на работающих, все изолированные от земли крупногабаритные металлоконструкции, машины, механизмы и другие объекты *должны быть заземлены*.

СанПиН 2.2.4.3359-16 устанавливает раздельное нормирование для ЭСП, ПМП, электрических полей промышленной частоты 50 Гц (ЭП ПЧ), магнитных полей промышленной частоты 50 Гц (МП ПЧ), ЭМП диапазона частот 10–30 кГц и 30 кГц — 300 ГГц.

ЭСП представляют собой поля неподвижных электрических зарядов либо стационарные электрические поля постоянного тока. Они широко используются для электростатической сепарации руд и материалов, электростатического нанесения красок и полимерных материалов, электрогазоочистки. Нормирование ЭСП осуществляется по уровню напряженности электростатического поля ( $E$ , кВ/м) в зависимости от времени его воздействия на работающего за смену. При воздействии не более 1 ч за смену ПДУ устанавливается равным 60 кВ/м; при напряженностях менее 20 кВ/м время пребывания не регламентируется.

**ПМП** образуются при использовании постоянных магнитов, электромагнитов, линий передач постоянного тока. Постоянные магниты и электромагниты находят широкое применение в магнитных сепараторах, установках ядерного магнитного резонанса, магнитных шайбах подъемных кранов. Нормирование ПМП осуществляется по уровню напряженности магнитного поля (Н, кА/м) или в единицах магнитной индукции (В, мТл) для условий общего (на все тело) и локального (кисти рук, предплечье) воздействия в зависимости от времени воздействия за смену.

**ЭП и МП ПЧ** выделены в самостоятельный диапазон. Основными источниками являются различные виды производственного и бытового электрооборудования переменного тока, а также подстанции и воздушные линии электропередачи сверхвысокого напряжения. Гигиеническая оценка осуществляется раздельно по электрическому и магнитному полям. ЭП ПЧ нормируется по тем же параметрам, что и ЭСП. ПДУ напряженности ЭП ПЧ на рабочем месте в течение всей смены установлен равным 5 кВ/м. МП ПЧ нормируется, как и ПМП, для условий общего и локального воздействия. Отдельно дано нормирование импульсных МП ПЧ.

**ЭМП** диапазона частот 10 кГц — 300 ГГц используются для передачи информации на расстоянии, для индукционного и диэлектрического нагрева материалов, в радиоспектроскопии, радиоастрономии, медицине, навигации и в других областях. При нормировании **ЭМП с частотами 10–30 кГц** оценивают напряженности электрического и магнитного поля в зависимости от времени воздействия. ПДУ при воздействии в течение всей смены составляет 500 В/м и 50 А/м соответственно. **ЭМП с частотами 30 кГц — 300 ГГц** нормируются по величине энергетической экспозиции, которая учитывает время воздействия за смену, напряженность и плотность потока энергии.

## **7.6. ВЕЩЕСТВА, ЗАГРЯЗНЯЮЩИЕ ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ, И ИХ ИСТОЧНИКИ**

Загрязнение окружающей среды — это поступление в нее вредных веществ, нарушающих функционирование экологических систем или их отдельных элементов и снижающих качество среды с точки зрения проживания человека или ведения им хозяйственной деятельности. Различают природные загрязнения, возникающие в результате естественных причин (извержения вулканов, землетрясения, лесные пожары), и антропогенные загрязнения, вызванные человеческой деятельностью.

Начиная со второй половины XX в. в процессе производственной деятельности человек создает синтетические вещества, которые в виде отходов поступают в окружающую среду (атмосферу, гидросферу, почву). Многие из этих веществ почти не вовлекаются в биосферный круговорот и часто являются токсичными для живых организмов. В настоящее время общая мощность источни-

ков антропогенного загрязнения во многих случаях превосходит мощность естественных источников.

В большинстве случаев загрязняющие вещества, широко распространяясь в атмосфере, гидросфере и почве, постепенно рассеиваются по всей биосфере. Основную роль при этом играет атмосферный перенос. Разбавление загрязняющих веществ в окружающей среде приводит к уменьшению их концентрации на конкретном участке, но не снижает их опасности для природы и человека, а только отдалает негативные последствия.

В таблице 7.6 представлены некоторые типы источников загрязнения и наиболее распространенные загрязняющие вещества.

Таблица 7.6

**Некоторые типы источников загрязнения и загрязняющие вещества**

Источники загрязнения	Среда		
	Воздух	Вода	Почва
	Загрязняющие вещества		
Сельское хозяйство	Аэрозоли пестицидов, пыль, $\text{NH}_3$ , $\text{H}_2\text{S}$	Нитраты, фосфаты, пестициды	As, Cd, U, Zn, Cu, Pb, патогенные микроорганизмы, ДДТ
Производство электроэнергии	$\text{CO}$ , $\text{CO}_2$ , $\text{SO}_2$ , $\text{SO}_3$ , $\text{N}_x\text{O}_y$ , $\text{U}_x\text{O}_y$ и полиароматические углеводороды из угля, радиоизотопы	Соединения бора и мышьяка, полиароматические углеводороды	Соединения кремния, сульфаты, нитраты, соединения тяжелых металлов
Металлургическая промышленность	Взвешенные частицы и аэрозоли As, Cd, Cr, Cu, Mn, Pb, Zn, Ti, кислоты	Ионы металлов, кислотные потоки, органические растворители	Металлы в отходах, растворителях, кислотах, выпадение аэрозолей
Добыча руд и выплавка металлов	$\text{SO}_2$ , $\text{SO}_3$ , Pb, Cd, Hg, Ni, Ti и другие в составе аэрозолей	Сульфаты, цианиды, ионы металлов, хвосты (рудные минералы, такие как $\text{PbS}$ , $\text{ZnS}$ )	Твердые отходы и хвостохранилища, цианиды, металлы, пыль, аэрозоли конденсации
Муниципальные и промышленные источники в целом	Летучие органические вещества, твердые частицы, аэрозоли различных металлов, сажа, пыль, $\text{CO}$ , $\text{CO}_2$ , $\text{SO}_2$ , $\text{SO}_3$ , $\text{N}_x\text{O}_y$ , As, Pb, V, Zn, U, сульфаты, силикаты	Различные стоки, полиароматические углеводороды из сажи, Pb, Zn и другие металлы, нефтепродукты, ПАВ	Pb, Zn, V, Cu, Cd, полихлорированные бифенилы, полиароматические углеводороды, диоксины, асбест

Основной причиной загрязнения атмосферы является сжигание ископаемого топлива. Также в атмосферу попадают выбросы побочных продуктов химической промышленности, выбросы пыли, радиоактивные газы атомных электростанций, выхлопы автомобилей. Загрязнения в атмосферу могут поступать из источников непрерывно или периодически, залпами или мгновенно. В случае залповых выбросов за короткий промежуток времени в воздух выде-

ляется большое количество вредных веществ. Залповые выбросы возможны при авариях, при сжигании быстрогорящих отходов производства на специальных площадках уничтожения. При мгновенных выбросах загрязнения выбрасываются в доли секунды иногда на значительную высоту. Они происходят при взрывных работах и авариях.

С отходящими газами в атмосферу поступают твердые, жидкие, паро- и газообразные неорганические и органические вещества, поэтому по агрегатному состоянию загрязнения подразделяют на твердые, жидкие, газообразные и смешанные. Основными веществами, загрязняющими атмосферу, являются газы (90%) и твердые частицы (пыль).

Повышение плодородия почв часто достигается путем внесения большого количества удобрений, использования средств химической защиты от вредителей, что позволяет интенсифицировать сельскохозяйственное производство. Широкое применение искусственных химических веществ приводит к загрязнению почв и живых организмов. Излишек удобрений приводит к избытку азота и фосфора в продуктах и ухудшает структуру почв.

Атмосферные осадки, несущие загрязняющие вещества, выпадают на поверхность почвы и также являются источником ее загрязнения. А поверхностные грунтовые воды смывают их в водную среду (реки, озера, моря).

Попадание вредных веществ в воды происходит также в результате промышленной и сельскохозяйственной деятельности. Загрязнение углеводородами (нефтью и нефтепродуктами) в последние десятилетия стало одним из основных видов загрязнения гидросферы.

Токсичные органические вещества, поступающие в гидросферу, влияют на абиотические и биотические факторы, действующие как в проточных водах (реки), так и в больших стоячих водоемах (озера, замкнутые моря). Загрязнение приводит к подавлению жизнедеятельности и гибели наиболее чувствительных к данному веществу организмов. Например, хлорсодержащие инсектициды, в частности ДДТ, тормозят фотосинтез фитопланктона и оказывают сильное отрицательное воздействие на биоценозы вследствие способности к концентрации в пищевых цепях — биоаккумуляции.

Биологическое загрязнение в виде сточных вод приводит к сильному бактериологическому заражению и ведет к распространению инфекционных заболеваний, что создает дополнительные проблемы в области эпидемиологии.

Согласно данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), состояние здоровья населения зависит на 50% от образа жизни, на 20% — от состояния окружающей среды, на 20% — от наследственности и на 10% — от медицины. Существенное влияние на показатели здоровья детского и взрослого населения оказывают факторы техногенной экологической среды в промышленных регионах. Наиболее высокая техногенная нагрузка на окружающую среду создается в областях с крупными производствами черной металлургии, коксохимии, угледобывающей промышленности, объектами теплоэнергетики.

При этом основным фактором окружающей среды в промышленных городах, формирующим высокий уровень риска здоровью, является загрязненный атмосферный воздух. Присутствие фенола, диоксидов азота и серы в атмосфере-

ном воздухе непосредственно влияет на органы дыхания, способствует развитию аллергических заболеваний (бронхиальная астма и аллергический ринит) и вызывает обострение хронических процессов в легких (хронический бронхит). Повышенная концентрация формальдегида, дихлорэтана и бензапирена приводит к росту заболеваемости у населения органов кровеносной системы, а также увеличивает число заболеваний раком. Детские болезни глаз и миндалин учащаются при повышенном содержании бензола, а болезни кожи и подкожной клетчатки — аммиака.

Питьевая вода как фактор поступления вредных химических веществ в организм человека также оказывает негативное воздействие на здоровье населения. Концентрация загрязняющих веществ в питьевой воде зависит от источника водоснабжения, качества водоподготовки и возможного влияния сточных вод промышленных предприятий. Хроническая патология миндалин и аденоидов, например, учащается при загрязнении воды синтетическими поверхностно-активными веществами или алюминием.

Почва в меньшей степени оказывает негативное воздействие на здоровье населения. В основном химические вещества, содержащиеся в почве, мигрируют в организм человека по пищевым цепям. В качестве примера негативного воздействия можно привести рост заболеваемости хроническим отитом при загрязнении почвы свинцом.

Наибольшее влияние загрязнители окружающей среды оказывают на заболеваемость среди детей и подростков.

Загрязнение окружающей среды является мощным фактором в формировании здоровья населения, оказывая негативное влияние на репродуктивную функцию и естественное воспроизводство населения, на заболеваемость и смертность. В связи с этим проблемы улучшения качества окружающей среды имеют общегосударственное значение и требуют комплексного решения.

## ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Какие виды заболеваний относят к пневмокониозам?
2. Как образуются аэрозоли конденсации?
3. Как классифицируют пыль по происхождению и способу образования?
4. По каким параметрам, согласно СанПиН 2.2.4.3359-16, нормируется производственный шум?
5. Каково физиологическое воздействие интенсивного шума на организм человека?
6. Что такое порог слышимости?
7. Какие виды естественного и искусственного освещения принято выделять?
8. Какой прибор используется для определения освещенности в помещении?
9. Какие виды терморегуляции организма человека различают?
10. Какие параметры нормируются для метеорологических условий?

## Глава 8

# ЗАЩИТА ПЕРСОНАЛА ОТ ВРЕДНЫХ И ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ

Большое значение для создания благоприятных условий труда на производстве имеет санитарное благоустройство территорий и зданий, рациональная планировка цехов и вспомогательных помещений, организация санитарно-бытового обслуживания рабочих. Санитарно-бытовые помещения предназначены для удовлетворения бытовых потребностей во время работы, ликвидации некоторых отрицательных последствий трудового процесса в течение и по окончании смены. Сюда входят гардеробные, душевые, уборные, комнаты для курения, здравпункты, уголки отдыха, пункты питания.

Мероприятия, направленные на защиту персонала и создание комфортных условий труда, можно условно разделить на четыре группы:

1) *гигиенические* — нормирование факторов производственной среды, оздоровление условий труда путем уменьшения и ликвидации вредных и опасных факторов;

2) *психофизиологические* — устройство рабочего места и инструментов в соответствии с физиологическими требованиями, уменьшение физической тяжести труда, обеспечение физиологически достаточной двигательной активности, снижение умственной и эмоциональной напряженности труда;

3) *социально-психологические* — учет психологических требований при конструировании пультов и других средств управления машинами, механизмами и системами (инженерная психология), создание благоприятного психологического климата в коллективе, заинтересованности в труде и его результатах;

4) *эстетические*, включающие цветовое решение интерьеров, озеленение служебных помещений, использование в интерьерах помещений изделий живописи и прикладного искусства.

Основные принципы и методы защиты от вредных и опасных факторов, характеризующие первую группу, описаны в параграфе 3.2 раздела II настоящего учебника.



## 8.1.

### ЗАЩИТА ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ

Для защиты организма человека от вредных веществ, поступающих в органы дыхания или на кожные покровы от технических средств или при реализации технологических процессов, применяют следующие меры:

- рациональное размещение источников вредных выбросов по отношению к рабочим местам, а также совершенствование источника опасности (герметизация или минимизация выбросов техногенного оборудования);
- экобиозащитная техника (вытяжная вентиляция, системы рассеивания выбросов, местные отсосы, туманоуловители, газо- и пылеуловители);
- средства индивидуальной защиты (СИЗ) органов дыхания, спецодежда;
- контроль за состоянием воздушной среды в зоне пребывания человека и лечебно-профилактические мероприятия.

*Рациональное размещение* предусматривает максимально возможное удаление источников загрязнения воздуха вредными веществами от рабочих мест, их локализацию в отдельных производственных помещениях. Если это позволяет технология, токсичные вещества заменяют менее токсичными.

Опасность отравлений, как правило, возрастает при проведении плановых ремонтных работ и в аварийных ситуациях. В этих случаях необходимо, чтобы рабочее пространство было освобождено от ядовитых веществ путем продувки воздухом, промывания, дегазации. Важно также ограничение времени пребывания рабочего в опасной зоне, внутри оборудования и емкостей и использование спецодежды, противогазов и других СИЗ. Весьма важны при этом правильная организация работ и наличие средств экстренной медицинской помощи.

Наиболее эффективным средством удаления вредных веществ, образующихся в технологическом процессе, является использование *вентиляции*.

**Вентиляция** — организованный регулируемый воздухообмен, обеспечивающий удаление из помещения воздуха и подачу на его место свежего. Обеспечение нормальных метеорологических условий и чистоты воздуха на рабочих местах в значительной степени зависит от правильно организованной системы вентиляции. Общие требования к системам вентиляции, кондиционирования воздуха и воздушного отопления производственных зданий и сооружений определены в СП 60.13330.2016 «Отопление, вентиляция и кондиционирование».

Количество вентиляционного воздуха рассчитывают по **кратности воздухообмена** ( $K$ ,  $\text{ч}^{-1}$ ), которая показывает, сколько раз в течение часа воздух в помещении полностью заменяется.

$$K = \frac{L}{V_n},$$

где  $L$  — объем воздуха, затраченного на вентиляцию помещения,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;  $V_n$  — объем вентилируемого помещения,  $\text{м}^3$ .

Для большинства промышленных помещений кратность воздухообмена в режиме нормального функционирования колеблется в пределах от 3 до  $10 \text{ ч}^{-1}$ .

В зависимости от назначения вентиляции — подача (приток) воздуха в помещение или удаление (вытяжка) его из помещения — вентиляцию называют соответственно **приточной** или **вытяжной**. При одновременной подаче и удалении воздуха вентиляция называется **приточно-вытяжной**.

По способу перемещения воздуха различают системы *естественной* и *механической* вентиляции. Сочетание естественной и механической вентиляции образует *смешанную* систему вентиляции.

**Естественная вентиляция** представляет собой перемещение воздушных масс за счет разности давлений снаружи и внутри здания. Разность давлений обусловлена в первую очередь различием температур воздуха внутри и снаружи здания. Более теплый воздух поднимается вверх и удаляется из помещений через вытяжные трубы, а его место занимает свежий, более прохладный и чистый воздух, поступающий в помещения через окна, двери, форточки, фрамуги, щели. В случае если воздух снаружи помещения более теплый, чем в помещении, то удаления воздуха за счет теплового напора происходить не будет. В этом случае естественная вентиляция возможна только за счет ветрового напора, возникающего в результате обдувания здания. При этом разность давлений определяется избыточным давлением с подветренной стороны и разрежением — с наветренной.

Естественная вентиляция может иметь неорганизованный и организованный характер. При *неорганизованной вентиляции (инфильтрация)* воздух подается и удаляется из помещения через щели в ограждениях и элементах строительных конструкций, а также через неплотно закрытые форточки, окна и двери. Естественная вентиляция считается *организованной (аэрация)*, если направление воздушных потоков и воздухообмен регулируются с помощью специальных устройств, например управляемых створок окон (фрамуг), аэрационных фонарей (рис. 8.1).

Помимо этих устройств, для отвода воздуха из помещений при аэрации можно использовать вытяжные вентиляционные каналы.

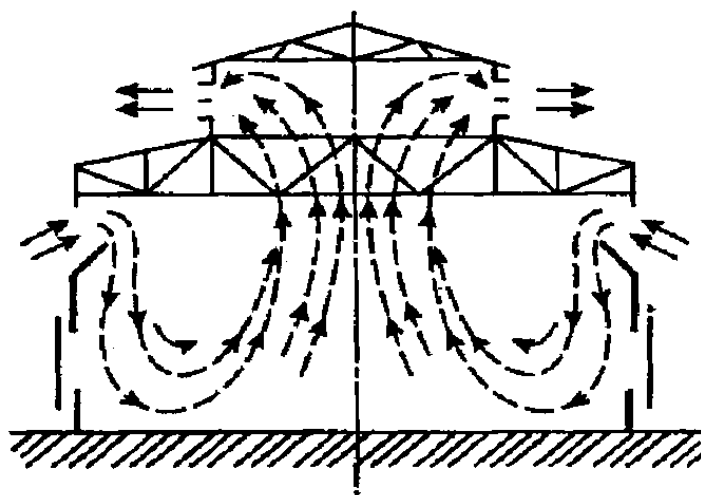
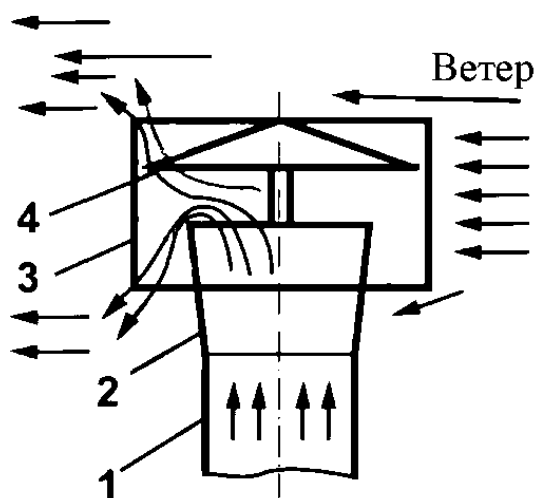


Рис. 8.1

Схема аэрации промышленного здания



**Рис. 8.2**

Схема дефлектора ЦАГИ:

1 — патрубок; 2 — диффузор; 3 — цилиндрическая обечайка;  
4 — козырек защиты от осадков.

Аэрация, в отличие от инфильтрации, легко поддается регулированию и расчету.

Для увеличения эффективности аэрации на конце вытяжной трубы устанавливают насадки — *дефлекторы* (рис. 8.2). Дефлектор состоит из цилиндрической обечайки, в которой создается разрежение, а значит, и тяга, при обтекании ее ветровым потоком, что увеличивает скорость движения воздуха в вентиляционных каналах. Дефлекторы увеличивают эффективность вентиляции на 15–20%, их можно увидеть на крышах многих промышленных и жилых зданий.

Поступление наружного воздуха в помещение в холодный период года организуют так, чтобы холодный воздух не попадал в рабочую зону. Для этого наружный воздух подают через проемы, расположенные не ниже 4 м от пола.

Достоинством естественной вентиляции является отсутствие затрат энергии на передвижение масс воздуха в помещение и из него. Существенный недостаток естественной вентиляции — приточный воздух вводится в помещение без предварительной очистки и подогрева, а удаляемый не очищается от вредных веществ, выделяемых в результате технологических процессов. Кроме того, эффективность аэрации может существенно падать вследствие повышения температуры наружного воздуха, особенно в безветренную погоду.

**Механическая вентиляция** — это вентиляция, в которой воздух подается в помещения и/или удаляется из них по системам вентиляционных каналов с использованием специальных механических побудителей — вентиляторов или эжекторов. В случае приточно-вытяжной механической вентиляции подача и удаление воздуха осуществляются двумя независимыми каналами. Механическая вентиляция лишена недостатков естественной вентиляции. Приточный воздух при необходимости очищается фильтрами (как правило, используются тканевые или волокнистые фильтры) и подогревается калориферами. Несомненно, механическая вентиляция обеспечивает более высокую эффективность аэрации по сравнению с естественной.

мненным достоинством является и то, что свежий воздух можно подавать по воздуховодам в любую зону помещения или удалять его из мест наиболее интенсивного образования вредностей.

К недостаткам механической вентиляции можно отнести высокую стоимость, затраты на эксплуатацию и обслуживание, необходимость проведения мероприятий по снижению уровня шума, создаваемого вентиляционными установками.

Механическая вентиляция бывает *общеобменной, местной, комбинированной* (одновременное использование общеобменной и местной вентиляции) и *аварийной*.

**Общеобменная вентиляция** используется для создания и поддержания необходимых параметров воздушной среды во всем объеме рабочей зоны помещений.

В химической промышленности наибольшее распространение получила *приточно-вытяжная общеобменная механическая вентиляция*. Отношение количества подаваемого воздуха к количеству удаляемого называется вентиляционным воздушным балансом. Обычно соблюдается равенство объемов приточного и удаляемого воздуха (*уравновешенный баланс*). В случае, когда необходимо исключить попадание вредных веществ в помещение из соседних помещений, объем приточного воздуха делается больше объема вытяжки (*положительный баланс*). И наоборот, если необходимо исключить распространение вредных веществ из помещения, объем приточного воздуха делают меньше объема вытяжки (*отрицательный баланс*). В общем случае разница между объемами приточного и вытяжного воздуха не должна превышать 10–15%.

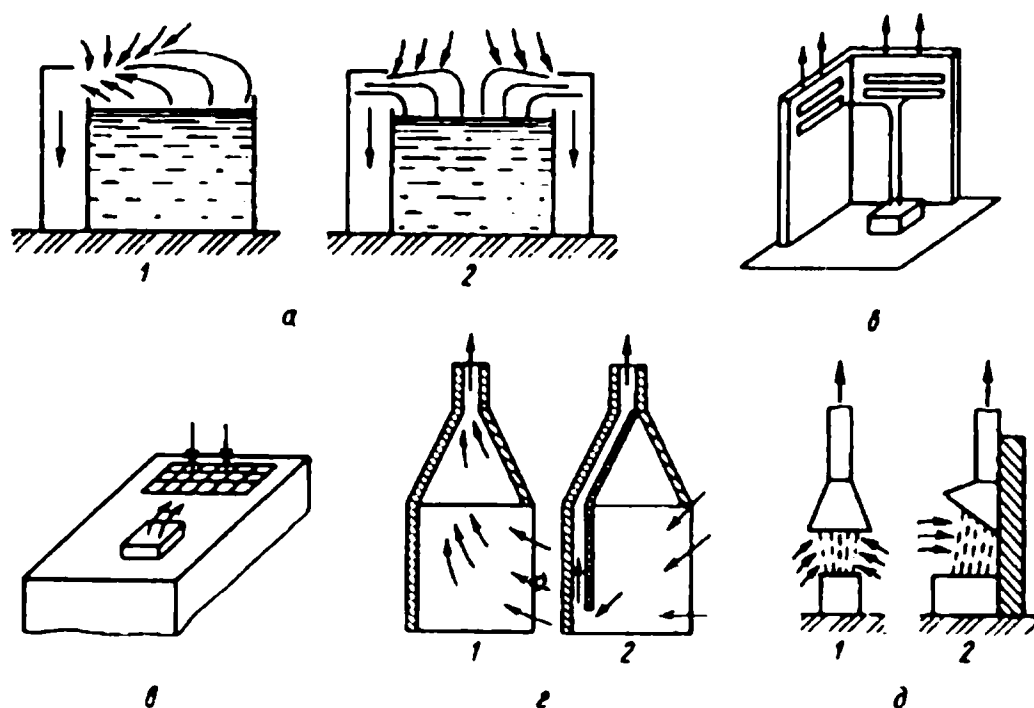
**Местная вентиляция** характеризуется тем, что с ее помощью загрязненный воздух удаляется непосредственно из зоны выделения вредных веществ. Также местная вентиляция может использоваться для уменьшения концентрации вредных веществ путем разбавления приточным свежим воздухом.

Устройства местной вытяжной вентиляции очень разнообразны и зависят от метода удаления (отсоса) загрязненного воздуха из зоны загрязнения. По степени изоляции зоны образования вредных веществ отсосы бывают полностью закрытые, полуоткрытые и открытые. Наиболее эффективны закрытые отсосы. К ним относятся кожухи, камеры, герметично укрывающие технологическое оборудование. Если такие укрытия устроить невозможно, то применяют отсосы с частичным укрытием или открытые: вытяжные зонты, отсасывающие панели, вытяжные шкафы, бортовые отсосы и др. (рис. 8.3).

Один из самых простых видов местных отсосов — *вытяжной зонт*. Зонты делают открытыми со всех сторон и частично открытыми: с одной, двух и трех сторон. Эффективность работы вытяжного зонта зависит от размеров, высоты подвеса и угла его раскрытия (наибольший эффект достигается при угле раскрытия менее 60°). Чем больше размеры и чем ниже установлен зонт над местом выделения веществ, тем он эффективнее.

*Отсасывающие панели* применяют для удаления вредных выделений, увлекаемых конвективными токами, при таких ручных операциях, как электро-сварка, пайка, газовая сварка, резка металла и т. п. *Вытяжные шкафы* — наи-

более эффективное устройство по сравнению с другими отсосами, так как почти полностью укрывают источник выделения вредных веществ. Незакрытыми в шкафах остаются лишь проемы для обслуживания, через которые воздух из помещения поступает в шкаф. Форму проема выбирают в зависимости от характера технологических операций.



**Рис. 8.3**

Устройство местной вентиляции:

- а* — бортовые отсосы (1 — однобортовой; 2 — двухбортовой);
- б* — угловой боковой отсос; *в* — отсос от рабочих столов;
- г* — вытяжные шкафы (1 — с верхним отсосом; 2 — с нижним отсосом);
- д* — вытяжные зонты (1 — прямой; 2 — наклонный).

Необходимый воздухообмен в устройствах местной вытяжной вентиляции рассчитывают исходя из условия локализации примесей, выделяющихся из источника образования. Требуемый часовой объем отсасываемого воздуха определяют как произведение площади отверстий отсоса  $F$  ( $\text{м}^2$ ) на скорость воздуха в них. Скорость воздуха в проеме отсоса  $v$  зависит от класса опасности вещества и типа воздухоприемника местной вентиляции (обычно  $v = 0,5\text{--}5$  м/с).

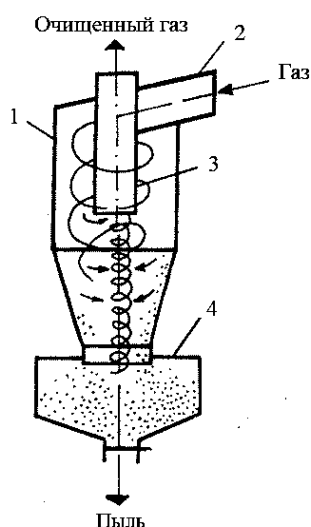
В случае если производственные процессы сопровождаются большим пылевыведением, используют более сложный тип местной вентиляции — *аспирацию*. **Аспирация** отличается от вентиляции большей скоростью воздуха в воздуховодах, отсутствием горизонтальных участков воздуховодов (все воздуховоды вертикальные или под углом  $45\text{--}60^\circ$  к горизонту), а также тем, что аспирационные системы делают максимально короткими. Эти отличия позволяют избежать оседания и скопления пыли в воздуховодах.

При выделении на рабочих местах вредных веществ без возможности устройства укрытия или местной вытяжной вентиляции, а также между помещениями, в одном из которых выделяются вредные вещества, можно использовать отсекающие воздушные завесы, предотвращающие распространение вредных веществ.

**Аварийная вентиляция** предусматривается в тех производственных помещениях, в которых возможно внезапное поступление в воздух большого количества вредных или взрывоопасных веществ. Производительность аварийной вентиляции определяют в соответствии с требованиями нормативных документов в технологической части проекта. Если такие документы отсутствуют, то производительность аварийной вентиляции принимается такой, чтобы ее кратность воздухообмена вместе с основной вентиляцией была не ниже  $8 \text{ ч}^{-1}$ . Система аварийной вентиляции должна включаться автоматически при достижении ПДК вредных выделений или при достижении нижнего концентрационного предела распространения пламени. Аварийную вентиляцию всегда устраивают только вытяжной, чтобы предотвратить переток вредных и взрывоопасных веществ в соседние помещения.

В системах вытяжной вентиляции для очистки воздуха от примесей находят применение следующие аппараты и устройства: *сухие пылеуловители* (циклоны, фильтры, рукавные фильтры, электрофильтры, адсорберы); *аппараты мокрой очистки* (скрубберы, туманоуловители, барботажно-пенные пылеуловители, абсорберы, хемосорберы); *аппараты термической и каталитической нейтрализации* газовых выбросов.

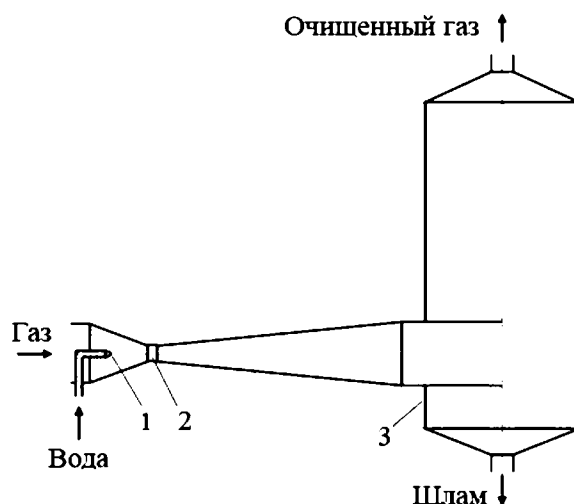
Наиболее широко в практике пылеулавливания используются *циклоны* (рис. 8.4). Очищаемый воздух из входного патрубка попадает внутрь корпуса. Далее поток совершает вращательно-поступательное движение вдоль корпуса по бункеру. Отделение частиц пыли от газа происходит под действием центробежных сил, возникающих при вращении газа и его повороте ко входу выходной трубы.



**Рис. 8.4**

Схема циклона:

1 — корпус; 2 — входной патрубок; 3 — выходная труба; 4 — бункер.



**Рис. 8.5**

Схема скруббера Вентури:

1 — форсунки; 2 — сопло Вентури; 3 — каплеуловитель.

Пылеуловители мокрого типа (**скрубберы**) целесообразно применять для очистки высокотемпературных газов, улавливания пожаровзрывоопасных пылей и в тех случаях, когда наряду с улавливанием пыли требуется улавливать токсичные газовые примеси и пары. Наибольшее распространение получили скрубберы Вентури (рис. 8.5). Основная часть скруббера — сопло Вентури. В него подводится запыленный поток газа и через центробежные форсунки жидкость на орошение. В конфузальной части сопла происходит разгон газа от входной скорости (15–20 м/с) до скорости в узком сечении сопла 80–200 м/с и более. При этом мелкие частицы пыли оседают на каплях жидкости, укрупняются, слипаясь друг с другом, и поступают в каплеуловитель.

Для очистки воздуха от туманов кислот, щелочей, масел и других жидкостей используют волокнистые фильтры — *туманоуловители*. Принцип их действия основан на осаждении капель на поверхности пор с последующим стеканием жидкости по волокнам в нижнюю часть туманоуловителя. В качестве фильтрующей набивки часто используют войлоки из полипропиленовых волокон, которые успешно работают в среде разбавленных и концентрированных кислот и щелочей.

*Аппараты термической и каталитической нейтрализации* газовых выбросов окисляют токсичные вещества до воды и углекислого газа, а в случае присутствия оксидов азота восстанавливают их до свободного азота.

В случае недостаточной очистки загрязненного воздуха, удаляемого вентиляцией, его выброс осуществляют через высокие трубы с целью лучшего рассеивания в атмосфере и снижения концентрации вредных веществ в приземном слое атмосферы.

Одним из эффективных путей профилактики отравлений на производстве является *контроль за состоянием воздушной среды в рабочей зоне*. Для веществ 1-го класса опасности он должен быть непрерывным, с применением самопишущих автоматических приборов, не только регистрирующих концентра-

ции токсических веществ, но и в случае превышения ПДК включающих звуковые и световые сигнализаторы для принятия необходимых мер.

Периодический контроль веществ 2–4-го классов опасности осуществляется в плановом порядке (гигиеническая оценка условий труда, выявление и устранение причин выделения токсических веществ) и в некоторых экстренных ситуациях, например при расследовании причин профессиональных отравлений и др.

Работающие с токсическими веществами проходят специальный инструктаж до поступления на работу и периодический в последующем. Они должны знать требования по безопасному ведению технологического процесса, быть осведомлены о токсических свойствах соединений, с которыми работают, ранних признаках отравления и мерах первой доврачебной помощи.

Весьма важными являются *санитарные и лечебно-профилактические мероприятия*. В отношении лиц, работающих с ядовитыми веществами, законодательство предусматривает ограничение рабочего дня, увеличение длительности отпуска, более ранние сроки выхода на пенсию. Также предусмотрена обязательность предварительных при поступлении на работу и последующих периодических медицинских осмотров. На ряд производств, где имеется повышенная опасность отравлений или действия ядов на специфические функции организма, не допускаются женщины и подростки.

Для рабочих ряда производств, где возможно влияние ядов, предусмотрено дополнительное и специальное питание. В качестве средства повышения сопротивляемости организма ядам на некоторых химических заводах используют дополнительную витаминизацию рабочих. Особенно это эффективно в случаях, когда контакт с токсическими веществами ведет к гиповитаминозу, нарушению баланса того или иного витамина в организме.

## 8.2.

### ЗАЩИТА ОТ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ МИКРОКЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

Поддержание на заданном уровне параметров, определяющих микроклимат (температуры, влажности и скорости движения воздуха), осуществляют с помощью вентиляции, кондиционирования воздуха и систем отопления (СП 60.13330.2016 «Отопление, вентиляция и кондиционирование»).

Если в помещении без источников влаги и теплоты возможно естественное проветривание, а объем помещения, приходящегося на одного человека, не менее  $20 \text{ м}^3$ , производительность вентиляции должна быть не менее  $20 \text{ м}^3/\text{ч}$  на одного человека. Если же объем помещения, приходящегося на одного человека, менее  $20 \text{ м}^3$ , производительность вентиляции должна быть не менее  $30 \text{ м}^3/\text{ч}$ . При невозможности естественного проветривания производительность вентиляции должна быть не менее  $60 \text{ м}^3/\text{ч}$  на одного человека.

Обычные системы вентиляции не способны поддерживать сразу все параметры микроклимата в заданных пределах. Для создания оптимальных ме-



теоретических условий в помещениях применяют *кондиционирование воздуха*. Кондиционированием воздуха называется автоматическое поддержание в помещениях заданных оптимальных параметров микроклимата и чистоты воздуха независимо от изменения наружных условий и режимов внутри помещения. При кондиционировании может автоматически регулироваться температура воздуха, его относительная влажность и скорость подачи в помещение. Создание таких параметров воздуха осуществляется в специальных установках и устройствах, называемых *кондиционерами*. Различают системы комфортного кондиционирования, обеспечивающие в помещении постоянные комфортные условия для человека, и системы технологического кондиционирования, предназначенные для поддержания в производственном помещении требуемых технологическим процессом условий. Кондиционирование воздуха требует по сравнению с вентиляцией больших затрат, но эти затраты быстро окупаются, так как повышается производительность труда, люди меньше болеют и т. д.

**Защита от воздействия низких температур.** В холодное время года для поддержания в помещении оптимальной температуры воздуха применяется *отопление*. Отопление может быть водяным, паровым или электрическим. При устройстве систем отопления потери тепла должны составлять не более 10% расхода тепла на отопление.

Системы отопления зданий должны предусматривать равномерное нагревание воздуха помещения; безопасность в отношении взрыва и пожара; увязку с системами вентиляции; уровни шума в пределах, допустимых нормами; минимальное загрязнение вредными выделениями и неприятными запахами воздуха помещений; удобство при эксплуатации и ремонте.

Для предотвращения проникновения холода через ворота или двери в холодный период года используют **воздушные и воздушно-тепловые** (воздух подогревается в калориферах) **завесы**. Воздух для завесы подается к дверным проемам через специальную щель и выходит с большой скоростью (10–15 м/с) под углом навстречу поступающему снаружи холодному воздуху. Воздух завесы препятствует поступлению холодного воздуха в помещение; проникшая же в помещение часть холодного воздуха подогревается при смешении с более теплым воздухом завесы. Примером воздушных завес являются применяемые в холодный период года во входных дверях магазинов, метро, учреждений воздушно-тепловые завесы.

При работах на открытом воздухе в холодный период года необходимо использовать СИЗ, к которым относится *теплая одежда* со значительными теплоизоляционными свойствами. Широко используется одежда из новых синтетических материалов, а также комбинированная (одновременное использование синтетических и натуральных материалов). В качестве примера можно привести одежду, включающую три слоя, каждый из которых выполняет свою функцию. Внутренний слой (состоит из мериносовой шерсти австралийской овцы с синтетическими волокнами) прекрасно впитывает и отводит влагу, а также согревает во влажном состоянии; средний слой (мериносовая шерсть более высокой плотности) выполняет терморегулирующую функцию и позволяет поддерживать нормальную температуру тела; верхний слой (политетрахлорэтилен)

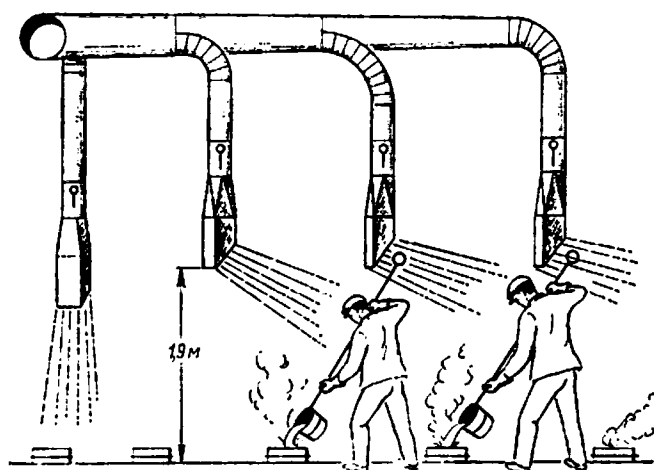
защищает от воды, ветра и обеспечивает отвод продуктов потоотделения в окружающую среду. Такая одежда позволяет сохранять необходимую работоспособность при температуре до  $-60^{\circ}\text{C}$  в течение 10–12 ч.

Важно применение устройств местного обогрева (на постоянных рабочих местах) или организация периодических перерывов в работе с целью согревания в специальных теплых помещениях.

**Защита от воздействия высоких температур.** В профилактике вредного воздействия высоких температур основное место должны занимать технологические и санитарно-технические мероприятия: внедрение нового технологического оборудования, автоматизация и механизация процессов, использование теплоизоляционных материалов, использование отражающих и поглощающих экранов.

В том случае, если нет возможности или необходимости создавать определенные микроклиматические условия во всем помещении, используют **воздушные оазисы**. Воздушные оазисы позволяют улучшить метеорологические условия на ограниченном участке помещения, для чего этот участок со всех сторон отделяется перегородками и заполняется воздухом более прохладным и чистым, чем воздух в остальном помещении.

В жаркое время года, а также в горячих цехах на рабочих местах, подвергаемых интенсивному воздействию тепловых потоков от печей и других источников тепла, применяют **воздушное душирование**, заключающееся в обдуве работающего потоком воздуха с целью увеличения интенсивности конвективного теплообмена и отвода теплоты за счет испарения (рис. 8.6). Скорость обдува составляет от 1 до 3,5 м/с в зависимости от интенсивности теплового потока. При температуре в помещении выше  $28^{\circ}\text{C}$  и интенсивности облучения  $210 \text{ Вт/м}^2$  необходимое охлаждение воздуха достигается путем введения в воздушную струю распыленной воды. Такой душ называют водовоздушным.



**Рис. 8.6**

Воздушный душ на производстве

При воздействии нагревающего микроклимата свободная хлопковая одежда хорошо защищает тело человека. В этом случае одежда хорошо впитывает пот, а затем его испаряет и является средством защиты.

### 8.3.

## СПОСОБЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ОСВЕЩЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Для искусственного освещения производственных помещений применяют электрические лампы трех типов — лампы накаливания (ЛН), газоразрядные лампы (ГЛ) и светодиодные лампы (LED) (рис. 8.7).



Некоторые типы ламп:

- 1 — лампы накаливания (*а* — вакуумная; *б* — галогенная);
- 2 — газоразрядные высокого давления (*а* — ртутная; *б* — натриевая);
- 3 — газоразрядные низкого давления (люминесцентная)  
(*а* — компактная; *б* — трубчатая); 4 — светодиодная.

**Лампы накаливания** относятся к источникам света теплового излучения. Видимое излучение (свет) в них получается в результате нагрева электрическим током вольфрамовой нити. Бывают вакуумные лампы накаливания и галогенные, в которых колба заполнена газом с добавлением галогенов, продлевающих срок службы таких ламп в пять раз.

Лампы накаливания имеют широкий интервал мощности, просты и удобны в эксплуатации. Их основные недостатки: низкая светотдача (светотдача лампы — это отношение светового потока лампы к ее электрической мощности); небольшой срок службы — до 2500 ч для вакуумных ламп; преобладание в спектре желтых и красных лучей, что сильно отличает их спектральный состав от естественного света.

В **газоразрядных лампах** видимое излучение возникает в результате электрического разряда в атмосфере инертных газов или паров металлов, которыми заполняется колба лампы. Газоразрядные лампы называют **люминесцентными**, если внутренняя поверхность колбы покрыта люминофором, который под действием ультрафиолетового излучения, испускаемого электрическим разрядом, светится, преобразуя тем самым невидимое и опасное ультрафиолетовое излучение в свет.

Газоразрядные лампы получили широкое распространение на производстве, в организациях и учреждениях, в системах уличного освещения, прежде всего из-за значительно большей светотдачи и срока службы (8000–12 000 ч). Подбирая сочетание инертных газов, паров металлов, заполняющих колбы

ламп, и люминофора, можно получить свет практически любого спектрального диапазона — красный, зеленый, желтый и т. д. Для освещения в помещениях наибольшее распространение получили люминесцентные лампы дневного света, колба которых заполнена парами ртути. Свет, излучаемый такими лампами, близок по своему спектру к солнечному свету.

Однако газоразрядные лампы наряду с преимуществами перед лампами накаливания обладают и существенными недостатками: пульсацией светового потока (**стробоскопический эффект**); чувствительностью к колебаниям температуры окружающей среды; длительностью разгорания; созданием радиопомех. Стробоскопический эффект искажает зрительное восприятие и отрицательно воздействует на зрение. Его опасность состоит в том, что вращающиеся части механизмов могут показаться неподвижными и стать причиной травматизма. Пульсации освещенности вредны и при работе с неподвижными поверхностями, вызывая быстрое утомление зрения и головную боль. Ограничение пульсаций до безвредных значений достигается равномерным чередованием питания ламп от различных фаз трехфазной сети, специальными схемами подключения.

Газоразрядные лампы подразделяются на **лампы низкого давления** (люминесцентные) с разным распределением светового потока по спектру (лампы белого света; лампы с улучшенной цветопередачей; лампы, близкие по спектру к солнечному свету и др.), а также **лампы высокого давления**, к которым относятся: дуговые ртутные лампы высокого давления с исправленной цветностью; ксеноновые лампы; натриевые лампы высокого давления и др.

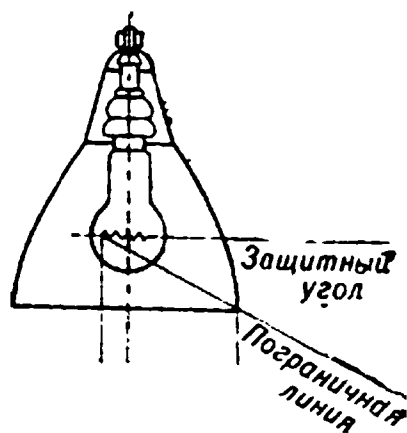
Лампы, близкие по спектру к солнечному свету и с улучшенной цветопередачей, применяются в случаях, когда предъявляются высокие требования к определению цвета, в остальных случаях используются лампы белого света, как наиболее экономичные. Лампы высокого давления с исправленной цветностью рекомендуются для производственных помещений, если работа не связана с различением цветов (в высоких цехах машиностроительных предприятий и т. п.), и для наружного освещения.

Для более эффективного использования светового потока и ограничения ослепленности электрические лампы устанавливают в осветительной арматуре (арматура с лампой называется светильником). Освещение должно обеспечить равномерную яркость в поле зрения, быть стабильным во времени, удобным в эксплуатации, не должно создавать резких теней на рабочих поверхностях. Это достигается правильным выбором светильников, определенной высотой их подвешивания и рациональным размещением.

Для исключения ослепления используют охватывающие диффузоры или параболические рефлекторы с регулировкой направления света, или устанавливают источники света так, чтобы они были вне угла зрения. Для защиты глаз от ослепления светящейся поверхностью служит **защитный угол светильника** — угол, образованный горизонталью от поверхности лампы (края светящейся нити) и линией, проходящей через край арматуры светильника (рис. 8.8). Защитный угол светильников составляет 30–45°.

Помимо защиты от слепящего действия ламп, светильники предохраняют лампы от механических повреждений и загрязнений, изолируют их от неблаго-

приятной внешней среды. Во взрывоопасных помещениях используют взрывобезопасные светильники, конструкция которых исключает возможность возникновения в производственной среде искр, электрической дуги и повышенных температур.



**Рис. 8.8**  
Защитный угол светильника

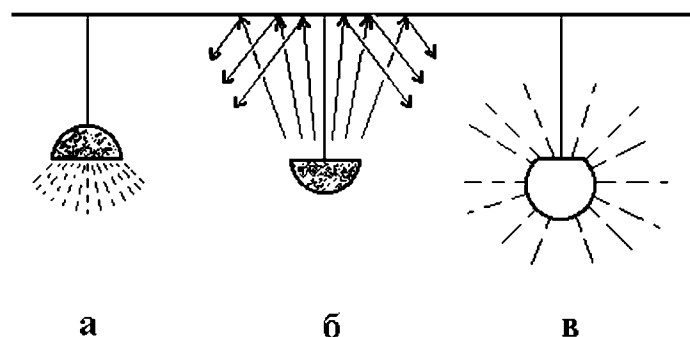
**Светодиоды** — полупроводниковые приборы, излучающие свет при протекании через них электрического тока. Светодиодные лампы (**LED**) обладают хорошей цветопередачей, высокой контрастностью, не имеют пульсаций и потребляют небольшое количество электроэнергии. Они долговечнее всех остальных типов ламп — средний срок службы составляет 30 тыс. ч. Светодиодные лампы устойчивы к неблагоприятным факторам производственной среды, таким как повышенная влажность, вибрации, пыль и загазованность в помещениях. Они не перегреваются и поэтому безопасны при использовании в пожаровзрывоопасных средах. Они не требуют специальной утилизации, так как не содержат вредных веществ. Недостатком их является высокая стоимость, а также то, что для продолжительной службы они требуют качественных систем стабилизации напряжения.

Важная характеристика ламп — энергопотребление или мощность. Световой поток, излучаемый на ватт мощности, у ламп накаливания наименьший (7–17 лм/Вт). Далее идут галогенные лампы накаливания (14–30 лм/Вт) и ртутные лампы (40–60 лм/Вт). К энергосберегающим относят люминесцентные лампы (40–90 лм/Вт), LED лампы (120 лм/Вт) и натриевые лампы высокого давления (130 лм/Вт).

В зависимости от распределения светового потока в пространстве, светильники подразделяют на три основные группы: *прямого, рассеянного и отраженного света* (рис. 8.9).

Светильники *прямого света* направляют в нижнюю полусферу более 80% всего светового потока. Эти светильники широко используются в производственных помещениях.

Светильники *рассеянного света* направляют в каждую полусферу от 40 до 60% светового потока. Они обеспечивают хорошую равномерность освещения при полном отсутствии теней.



**Рис. 8.9**

Распределение светового потока в светильниках:  
*а* — прямой; *б* — отраженный; *в* — рассеянный.

Светильники *отраженного света* направляют в верхнюю полусферу более 80% всего светового потока, который затем отражается от потолка вниз в рабочую зону. При этом обеспечивается мягкое освещение без резких теней. Несмотря на их гигиенические преимущества, в производственных условиях такие светильники применяются редко, так как для них требуется высокий коэффициент отражения потолка, что не всегда имеет место в условиях производства.

При переходе из хорошо освещенного участка на плохо освещенный требуется некоторый промежуток времени для адаптации глаза к недостаточной освещенности. В этот период человек плохо видит (особенно при разности в освещенности более чем в 20–30 раз). Это может привести к тому, что человек споткнется, упадет, наткнется на какой-либо предмет и т. д. и получит травму. Поэтому, если освещенность в помещении и коридоре, в который осуществляется выход из помещения, сильно различается, необходимо улучшить освещение в коридоре. Для снижения вероятности получения травмы указанные выше обстоятельства особенно важно учитывать на лестничных клетках и в других травмоопасных местах.

## 8.4.

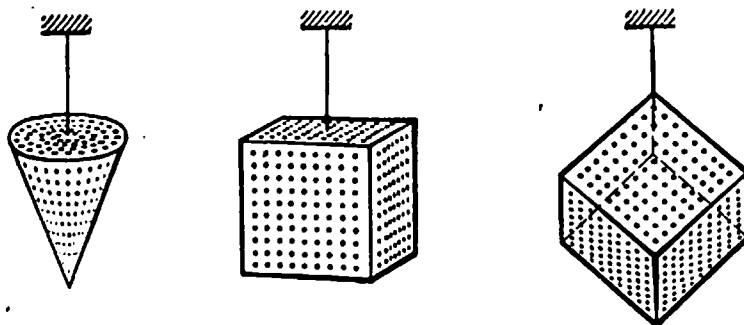
### ЗАЩИТА ОТ ШУМА И ВИБРАЦИИ

Методы и средства защиты от шума подразделяются на *индивидуальные* и *коллективные*. Предпочтение следует отдавать коллективным средствам защиты, к которым относятся снижение шума в источнике, изменение направленности звуковой волны, звукопоглощение, звукоизоляция, глушители шума и защита расстоянием.

*Снижение шума в источнике* является наиболее рациональным. Во-первых, это достигается изменением рабочих характеристик машины: уменьшением частоты вращения и скорости перемещения подвижных узлов, уменьшением зазоров и т. д. Для уменьшения аэродинамического шума, распространенного в химической промышленности, улучшают форму элементов машин, обтекаемых газовым потоком, и снижают скорость движения газа. Во-вторых,

использованием специальных звукопоглощающих покрытий или глушителей, ослабляющих излучение источника шума.

**Звукопоглощение.** Акустическая обработка помещения — это мероприятия, снижающие интенсивность отраженного от поверхностей помещения (потолка, стен, пола) звука за счет использования звукопоглощения. Для этих целей применяют облицовку поверхностей звукопоглощающими материалами, а также штучные (объемные) поглотители различных конструкций, подвешиваемые, как правило, к потолку помещения (рис. 8.10). Поглощение звука происходит путем перехода энергии колеблющихся частиц воздуха в теплоту за счет потерь на трение в пористом материале облицовки или поглотителя. Звукопоглощающие материалы характеризуются коэффициентом звукопоглощения, равным отношению звуковой энергии, поглощенной материалом, и энергии, падающей на него. Звукопоглощающие материалы должны иметь коэффициент звукопоглощения не менее 0,3.



**Рис. 8.10**

Звукопоглотители различных конструкций

В настоящее время применяют такие звукопоглощающие материалы, как ультратонкое стекловолокно, капроновое волокно, минеральная вата, древесноволокнистые и минераловатные плиты, акустическая штукатурка. Звукопоглощающие свойства пористых материалов определяются толщиной слоя, частотой звука, наличием воздушной прослойки между материалом и поверхностью помещения.

Звукопоглощающие облицовки снижают уровень шума на 6–8 дБ в зоне отраженного звука. Они наиболее эффективны на высоких частотах, поэтому делают шум более глухим и менее раздражающим.

*Штучные звукопоглотители* применяют при недостаточности свободных поверхностей помещения для закрепления звукопоглощающих облицовок. Поглотители различных конструкций, представляющие собой объемные тела, заполненные звукопоглощающим материалом, подвешивают к потолку равномерно по площади.

Для защиты работающих людей от непосредственного воздействия шума используют *акустические экраны*. Изготавливают экраны из сплошных твердых листов или щитов (металла, пластика). Сторону, обращенную к источнику шума, обрабатывают слоем звукопоглотителя толщиной 50–60 мм. Линейные размеры экрана должны в 2–3 раза превосходить линейные размеры источников

шума. С помощью акустических экранов снижают шум на рабочих местах: на средних частотах до 10 дБ, на высоких — до 15 дБ.

**Звукоизоляция.** При недостаточности указанных выше мероприятий для снижения уровня шума до допустимых значений применяют звукоизоляцию. Снижение шума достигается за счет уменьшения интенсивности прямого звука путем установки ограждений, кабин, кожухов, экранов. Сущность звукоизоляции в том, что падающая на ограждение энергия звуковой волны отражается в значительно большей степени, чем проходит через него. Чаще всего для изготовления звукоизолирующих конструкций используют бетон, кирпич, дерево, керамические блоки.

Эффективность *звукоизолирующих экранов* сильно понижается при удалении от источников шума. Обычно удается снизить уровень шума не более чем на 10–15 дБ. При использовании экранов в помещениях, где звук многократно отражается от всех внутренних поверхностей, достичь высокой эффективности экрана нельзя. Экраны эффективнее использовать в открытом пространстве. Снижение уровней звука на территории жилых застроек или в помещениях, защищаемых от шума (особенно шума транспортных потоков), может также осуществляться экранами, размещаемыми между источниками шума и защищаемым объектом.

В качестве экранов могут применяться элементы рельефа местности (выемки, насыпи), административные здания. Снижение уровней звука полосами зеленых насаждений составляет от 4 до 12 дБ.

К *звукоизолирующим перегородкам* относятся каркасные перегородки и стены, звуконепроницаемые перегородки. Звукоизоляция ограждений тем выше, чем они тяжелее. Звукоизоляция меняется по так называемому закону массы: увеличение массы в два раза приводит к повышению звукоизоляции на 6 дБ. Звукоизоляция ограждения возрастает с увеличением частоты звука.

Большое влияние на звукоизоляцию оказывают всякого рода щели и отверстия в перегородках, ограждениях, окнах, дверях. На это обстоятельство часто не обращают должного внимания, что приводит к значительному ухудшению звукоизоляции.

Звукоизоляция многослойных ограждений бывает более высокой, чем звукоизоляция однослойных ограждений той же массы. Широкое распространение находят двойные ограждения с воздушным промежутком, заполненным звукопоглощающим материалом. В качестве звукопоглощающих материалов используются волокнистые, вспененные полимерные и комбинированные материалы, являющиеся также хорошими теплоизоляторами. Звукоизолирующие конструкции ослабляют шум в соседних помещениях на 30–50 дБ.

*Звукоизолирующие кожухи и кабины.* Звукоизолирующими кожухами закрывают наиболее шумные машины и механизмы, локализуя таким образом источник шума. Кожухи изготавливают обычно из дерева, металла или пластмассы. Внутреннюю поверхность стенок кожуха обязательно облицовывают звукопоглощающим материалом. Кожух должен плотно закрывать источник шума. Обслуживающий персонал защищают от шума, используя кабины наблюдения и дистанционного управления. Кабины выполняют из легких материалов, хо-



рошо герметизируют, с внутренней стороны обрабатывают звукопоглощающими материалами. Эффективность кожухов и кабин достигает 30 дБ.

**Глушители.** Снижение аэродинамического шума вентиляционных и газодинамических установок достигается в основном звукоизоляцией источника или применением глушителей, которые устанавливаются на воздуховодах, всасывающих трактах, магистралях выброса и перепуска воздуха.

**Средства индивидуальной защиты.** Когда невозможно уменьшить шум до допустимых величин средствами коллективной защиты, используют средства индивидуальной защиты (вкладыши, наушники, шлемы). Основное их назначение — защитить ухо человека от проникновения в него звука.

*Вкладыши* — мягкие тампоны из ультратонкого волокна, иногда пропитанные смесью воска и парафина, вставляемые в слуховой канал. Вкладыши — это самые дешевые и компактные средства защиты от шума, но недостаточно эффективные (снижение шума на 5–20 дБ).

*Наушники* плотно облегают ушную раковину и удерживаются дугообразной пружиной. Их эффективность изменяется от 7 дБ на частоте 125 Гц до 38 дБ на частоте 8000 Гц.

*Шлемы* применяют при воздействии шумов очень высоких уровней (более 120 дБ). Они закрывают всю голову человека, так как при таких уровнях шума он проникает в мозг не только через ухо, но и непосредственно через черепную коробку. В этих случаях помимо шлема применяют также против шумные костюмы, закрывающие голову и тело человека.

**Особенности защиты от инфра- и ультразвука.** При защите от низких инфразвуковых частот звукоизоляция и звукопоглощение крайне неэффективны — требуются очень толстые и массивные звукоизолирующие и звукопоглощающие перегородки. Поэтому основным методом борьбы с инфразвуком является снижение его интенсивности в источнике возникновения.

Ультразвук из-за очень высоких частот быстро поглощается в воздухе и материалах конструкций, поэтому он распространяется на небольшие расстояния. Для защиты от ультразвука очень эффективна звукоизоляция и звукопоглощение.

**Методы и средства защиты от вибрации.** Уменьшение интенсивности колебания объекта может быть достигнуто снижением виброактивности источника; отстройкой от резонансных частот (антифазная синхронизация); вибропоглощением; динамическим гашением колебаний; виброизоляцией. Также к методам защиты от вибрации относится защита временем: рациональный режим труда и отдыха, регламентированные перерывы.

**Снижение виброактивности источника.** К эффективным средствам снижения виброактивности источника относятся следующие способы защиты от вибрации: балансировка вращающихся частей машин; уменьшение зазоров в соединениях; повышение точности изготовления деталей; замена металлических деталей механизмов на пластмассовые с высокими демпфирующими свойствами.

**Отстройка от резонансных частот.** Направлена на исключение резонансных режимов работы, т. е. отстройки собственных частот агрегата и его от-

дельных узлов и деталей от резонансной частоты. Резонансные режимы при работе технологического оборудования устраняют двумя путями: либо изменением характеристик системы (массы или жесткости), либо установлением нового рабочего режима.

**Вибропоглощение (вибродемпфирование).** Это метод виброзащиты, когда снижение вибрации происходит за счет рассеяния энергии механических колебаний в результате необратимого преобразования ее в тепловую при деформациях, возникающих в материале, из которого изготовлена конструкция, и в местах соединения ее элементов. Этот метод действен при распространении вибраций по тонкостенным металлическим конструкциям машин и воздуховодов. Вибропоглощающие покрытия делают из резины, пластмасс, асбокартона с толщиной в 2–3 раза большей толщины покрываемой конструкции.

**Виброизоляция.** Это метод виброзащиты, заключающийся в ослаблении связи между источником вибрации и объектом защиты путем размещения между ними виброизолирующего устройства (виброизолятора). В качестве виброизоляторов используют прокладки из упругих материалов, пружинные, резино-металлические и другие амортизаторы. При виброизоляции используются опорный и подвесной варианты опоры механизма через виброизоляторы на основание (рис. 8.11).

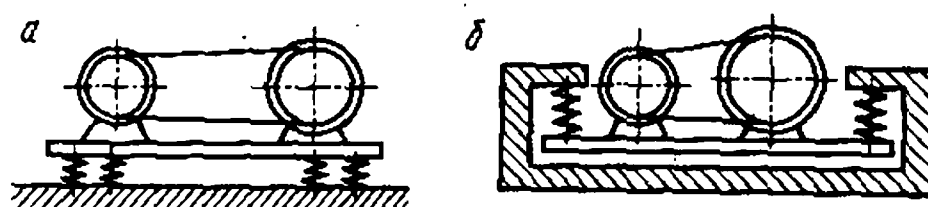


Рис. 8.11

Опорный (а) и подвесной (б) варианты виброизоляции

**Динамическое гашение колебаний** — это метод виброзащиты, заключающийся в присоединении к объекту виброзащиты дополнительных устройств с целью изменения его вибрационного состояния. Изменение вибрационного состояния объекта при этом может осуществляться как путем перераспределения колебательной энергии от объекта к гасителю, так и в направлении увеличения рассеяния энергии колебаний.

В качестве средств индивидуальной защиты от вибрации используются: для рук — виброизолирующие рукавицы, перчатки, вкладыши и прокладки; для ног — виброизолирующая обувь, стельки, подметки.

## 8.5.

### ЗАЩИТА ОТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

Общие методы защиты от электромагнитных полей и излучений:

- уменьшение мощности генерирования поля и излучения непосредственно в его источнике, в частности за счет применения поглотителей электромаг-

нитной энергии (этот метод применим, если генерируется энергия, избыточная для реализации технологического процесса или устройства);

- увеличение расстояния от источника излучения;
- уменьшение времени пребывания в поле и под воздействием излучения;
- экранирование излучения;
- применение средств индивидуальной защиты.

Уменьшение мощности излучения обеспечивается правильным выбором генератора (мощность генератора целесообразно выбирать не более той, которая необходима для реализации технологического процесса и работы устройства). В тех случаях, когда необходимо уменьшить мощность излучения генератора, для излучений радиочастотного диапазона применяют поглотители мощности, которые ослабляют энергию излучения до необходимой степени на пути от генератора к излучающему устройству.

**Поглотителями энергии** служат специальные вставки из графита или материалов углеродистого состава, а также специальные диэлектрики. При поглощении электромагнитной энергии выделяется теплота, поэтому для охлаждения поглотителей применяют охлаждающие ребра или проточную воду.

Излучающие антенны необходимо поднимать на максимально возможную высоту и не допускать направления луча на рабочие места и территорию предприятия. Для защиты от электрических полей промышленной частоты необходимо увеличивать высоту подвеса фазных проводов линий электропередачи (ЛЭП), уменьшать расстояние между ними и т. д. Путем правильного выбора геометрических параметров можно снизить напряженность электрического поля вблизи ЛЭП в 1,6–1,8 раза.

**Экранирование излучений** проводят с помощью экранирующих козырьков, сетчатых или сотовых экранов. Экраны частично отражают и частично поглощают электромагнитную энергию. По степени отражения и поглощения их условно разделяют на отражающие и поглощающие экраны.

*Отражающие экраны* выполняют из хорошо проводящих материалов, например стали, меди, алюминия, толщиной не менее 0,5 мм из конструктивных и прочностных соображений.

*Поглощающие экраны* выполняют из радиопоглощающих материалов. Естественных материалов с хорошей радиопоглощающей способностью нет, поэтому их выполняют с помощью различных конструктивных приемов и введением различных поглощающих добавок в основу. В качестве основы используют каучук, поролон, пенополистирол, пенопласт, керамику-металлические композиции и т. д. В качестве добавок применяют сажу, активированный уголь, порошок карбонильного железа и пр.

Все экраны обязательно должны заземляться для обеспечения стекания образующихся на них зарядов в землю.

Для защиты от постоянных электрических и магнитных полей используют электростатическое и магнитостатическое экранирование.

**Электростатическое экранирование** заключается в замыкании электрического поля на поверхности металлической массы экрана и передачи образующихся на экране электрических зарядов на заземленный корпус установки.

**Магнитостатическое экранирование** заключается в замыкании магнитного поля в толще экрана, происходящем из-за его повышенной магнитопроводимости.

К средствам индивидуальной защиты от электромагнитных излучений относят радиозащитные костюмы, комбинезоны, фартуки, очки, маски и т.д. Данные СИЗ используют метод экранирования. Они выполнены из хлопчатобумажного материала, вытканного вместе с микропроводом, выполняющим роль сетчатого экрана.

В целях профилактики возможного вредного воздействия ЭМИ радиочастотного диапазона на организм необходимо проведение предварительных и периодических медицинских осмотров. Переводу на другую работу подлежат женщины в период беременности и кормления, если уровни ЭМИ на рабочих местах превышают ПДУ, установленные для населения. Лица, не достигшие 18-летнего возраста, к самостоятельной работе на установках, являющихся источниками ЭМИ радиочастотного диапазона, не допускаются.

## 8.6.

# СНИЖЕНИЕ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

## МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ

Для снижения загрязнения атмосферы от промышленных выбросов совершенствуют технологические процессы, осуществляют герметизацию технологического оборудования, применяют пневмотранспорт, строят различные очистные сооружения.

Наиболее эффективным направлением снижения выбросов является создание безотходных технологических процессов, предусматривающих, например, внедрение замкнутых газообразных потоков, однако до настоящего времени основным средством предотвращения вредных выбросов остается разработка и внедрение эффективных систем очистки газов. При этом под очисткой газа понимают отделение от газа или превращение в безвредное состояние загрязняющего вещества, поступающего от промышленного источника.

Для обезвреживания аэрозолей (пылей и туманов) используют сухие, мокрые и электрические методы. Кроме того, аппараты отличаются друг от друга как по конструкции, так и по принципу осаждения взвешенных частиц. Описание некоторых таких аппаратов (*циклона, скруббера Вентури, тумановловителя*) дано в параграфе 8.1.

Очистку отходящих газов от газообразных и парообразных токсичных веществ осуществляют методами абсорбции (физической и хемосорбции), адсорбции, конденсации, а также каталитическими и термическими методами.

Для *физической абсорбции* на практике применяют воду, органические растворители, не вступающие в реакцию с извлекаемым газом, и водные ра-

створы этих веществ. При *хемосорбции* в качестве абсорбента применяют водные растворы солей и щелочей, органические вещества и водные суспензии различных веществ.

*Адсорбционные методы* очистки основаны на поглощении примесей пористыми телами — адсорбентами. Достоинством методов является высокая степень очистки, недостатком — невозможность очистки запыленных газов.

В основе метода *конденсации* лежит явление уменьшения давления насыщенного пара растворителя при понижении температуры. Смесь паров растворителя с воздухом предварительно охлаждают в теплообменнике, а затем конденсируют. Достоинствами метода являются простота аппаратного оформления и эксплуатации рекуперационной установки. Однако метод конденсации является рентабельным лишь при содержании паров растворителя в подвергаемом очистке потоке  $> 100 \text{ г/м}^3$ , что существенно ограничивает область применения установок конденсационного типа.

*Каталитические методы* очистки основаны на химических превращениях токсичных компонентов в нетоксичные на поверхности твердых катализаторов. Очистке подвергаются газы, не содержащие пыли и катализаторных ядов. Методы служат для очистки газов от оксидов азота, серы, углерода и от органических примесей.

*Термические методы* (метод прямого сжигания) применяют для обезвреживания газов от легкоокисляемых токсичных, а также дурнопахнущих примесей. Методы основаны на сжигании горючих примесей в топках печей или факельных горелках. Преимуществом метода является простота аппаратуры, универсальность использования. Недостатки: дополнительный расход топлива при сжигании низкоконцентрированных газов, а также необходимость дополнительной абсорбционной или адсорбционной очистки газов после сжигания.

Следует отметить, что сложный химический состав выбросов и высокие концентрации токсичных компонентов заранее определяют многоступенчатые схемы очистки, представляющие собой комбинацию разных методов.

## МЕТОДЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Уменьшение количества загрязненных сточных вод осуществляется проведением следующих мероприятий:

- 1) разработкой и внедрением безводных и маловодных технологических процессов;
- 2) усовершенствованием существующих процессов и внедрением современного оборудования;
- 3) повторным использованием очищенных сточных вод в оборотных и замкнутых системах.

Внедрение *оборотных и замкнутых систем водоснабжения* предприятий является наиболее перспективным и на практике применяется во всех отраслях промышленности. Использование сточных вод в таких системах связано с необходимостью создания эффективных локальных методов, аппаратов и оборудо-

дования для глубокой очистки и доочистки промышленных стоков. Сброс сточных вод из таких систем не производится, а свежая вода потребляется лишь для покрытия потерь.

Методы очистки сточных вод разделяют на *физические, химические и биологические*, а также методы захоронения осадков сточных вод.

В группу методов *физической* очистки включают процеживание, отстаивание, осветление во взвешенном слое осадка, фильтрование, центробежные методы, флотацию и коагуляцию.

Сточные воды процеживают через решетки и сита с целью извлечения из них крупных примесей для предотвращения засорения труб и каналов. Затем применяют отстаивание для выделения из сточных вод грубодисперсных примесей. При этом происходит осаждение частиц под действием силы тяжести. Для проведения процесса используют песколовки, отстойники и осветлители.

Для очистки сточных вод, содержащих углеводороды нефти, применяют сооружения, называемые нефтеловушками. Также они могут быть использованы для очистки сточных вод от других всплывающих примесей, таких как масла, смолы, жиры.

Флотационные процессы основаны на том, что молекулы нерастворенных частиц прилипают к пузырькам воздуха и всплывают вместе с ними на поверхность воды.

Метод коагуляции заключается в том, что к сточной воде добавляют реагенты, способствующие быстрому выделению из нее мелких взвешенных частиц и эмульгированных веществ, не осаждающихся при простом отстаивании.

Физические методы очистки позволяют довести степень очистки сточных вод до 60%.

К *химическим* методам очистки относят нейтрализацию, окисление и восстановление до безопасных или легко удаляемых веществ. Эти методы применяют для очистки от растворимых соединений и проводят как до биологической очистки, так и после нее как метод доочистки сточных вод.

Химические методы связаны с расходом различных реагентов, поэтому дороги. В связи с этим их применяют только в тех случаях, когда вещества, загрязняющие сточные воды, нецелесообразно или нельзя извлечь другими способами, например очистка от цианидов, растворенных соединений мышьяка и др.

Методы *биологической* очистки основаны на способности микроорганизмов использовать в качестве питательного субстрата многие органические и некоторые неорганические соединения, содержащиеся в сточных водах. Наибольшее распространение имеют аэробные методы. Они основаны на использовании аэробных микроорганизмов, для жизнедеятельности которых необходимо присутствие в воде свободного кислорода. При анаэробной очистке, т. е. без доступа кислорода воздуха, органические вещества разрушаются анаэробными микроорганизмами. Анаэробный метод (сбраживание, ферментация) редко применяется для очистки производственных сточных вод.

В процессах биологической очистки сточных вод часть окисляемых микроорганизмами веществ используется в процессах биосинтеза (образование

биомассы — активного ила или биопленки), а другая часть превращается в безвредные продукты окисления — воду, углекислый газ, нитраты и др.

Комплексное применение всех методов очистки позволяет довести степень очистки сточных вод до 98%.

## **ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ**

1. Какие мероприятия по борьбе с запыленностью производственных помещений вы знаете?
2. При обращении веществ какого класса опасности осуществляется постоянный контроль за их содержанием в воздухе рабочей зоны?
3. Какой метод борьбы с производственным шумом является наиболее эффективным?
4. Перечислите наиболее эффективные индивидуальные средства защиты от очень высокого уровня шума (свыше 120 дБ).
5. Приведите примеры звукоизолирующих материалов, используемых в промышленности.
6. Что используется для борьбы с блескостью?
7. Какую систему искусственного освещения применять одну в производственных зданиях не допускается?
8. Какие типы ламп вы знаете? Дайте характеристику каждому из типов.
9. Дайте определение кратности воздухообмена.
10. Какие виды вентиляции по способу перемещения воздуха вы знаете?
11. Что такое аспирация?
12. Что такое аэрация?

## Глава 9

### СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ РАБОТАЮЩИХ И НАСЕЛЕНИЯ

К числу традиционных средств, способствующих повышению безопасности труда, относятся *коллективные и индивидуальные средства защиты работающих*. Они постоянно совершенствуются, разрабатываются новые средства защиты и подходы к сохранению жизни и здоровья трудящихся.

Средства коллективной и индивидуальной защиты работников — это технические средства, используемые для предотвращения или уменьшения воздействия на них вредных и опасных производственных факторов, а также для защиты от загрязнения (из ст. 209 Трудового кодекса РФ).

Коллективные средства защиты являются основными. Средства индивидуальной защиты (СИЗ) применяются только тогда, когда не удастся устранить все опасные и вредные производственные факторы, действующие на работающих, путем проведения общетехнических мероприятий, например устройства вентиляции. СИЗ не могут заменять мероприятия по приведению условий труда в соответствие с нормативными показателями. Важное значение СИЗ приобретают при ликвидации аварий.

Приказом Минздравсоцразвития РФ от 11.08.2011 № 906Н утверждены Типовые отраслевые нормы бесплатной выдачи специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты работникам химических производств.

Приобретение средств индивидуальной защиты и обеспечение ими работников в соответствии с требованиями охраны труда производится за счет средств работодателя. Выдаваемые работникам СИЗ должны соответствовать их полу, росту и размерам, характеру и условиям выполняемой работы и обеспечивать безопасность труда. Работодатель обязан организовать надлежащий учет и контроль за выдачей работающим СИЗ в установленные сроки.

Работники не должны допускаться к работе без предусмотренных в типовых отраслевых нормах СИЗ, а также с неисправными СИЗ. В случае необеспечения работника СИЗ работодатель не вправе требовать от работника выполнения трудовых обязанностей и обязан оплатить возникший по этой причине простой в соответствии с законодательством Российской Федерации.



При загрязнении окружающей среды в результате ЧС радиоактивными, отравляющими, аварийно опасными химическими веществами может возникнуть необходимость защиты населения. Для защиты населения также предусматривается использование СИЗ.

## 9.1. КЛАССИФИКАЦИЯ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ

Классификация средств коллективной и индивидуальной защиты приведена в ГОСТ 12.4.011-89 «ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация».

К основным и часто применяемым **средствам коллективной защиты работающих** от опасных и вредных производственных факторов относятся: системы вентиляции и кондиционирования, экраны, защищающие от различных физических воздействий, устройства вибродемпфирования, электрозащитные устройства, ограждения и кожухи и др.

Безопасные условия труда достигаются применением и других средств коллективной защиты, систем сигнализации об опасности, сигнальной и опознавательной окраски, знаков безопасности.

**Средства индивидуальной защиты работающих** в зависимости от назначения подразделяются на 12 классов. К ним относятся изолирующие костюмы, специальная защитная одежда, средства защиты органов дыхания, ног, рук, головы и лица, глаз, органов слуха, дерматологические средства, средства защиты от падения с высоты, а также комплексные средства защиты.

СИЗ могут быть *постоянного пользования* (без этих средств рабочему запрещается находиться на рабочем месте) и *аварийного пользования*.

К СИЗ населения относятся средства защиты органов дыхания, средства защиты кожи и медицинские средства защиты.

## 9.2. СРЕДСТВА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ РАБОТАЮЩИХ

**Средства защиты кожи (СЗК)** предназначены для предохранения людей от воздействия химически опасных, отравляющих, радиоактивных веществ и бактериальных средств. Они, как правило, выполнены в виде курток с капюшонами, полукомбинезонов и комбинезонов. В надетом виде они обеспечивают значительные зоны перекрытия мест сочленения различных элементов.

СЗК подразделяются на *изолирующие* (воздухонепроницаемые) и *фильтрующие* (воздухопроницаемые).

**Изолирующие костюмы** изготавливаются из таких материалов, которые не пропускают ни капли, ни пары ядовитых веществ, обеспечивают необходимую герметичность и благодаря этому защищают человека.

В аварийно-спасательных формированиях, химических войсках и других спецподразделениях длительное время находятся на оснащении и наиболее распространены такие изолирующие средства защиты кожи, как *общевойсковой защитный комплект* (ОЗК), *легкий защитный костюм Л-1* и *костюм защитный аварийный КЗА-1* (защищает от открытого пламени, теплового излучения, сероводорода) (рис. 9.1). В химической промышленности широко используется *костюм изолирующий химический КИХ-6М*, защищающий в условиях высоких концентраций газообразных хлора, аммиака, азотной и серной кислот.



**Рис. 9.1**

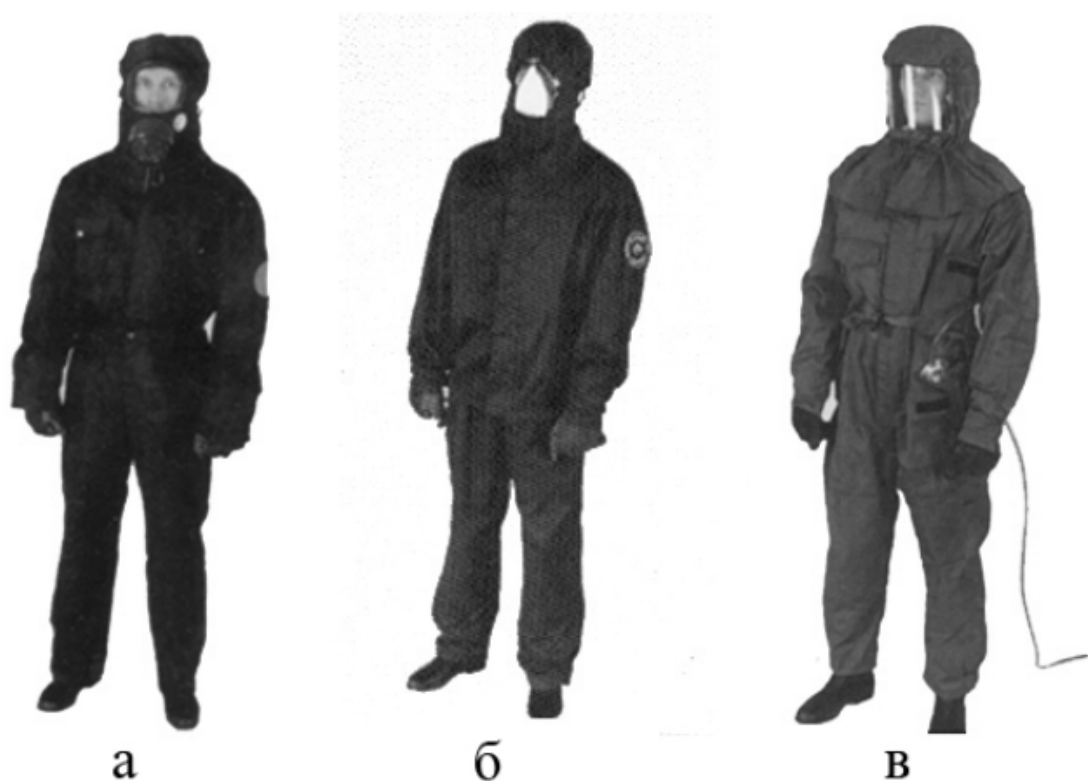
Изолирующие костюмы:  
ОЗК (а); Л-1 (б); КЗА-1 (в); КИХ-6М (г)

В изолирующих средствах защиты человек перегревается и быстро устает. Для увеличения продолжительности работы при температуре выше 15°C применяют влажные экранирующие (охлаждающие) комбинезоны из хлопчатобумажной ткани, надеваемые поверх средств защиты кожи. Экранирующие комбинезоны периодически смачивают водой. Сроки работы в изолирующих костюмах ограничиваются, как правило, тепловым состоянием организма, которое, в свою очередь, зависит от температуры окружающей среды и тяжести физических нагрузок.

**Фильтрующие костюмы** изготавливают из хлопчатобумажной ткани, пропитанной специальными химическими веществами. Пропитка тонким слоем обволакивает нити ткани, а пространство между ними остается свободным. Вследствие этого воздухопроницаемость материала в основном сохраняется, а пары вредных веществ при прохождении через ткань задерживаются. В одних случаях происходит нейтрализация, а в других — сорбция (поглощение). Работать в такой одежде легче, человек меньше устает, его действия менее скованы.

Широко применяется защитная фильтрующая одежда (ЗФО) разных типов: комплект фильтрующей защитной одежды ФЗО-МП, комплект одежды

пылезащитной ПЗО-1, ПЗО-2, комплект вентилируемой специальной одежды ВСО (рис. 9.2).



**Рис. 9.2**

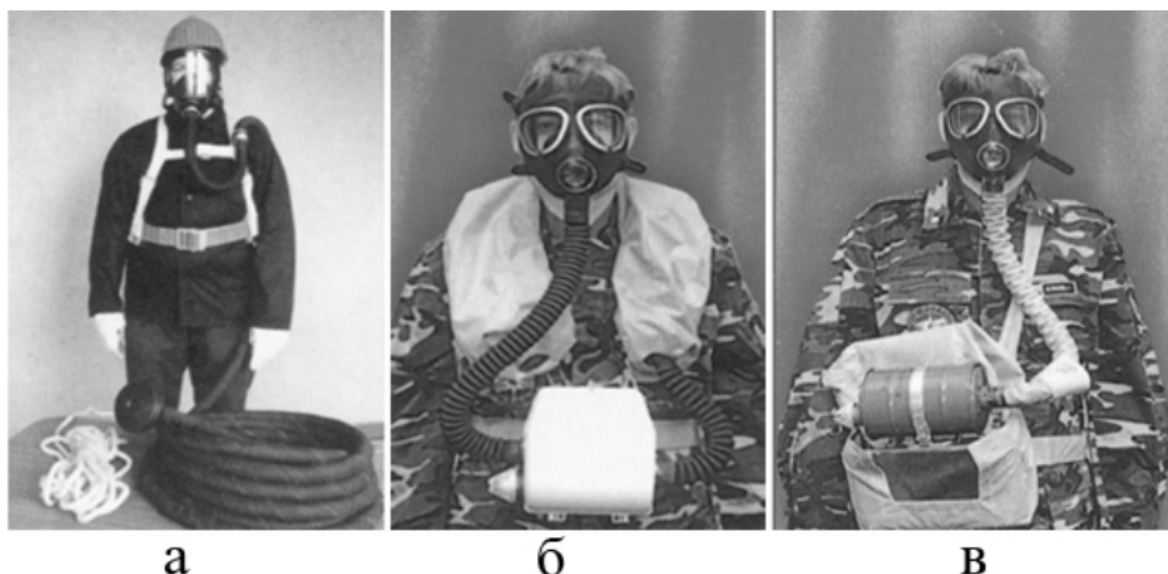
Фильтрующие костюмы: ФЗО-МП (а); ПЗО-1 (б); ВСО (в)

Средства защиты кожи надевают на незараженной местности. Используют их в комплексе с противогазами и респираторами.

**Средство индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД)** — носимое на человеке техническое устройство, обеспечивающее защиту организма главным образом, от ингаляционного воздействия опасных и вредных факторов. СИЗОД подразделяются на *фильтрующие* и *изолирующие* дыхательные аппараты.

**Изолирующие противогазы** предназначены для защиты органов дыхания, лица и глаз при наличии во внешней среде отравляющих высокотоксичных веществ, которые не задерживаются фильтрующим противогазом, при полном отсутствии или недостатке кислорода в воздухе, а также при работах в условиях повышенных концентраций угарного газа и при выполнении работ на небольших глубинах.

Изолирующие противогазы делятся на автономные и неавтономные (шланговые) дыхательные аппараты. *Шланговые противогазы* — СИЗОД, в которых пригодный для дыхания воздух поступает по шлангу, один конец которого вынесен в зону чистого воздуха на расстояние более 20 м. *Автономные противогазы* снабжены источником чистого воздуха (или кислорода), который пользователь носит при себе (баллоны со сжатым воздухом или химические регенеративные патроны).



**Рис. 9.3**  
Изолирующие противогазы: ППШ (а); ИП-6 (б); ИП-4М (в)

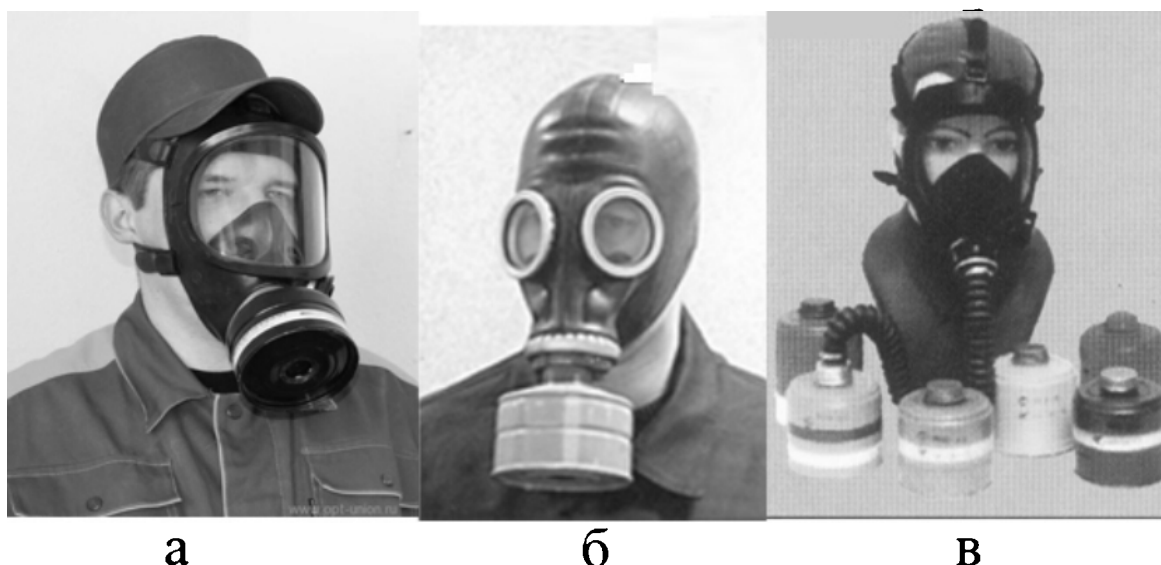
В промышленности используются шланговый противогаз ППШ, автономные противогазы ИП-6, ИП-4М и др. (рис. 9.3).

Изолирующие противогазы, как это следует из названия, полностью исключают попадание воздуха из окружающей среды в легкие человека, но их использование требует специальной подготовки, поэтому такими средствами оснащается личный состав аварийно-спасательных формирований, ремонтных бригад и т. д.

Особое внимание следует обращать на то, чтобы работающие в противогазах постоянно находились под контролем дублеров (страховщиков), остающихся вне опасной зоны и в случае необходимости оказывающих им помощь, для чего они имеют наготове второй противогаз.

**Фильтрующие СИЗОД** — это *промышленные противогазы* с фильтрующими коробками различных марок (в зависимости от концентрации и состава вредных примесей) и *респираторы*. Их защитное действие основано на том, что используемый для дыхания воздух предварительно очищается от вредных примесей в результате процессов адсорбции, хемосорбции, катализа и фильтрации через зернистые поглотители.

**Промышленные фильтрующие противогазы** надежно предохраняют органы дыхания, глаза и лицо от поражения. В промышленности используются различные типы противогазов, например: ПФМ-1, ППФ-95М, ПФСГ-98 и др. (рис. 9.4). Запрещается применять такие противогазы при недостатке кислорода в воздухе (ниже 17%), например при работах в емкостях, цистернах, колодцах и других изолированных помещениях. Не допускается применение промышленных противогазов для защиты от низкокипящих, плохо сорбирующихся органических веществ, например таких, как метан, этилен, ацетилен. Также не рекомендуется работать в них, если состав газов и паров вредных веществ неизвестен.



**Рис. 9.4**

Фильтрующие противогазы: ПФМ-1 (а); ППФ-95М (б); ПФСГ-98 (в)

Фильтрующий противогаз состоит из фильтрующей коробки, лицевой части (шлем-маски) с соединительной трубкой и сумки. Фильтрующая коробка служит для очистки воздуха, вдыхаемого человеком, от вредных веществ и примесей. В зависимости от состава этих примесей она может содержать один или несколько специальных поглотителей или сочетание поглотителя с аэрозольным фильтром. При этом коробки строго специализированы по составу поглотителей и отличаются друг от друга окраской и маркировкой.

Время защитного действия фильтрующих противогазов зависит от марки фильтрующей коробки, типа вредных веществ и их концентрации и составляет от 30 до 360 мин. В процессе использования защитная мощность противогазов уменьшается.

В таблице 9.1 представлены некоторые типы фильтрующих коробок (Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 019/2011 «О безопасности средств индивидуальной защиты»).

*Таблица 9.1*

**Коробки фильтрующие поглощающие  
для промышленных противогазов**

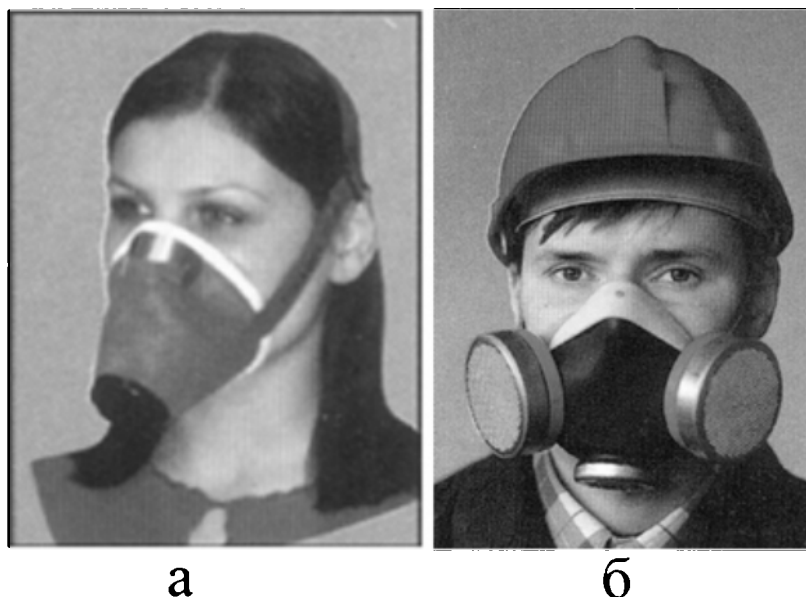
Марка фильтра	От каких веществ защищает
А	Органические газы и пары с температурой кипения свыше 65°C
В	Неорганические газы и пары, за исключением оксида углерода и других веществ, которые должен указать изготовитель
Е	Диоксид серы и другие кислые газы и пары (сероводород, синильная кислота)
К	Аммиак и его органические производные
АХ	Органические газы и пары с температурой кипения не более 65°C

Марка фильтра	От каких веществ защищает
SX	Монооксид углерода (CO) и другие газы и пары, не поименованные в других марках
HgP3	Пары ртути
NOP3	Оксиды азота

**Респираторы** представляют собой облегченное средство защиты органов дыхания от вредных газов, паров, аэрозолей и пыли. Широкое распространение они получили в шахтах, на рудниках, на химически вредных и запыленных предприятиях, при работе с удобрениями и ядохимикатами в сельском хозяйстве. Так же как и фильтрующие противогазы, респираторы нельзя использовать при содержании кислорода во вдыхаемом воздухе ниже 17%.

Существует много разнообразных респираторов, которые отличаются по устройству, назначению, классам защиты и другим параметрам.

По устройству все респираторы делятся на два основных типа: со встроенными (несъемными) фильтрами и со сменными фильтрующими элементами (рис. 9.5).



**Рис. 9.5**

Респираторы: Кама-2000П (встроенный фильтр) (а);  
РПГ-67 (сменный фильтр) (б)

Респираторы с несъемными фильтрами наиболее просты в устройстве, однако обладают ограниченным сроком службы (обычно они одноразовые). Второй тип респираторов устроен более сложно и отличается универсальностью и долговечностью. Фильтрующие элементы таких респираторов заменяются по мере загрязнения. При необходимости есть возможность использовать

фильтры для защиты от определенного типа аэрозолей, газов, паров и иных загрязнений воздуха.

По назначению все респираторы можно разделить на три группы: респираторы для защиты от пыли и аэрозолей (противопыльные или противоаэрозольные); респираторы для защиты от газов (противогазовые); респираторы для защиты от всех типов загрязнений воздуха (комбинированные или газопылезащитные).

*Противопыльные респираторы* (Лепесток-1, Кама-2000П, Уралец-П) обеспечивают защиту от пыли, аэрозолей и дыма, однако не могут защитить от газов и паров, пропускают запахи и т. д. Также этот тип респираторов может защищать от аэрозолей в зоне радиационного, химического и биологического заражения.

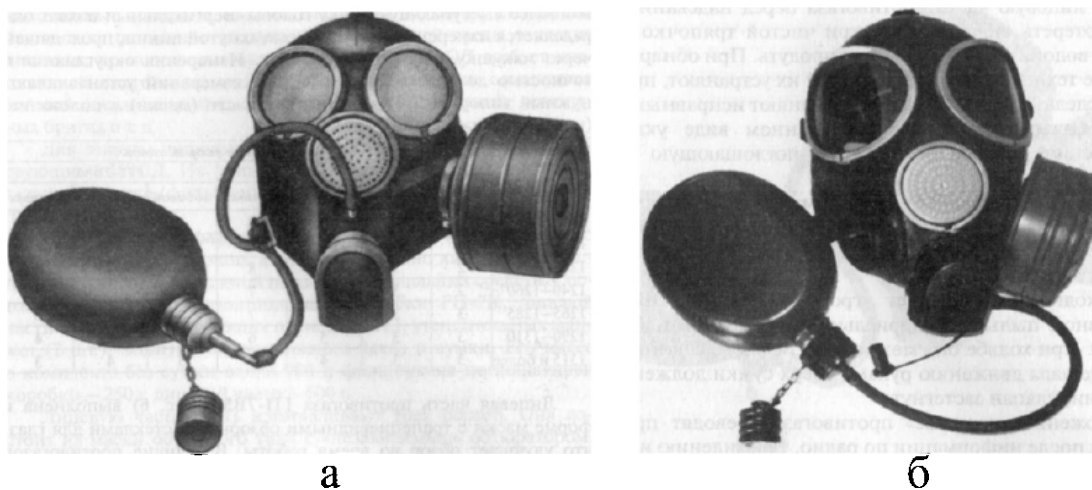
*Противогазовые респираторы* (РПГ-67, РПА-1, РГ-Т) обеспечивают защиту от органических и неорганических газов и паров, в том числе от паров бензина, ацетона, ртути, хлора, сероводорода, сильно пахучих веществ и т. д.

*Комбинированные респираторы* (РУ-60М, Лепесток-Апан, Уралец-ГП) защищают как от пыли и аэрозолей, так и от газов, они наиболее универсальны и обеспечивают лучшую защиту.

### 9.3. СРЕДСТВА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ НАСЕЛЕНИЯ

Для защиты широких слоев населения применяются фильтрующие СИЗОД.

Гражданский фильтрующий противогаз ГП-7 (рис. 9.6) надежно защищает от отравляющих и многих аварийно химически опасных веществ, радиоактивной пыли и бактериальных средств.



**Рис. 9.6**

Гражданский фильтрующий противогаз:

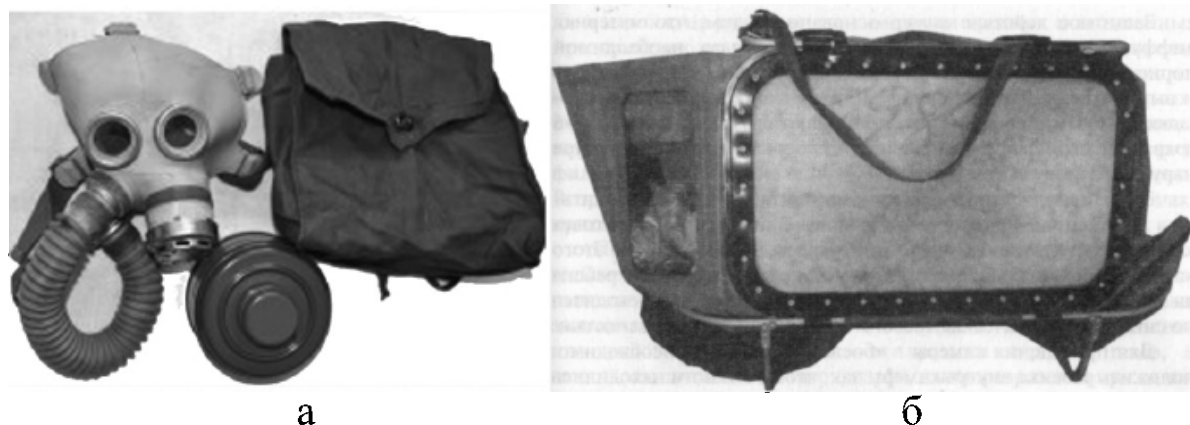
*а* — ГП-7В (модификация ГП-7В отличается от ГП-7 тем, что имеет устройство для приема воды непосредственно в зоне заражения); *б* — ГП-7ВМ.

Противогаз состоит из фильтрующе-поглощающей коробки ГП-7К, лицевой части МГП, незапотевающих пленок (6 шт.), утеплительных манжет (2 шт.), защитного трикотажного чехла и сумки.

Лицевую часть МГП изготавливают трех ростов. Она состоит из маски объемного типа с независимым обтюратором, очкового узла, переговорного устройства (мембраны), клапана вдоха и выдоха, обтекателя, наголовника и прижимных колец для закрепления незапотевающих пленок. Независимый обтюратор представляет собой полосу тонкой резины и надежно обеспечивает герметизацию лицевой части. При этом механическое воздействие лицевой части на голову очень незначительно. На фильтрующе-поглощающую коробку надевается трикотажный чехол, который предохраняет ее от грязи, снега, влаги, грунтовой пыли. Наличие у противогаза переговорного устройства (мембраны) обеспечивает четкое понимание передаваемой речи, значительно облегчает пользование средствами связи (телефоном, радио).

Лицевая часть противогаза ГП-7ВМ выполнена в форме маски с трапециевидными обзорными стеклами для глаз, что улучшает обзор во время работы. В отличие противогазов ГП-7 и ГП-7В, маска ГП-7ВМ имеет два узла для подключения фильтрующей поглощающей коробки (справа или слева) для удобства эксплуатации противогаза.

Для детей разработаны детские фильтрующие противогазы ПДФ-7, ПДФ-Д, ПДФШ, ПДФ-2Д, ПДФ-2Ш (рис. 9.7а). Они комплектуются фильтрующе-поглощающими коробками типа ГП-5 и в качестве лицевой части масками МД-3 (маска детская) четырех ростов.



**Рис. 9.7**  
Детские СИЗ:  
а — ПДФ-2Д; б — КЗД-6.

Ряд металлических деталей маски заменен пластмассовыми. В комплект любого детского противогаза входят также сумка для хранения и ношения противогаза и средство для предохранения стекол очковых узлов от запотевания. Устройство (за исключением отмеченных выше особенностей масок) и принцип действия детских противогазов аналогичны устройству и принципу действия противогазов для взрослых.



Для детей в возрасте до полутора лет в качестве средства индивидуальной защиты используется специальная камера защитная детская КЗД-6 (рис. 9.7б) и ее более новые модификации. КЗД-6 состоит из оболочки корпуса, обеспечивающей защиту ребенка; плечевой тесьмы; диффузионно-сорбирующего элемента, очищающего вдыхаемый воздух; каркаса; поддона; зажима входного клапана; смотрового окна; рукавицы, необходимой для манипуляций внутри камеры. Основным узлом защитной детской камеры является оболочка, которая представляет собой мешок из прорезиненной ткани. В оболочку вмонтированы два диффузионно-сорбирующих элемента.

В оболочке имеется входное отверстие, через которое в камеру укладывают ребенка. Оболочка монтируется на разборном металлическом каркасе, образующем вместе с поддоном кроватку-раскладушку. Для переноса камеры имеется плечевая регулируемая по длине тесьма, а для герметизации камеры предусмотрен зажим. Кроме того, в оболочке сделаны два смотровых окна для наблюдения за ребенком, находящимся в камере.

Для защиты детей старше 6 лет и взрослых от токсичных продуктов горения применяют газодымозащитный комплект ГДЗК-Ш. Также для защиты органов дыхания, зрения и кожных покровов лица от опасных химических веществ используют защитный капюшон «Феникс» и «Аскор-2» (рис. 9.8).



**Рис. 9.8**  
Самоспасатели: ГДЗК-Ш (а); «Феникс» (б); «Аскор-2» (в)

## ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Приведите классификацию средств защиты работающих.
2. Каковы обязанности работодателя по вопросу обеспечения работников средствами индивидуальной защиты?

3. Приведите классификацию средств индивидуальной защиты органов дыхания.
4. В каком случае необходимо применять шланговые противогазы?
5. Классификация средств индивидуальной защиты кожи работающих.
6. Какие СИЗ предусмотрены для населения?
7. В каких случаях используются респираторы?



## **Раздел IV**

# **ИНЖЕНЕРНЫЕ ОСНОВЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

## Глава 10

# ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

### 10.1. БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ. ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

Среди большого числа отличающихся по характеру процессов химической технологии можно выделить группу процессов, которые при определенных условиях, возникающих вследствие нарушения требований регламента, входят в аварийные режимы с последствиями различной степени тяжести. Такие процессы называют *потенциально опасными*.

*Потенциально опасные процессы химической технологии* можно разделить на четыре группы:

- переработка и получение токсичных веществ;
- переработка и получение взрывоопасных веществ и смесей;
- процессы, протекающие с высокой скоростью;
- смешанные процессы.

Большая часть потенциально опасных процессов химической технологии — это смешанные процессы, т. е. такие, которые можно отнести одновременно к двум или трем указанным группам. В них присутствуют все или часть видов опасности: отравление, взрыв, механическое разрушение оборудования или аппаратуры, выброс реакционной массы, технологический брак.

**Причины возникновения аварийной ситуации** очень разнообразны и их можно свести к следующим.

*Изменение соотношения подаваемых компонентов* (непрерывный процесс) или скорости слива одного из компонентов (полунепрерывный процесс). В этих случаях скорость химического превращения веществ растет, что приводит к увеличению количества выделяемого тепла, подъему температуры, ускорению побочных реакций, интенсивному газовыделению и пр.

*Снижение (или отсутствие) расхода хладагента*. Это приводит к снижению теплоотбора, увеличению температуры и т. д.

*Отсутствие перемешивания.* В этом случае возможно накопление непрореагировавших компонентов или образование застойных зон. Неоднородное распределение компонентов или последующее включение мешалки приводит к изменению скорости реакции и нарушению температурного режима.

*Попадание посторонних продуктов в аппарат.* Приводит к ускорению побочных реакций, нарушению температурного режима и т. д.

*Нарушение состава исходных компонентов,* подаваемых в виде смеси или раствора. Приводит к изменению соотношения реагирующих веществ и, как следствие, к нарушению технологического режима.

*Нарушение режима удаления паров или газов.* Приводит к увеличению давления.

Эти отклонения возникают при отказе средств автоматизации, технологического оборудования или в результате ошибок обслуживающего персонала.

Основной метод защиты потенциально опасных процессов — создание автоматических систем защиты. В автоматизированном технологическом процессе, снабженном надежной системой защиты, аварийные ситуации могут возникать только в результате отказов технологического оборудования или системы регулирования.

Наиболее распространенный *технологический метод* снижения опасности потенциально опасных технологических процессов — **установление безопасного регламента**, при котором даже при резких колебаниях процесса его опасные параметры не выходят за границу устойчивости.

Второй технологический метод снижения опасности — **замена периодических процессов непрерывными**. Снижение безопасности достигается следующими обстоятельствами:

- объем реактора непрерывного действия в несколько раз меньше объема реактора периодического действия при той же производительности. Вследствие этого общий объем реакционной массы гораздо меньше и таким образом уменьшаются возможные последствия аварии;
- параметры, характеризующие течение процесса (давление, температура и т. д.) при непрерывном процессе поддерживаются постоянными и их легче автоматизировать.

Технологические методы обеспечивают снижение опасности, но не устраняют ее полностью, и вероятность возникновения аварии не исключается.

## 10.2. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССАМ

Согласно ГОСТ 12.3.002-2014 «Процессы производственные. Общие требования безопасности», **безопасность производственных процессов** обеспечивается:

- выбором применяемых технологических процессов, приемов, режима труда и порядка обслуживания производственного оборудования;
- выбором производственных помещений (уровни опасных и вредных производственных факторов в которых не должны превышать установленных санитарно-гигиеническими нормами величин);
- выбором производственных площадок (для процессов, выполняемых вне производственных помещений);
- выбором исходных материалов, заготовок и полуфабрикатов (исходные материалы, заготовки и полуфабрикаты не должны оказывать вредного воздействия на работающих, а при необходимости их использования должны применяться соответствующие средства защиты работающих);
- выбором производственного оборудования;
- безопасным размещением производственного оборудования и организацией рабочих мест;
- механизацией и автоматизацией производственного процесса;
- выбором способа хранения и транспортирования исходных материалов, заготовок, полуфабрикатов, готовой продукции и отходов производства;
- профессиональным отбором и обучением работающих (лица, допускаемые к участию в производственном процессе, должны соответствовать по физиологическим, психофизиологическим, психологическим, а также антропометрическим особенностям характеру работы; периодически проверять состояние здоровья; иметь профессиональную подготовку, соответствующую характеру работ; обладать знаниями требований безопасности);
- применением средств защиты, которые обеспечивают: удаление опасных и вредных веществ и материалов из рабочей зоны, снижение уровня вредных производственных факторов до установленных санитарно-гигиенических нормативов, защиту работающих от действия опасных и вредных производственных факторов, как при нормальных технологических режимах, так и при возникающих нарушениях технологического процесса.

Производственные процессы должны быть пожаро- и взрывобезопасными и не должны загрязнять окружающую среду выбросами вредных веществ.

**Требования безопасности к технологическим процессам.** Проектирование, организация и проведение технологических процессов должны предусматривать:

- устранение непосредственного контакта работающих с исходными материалами, заготовками, полуфабрикатами, готовой продукцией и отходами производства, оказывающими вредное воздействие;
- замену технологических процессов и операций, связанных с возникновением опасных и вредных производственных факторов, процессами и операциями, при которых эти факторы отсутствуют или обладают меньшей интенсивностью;
- комплексную механизацию, автоматизацию и дистанционное управление технологическими процессами и операциями;
- герметизацию оборудования;
- применение средств коллективной защиты работающих;

- рациональную организацию труда и отдыха с целью профилактики монотонности и гиподинамии, а также ограничения тяжести труда;
- своевременное получение информации о возникновении опасных и вредных производственных факторов на отдельных технологических операциях;
- систему контроля и управления технологического процесса, обеспечивающую защиту работающих и аварийное отключение производственного оборудования;
- своевременное удаление и обезвреживание отходов производства.

**Устранение непосредственного контакта работающих с вредными веществами.** В химической промышленности большинство технологических процессов исключает непосредственный контакт работающих с перерабатываемыми материалами, так как технологические процессы проводятся в герметически закрытой аппаратуре и капсулированном оборудовании. Кроме этого, технологические процессы ведутся при дистанционном управлении и с применением средств механизации.

Для повышения безопасности предусматривается замена технологических процессов и операций, связанных с возникновением опасных и вредных производственных факторов, на процессы и операции, при которых данные факторы обладают меньшей интенсивностью. Так, безопасность операций транспортирования вредных и пожароопасных веществ можно повысить, переведя твердые вещества (аммиачную селитру, серу, едкий натр и др.) в растворы, суспензии или расплавы, которые можно передавать по трубопроводам; сыпучие вещества целесообразно передавать пневмотранспортом; а сухое измельчение твердых тел заменять мокрым размолом.

**Механизация, автоматизация и дистанционное управление технологическими процессами** — это требование обеспечения безопасности технологических процессов играет большую роль в коренном улучшении условий труда работающих на химических предприятиях.

*Механизация технологических процессов* позволяет заменить операции, выполняемые вручную, машинами и механизмами, тем самым уменьшить опасности, связанные с ними. Механизация вредных и опасных технологических процессов освобождает рабочего от выполнения тяжелых, утомительных и монотонных операций, уменьшает время контакта с вредными и опасными веществами.

Наиболее перспективна в химической промышленности механизация таких операций, как загрузка в аппараты и выгрузка из них сырья и готовой продукции; удаление и транспортирование отходов; затаривание и складирование, отбор проб и проведение различных замеров в аппаратах и емкостях.

*Автоматизация технологических процессов* — более высокая ступень обеспечения безопасных условий труда на производстве, одно из самых прогрессивных направлений новой техники и играет существенную роль в обеспечении безопасности технологических процессов. В автоматизированном производстве значительно уменьшается количество выделяющихся в воздух производственного помещения вредных и пожароопасных паров, газов и пылей.



Автоматизация дает возможность управлять такими технологическими процессами, которые вследствие их вредности, опасности или недоступности исключают непосредственное обслуживание человеком.

*Дистанционное управление* облегчает труд человеку и выводит его из опасной зоны, если эта зона не может быть изолирована. В химической промышленности наиболее широко применяются пять систем дистанционного управления: механическое, пневматическое, гидравлическое, электрическое и комбинированное.

**Герметизация оборудования** — одно из основных условий обеспечения безопасности технологических процессов. Особое значение она имеет при переработке токсичных и пожаро-, взрывоопасных сред, так как их утечка в окружающую среду может привести к профессиональным отравлениям, пожарам и взрывам.

Наиболее частыми причинами нарушения герметичности являются неплотности в соединениях деталей оборудования. Устранение или уменьшение степени неплотности достигается применением уплотнителей. Выбор тех или иных видов уплотнений определяется требуемой степенью герметизации и условиями эксплуатации оборудования, в том числе давлением среды, температурой, скоростями движения и др.

### 10.3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РЕГЛАМЕНТ

В настоящее время на объектах химико-технологического профиля действуют технологические регламенты, составленные по Федеральным нормам и правилам в области промышленной безопасности «Требования к технологическим регламентам химико-технологических производств», утвержденным Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору. (приказ № 631 от 31.12.2014).

Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Требования к технологическим регламентам химико-технологических производств» устанавливают обязательные требования к технологическим регламентам химико-технологических производств опасных производственных объектов, на которых получают, используются, перерабатываются, образуются, хранятся, транспортируются, уничтожаются (утилизируются, переводятся в иную форму) опасные вещества, в том числе токсичные, высокотоксичные и представляющие опасность для окружающей среды, а также способные образовывать паро-, газо- и пылевоздушные взрывопожароопасные смеси.

### ВИДЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕГЛАМЕНТОВ

Технологический регламент химико-технологических производств определяет технологический режим, порядок проведения операций технологического процесса, обеспечивающий выпуск продукции требуемого качества, безо-

пасные условия эксплуатации производства. Технологический регламент разрабатывается на основании документации на опасный производственный объект.

Технологический регламент разрабатывается для технологического процесса производства определенных видов продуктов (или полупродуктов) заданного качества.

В зависимости от степени освоенности производств и целей осуществляемых работ предусматриваются следующие виды технологических регламентов.

**Постоянные** разрабатываются для освоенных химико-технологических производств, обеспечивающих требуемое качество выпускаемой продукции.

**Временные (пусковые)** разрабатываются для новых производств; действующих химико-технологических производств, в технологию которых внесены принципиальные изменения; производств с новой технологией.

**Разовые (опытные)** применяются при выпуске товарной продукции на опытных и опытно-промышленных установках, а также для опытных и опытно-промышленных работ, проводимых на действующих производствах.

**Лабораторные регламенты** (пусковые записки, производственные методики) разрабатываются для лабораторных, стендовых и модельных установок, не выпускающих товарную продукцию. Допускается наработка товарной продукции объемом до 1000 кг/год по лабораторным регламентам (пусковым запискам, производственным методикам).

Все виды технологических регламентов (постоянные, временные, разовые, лабораторные) разрабатываются организацией, эксплуатирующей химико-технологическое производство, или организацией-разработчиком процесса и согласуются с организацией, эксплуатирующей химико-технологическое производство.

Ответственность за полноту и качество разработки разделов технологического регламента производства продукции и контроль за обеспечением его исполнения возлагается на технологическую службу организации, производства, отделения, установки.

Все виды технологических регламентов утверждает руководитель организации, эксплуатирующей химико-технологическое производство.

Срок действия постоянного технологического регламента — не более 10 лет. Утверждение, переиздание, отмена и продление действия технологического регламента оформляются приказом руководителя организации.

В технологические регламенты допускается вносить изменения и дополнения. Все утвержденные изменения подлежат регистрации в «Листе регистрации изменений и дополнений».

Для временных технологических регламентов сроки определяются в соответствии с установленными планами норм освоения производств и с учетом времени, необходимого для составления постоянного технологического регламента. По окончании срока действия временного технологического регламента должен быть утвержден постоянный технологический регламент.

Для разовых (опытных) технологических регламентов сроки их действия устанавливаются в соответствии со сроками проведения опытных работ или

сроками выпуска определенного объема продукции. Как правило, срок действия — не более 5 лет.

Запрещается выпуск продукции и проведение опытных работ по неутвержденным технологическим регламентам или технологическим регламентам, срок действия которых истек.

В случае, если технологический регламент не обеспечивает надлежащего качества продукции, безусловной безопасности работы, требований охраны окружающей среды и других обязательных требований или имеются значительные изменения и дополнения, сильно затрудняющие пользование регламентом, руководителем организации может быть принято решение о его досрочной отмене, переработке или переиздании.

## **СОСТАВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕГЛАМЕНТОВ**

Постоянные, временные и разовые технологические регламенты, связанные с необходимостью обеспечения промышленной безопасности технологических процессов, должны состоять из следующих разделов:

- общая характеристика производства;
- характеристика производимой продукции;
- характеристика сырья, материалов, полупродуктов и энергоресурсов;
- описание химико-технологического процесса и схемы;
- материальный баланс;
- нормы расхода основных видов сырья, материалов и энергоресурсов;
- контроль производства и управление технологическим процессом;
- возможные инциденты в работе и способы их ликвидации;
- безопасная эксплуатация производства;
- перечень обязательных инструкций;
- технологические схемы производства;
- спецификация основного технологического оборудования (технических устройств), включая оборудование природоохранного назначения.

## **ТРЕБОВАНИЯ К РАЗДЕЛАМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РЕГЛАМЕНТА**

Раздел «**Общая характеристика производства**» должен содержать:

- полное наименование производства;
- год ввода в эксплуатацию;
- мощность производства (проектная и достигнутая на момент составления регламента);
- количество технологических линий (потоков), стадий и их названия;
- метод производства;
- организации, выполнявшие проектную документацию;
- организация, выполнявшая функции генерального проектировщика;
- организация-разработчик технологической части проектной документации;
- организация-разработчик технологического процесса;

- сведения о реконструкции (осуществлялась ли реконструкция производства, в каком году, название проектной документации, какой организацией выполнена проектная документация реконструкции и по разработкам какой организации).

В разделе «**Характеристика производимой продукции**» приводятся:

- техническое наименование продукта в соответствии с нормативно-технической документацией;
- наименование национального стандарта, технических условий, стандарта организации, производственной спецификации;
- основные свойства и качество выпускаемой продукции, физико-химические свойства и константы: внешний вид, плотность, растворимость, температуры застывания или плавления, кипения, упругость паров, вязкость, электропроводность, диэлектрическая постоянная и другие показатели;
- область применения (основная);
- сведения о регистрации информационных карт потенциально опасных химических и биологических веществ;
- сведения о паспортах безопасности веществ (материалов).

Все данные по характеристике производимой продукции должны соответствовать данным, принятым в межгосударственных, национальных стандартах, технических условиях, стандартах организации, или данным, приведенным в нормативной документации, с обязательной ссылкой на них.

В случае получения нескольких продуктов по одному и тому же регламенту характеристика дается для каждого полученного продукта.

Свойства, характеризующие пожаро-, взрывоопасность и токсичность готового продукта, сырья, полупродуктов и отходов производства, приводятся в разделе «Безопасная эксплуатация производства», на что в соответствующих разделах технологического регламента следует делать ссылку.

В составе раздела «**Характеристика сырья, материалов, полупродуктов и энергоресурсов**» содержатся данные, характеризующие исходное сырье, материалы, полупродукты и энергоресурсы, систематизированные в виде таблицы:

- наименование сырья, материалов, полупродуктов и энергоресурсов;
- национальный стандарт, технические условия, регламент или методика на подготовку сырья, стандарт организации;
- показатели, обязательные для проверки;
- регламентируемые показатели.

В таблицу включаются все виды сырья, материалы, полупродукты и энергоресурсы, используемые в технологическом процессе производства. Все показатели приводятся с допустимыми отклонениями.

В «**Описании технологического процесса и схемы**» приводится сущность процесса с указанием основных и побочных реакций, тепловых эффектов, температур, давления, объемных скоростей, типов катализаторов, рецептур и прочих показателей. Описание технологической схемы дается по стадиям технологического процесса, начиная с поступления и подготовки сырья и заканчивая отгрузкой готового продукта. В описании указываются:

- технологические параметры процесса (нормы), влияющие на условия взрыво- и/или химической безопасности, значения которых установлены разработчиком процесса и/или проектными решениями. Параметры процесса (нормы), влияющие на качество продукции, энергоэффективность процесса, экологические нормативы указываются в описании по усмотрению разработчика регламента. Способ группировки параметров (по аппаратам, блокам) устанавливается разработчиком регламента;

- используемое основное оборудование;
- системы регулирования, сигнализаций и блокировок технологических параметров, системы противоаварийной защиты (ПАЗ);
- ссылки на чертеж технологической схемы, включенной в состав регламента.

В случае, если на подготовку сырья имеется специальный регламент (рецептура), при описании технологической схемы на него делается ссылка.

Названия оборудования, трубопроводов, стадий процесса приводятся в соответствии с названиями в паспорте на оборудование или технической документации и остаются неизменными по всему тексту регламента.

**В описании процессов** разделения химических продуктов (горючих или их смесей с негорючими) необходимо указывать степень разделения сред и меры взрывобезопасности, предотвращающие образование взрывоопасных смесей на всех стадиях процесса.

В случае, если в процессах обращаются негорючие жидкости с растворенными в них горючими газами, подлежащие сбросу в канализацию, необходимо указывать меры по выделению из них горючих газов и их остаточное содержание, средства контроля содержания горючих газов и его периодичность.

Информацию по указанным мерам следует приводить также в разделах технологического регламента «Контроль производства и управление технологическим процессом», а также «Безопасная эксплуатация производства».

**В описании реакционных процессов**, протекающих с возможным образованием промежуточных перекисных соединений, побочных взрывоопасных продуктов осмоления и уплотнения (полимеризации, поликонденсации) и других нестабильных веществ с вероятным их отложением в аппаратуре и трубопроводах, необходимо указать:

- способы и периодичность контроля за содержанием в исходном сырье примесей, способствующих образованию взрывоопасных веществ;

- способы и периодичность контроля за наличием в промежуточных продуктах нестабильных соединений;

- способы и периодичность ввода ингибиторов, исключающих образование в аппаратуре опасных концентраций нестабильных веществ;

- необходимость непрерывной циркуляции продуктов, сырья в емкостной аппаратуре для предотвращения или снижения возможности отложения твердых взрывоопасных нестабильных продуктов;

- способы и периодичность вывода обогащенной опасными компонентами реакционной массы из аппаратуры;

- режим и время хранения продуктов, способных полимеризоваться или осмоляться, включая сроки их транспортирования.

При применении катализаторов, в том числе металлоорганических, которые при взаимодействии с кислородом воздуха или водой могут самовозгораться или взрываться, необходимо указать меры, исключающие возможность подачи в систему сырья, материалов и инертного газа, содержащих кислород или влагу в количествах, превышающих предельно допустимые значения. Необходимо указать допустимые концентрации кислорода и влаги, способы и периодичность контроля за их содержанием в исходных продуктах с учетом физико-химических свойств применяемых катализаторов.

При описании процессов хранения и слива-налива сжиженных газов, легковоспламеняющихся и горючих жидкостей необходимо указать: порядок выполнения технологических операций по хранению и перемещению горючих жидких веществ, заполнению и опорожнению передвижных и стационарных резервуаров-хранилищ, параметры процесса, которые определяют взрывобезопасность выполнения этих операций (давление, скорости перемещения, предельно допустимые максимальные и минимальные уровни, способы снятия вакуума и иные параметры, влияющие на взрывобезопасность); меры, исключающие возможность случайного смешивания продуктов на всех стадиях выполнения операций слива-налива; порядок подготовки емкостей к текущему заполнению (освобождение от остатков ранее находившихся в них продуктов, промывка, очистка, обезвреживание емкостей, другие виды подготовительных работ) и проведения работ по подсоединению трубопроводов, арматуры и т. д.

В разделе описаны противоаварийные устройства и системы подачи инертных и ингибирующих веществ и периодичность контроля их исправности.

Также приведена характеристика оборудования, используемого для очистки отходящих газов, сбрасываемых сточных вод от загрязняющих вредных веществ, сбора и утилизации отходов производства.

**«Материальный баланс»** составляется на единицу времени (час), на единицу выпускаемой продукции, на один производственный поток или на мощность производства в целом.

Для составления материального баланса приводится схема с указанием всех входящих и выходящих потоков, с нанесением на нее всех основных стадий и переделов, меняющих качественные и количественные показатели технологических потоков.

После схемы приводится таблица материального баланса с характеристикой качественных и количественных показателей всех потоков.

Для малостадийных производств допускается составление баланса только в виде таблицы.

Материальный баланс для новых производств составляется по данным проектной документации. Для действующих производств — по достигнутым показателям работы производств в последний год перед составлением технологического регламента.

Пересматривается материальный баланс в случае включения в технологический процесс или исключения из него дополнительных операций или стадий.

**«Нормы расхода основных видов сырья, материалов и энергоресурсов»** следует приводить в виде таблицы:

- наименование сырья, материалов, энергоресурсов;
- нормы расхода (кг/т, м<sup>3</sup>/т и др.) указываются в двух положениях: по проектной документации и достигнутые на момент составления технологического регламента

При выпуске по одному технологическому регламенту нескольких видов продукции в таблице делаются разделительные подзаголовки: наименование продукта и учетная единица.

Нормы расхода сырья и материалов приводятся для всех резервных рецептур, предусмотренных технологическим регламентом.

В разделе **«Контроль производства и управление технологическим процессом»** указываются системы контроля, автоматического и дистанционного управления (системы управления), системы противоаварийной автоматической защиты, а также системы связи и оповещения об аварийных ситуациях, связанные с необходимостью обеспечения промышленной безопасности технологических процессов, которые должны обеспечивать точность поддержания технологических параметров, надежность и безопасность проведения технологических процессов.

В разделе приводятся значения установок систем защиты по опасным параметрам, а также указываются границы критических значений параметров.

Данные контроля производства и управления по всем стадиям технологического процесса, обеспечивающего соблюдение нормативных показателей, показателей готовой продукции, а также выбросов в окружающую среду, следует приводить в виде таблицы:

- наименование стадий процесса, места измерения параметров или отбора проб;
- контролируемый параметр;
- частота и способ контроля;
- установка сигнализации и блокировок;
- метод испытания и средство контроля;
- требуемая точность измерения параметра;
- кто контролирует.

В таблице приводится перечень систем сигнализации, блокировок, автоматического контроля и регулирования, дистанционного управления технологическим процессом или отдельными агрегатами с указанием назначения контролируемых параметров, их величин с допустимыми отклонениями, технических и метрологических характеристик приборов, точек расположения и видов контроля.

Для объектов с технологическими блоками всех категорий взрывоопасности в графе установки сигнализации и блокировок указываются границы критических значений параметров.

Наименование приборов измерений приводится с указанием диапазонов измерений или шкал.

В разделе также необходимо указать способы и средства, исключающие выход параметров за установленные пределы.

Необходимо составить перечень параметров стадий процесса, управление которыми в ручном режиме запрещается.

Для взрывоопасных технологических процессов необходимо указать системы противоаварийной автоматической защиты, предупреждающие возникновение аварийной ситуации при отклонении от предельно допустимых значений параметров процесса во всех режимах работы и обеспечивающие безопасную остановку или перевод процесса в безопасное состояние по заданной программе.

Средства автоматики, используемые по плану мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий на опасных производственных объектах, должны быть определены особо (например, выделением отсекаелей на технологических потоках (жирным шрифтом, иным цветом, кругом), а также текстом в правом верхнем углу технологической схемы).

В разделе «**Возможные инциденты в работе и способы их ликвидации**» перечисляются основные возможные инциденты в технологическом процессе производства, влияющие на его взрыво- или химическую безопасность, такие как отклонения от норм технологического режима по давлению, температуре, скорости подачи реагентов и выходу продукции, отключению приборов контроля, местные перегревы, а также отказ или повреждение технических устройств. Указываются возможные причины инцидентов и действия персонала по их устранению.

В разделе «**Безопасная эксплуатация производства**» должны быть указаны технологические данные по обеспечению безопасности и оптимальных санитарно-гигиенических условий труда работников, в том числе:

- характеристика опасностей производства;
- возможные инциденты и аварийные ситуации, способы их предупреждения и локализации;
- защита технологических процессов и оборудования от аварий и защита работающих от травмирования;
- меры безопасности при эксплуатации производства.

При описании **характеристик опасностей производства** приводятся:

- данные по характеристике пожароопасных и токсичных свойств сырья, полупродуктов, готовой продукции и отходов производства;
- сведения о взрывопожарной и пожарной опасностях, санитарной характеристике производственных зданий, помещений, зон и наружных установок;
- основные опасности производства, обусловленные особенностями технологического процесса или выполнения отдельных производственных операций, особенностями используемого оборудования и условиями его эксплуатации, вызванные нарушениями правил безопасности работниками.

При описании **возможных инцидентов и аварийных ситуаций, способов их предупреждения и локализации** приводятся сведения о возможных инцидентах и аварийных ситуациях, возникающих при несоблюдении требований ведения технологического процесса, выполнения производственных опера-



ций, в процессе эксплуатации оборудования и коммуникаций, которые могут стать причиной пожара, взрыва, травмирования или отравления работающих, загрязнения окружающей среды.

**Безопасный режим технологического процесса** приводится в разделе «Описание технологического процесса и схемы» технологического регламента.

В подразделе «**Защита технологических процессов и оборудования от аварий и травмирования работающих**» указываются меры, применяемые для исключения образования в технологических системах взрывоопасных смесей, самопроизвольного термического распада или полимеризации реакционных масс и технологических сред, а также меры по подавлению взрывов и неуправляемых химических реакций в технологическом оборудовании, тушению пожаров и ограничению зон развития аварийных ситуаций. В подразделе перечисляются блокировки, средства регулирования, сигнализации, устройства для экстренной (аварийной) остановки оборудования, предохранительные, сбросные, отсекающие клапаны, с обязательным указанием их функционального назначения и производимых действий.

Подраздел «**Меры безопасности при эксплуатации производства**» должен содержать следующие сведения:

- требования безопасности при пуске и остановке технологических систем и отдельных видов оборудования, выводе их в резерв, нахождении в резерве и при вводе из резерва в работу;
- меры безопасности при ведении технологического процесса, выполнении регламентных производственных операций;
- требования к обеспечению взрывобезопасности технологических процессов: принятые границы технологических блоков, значения энергетических показателей и категории взрывоопасности блоков, границы возможных разрушений при взрывах, предусмотренные меры безопасности и противоаварийной защиты;
- безопасные методы обращения с термополимерами, пирофорными отложениями и продуктами, металлоорганическими и другими твердыми и жидкими химически нестабильными соединениями (перекисные соединения, ацетилениды, нитросоединения различных классов, продукты осмоления, треххлористый азот и другие соединения), способными к разложению со взрывом;
- способы обезвреживания и нейтрализации продуктов производства при разливах и авариях;
- вероятность накапливания зарядов статического электричества, его опасность и способы нейтрализации;
- описание безопасного метода удаления продуктов производства из технологических систем и отдельных видов оборудования;
- меры по предупреждению аварийной разгерметизации технологических систем, применяемого оборудования и трубопроводов, их ответственных узлов;
- меры безопасности при складировании и хранении сырья, полуфабрикатов и готовой продукции, обращения с ними, а также при перевозке готовой продукции;
- список средств индивидуальной защиты работающих.

В организациях, эксплуатирующих опасные производственные объекты I–III классов опасности, должны разрабатываться планы мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий на опасных производственных объектах в соответствии с требованиями Федерального закона № 116-ФЗ, Положения о разработке планов мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий на опасных производственных объектах № 730 от 26.08.2013.

В разделе **«Перечень обязательных инструкций»** приводятся обязательные при ведении технологического процесса и обеспечении безопасности:

- пусковые инструкции (при пуске новых производств); общепроизводственные (общецеховые) инструкции; технологические инструкции по промышленной безопасности производств (цехов) или других производственных подразделений, если они имеют существенные отличия от общей характеристики производства (цеха);

- инструкцию по подготовке оборудования к ремонту и приему оборудования из ремонта;

- инструкцию по остановке на капитальный ремонт и пуску производства после ремонта;

- инструкцию по проведению ремонта оборудования; инструкцию по всем рабочим местам в соответствии со штатным расписанием (инструкции для технологического персонала должны включать описание технологического процесса и систем ПАЗ, нормы технологического режима, правила пуска, остановки и других рабочих операций).

Перечень инструкций в технологическом регламенте приводится на момент составления технологического регламента.

Все обязательные инструкции разрабатываются предприятием на основании утвержденного технологического регламента и типовых инструкций.

**«Технологическая схема производства»** составляется по одной технологической линии к общему для отделения (цеха, производства) оборудованию. Допускается составление отдельных технологических схем по стадиям (переделам). На технологическую схему наносятся аппараты, коммуникации, система управления и регулирования, точки контроля и регулирования технологических параметров производства, а также сигнализации и блокировок.

На технологической схеме должны быть условные обозначения и экспликация с указанием номеров позиций и наименований аппаратов.

**«Спецификация на основное технологическое оборудование (технические устройства)»** составляется в соответствии с формой в виде таблицы:

- номер позиции по схеме;
- наименование оборудования или технических устройств;
- количество;
- материал, способ защиты;
- техническая характеристика (кратко указываются основные данные оборудования в соответствии с паспортом: тип, марка, габариты, поверхность теплообмена, емкость и прочие характеристики; для оборудования, имеющего электродвигатели, указывается особенность их исполнения в зависимости от класса помещения, категории и группы взрываемости).

## 10.4.

### ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА БЕЗОПАСНОСТИ

Безопасность технологических процессов достигается применением наряду с другими мерами инженерно-технических средств безопасности.

К основным инженерно-техническим средствам безопасности относятся: оградительные и предохранительные устройства; сигнализация безопасности; разрывы и габариты безопасности и др.

**Оградительные устройства** применяются для изоляции движущихся частей машин и механизмов, находящихся под напряжением токоведущих частей оборудования, зон и участков, где есть постоянная опасность вредного воздействия на человека температур, излучений и т. д. Также ограждаются канавы, ямы, колодцы, люки, различные проемы, рабочие места, расположенные на высоте.

Ограждения бывают *временными* переносными для обозначения опасности и связи с проведением каких-либо работ (ремонт дороги, проведение работы в колодцах и т. п.); *неподвижными*, которые снимаются только во время ремонта или наладки (ограждения шнеков, шкивов, ремней) и *периодически открывающимися* в процессе работы.

Съемные и открывающиеся ограждения обязательно должны быть заблокированы с пусковыми устройствами оборудования.

**Предохранительные устройства** служат для предупреждения аварий и выхода из строя отдельных частей технологического оборудования. Они автоматически срабатывают при возникновении угрозы и отключают оборудование или его узел. Для защиты электроустановок от перегрузок применяют плавкие предохранители; для предупреждения взрывов сосудов, работающих под давлением, — предохранительные клапаны. Для ограничения движения машин и механизмов (например, хода крана, подъема груза) применяют различные упоры и ограничители.

Широкое применение нашла бирочная система. Смысл ее заключается в том, что без определенной бирки (пластинки с шифром агрегата или механизма) никто не имеет права включать в работу агрегат или машину. Если в процессе работы обнаружится отсутствие бирки, механизмы должны быть остановлены и обесточены. В получении и сдаче бирки персонал каждую смену расписывается в специальном журнале.

**Сигнализация безопасности** — средство предупреждения о возможной опасности, которое само по себе не устраняет возможные последствия. К сигнализации безопасности относятся световые, звуковые и цветовые сигналы, знаковая сигнализация и различные указатели (температуры, давления, уровня жидкости и т. п.).

*Световая сигнализация* чаще всего встречается на внутризаводском железнодорожном транспорте и при пересечениях на территории предприятия пешеходных и автомобильных дорог. Световые табло применяются также для

предупреждения о выезде из цеха (склада) автомобиля и электрокара, чтобы предотвратить их столкновение с проходящим транспортом и наезда на людей.

*Звуковые сигналы* часто используют для сигнализации о достижении каких-либо предельных параметров (температуры, давления и т. п.). Звуковые сигналы можно сочетать со световыми.

*Приборы-указатели* сигнализируют о приближающейся опасности (манометр с красной чертой на шкале, водомерные стекла с отметкой уровня воды и т. п.).

Однако самым эффективным будет действие сигнализации безопасности в сочетании с предохранительными устройствами. Знаковая сигнализация применяется для предупреждения о возможной опасности и передачи какой-либо информации на расстоянии.

**Сигнальные цвета и знаки безопасности** предназначены для привлечения внимания работающих к непосредственной опасности, предупреждения о возможной опасности, предписания и разрешения определенных действий с целью обеспечения безопасности, а также для необходимой информации.

Знаки безопасности устанавливаются в местах, пребывание в которых связано с возможной опасностью для работающих, а также на производственном оборудовании, являющемся источником такой опасности.

ГОСТ 12.4.026-2015 устанавливает четыре сигнальных цвета: красный, желтый, зеленый и синий.

*Красный сигнальный цвет* (запрещение, непосредственная опасность, средство пожаротушения) применяется для запрещающих знаков; надписей и символов на знаках пожарной безопасности; обозначения отключающих устройств механизмов и машин, в том числе аварийных; внутренних поверхностей открывающихся кожухов, ограждающих движущиеся элементы механизмов и машин, и их крышек; рукояток кранов аварийного сброса давления; корпусов масляных выключателей, находящихся в рабочем состоянии под напряжением; обозначения пожарной техники и инвентаря; сигнальных ламп, извещающих о нарушении условий безопасности; окантовки щитов для крепления пожарного инструмента и огнетушителей.

*Желтый сигнальный цвет* применяется для предупреждающих знаков; элементов строительных конструкций, которые могут стать причиной получения травм работающими; элементов производственного оборудования, неосторожное обращение с которыми представляет опасность для работающих; элементов внутрицехового и междцехового транспорта, подъемно-транспортного оборудования и т. п.; постоянных и временных ограждений, устанавливаемых на границах опасных зон; подвижных монтажных устройств и элементов грузозахватных приспособлений; емкостей, содержащих вещества с опасными и вредными свойствами; границ подходов к эвакуационным и запасным выходам.

*Зеленый сигнальный цвет* применяется для предписывающих знаков; дверей и световых табло эвакуационных или запасных выходов; сигнальных ламп.

*Синий сигнальный цвет* применяется для указательных знаков.

Знаки безопасности в соответствии с ГОСТ 12.4.026-2015 подразделяются на четыре группы: основные, дополнительные, комбинированные и групповые.

Основные знаки безопасности содержат однозначное смысловое выражение требований по обеспечению безопасности и используются самостоятельно или в составе комбинированных и групповых знаков безопасности.

Дополнительные знаки безопасности содержат поясняющую надпись, их используют в сочетании с основными знаками.

Комбинированные и групповые знаки безопасности состоят из основных и дополнительных знаков и являются носителями комплексных требований по обеспечению безопасности.

К основным знакам относятся запрещающие, предупреждающие, знаки пожарной безопасности, предписывающие, эвакуационные знаки и знаки медицинского и санитарного назначения, указательные.

*Запрещающие знаки* (круг красного цвета с белым полем внутри, белой по контуру знака каймой и символическим изображением черного цвета на внутреннем белом поле, перечеркнутым наклонной полосой красного цвета под углом 45° слева сверху направо вниз) предназначены для запрещения определенных действий.

*Предупреждающие знаки* (равносторонний треугольник со скругленными углами желтого цвета, обращенный вершиной вверх, с каймой черного цвета и символическим изображением черного цвета) предназначены для предупреждения работающих о возможной опасности.

*Предписывающие знаки* (квадрат зеленого цвета с белой каймой по контуру и белым полем квадратной формы внутри него, на котором нанесено символическое изображение или поясняющая надпись черного цвета) предназначены для разрешения определенных действий работающих только при выполнении конкретных требований безопасности труда (обязательное применение средств защиты работающих, принятие мер, обеспечивающих безопасность труда), требований пожарной безопасности и для указания путей эвакуации.

*Указательные знаки* (синий прямоугольник, окантованный белой каймой по контуру, с белым полем квадратной формы внутри, на котором нанесено символическое изображение или поясняющая надпись черного цвета, за исключением символов и поясняющих надписей пожарной безопасности, которые выполняются красным цветом) предназначены для указания местонахождения различных объектов и устройств, пунктов медицинской помощи, питьевых пунктов, пожарных постов, гидрантов, пожарных кранов, огнетушителей, пунктов извещения о пожаре, складов, мастерских.

**Разрывы и габариты безопасности.** Под ними понимают то минимальное расстояние между объектами, которое необходимо для безопасной работы в этой зоне. Разрывы и габариты безопасности нормируются ГОСТ, правилами техники безопасности и пожарной безопасности и другими документами. Разрывы соблюдаются в целях пожарной безопасности (разрывы между зданиями, складами и складываемыми материалами), для безопасности автомобильного, железнодорожного движения. Нормируется ширина проездов на территории предприятия и в производственных цехах. Для безопасности и удобства обслуживания технологического оборудования нормируются разрывы между наиболее выступающими частями производственного оборудования и элементами

здания (колоннами, стенами и т. д.). Для безопасности важно строго придерживаться норм складирования изделий у рабочих мест. Высота штабеля изделий выбирается с учетом его устойчивости и удобства снятия с него изделий, но не более 1 м; ширина проходов между штабелями при этом должна быть не менее 0,8 м.

Разрывы и габариты безопасности играют важную роль в предупреждении производственного травматизма. Одна из мер профилактики травматизма — ежедневные проверки состояния проходов, проездов, рабочих мест и обследование (ежегодное) правильности расстановки оборудования в цехе.

## Глава 11

# БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

В химической промышленности применяется разнообразное по назначению, устройству и особенностям эксплуатации оборудование. Все оборудование химических производств можно разделить на три класса: аппараты, машины и транспортные средства. В зависимости от назначения оборудование делят на универсальное, специализированное и специальное.

*Универсальное* оборудование общего назначения (общезаводское) применяется в различных химических производствах. К нему относятся насосы, компрессоры, вентиляторы, центрифуги, сушилки, экстракторы, сепараторы, газоочистное и пылеулавливающее оборудование, а также транспортные средства.

*Специализированное* оборудование применяется для проведения одного процесса различных модификаций: теплообменники, ректификационные колонны, адсорберы и др.

*Специальное* оборудование предназначено для проведения только одного процесса: каландры, грануляторы, хлораторы, сублиматоры и др.

Технологическое оборудование делят на основное и вспомогательное.

*Основное* технологическое оборудование служит для ведения различных технологических процессов — химических, физико-химических и других, в результате которых получают целевые продукты. К такому оборудованию относят реакционную аппаратуру (реакторы, контактные аппараты, колонны синтеза, конверторы и др.), аппараты и машины (адсорберы, экстракторы, ректификационные колонны, сушилки, выпарные и теплообменные аппараты, вальцы, прессы и др.).

К *вспомогательному* оборудованию относят емкости, резервуары, хранилища и др.

### 11.1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Общие требования безопасности к производственному оборудованию, являющиеся основой для установления требований безопасности в стандартах, технических условиях, эксплуатационных и других конструкторских докумен-

тах на производственное оборудование конкретных групп, видов, моделей (марок), установлены в стандарте ГОСТ 12.2.003-91 и распространяются на оборудование, применяемое во всех отраслях народного хозяйства. Производственное оборудование должно обеспечивать безопасность работающих при монтаже (демонтаже), вводе в эксплуатацию и эксплуатации (т. е. использование по назначению, техническое обслуживание и ремонт, транспортирование и хранение) как в случае автономного использования, так и в составе технологических комплексов.

Безопасность конструкции производственного оборудования обеспечивается:

- 1) выбором принципов действия и конструктивных решений, источников энергии и характеристик энергоносителей, параметров рабочих процессов, системы управления и ее элементов;
- 2) минимизацией потребляемой и накапливаемой энергии при функционировании оборудования;
- 3) выбором комплектующих изделий и материалов для изготовления конструкций, а также применяемых при эксплуатации;
- 4) выбором технологических процессов изготовления;
- 5) применением встроенных в конструкцию средств защиты работающих, а также средств информации, предупреждающих о возникновении опасных (в том числе пожаровзрывоопасных) ситуаций;
- 6) надежностью конструкции и ее элементов;
- 7) применением средств механизации, автоматизации и дистанционного управления и контроля;
- 8) возможностью использования средств защиты, не входящих в конструкцию;
- 9) выполнением эргономических требований;
- 10) ограничением физических и нервно-психических нагрузок на работающих.

Требования безопасности к технологическому комплексу также учитывают возможные опасности, вызванные совместным функционированием производственного оборудования, составляющих комплекс.

Каждый технологический комплекс и автономно используемое производственное оборудование комплектуются эксплуатационной документацией, содержащей требования (правила), предотвращающие возникновение опасных ситуаций при монтаже (демонтаже), вводе в эксплуатацию и эксплуатации.

Производственное оборудование должно отвечать требованиям безопасности в течение всего периода эксплуатации и в процессе эксплуатации не загрязнять природную среду выбросами вредных веществ и вредных микроорганизмов в количествах выше допустимых значений, установленных стандартами и санитарными нормами.

Материалы конструкции производственного оборудования не должны оказывать опасное и вредное воздействие на организм человека на всех заданных режимах работы и предусмотренных условиях эксплуатации, а также создавать пожаровзрывоопасные ситуации.



Конструкция производственного оборудования должна исключать:

- нагрузки, способные вызвать разрушения, представляющие опасность для работающих. Если их невозможно предотвратить, то отдельные детали или сборочные единицы ограждают или располагают так, чтобы их разрушающиеся части не создавали травмоопасных ситуаций;

- возможность падения, опрокидывания и самопроизвольного смещения частей оборудования. Если необходимая устойчивость не может быть достигнута, то предусматривают средства и методы закрепления, которые оговариваются в эксплуатационной документации;

- падение или выбрасывание предметов (например, инструмента, заготовок, обработанных деталей, стружки), представляющих опасность для работающих, а также выбросов смазывающих, охлаждающих и других рабочих жидкостей. Для этих целей используют защитные ограждения;

- контакт его горячих частей с пожаровзрывоопасными веществами, возможность соприкосновения работающего с горячими или переохлажденными частями или нахождение в непосредственной близости от таких частей, а также разбрызгивание горячих обрабатываемых или используемых материалов и веществ.

Движущиеся части производственного оборудования, являющиеся возможным источником травмоопасности, ограждают или располагают так, чтобы исключить возможность прикасания к ним работающего. Если функциональное назначение движущихся частей не допускает использование ограждений, то в конструкции предусматривается сигнализация, предупреждающая о пуске оборудования, а также сигнальные цвета и знаки безопасности.

Производственное оборудование и его основные части (в том числе трубопроводы гидро-, паро- и пневмосистем, предохранительные клапаны, кабели и др.) защищают ограждениями или располагают так, чтобы предотвратить случайное повреждение.

Производственное оборудование выполняется так, чтобы оно было пожаровзрывобезопасным и исключало накопление зарядов статического электричества, представляющих опасность для работающего, и возможности возникновения пожара и взрыва. Уровень шума, ультразвука и вибрации в предусмотренных условиях и режимах эксплуатации не превышали установленные стандартами допустимые уровни. Иметь устройства (средства) для обеспечения электробезопасности (ограждение, заземление, зануление, изоляция токоведущих частей, защитное отключение и др.). Элементы конструкции оборудования не имели острых углов, кромок, заусенцев и поверхностей с неровностями, представляющих опасность травмирования работающих, или предусматривали меры защиты работающих.

Производственное оборудование, работа которого сопровождается выделением вредных веществ (в том числе пожаровзрывоопасных) или вредных микроорганизмов, содержит встроенные устройства для их удаления так, чтобы концентрация вредных веществ и микроорганизмов в рабочей зоне, а также их выбросы в природную среду не превышали значений, установленных стандартами и санитарными нормами. При необходимости осуществляется предвари-

тельная очистка или нейтрализация выбросов. Если совместное удаление различных вредных веществ и микроорганизмов представляет опасность, то предусматривается их раздельное удаление.

Производственное оборудование оснащают местным освещением, соответствующим характеру работы.

## **ТРЕБОВАНИЯ К НАДЕЖНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

Повышение надежности современного химического оборудования имеет особое значение, так как его эксплуатация связана с обработкой токсичных, пожаро- и взрывоопасных веществ и осуществляется под высоким давлением или в глубоком вакууме, при высоких или низких температурах, больших скоростях перемещения материальных сред.

Под **надежностью** понимают свойство оборудования выполнять заданные функции при сохранении эксплуатационных показателей в течение требуемого промежутка времени или требуемой наработки.

Надежность оборудования обуславливается безотказностью, долговечностью и ремонтпригодностью.

*Безотказность* — свойство системы непрерывно сохранять работоспособность при выполнении определенного объема работ в заданных условиях эксплуатации.

*Отказом* называют событие, заключающееся в полной или частичной утрате работоспособности оборудования.

Основная задача, связанная с повышением безотказности оборудования, заключается в регулировании, вплоть до полной ликвидации, приработочных и износных отказов и в создании условий для появления минимального числа внезапных отказов, их легкого и быстрого устранения.

*Долговечность* — свойство системы сохранять работоспособность в течение всего периода эксплуатации при установленной системе технического обслуживания и ремонтов.

При исследовании долговечности оборудования прежде всего необходимо определить технически и экономически целесообразные сроки его эксплуатации. Экономически целесообразным пределом эксплуатации оборудования следует считать тот момент, когда предстоящие расходы на капитальный ремонт приближаются к стоимости нового оборудования. Выгоднее приобрести новое оборудование, чем ремонтировать старое, тем более что новое оборудование по качеству всегда превосходит восстановленное и, кроме того, показатели нового оборудования в результате непрерывного технического прогресса значительно выше.

*Ремонтпригодность* — приспособленность системы к предупреждению, отысканию и устранению в ней отказов и неисправностей, что достигается проведением технического обслуживания и ремонтов.

Оборудование может быть ремонтируемым (может быть восстановлено в данных условиях эксплуатации) и неремонтируемым (т. е. не подлежит либо не поддается восстановлению в данных условиях эксплуатации). Неремонтируемое оборудование может иметь только один отказ, так как после первого же отказа оно подлежит замене. Для него понятия безотказности и долговечности практически совпадают, так как при наступлении первого же отказа нарушается безотказность и исчерпывается долговечность.

**Основные направления повышения надежности химического оборудования.** Надежность оборудования рассчитывают и закладывают при проектировании, обеспечивают при изготовлении и поддерживают в условиях эксплуатации.

При *проектировании оборудования* необходимо применительно к условиям эксплуатации выбирать конструкцию оптимальных форм и размеров, требуемой механической прочности и герметичности. Конструкционные материалы выбирают с учетом общих и специальных условий эксплуатации оборудования: давления, температуры, агрессивного воздействия среды и др. При проектировании оборудования стремятся к упрощению кинематических схем, уменьшению действующих в машинах динамических нагрузок, применению средств защиты от перегрузок и т. д.

В процессе *изготовления оборудования* реализуются все основные пути создания надежного оборудования в определенных условиях эксплуатации. К ним относятся: получение заготовок высокого качества; применение современных технологических приемов, обеспечивающих качественное изготовление и сборку оборудования, применение процессов упрочняющей обработки для получения деталей с высоким сопротивлением износу в условиях эксплуатации; повышение точности изготовления деталей и сборки машин и аппаратов и т. д.

В процессе *эксплуатации* надежность оборудования поддерживается строгим соблюдением заданных параметров рабочего режима, качественным обслуживанием и необходимым профилактическим обслуживанием.

Одним из методов повышения надежности является *резервирование*, т. е. введение в систему добавочных (дублирующих) элементов, включаемых параллельно основным, что способствует созданию систем, надежность которых выше надежности входящих в них элементов.

Различают два принципиально различных метода резервирования: *общее*, при котором резервируется весь аппарат, и *раздельное*, когда резервируются отдельные узлы аппарата. Раздельное резервирование при прочих равных условиях обеспечивает больший выигрыш в надежности, чем общее.

Резервирование может быть *постоянным*, при нем резервные аппараты присоединены к основным в течение всего времени работы и работают одновременно с ними, или *замещаемым*, т. е. включаемым временно для замещения основного аппарата в случае его отказа.

Постоянное резервирование становится единственно возможным в тех случаях, когда недопустимы даже кратковременные остановки процесса для перехода с основного аппарата на резервный.

Наряду с достоинствами резервирование имеет и недостатки: оно усложняет оборудование, удорожает его обслуживание, содержание и ремонт и поэтому не всегда экономически выгодно.

Использовать резервирование целесообразно лишь в том случае, когда отсутствуют более простые способы повышения надежности технологического оборудования.

## 11.2. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ К РАБОЧИМ МЕСТАМ, СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ, СРЕДСТВАМ ЗАЩИТЫ И СИГНАЛЬНЫМ УСТРОЙСТВАМ

**Требования к рабочим местам.** Безопасность при работе на производственном оборудовании, его техническом обслуживании, ремонте и уборке обеспечивается соблюдением эргономических требований к конструкции рабочего места, его размерам и взаимному расположению элементов (органов управления, средств отображения информации, вспомогательного оборудования и др.).

Для защиты от неблагоприятных воздействий опасных и вредных производственных факторов в состав рабочего места входит кабина, конструкция которой обеспечивает необходимые защитные функции, включая создание оптимальных микроклиматических условий, удобство выполнения рабочих операций и оптимальный обзор производственного оборудования и окружающего пространства.

Если рабочее место расположено выше уровня пола, предусматриваются площадки, лестницы и перила, конструкция которых исключает возможность падения работающих и обеспечивает удобное и безопасное выполнение трудовых операций, включая операции по техническому обслуживанию.

**Требования к системе управления.** Система управления обеспечивает надежное и безопасное функционирование производственного оборудования на всех режимах работы и исключает создание опасных ситуаций из-за нарушения работающими последовательности управляющих действий.

Рабочие места снабжают надписями, схемами и другими средствами информации о необходимой последовательности управляющих действий.

В зависимости от сложности управления и контроля за режимом работы производственного оборудования система управления включает: средства автоматической нормализации режима работы, автоматического (экстренного) торможения и аварийного останова (выключения), средства сигнализации, если нарушение режима работы может стать причиной создания опасной ситуации и их использование может уменьшить или предотвратить опасность.

Центральный пульт управления технологическим комплексом оборудуют сигнализацией, мнемосхемой или другими средствами отображения информации о нарушениях нормального функционирования всех единиц производст-

венного оборудования, средствами аварийного останова (выключения) и располагают так, чтобы оператор имел возможность контролировать отсутствие людей в опасных зонах технологического комплекса.

Командные устройства системы управления (органы управления) должны быть:

- легко доступны и свободно различимы, обозначены надписями, символами или другими способами;
- сконструированы и размещены так, чтобы исключалось непроизвольное их перемещение и обеспечивалось надежное и однозначное манипулирование, в том числе при использовании работающим средств индивидуальной защиты;
- размещены с учетом требуемых усилий для перемещения, последовательности и частоты использования, а также значимости функций;
- выполнены так, чтобы их форма, размеры и поверхности контакта с работающим соответствовали способу захвата (пальцами, кистью) или нажатия (пальцем, ладонью, стопой);
- расположены вне опасной зоны.

Если требуется повышенная защита работающих, то необходимо:

- блокировать возможность автоматического управления;
- движение элементов конструкции осуществлять только при постоянном приложении усилия работающего к органу управления движением;
- прекращать работу сопряженного оборудования, если его работа может вызвать дополнительную опасность;
- исключать функционирование частей производственного оборудования, не участвующих в осуществлении выбранного режима;
- снижать скорости движущихся частей производственного оборудования, участвующих в осуществлении выбранного режима.

Полное или частичное прекращение энергоснабжения и последующее его восстановление не должны приводить к возникновению опасных ситуаций, в том числе самопроизвольному пуску при восстановлении энергоснабжения; невыполнению уже выданной команды на останов; падению и выбрасыванию подвижных частей производственного оборудования и закрепленных на нем предметов (заготовок, инструмента); снижению эффективности защитных устройств.

**Требования к средствам защиты и сигнальным устройствам.** Конструкция средств защиты должна обеспечивать выполнение ими своего назначения и возможность контроля функционирования производственного оборудования в процессе эксплуатации или при возникновении опасной ситуации. Действие средств защиты должно прекращаться только после того, как закончится действие опасного или вредного производственного фактора. Отказ одного из средств защиты или его элемента не должен приводить к прекращению нормального функционирования других средств защиты.

Средства защиты располагают так, чтобы не ограничивать технологические возможности производственного оборудования и обеспечить удобство эксплуатации и технического обслуживания. Если конструкция средств защиты не может обеспечить все технологические возможности производственного

оборудования, то приоритетным будет требование обеспечения защиты работающего.

Сигнальные устройства, предупреждающие об опасности, выполняют и располагают так, чтобы их сигналы были хорошо различимы и слышны в производственной обстановке всеми лицами, которым угрожает опасность.

Части производственного оборудования, представляющие опасность, окрашивают в сигнальные цвета и обозначают соответствующим знаком безопасности.

## **Глава 12**

# **БЕЗОПАСНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ, РАБОТАЮЩЕГО ПОД ДАВЛЕНИЕМ**

На предприятиях химической промышленности широко применяются аппараты, сосуды и коммуникации, работающие под давлением.

Основная опасность при их эксплуатации заключается в возможности их разрушения при внезапном адиабатическом расширении газов и паров (физический взрыв). При физическом взрыве энергия сжатой среды в течение малого промежутка времени реализуется в кинетическую энергию осколков разрушенного сосуда и ударную волну.

Особенно опасны взрывы сосудов, содержащих горючую среду, так как осколки резервуаров большой массы разлетаются на значительные расстояния и при падении на здания, технологическое оборудование и емкости вызывают разрушения, новые очаги пожара, гибель людей.

Наиболее частые причины аварий и взрывов сосудов, работающих под давлением следующие:

- несоответствие конструкции сосуда максимально допустимому давлению и температуре;
- превышение давления сверх предельного;
- потеря механической прочности (внутренние дефекты металла, коррозия);
- несоблюдение установленного режима работ;
- недостаточная квалификация обслуживающего персонала;
- отсутствие технического надзора.

Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением», утвержденные приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору № 116 от 25.03.2014, содержат требования безопасной эксплуатации оборудования, направлены на обеспечение промышленной безопасности, предупреждение аварий, инцидентов, производственного травматизма на объектах при использовании оборудования, работающего под избыточным давлением более 0,07 мегапаскаля (МПа):

- а) пара, газа (в газообразном, сжиженном состоянии);
- б) воды при температуре более 115°C;
- в) иных жидкостей при температуре, превышающей температуру их кипения при избыточном давлении 0,07 МПа.

## 12.1. СОСУДЫ, РАБОТАЮЩИЕ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

**Сосуд** — герметически закрытая емкость, предназначенная для ведения химических, тепловых и других технологических процессов, а также для хранения и транспортирования газообразных, жидких и других веществ. Границей сосуда являются входные и выходные штуцеры.

**Проектирование** сосудов и их элементов, а также проекты их монтажа или реконструкции выполняются специализированными организациями. Проекты, технические условия и возможные изменения в проекте и нормативных документах на изготовление сосудов согласуются и утверждаются в установленном Госгортехнадзором порядке.

**Конструкция** сосудов должна обеспечивать надежность и безопасность эксплуатации в течение расчетного срока службы и предусматривать возможность проведения технического освидетельствования, очистки, промывки, полного опорожнения, продувки, ремонта, эксплуатационного контроля металла и соединений.

Устройства, препятствующие наружному и внутреннему осмотрам сосудов (мешалки, змеевики, рубашки, тарелки, перегородки и другие приспособления), должны быть съемными. Сосуды должны иметь штуцеры для наполнения и слива воды, а также удаления воздуха при гидравлическом испытании. На каждом сосуде предусматривается вентиль, кран или другое устройство, позволяющее осуществлять контроль за отсутствием давления в сосуде перед его открыванием; при этом отвод среды должен быть направлен в безопасное место.

Конструкция сосудов, обогреваемых горячими газами, предусматривает надежное охлаждение стенок, находящихся под давлением, до расчетной температуры.

Заземление и электрическое оборудование сосудов должны соответствовать «Правилам технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «Правилам техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей».

Сосуды снабжаются необходимым количеством *люков и смотровых лючков*, обеспечивающих осмотр, очистку и ремонт сосудов, а также монтаж и демонтаж разборных внутренних устройств.

Сосуды с внутренним диаметром более 800 мм имеют люки, а с внутренним диаметром 800 мм и менее — лючки.

Люки, лючки располагают в местах, доступных для обслуживания. Крышки люков должны быть съемными.



В сосудах применяются эллиптические, полусферические, торосферические (коробовые), конические, плоские и другие днища.

**Сварные швы** выполняются встык и должны быть доступны для контроля при изготовлении, монтаже и эксплуатации сосудов.

Отверстия для люков, лючков и штуцеров располагают вне сварных швов.

**Материалы**, применяемые для изготовления сосудов, должны обеспечивать их надежную работу в течение расчетного срока службы с учетом заданных условий эксплуатации (расчетное давление, минимальная отрицательная и максимальная расчетная температура), состава и характера среды (коррозионная активность, взрывоопасность, токсичность и др.) и влияния температуры окружающего воздуха.

Для изготовления, монтажа и ремонта сосудов и их элементов применяются основные материалы, качество и свойства которых соответствуют установленным стандартам и ТУ.

**Изготовление, реконструкция, монтаж, наладка и ремонт** сосудов и их элементов выполняются специализированными организациями, располагающими техническими средствами, необходимыми для качественного выполнения работ по технологии, разработанной до начала работ организацией, их выполняющей.

**Сварные соединения** подвергают контролю различными способами, которые гарантируют выявление недопустимых дефектов, их высокое качество и надежность в эксплуатации.

Приемочный контроль изделия, сборочных единиц и сварных соединений выполняется после окончания всех технологических операций, связанных с термической обработкой, деформированием и наклепом металла. Результаты по каждому виду контроля фиксируются в отчетной документации (журналах, формулярах, протоколах, маршрутных паспортах и т. д.).

**Гидравлическое (пневматическое) испытание.** Гидравлическому испытанию подлежат все сосуды после их изготовления.

Сосуды, изготовление которых заканчивается на месте установки, транспортируемые на место монтажа частями, подвергаются гидравлическому испытанию на месте монтажа. Сосуды, имеющие защитное покрытие (изоляцию) или наружный кожух, подвергаются гидравлическому испытанию до наложения покрытия (изоляции) или до установки кожуха.

Гидравлическое испытание сосудов, за исключением литых, проводится пробным давлением  $P_{пр}$ , определяемым по формуле

$$P_{пр} = 1,25m \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]_t},$$

где  $P$  — расчетное давление сосуда, МПа (кгс/см<sup>2</sup>);  $[\sigma]_{20}$ ,  $[\sigma]_t$  — допускаемые напряжения для материала сосуда или его элементов соответственно при 20°C и расчетной температуре, МПа (кгс/см<sup>2</sup>).

Отношение  $\frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]_t}$  принимается по тому из использованных материалов элементов (обечаек, днищ, фланцев, крепежа, патрубков и др.) сосуда, для которого оно является наименьшим.

Гидравлическое испытание деталей, изготовленных из литья, проводится пробным давлением, определяемым по формуле

$$P_{\text{пр}} = 1,5P \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]_t}.$$

Для гидравлического испытания сосудов применяется вода с температурой от 5 до 40°C.

Время выдержки сосуда под пробным давлением зависит от толщины стенки сосуда и составляет от 10 до 30 мин, для литых неметаллических и многослойных сосудов независимо от толщины стенки время выдержки составляет 60 мин.

После выдержки под пробным давлением давление снижается до расчетного, при котором производят осмотр наружной поверхности сосуда, всех его разъемных и сварных соединений.

Сосуд считается выдержавшим гидравлическое испытание, если не обнаружено течи, трещин, слезок, потения в сварных соединениях и на основном металле; течи в разъемных соединениях; видимых остаточных деформаций, падения давления по манометру.

Сосуд и его элементы, в которых при испытании выявлены дефекты, после их устранения подвергаются повторным гидравлическим испытаниям.

Гидравлическое испытание допускается заменять пневматическим в случаях, когда проведение гидравлического испытания невозможно (большое напряжение от веса воды в фундаменте, междуэтажных перекрытиях или самом сосуде; трудность удаления воды; наличие внутри сосуда футеровки, препятствующей заполнению сосуда водой). Пневматическое испытание сосуда проводится сжатым воздухом или инертным газом под контролем методом акустической эмиссии.

При пневматическом испытании применяются дополнительные меры предосторожности: вентиль на наполнительном трубопроводе от источника давления и манометры выводятся за пределы помещения, в котором находится испытываемый сосуд, а люди на время испытания сосуда пробным давлением удаляются в безопасное место.

**Документация и маркировка.** Каждый сосуд поставляется изготовителем заказчику с паспортом и приложенным руководством по эксплуатации. На сосудах указываются:

- товарный знак или наименование изготовителя;
- наименование или обозначение сосуда;
- порядковый номер сосуда по системе нумерации изготовителя;
- год изготовления;

- рабочее, расчетное и пробное давление, МПа;
- допустимая рабочая температура стенки, °С;
- масса сосуда, кг.

**Арматура, контрольно-измерительные приборы, предохранительные устройства.** Для управления работой и обеспечения безопасных условий эксплуатации сосуда в зависимости от назначения оснащаются: запорной или запорно-регулирующей арматурой, приборами для измерения давления и температуры, предохранительными устройствами, указателями уровня жидкости.

*Запорная и запорно-регулирующая арматура* устанавливается на штуцерах, непосредственно присоединенных к сосуду, или на трубопроводах, подводящих к сосуду и отводящих из него рабочую среду. Количество, тип арматуры и места установки выбираются разработчиком проекта сосуда исходя из конкретных условий эксплуатации. На маховике запорной арматуры указывается направление его вращения при открывании или закрывании арматуры.

Каждый сосуд снабжается *манометрами* прямого действия. Манометр устанавливается на штуцере сосуда или трубопроводе между сосудом и запорной арматурой. Манометры должны иметь класс точности не ниже: 2,5 — при рабочем давлении сосуда до 2,5 МПа (25 кгс/см<sup>2</sup>), 1,5 — при рабочем давлении сосуда свыше 2,5 МПа (25 кгс/см<sup>2</sup>). Манометр выбирается с такой шкалой, чтобы предел измерения рабочего давления находился во второй трети шкалы, на которую наносится красная черта, указывающая рабочее давление в сосуде. Манометр устанавливают так, чтобы его показания были отчетливо видны обслуживающему персоналу.

Сосуды, работающие при изменяющейся температуре стенок, снабжаются *термометрами* для контроля скорости и равномерности прогрева по длине и высоте сосуда и *реперами* для контроля тепловых перемещений.

Каждый сосуд снабжается *предохранительными устройствами от повышения давления* выше допустимого значения. В качестве предохранительных устройств применяются: пружинные предохранительные или рычажно-грузовые предохранительные клапаны; импульсные предохранительные устройства (ИПУ); предохранительные устройства с разрушающимися мембранами (мембранные предохранительные устройства — МПУ).

Предохранительные устройства устанавливаются на патрубках или трубопроводах, непосредственно присоединенных к сосуду в местах, доступных для их обслуживания.

При необходимости контроля уровня жидкости в сосудах, имеющих границу раздела сред, применяются *указатели уровня жидкости*, звуковые, световые и другие сигнализаторы и блокировки по уровню. На сосудах, обогреваемых пламенем или горячими газами, у которых возможно понижение уровня жидкости ниже допустимого, устанавливают не менее двух указателей уровня прямого действия. На каждом указателе уровня жидкости отмечают допустимые верхний и нижний уровни.

**Установка сосудов.** Сосуды устанавливают на открытых площадках в местах, исключающих скопление людей, или в отдельно стоящих зданиях. Допускается установка сосудов: в помещениях, примыкающих к производствен-

ным зданиям, при условии отделения их от здания капитальной стеной; в производственных помещениях; с заглублением в грунт при условии обеспечения доступа к арматуре и защиты стенок сосуда от коррозии.

Не разрешается установка сосудов в жилых, общественных и бытовых зданиях, а также в примыкающих к ним помещениях.

Установка сосудов должна обеспечить возможность осмотра, ремонта и очистки их с внутренней и наружной сторон и исключить возможность их опрокидывания.

Для удобства обслуживания сосудов они оборудуются площадками и лестницами.

**Введение в эксплуатацию и постановка на учет.** Решение о вводе в эксплуатацию оборудования под давлением принимает руководитель эксплуатирующей организации на основании результатов проверок готовности оборудования к пуску в работу и организации надзора за его эксплуатацией, проводимых специалистом, ответственным за осуществление производственного контроля за безопасной эксплуатацией оборудования, совместно с ответственным за исправное состояние и безопасную эксплуатацию или комиссией, назначаемой приказом эксплуатирующей организации.

О принятом решении по эксплуатации оборудования под давлением эксплуатирующая организация должна уведомить Ростехнадзор с предоставлением информации о сроках и мерах по обеспечению безопасности эксплуатации оборудования. После принятия решения о вводе в эксплуатацию и пуска (включения) в работу оборудования под давлением эксплуатирующая организация направляет в территориальный орган Ростехнадзора по месту эксплуатации опасного производственного объекта необходимую информацию для осуществления учета оборудования под давлением.

На каждый сосуд после выдачи разрешения на его эксплуатацию краской на видном месте или на специальной табличке наносятся регистрационный номер, разрешенное давление, даты следующих наружного и внутреннего осмотров и гидравлического испытания.

**Техническое освидетельствование.** Сосуды подвергаются техническому освидетельствованию после монтажа, до пуска в работу, периодически в процессе эксплуатации и в необходимых случаях — внеочередному освидетельствованию.

Первичное, периодическое и внеочередное техническое освидетельствование сосудов проводится специалистами организации, имеющей лицензию Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору на проведение экспертизы промышленной безопасности технических устройств (сосудов).

Сосуды, зарегистрированные в органах Ростехнадзора, работающие со средой, вызывающей разрушение и физико-химическое превращение материала (коррозия и т. п.), подвергаются наружному и внутреннему осмотрам раз в 4 года, гидравлическому испытанию — раз в 8 лет.

Наружный и внутренний осмотры имеют целью: при первичном освидетельствовании проверить, что сосуд установлен и оборудован в соответствии

с Правилами, а также, что сосуд и его элементы не имеют повреждений; при периодических и внеочередных освидетельствованиях — установить исправность сосуда и возможность его дальнейшей работы.

Гидравлическое испытание имеет целью проверку прочности элементов сосуда и плотности соединений. Сосуды подвергаются гидравлическому испытанию с установленной на них арматурой.

Перед внутренним осмотром и гидравлическим испытанием сосуд должен быть остановлен, охлажден (отогрет), освобожден от заполняющей его рабочей среды, отключен заглушками от всех трубопроводов, соединяющих сосуд с источником давления или с другими сосудах. Металлические сосуды должны быть очищены до металла. Сосуды, работающие с вредными веществами 1-го и 2-го классов опасности, до начала выполнения внутри каких-либо работ, а также перед внутренним осмотром подвергаются тщательной обработке (нейтрализации, дегазации). Электрообогрев и привод сосуда должны быть отключены.

Внеочередное освидетельствование сосудов, находящихся в эксплуатации, проводится в следующих случаях: если сосуд не эксплуатировался более 12 месяцев; если сосуд был демонтирован и установлен на новом месте; если произведено выправление выпучин или вмятин, а также реконструкция или ремонт сосуда с применением сварки или пайки элементов, работающих под давлением; перед наложением защитного покрытия на стенки сосуда; после аварии сосуда или элементов, работающих под давлением. При проведении внеочередного освидетельствования указывается причина, вызвавшая необходимость в таком освидетельствовании.

Техническое освидетельствование сосудов производится на специальных ремонтно-испытательных пунктах, в организациях-изготовителях, наполнительных станциях, а также в организациях-владельцах, располагающих необходимой базой и оборудованием для проведения освидетельствования. Результаты технического освидетельствования записываются в паспорте сосуда, с указанием разрешенных параметров эксплуатации сосуда и сроков следующих освидетельствований.

Если при освидетельствовании проводились дополнительные испытания, то в паспорте сосуда записывают виды и результаты этих испытаний, а также причины, вызвавшие необходимость их проведения.

Если при освидетельствовании обнаруживаются дефекты, снижающие прочность сосуда, то его дальнейшая эксплуатация разрешается при пониженных параметрах (давление и температура), которая должна быть подтверждена расчетом на прочность. Такое решение записывается в паспорт сосуда лицом, проводившим освидетельствование.

Работа сосуда запрещается, если при техническом освидетельствовании выявляется, что сосуд вследствие имеющихся дефектов или нарушений Правил находится в состоянии, опасном для дальнейшей эксплуатации.

Сосуды, работающие под давлением вредных веществ (жидкости и газов) 1-го и 2-го классов опасности, подвергаются испытанию на герметичность воздухом или инертным газом под давлением, равным рабочему.

При наружном и внутреннем осмотрах должны быть выявлены все дефекты, снижающие прочность сосудов, при этом особое внимание обращается на выявление следующих дефектов:

- на поверхностях сосуда — трещин, надрывов, коррозии стенок (особенно в местах отбортовки и вырезов), выпучин, отдулин (преимущественно у сосудов с «рубашками», а также у сосудов с огневым или электрическим обогревом), раковин (влитых сосудах);
- в сварных швах — дефектов сварки, надрывов, разъеданий;
- в заклепочных швах — трещин между заклепками, обрывов головок, следов пропусков, надрывов в кромках склепанных листов, коррозионных повреждений заклепочных швов, зазоров под кромками клепаных листов и головками заклепок;
- в сосудах с защищенными от коррозии поверхностями — разрушений футеровки, в том числе неплотностей слоев футеровочных плиток, трещин в гуммированном, свинцовом или ином покрытии, скалываний эмали, трещин и отдулин в плакирующем слое, повреждений металла стенок сосуда в местах наружного защитного покрытия.

Гидравлическое испытание сосудов проводится только при удовлетворительных результатах наружного и внутреннего осмотров.

**Надзор, содержание, обслуживание и ремонт.** Для содержания сосудов в исправном состоянии необходимо:

- назначать ответственного за исправное состояние и безопасное действие сосудов; ответственных по надзору за техническим состоянием и эксплуатацией сосудов; необходимое количество лиц обслуживающего персонала, обученного и имеющего удостоверения на право обслуживания сосудов;
- устанавливать порядок по обслуживанию сосудов, наблюдению за оборудованием путем его осмотра, проверки действия арматуры, КИП, предохранительных и блокировочных устройств и поддержания сосудов в исправном состоянии;
- проводить технические освидетельствования, диагностику сосудов в установленных сроки;
- проводить проверку знаний Правил и инструкций по режиму работы и безопасному обслуживанию сосудов, а также их выполнение руководящими работниками, специалистами и персоналом.

**Аварийная остановка сосудов.** Сосуд немедленно останавливают в следующих случаях: если давление в сосуде поднялось выше разрешенного; при выявлении неисправности предохранительных устройств; при обнаружении в сосуде и его элементах неплотностей, выпучин, разрыва прокладок; при неисправности манометра и невозможности определить давление по другим приборам; при снижении уровня жидкости ниже допустимого в сосудах с огневым обогревом; при выходе из строя всех указателей уровня жидкости; при неисправности предохранительных блокировочных устройств; при возникновении пожара, непосредственно угрожающего сосуду. Порядок аварийной остановки сосуда и последующего ввода его в эксплуатацию указывается в инструкции. Причины аварийной остановки сосуда записываются в сменный журнал.

## 12.2.

### БАЛЛОНЫ ДЛЯ СЖАТЫХ, СЖИЖЕННЫХ И РАСТВОРЕННЫХ ГАЗОВ

**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.

В зависимости от физических свойств газы находятся в баллонах под давлением в различных агрегатных состояниях:

- в сжатом — кислород, водород, азот, воздух и др.;
- в сжиженном — хлор, аммиак, пропан, сероводород, диоксид углерода;
- в растворенном — ацетилен.

При эксплуатации баллонов возможны следующие **причины взрывов**:

- повреждение корпуса баллона в случае его падения или удара по нему, особенно при температурах ниже  $-30^{\circ}\text{C}$ , когда повышается хрупкость стали, из которой изготавливается баллон;

- повышение температуры газа в баллоне, которое приводит к повышению давления и разрыву баллона;

- переполнение баллона сжиженными газами, что приводит к повышению давления выше допустимого (для предотвращения переполнения 10 об.% баллона оставляют свободными);

- попадание масел и других жирowych веществ во внутреннюю полость вентилей кислородных баллонов (вентили кислородных баллонов ввертываются на глеть, фольге или с применением жидкого натриевого стекла, т. е. не должны иметь промасленных деталей и прокладок);

- загрязнение водорода (для водородных баллонов) кислородом в количестве более 1 об.% (при кислородно-водородной сварке, при водородной коррозии, а также при накоплении в баллонах окарины).

### УСТРОЙСТВО, МАРКИРОВКА И ОСВИДЕТЕЛЬСТВОВАНИЕ БАЛЛОНОВ

**Устройство.** Баллоны, в которых давление сжатых газов достигает 15 МПа, главным образом изготавливают из цельнотянутых бесшовных стальных труб. Для хранения газа с давлением до 3 МПа допускается применение сварных баллонов.

Баллоны имеют вентили, плотно ввернутые в отверстия горловины. Боковые штуцеры вентилей для баллонов, наполняемых водородом и горючими газами, имеют левую резьбу, а для баллонов, наполняемых кислородом и негорючими газами, — правую резьбу. Вентили баллонов для взрывоопасных горючих веществ, вредных веществ 1-го и 2-го классов опасности снабжаются заглушкой.

На баллоны вместимостью более 100 л устанавливаются предохранительные клапаны.

Для устойчивости в вертикальном положении на нижнюю сферическую часть баллона насаживают стальной бапмак.

**Маркировка.** На верхней сферической части каждого баллона клеймением наносятся следующие данные:

- товарный знак изготовителя;
- номер баллона;
- фактическая масса порожнего баллона (кг);
- дата изготовления и год следующего освидетельствования;
- рабочее давление  $P$ , МПа (кгс/см<sup>2</sup>);
- пробное гидравлическое давление  $P_{пр}$ , МПа (кгс/см<sup>2</sup>);
- вместимость баллонов, л;
- клеймо ОТК изготовителя.

Таблица 12.1

### Краска и нанесение надписей на баллоны

Наименование газа	Окраска баллонов	Текст надписи	Цвет надписи
Азот	Черная	Азот	Желтый
Аммиак	Желтая	Аммиак	Черный
Аргон технический	Черная	Аргон технический	Синий
Ацетилен	Белая	Ацетилен	Красный
Бутан	Красная	Бутан	Белый
Водород	Темно-зеленая	Водород	Красный
Воздух	Черная	Сжатый воздух	Белый
Гелий	Коричневая	Гелий	Белый
Закись азота	Серая	Закись азота	Черный
Кислород	Голубая	Кислород	Черный
Сероводород	Белая	Сероводород	Красный
Углекислота	Черная	Углекислота	Желтый
Фосген	Защитная	Углекислота	Желтый
Фреон	Алюминиевая	Фреон	Черный
Хлор	Защитная	Хлор	Черный
Циклопропан	Оранжевая	Циклопропан	Черный
Этилен	Фиолетовая	Этилен	Красный
Другие горючие газы	Красная	Наименование газа	Белый
Другие негорючие газы	Черная	Наименование газа	Желтый



Наружная поверхность баллонов окрашивается в соответствующий цвет. Окраска баллонов, текст и цвет надписей приведены в таблице. Окраска баллонов и надписи на них могут производиться масляными, эмалевыми или нитрокрасками. Надписи на баллонах наносят по окружности на длину не менее  $\frac{1}{3}$  окружности, а полосы — по всей окружности.

**Освидетельствование баллонов.** Баллоны, находящиеся в эксплуатации, подвергаются периодическому освидетельствованию.

Баллоны, установленные стационарно, а также установленные постоянно на передвижных средствах, в которых хранятся сжатый воздух, кислород, азот, аргон и гелий, обезвоженная углекислота, подвергаются наружному и внутреннему осмотрам и гидравлическому испытанию пробным давлением раз в 10 лет. Все остальные баллоны со средой, вызывающей разрушение и физико-химическое превращение материалов (коррозия и т. п.), подвергаются наружному и внутреннему осмотрам раз в 4 года и гидравлическому испытанию — раз в 8 лет.

Освидетельствование баллонов производится в отдельных, специально оборудованных помещениях. Температура воздуха в этих помещениях должна быть не ниже 12°C. Для внутреннего осмотра баллонов допускается применение электрического освещения с напряжением не выше 12 В.

Освидетельствование баллонов включает:

- осмотр внутренней и наружной поверхности баллона;
- проверку массы и вместимости;
- гидравлическое испытание.

*Осмотр баллонов* производится с целью выявления на их стенках коррозии, трещин, плен, вмятин и других повреждений (для установления пригодности баллонов к дальнейшей эксплуатации). Перед осмотром баллоны тщательно очищают и промывают водой, а в необходимых случаях промывают соответствующим растворителем или дегазируют.

Баллоны, в которых при осмотре наружной и внутренней поверхности выявлены трещины, пленки, вмятины, отдулины, раковины и риски глубиной более 10% от номинальной толщины стенки, надрывы и выпербления, износ резьбы горловины и отсутствуют некоторые паспортные данные, выбраковываются.

*Проверка массы и емкости.* Бесшовные стандартные баллоны вместимостью от 12 до 55 л при уменьшении массы на 7,5% и выше, а также при увеличении их вместимости более чем на 1% бракуются и изымаются из эксплуатации. Объем баллона определяют по разности между весом баллона, наполненного водой, и весом порожнего баллона или при помощи мерных бачков.

Забракованные баллоны независимо от их назначения должны быть приведены в негодность (путем нанесения насечек на резьбе горловины или просверливания отверстий на корпусе), исключаящую возможность их дальнейшего использования.

Баллоны, прошедшие осмотр, проверку массы и емкости, подвергаются гидравлическому испытанию пробным давлением воды, в 1,5 раза превышающим рабочее, в течение 1 мин.

После гидравлического испытания баллоны подвергаются *пневматическому испытанию* давлением воздуха или инертных газов, равным рабочему давлению. При пневматическом испытании баллоны должны быть погружены в ванну с водой на глубину 1 м.

Баллоны, переведенные на пониженное давление, могут использоваться для заполнения газами, рабочее давление которых не превышает допустимое для данных баллонов, при этом на них должны быть выбиты: масса; рабочее давление  $P$ , МПа (кгс/см<sup>2</sup>); пробное давление  $P_{пр}$ , МПа (кгс/см<sup>2</sup>); дата проведенного и следующего освидетельствования и клеймо испытательного пункта.

Наполненные газом баллоны, находящиеся на длительном складском хранении, при наступлении очередных сроков периодического освидетельствования подвергаются освидетельствованию в выборочном порядке в количестве не менее 5 шт. из партии до 100 баллонов, 10 шт. — из партии до 500 баллонов и 20 шт. — из партии свыше 500 баллонов.

При удовлетворительных результатах освидетельствования срок хранения баллонов продлевается, но не более чем на 2 года.

При неудовлетворительных результатах освидетельствования производится повторное освидетельствование баллонов в таком же количестве. В случае неудовлетворительных результатов при повторном освидетельствовании дальнейшее хранение всей партии баллонов не допускается, газ из баллонов удаляют, после чего баллоны должны быть подвергнуты техническому освидетельствованию каждый в отдельности.

## **ЭКСПЛУАТАЦИЯ, ХРАНЕНИЕ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ БАЛЛОНОВ**

При эксплуатации баллонов находящийся в них газ запрещается расходовать полностью. Остаточное давление газа в баллоне должно быть не менее 0,05 МПа (0,5 кгс/см<sup>2</sup>).

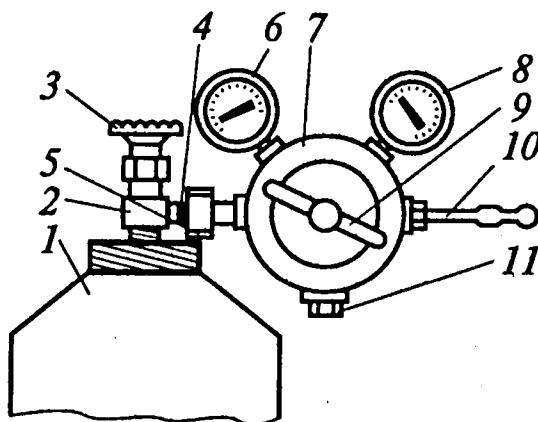
Выпуск газов из баллонов в емкости с меньшим рабочим давлением производится через редуктор, предназначенный для данного газа и окрашенный в соответствующий цвет (рис. 12.1).

Баллоны с газами могут храниться как в специальных помещениях, так и на открытом воздухе, в последнем случае они должны быть защищены от атмосферных осадков и солнечных лучей.

Складское хранение в одном помещении баллонов с кислородом и горючими газами запрещается.

Баллоны с газом, устанавливаемые в помещениях, должны находиться на расстоянии не менее 1 м от радиаторов отопления и других отопительных приборов и печей и не менее 5 м от источников тепла с открытым огнем.

Для безопасного наполнения баллона, с целью исключения его перенаполнения, камера низкого давления редуктора имеет манометр и пружинный предохранительный клапан, отрегулированный на соответствующее разрешенное давление в емкости, в которую перепускается газ.



**Рис. 12.1**

Присоединение редуктора к газовому баллону:

- 1 — газовый баллон; 2 — вентиль; 3 — маховик вентиль; 4 — штуцер;  
 5 — накидная гайка; 6 — манометр высокого давления; 7 — редуктор;  
 8 — манометр низкого давления; 9 — регулировочный винт;  
 10 — патрубок для выхода газа из редуктора;  
 11 — предохранительный клапан.

Запрещается наполнять газом баллоны, у которых: истек срок назначенного освидетельствования или срок проверки пористой массы; поврежден корпус баллона; неисправны вентили; отсутствуют надлежащая окраска или надписи, избыточное давление газа и установленные клейма.

Наполненные баллоны с насаженными на них башмаками хранятся в вертикальном положении. Для предохранения от падения баллоны устанавливают в специально оборудованные гнезда, клетки или ограждают барьером.

Баллоны без башмаков можно хранить в горизонтальном положении на деревянных рамах или стеллажах. При хранении на открытых площадках разрешается укладывать баллоны с башмаками в штабеля с прокладками из веревки, деревянных брусьев или резины между горизонтальными рядами. При этом высота штабелей не должна превышать 1,5 м. Вентили баллонов должны быть обращены в одну сторону.

Хранят баллоны в одноэтажных складских помещениях с покрытиями легкого типа, без чердаков, окна и двери которых открываются наружу. Стены, перегородки, покрытия складов выполняются из негорючих материалов не ниже II степени огнестойкости. Для окон и дверей используют матовые стекла или закрашенные белой краской. Высота складских помещений должна быть не менее 3,25 м.

Полы складов должны быть ровные с нескользкой поверхностью, а складов для баллонов с горючими газами — с поверхностью из материалов, исключаящих искрообразование при ударе о них какими-либо предметами.

В складах вывешивают инструкции, правила и плакаты по обращению с баллонами, находящимися на складе.

Склады для баллонов оборудуют естественной или искусственной вентиляцией в соответствии с требованиями санитарных норм проектирования.

Склады для баллонов с взрыво- и пожароопасными газами располагают в зоне молниезащиты.

Складское помещение для хранения баллонов разделяется несгораемыми стенами на отсеки, в каждом из которых допускается хранение не более 500 баллонов (40 л) с горючими или ядовитыми газами и не более 1000 баллонов (40 л) с негорючими и неядовитыми газами.

Отсеки предусматривают открытые проемы для прохода людей и для средств механизации. Каждый отсек имеет самостоятельный выход наружу.

Перевозка наполненных газами баллонов производится на рессорном транспорте или на автокарах в горизонтальном положении обязательно с прокладками между баллонами. В качестве прокладок применяются деревянные бруски с вырезанными гнездами для баллонов, а также веревочные или резиновые кольца толщиной не менее 25 мм (по два кольца на баллон) или другие прокладки, предохраняющие баллоны от ударов друг о друга. Все баллоны во время перевозки укладываются вентилями в одну сторону.

Разрешается перевозка баллонов в специальных контейнерах, а также без контейнеров в вертикальном положении обязательно с прокладками между ними и ограждением от возможного падения.

Транспортирование и хранение баллонов производится с навернутыми колпаками.

## **АЦЕТИЛЕНОВЫЕ БАЛЛОНЫ**

Конструкция баллонов для растворенного ацетилена в целях безопасной эксплуатации предусматривает их заполнение пористой массой и растворителем. В качестве пористой массы используют активированный уголь, в качестве растворителя — ацетон. После заполнения баллонов пористой массой и растворителем на его горловине выбивается масса тары (масса баллона с пористой массой и растворителем, башмаком, кольцом и вентилем).

Баллоны для ацетилена подвергаются пневматическому испытанию в организациях, наполняющих баллоны пористой массой.

Освидетельствование баллонов для ацетилена производится на ацетиленовых наполнительных станциях не реже чем через 5 лет и состоит из осмотра наружной поверхности, проверки пористой массы и проведения пневматического испытания.

Состояние пористой массы в баллонах для ацетилена проверяется на наполнительных станциях не реже чем раз в 24 месяца. При удовлетворительном состоянии пористой массы на каждом баллоне выбивается: год и месяц проверки пористой массы; клеймо наполнительной станции; клеймо с изображением букв Пм, удостоверяющее проверку пористой массы.

Баллоны для ацетилена, наполненные пористой массой, при освидетельствовании испытывают азотом под давлением 3,5 МПа (35 кгс/см<sup>2</sup>). Чистота азота должна быть не ниже 97% по объему. При этом баллон должен быть погружен в воду на глубину 1 м.

### 12.3. КОМПРЕССОРЫ

Компрессоры используются для сжатия и перемещения воздуха, различных газов и их смесей.

По принципу действия компрессоры подразделяются на центробежные и поршневые. **Центробежные компрессоры** применяются в основном для компримирования больших объемов газа до давления 3 МПа; **поршневые компрессоры** — для создания более высоких давлений.

**Источники опасности при сжатии газов.** Основные источники опасности при эксплуатации компрессорных установок:

- повышение давления и температуры сжимаемого газа сверх допустимых;
- утечка сжимаемых газов через неплотности в оборудовании; отложение смазочных масел и продуктов их разложения на стенках цилиндров компрессоров.

Опасность эксплуатации компрессорных установок в значительной степени определяется физико-химическими и пожаро- и взрывоопасными свойствами сжимаемых и транспортируемых газов.

Требования безопасности, предъявляемые к конструкции компрессорного оборудования и правильной его эксплуатации, определены ПБ 03-581-03 «Правила устройства и безопасной эксплуатации стационарных компрессорных установок, воздухопроводов и газопроводов», ПБ 03-582-03 «Правила устройства и безопасной эксплуатации установок с поршневыми компрессорами, работающими на взрывоопасных и вредных газах» и другими нормативными документами.

Воздушные компрессоры представляют большую опасность, чем газовые, так как в них возможно образование взрывоопасных смесей в результате смешения даже с небольшими количествами горючих газов, попавших в компрессорную установку с забираемым воздухом, или смешения продуктов разложения смазочных масел с кислородом сжимаемого воздуха. Поэтому воздух забирают из зоны, не содержащей примесей горючих газов и пыли, на высоте не менее 2–3 м от уровня земли и очищают в фильтрах различной конструкции.

При компримировании газа взрывоопасная смесь может образоваться при значительном разбавлении газа воздухом, что происходит только в результате аварии компрессорной установки.

Повышение давления сжимаемого газа сверх допустимого может привести к разрыву отдельных элементов компрессорной установки. С возрастанием давления понижается также температура вспышки смазочного масла.

При сжатии воздуха, если его не охлаждать, температура внутри цилиндра компрессора по мере повышения давления возрастает. Зависимость избыточного давления и температуры следующая:

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 высокой температуре уменьшается вязкость смазочного масла, оно распыляется, усиливается его термическое разложение: выделяются водород, предельные и непредельные легкие углеводороды, в том числе и ацетилен, образующие с воздухом взрывоопасные смеси. При разложении смазочного масла на стенках цилиндра компрессора, клапанных устройствах и нагнетательных трубопроводах откладываются твердые продукты разложения (технический углерод, смолы, кокс, асфальтены и др.), образующие «нагар». Присутствие в сжимаемом газе пыли, окалина и продуктов коррозии резко усиливает образование нагара, увеличивает трение, местные перегревы, которые могут привести к взрыву.

Смазочные масла при высокой температуре частично испаряются, а при излишне обильной смазке распыляются в сжимаемом воздухе в виде мельчайших брызг — тумана, образуя с воздухом взрывоопасные смеси.

Применение качественной смазки и надежное охлаждение компрессоров — основные требования их безопасной эксплуатации.

**Система смазки и смазочные масла.** Правилами предусмотрена подача масла под давлением циркуляционными принудительными системами. Циркуляционная система смазки и промывки имеет фильтрующие устройства для очистки масла от примесей. Для контроля давления масла в системе предусматривается установка манометра и клапанов. Все линии подачи масла в системе смазки цилиндров и сальников снабжаются обратными клапанами.

Характеристика смазочных масел, применяемых в компрессорах (температура вспышки, вязкость, термическая устойчивость), должна удовлетворять требованиям Правил.

Для смазки цилиндров и сальников газовых компрессоров применяются масла с температурой вспышки не менее чем на 20°C выше температуры нагнетаемого газа. Как правило, температура вспышки компрессорных смазочных масел больше 200°C, а температура самовоспламенения не менее 400°C.

**Система охлаждения компрессорных установок.** Для предотвращения повышения температуры сжимаемого газа сверх допустимой, а следовательно, для обеспечения безопасной работы компрессорные установки снабжаются надежной системой воздушного или водяного охлаждения (в зависимости от производительности и рабочего давления).

Температура сжимаемого газа, как уже отмечалось, не должна превышать температуру вспышки компрессорных масел. Поэтому температура сжатого газа в одноступенчатых компрессорах не должна превышать 160°C, а в многоступенчатых — 140°C. При многоступенчатом сжатии устанавливают промежуточные выносные холодильники для газа после каждой ступени сжатия.

Для компрессорных установок применяется открытая циркуляционная система охлаждения, в которой отработанная вода сливается без давления в общую сливную воронку. Это необходимо для наблюдения за циркуляцией воды и ее температурой.

Система охлаждения компрессорных установок оборудуется водоочистителями.

**Предохранительные устройства.** К предохранительным устройствам, которыми оборудуются компрессорные установки, относятся предохранительные клапаны, предохранительные мембраны и обратные клапаны.

Для нормальной и безопасной работы компрессора на всех ступенях сжатия устанавливаются *предохранительные клапаны*.

В тех случаях, когда предохранительный клапан не может надежно работать, установка снабжается *предохранительной мембраной*. Предохранительная мембрана устанавливается перед предохранительным клапаном.

Предохранительные клапаны устанавливаются до запорной арматуры и до обратного клапана.

**Контрольно-измерительные приборы и системы автоматизации.** Для обеспечения безаварийной работы компрессорные установки снабжаются термометрами, манометрами, расходомерами и др., которые должны обеспечивать постоянный контроль за температурой и давлением.

Температуру замеряют ртутными термометрами (в металлическом кожухе), логометрами, милливольтметрами, электронными автоматическими мостами и потенциометрами.

Для замера давлений применяют пружинные манометры. Манометры высокого давления на линиях подвода взрывоопасных и токсичных газов оборудуются автоматически действующими запорными клапанами, а также защитными приспособлениями, препятствующими поражению персонала осколками в случае разрушения манометров.

Автоматизированные компрессорные установки, работающие на взрывоопасных и токсичных газах, имеют приборы, сигнализирующие о появлении механических неисправностей и отключающие устройства. Они должны обеспечивать в необходимых случаях остановку двигателя компрессора или не допускать его включения.

Предусматривается звуковая или световая сигнализация о нарушении эксплуатационных параметров.

Одним из важных аспектов обеспечения безопасности является защита компрессоров при перегрузке и поломках, поэтому в химических производствах помимо обычных блокировок используются также специальные системы защиты при механических неисправностях.

**Специальные требования безопасности.** В зависимости от компримированных газов возникает необходимость соблюдения специальных требований безопасности.

Необходимое условие безопасной эксплуатации газовых компрессоров — контроль состояния их герметичности с помощью сигнализаторов горючего газа, связанных с аварийной вентиляцией в помещении компрессорной.

Обеспечению герметичности уделяется основное внимание при работе *водородных компрессоров*, так как нижний концентрационный предел распространения пламени очень низок (4 об.%) и даже небольшие выделения водорода могут создать в помещении взрывоопасную среду.

При сжатии *кислорода* необходимо исключить его контакт с любыми видами смазочных масел, так как они быстро окисляются и воспламеняются. По-

этому для смазки используют водоглицериновую эмульсию, фторопластовые органические и другие смазки, не окисляющиеся кислородом.

Особые требования безопасности предъявляются к *ацетиленовым компрессорам*, обладающим способностью к взрывному распаду с повышением температуры. Безопасность обеспечивается рядом специальных мер: используют преимущественно поршневые компрессоры с медленным ходом поршня (не более 0,7 м/с), создающим давление до 0,2–0,4 МПа, усиленным охлаждением — температура газа не должна превышать 100–110°C. Арматура и контрольно-измерительные приборы ацетиленовых компрессоров не должны содержать детали, изготовленные из меди (и ее сплавов), серебра или с применением серебряных припоев, так как ацетилен при взаимодействии с этими веществами образует ацетилениды, обладающие взрывоопасными свойствами.

В компрессорах для сжатия *хлора* в качестве смазки используют концентрированную серную кислоту, так как обычные смазочные масла в атмосфере хлора подвергаются хлорированию.

Для сглаживания пульсаций давления сжатого воздуха или газа между поршневым компрессором и магистралью устанавливают буферные емкости (воздухо- или газосборники). Емкости устанавливают вне помещений на открытой ограждаемой площадке, они оснащены кранами для спуска воды и масла, манометрами и предохранительными клапанами, имеют лазы и люки для очистки. Между буферной емкостью и компрессором устанавливают обратный клапан.

При эксплуатации поршневых компрессоров следует предусмотреть их защиту от атмосферных воздействий и постоянное наблюдение обслуживающего персонала за их работой.

Эксплуатация компрессоров в закрытых производственных помещениях потенциально более опасна, и необходимо принимать специальные меры, предупреждающие образование взрывоопасных концентраций горючих паров и газов, а также для защиты персонала от тепловых поражений и осколков в случае аварии.

Возможные решения этого: вынос максимально возможной части оборудования, арматуры, коммуникаций во вспомогательные помещения, на открытые площадки, рациональная планировка и вентиляция машинного зала.

Выбор способов вентиляции определяется планировочными решениями. Предпочтение отдается естественной вентиляции. Однако эффективная естественная вентиляция возможна только при большой степени раскрытия зданий. При малых степенях раскрытия необходимо использование принудительной приточно-вытяжной вентиляции.

Для защиты персонала от возможных последствий предусматриваются специальные зоны обслуживания, или так называемые коридоры управления, куда выносят приборные щиты, пульты дистанционного управления и ручные органы управления отсекающей арматурой, расположенной снаружи здания компрессорной. Зона обслуживания проходит обычно вдоль машинного зала в стороне от оборудования и ограждается от машинного зала защитным экраном. При необходимости непосредственного обслуживания оборудования высокого



давления практикуют использование специальных кабин. Персонал обеспечивается касками, защитными очками и теплостойкой одеждой.

Перечисленные меры дают все же ограниченные результаты, так как в основе своей направлены на уменьшение последствий опасных факторов, а не на их ликвидацию. Кардинально решить проблему безопасности компрессорных установок можно только заменой поршневых компрессоров центробежными. В этом случае будут обеспечены условия для выноса всего оборудования на наружные установки, а также ликвидируются источники колебаний давления в системе.

## 12.4. ГАЗГОЛЬДЕРЫ

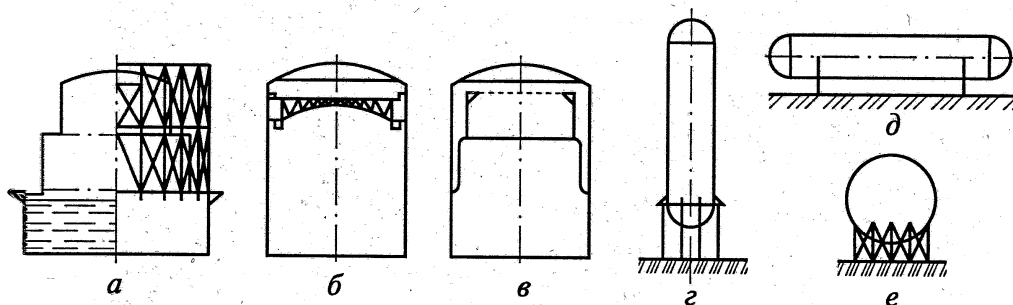
Газгольдеры представляют собой резервуары, предназначенные для хранения газов, распределения их по потребителям, выравнивания давления газа в замкнутой газораспределительной системе и др.

**Газгольдеры** — сложные инженерные сооружения, снабженные специальными устройствами для регулирования основных параметров хранимых газов (количества, давления, температуры, состава и др.).

В зависимости от рабочего давления газгольдеры подразделяются на два класса:

*I класс* — газгольдеры низкого давления — рабочее давление от 1,7 до 4 кПа, характеризуются переменным рабочим объемом, а давление газа в процессе наполнения или опорожнения остается неизменным;

*II класс* — газгольдеры высокого давления — рабочее давление от 0,07 до 3,0 МПа и выше, геометрический объем остается постоянным, а давление при наполнении изменяется в пределах, определяемых параметрами технологического процесса, а также прочностью и надежностью сооружения.



**Рис. 12.2**

Газгольдеры низкого (а–в) и высокого (г–е) давления:

а — мокрый с вертикальными направляющими; б — сухой поршневого типа;

в — сухой с гибкой секцией (мембраной);

г — вертикальный цилиндрический;

д — горизонтальный цилиндрический; е — сферический.

Изотермические газгольдеры по принципу работы относятся к газгольдерам высокого давления, хотя их рабочее давление может значительно колебаться (от нескольких килопаскалей до нескольких сотен килопаскалей) и зависит от максимально допустимой температуры хранения продукта в сосуде.

**Газгольдеры низкого давления** (рис. 12.2а–в) в соответствии с технологическими и конструктивными особенностями разделяются на две группы: мокрые с вертикальными направляющими и сухие — поршневого типа и с гибкой секцией (мембраной).

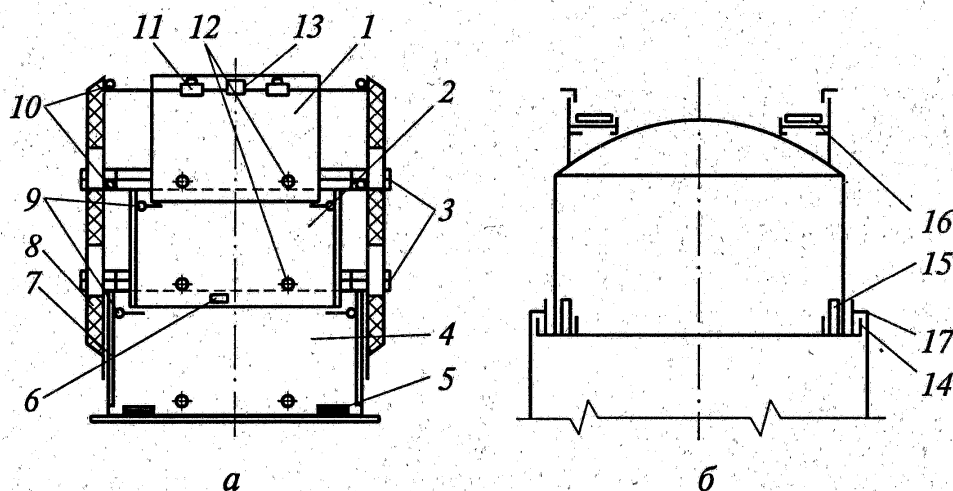
**Газгольдеры высокого давления** (рис. 12.2г–е) могут быть цилиндрическими (вертикальными и горизонтальными), а также сферическими.

Газгольдеры, предназначенные для хранения горючих газов, являются объектами повышенной опасности.

**Мокрые газгольдеры** широко применяют на предприятиях химической промышленности, что обусловлено простотой их конструкции и надежностью эксплуатации.

Мокрые газгольдеры (объемом от 100 до 3000 м<sup>3</sup>) с вертикальными направляющими применяют для хранения газов, не вызывающих усиленной коррозии металла (аргона, азота, кислорода, водорода, аммиака, метана, оксида и диоксида углерода, ацетилена, природного газа и др.).

Мокрый газгольдер (рис. 12.3) состоит из наземного стального резервуара для воды (водяного бассейна), расположенного на фундаменте, и подвижных звеньев для газа — колокола (резервуар без дна) и телескопа (резервуара без дна и крышки).



**Рис. 12.3**

Схема мокрого газгольдера при высшем положении колокола и телескопа (а) и размещение догрузки (б):

- 1 — колокол; 2 — телескоп; 3 — кольцевые площадки с перилами; 4 — резервуар; 5 — подставки; 6 — переливной карман; 7 — вертикальная направляющая (внутренняя); 8 — вертикальная направляющая (внешняя); 9 — нижние ролики; 10 — верхние ролики; 11 — колпак; 12 — линзы; 13 — люки; 14 — нижний гидрозатвор колокола; 15 — чугунные грузы; 16 — бетонные грузы; 17 — верхний гидрозатвор колокола.

Передвижные звенья (телескоп и колокол) газгольдера вертикально перемещаются по 17 внешним и внутренним направляющим, на которые они опираются при помощи верхних и нижних роликов. При наполнении газгольдера колокол под давлением газа поднимается и, захватывая своим нижним гидрозатвором обратный верхний гидрозатвор, поднимает телескоп. Нижний гидрозатвор колокола захватывает воду из водяного бассейна, в результате чего образуется газонепроницаемый гидравлический затвор.

Нижний и верхний гидрозатворы являются соединительными конструкциями между подвижными звеньями и работают как основные элементы уплотнения между ними.

Подвижные звенья создают и поддерживают заданное давление газа в газгольдере от 1,25 до 2,4 кПа. Для создания в газгольдере давления газа 4 кПа колокол догружают по нижнему кольцу чугунными грузами, по верхней площадке — бетонными грузами.

К предохранительным устройствам мокрых газгольдеров относятся:

- перепускное устройство на крыше колокола (центральная продувочная труба на центральном люке крыши колокола);
- гидравлический затвор в камере газового ввода (предназначен для отключения газгольдера от межцеховых газопроводов при ремонте);
- автоматическое устройство для сброса газа из газгольдера в атмосферу при его переполнении;
- блокировка положения колокола по «предмаксимуму» с автоматическим устройством для сброса газа «на свечу» для его сжигания (если сброс газа в атмосферу запрещен) или прекращения его подачи в газгольдер;
- молниезащита (газгольдеры для горючих газов по молниезащите относятся ко II категории);
- защита от статического электричества;
- огнепреградители на трубах сброса газа в атмосферу.

Для обеспечения нормальной эксплуатации и предотвращения аварий при опорожнении и переполнении газгольдера предусматриваются приборы дистанционного измерения объема газа в газгольдере, ступенчатая сигнализация (световая и звуковая) положения колокола в газгольдере, т. е. степени заполнения газгольдера газом, автоматические отключатели электродвигателя машин, забирающих газ из газгольдера при минимальном объеме газа в газгольдере.

Причинами аварий и взрывов при эксплуатации газгольдеров для горючих газов могут быть образование вакуума; образование взрывоопасных газозвоздушных смесей; утечки газа из газгольдера и системы трубопроводов; замерзание воды в гидрозатворе и образование ледяной корки на стенках резервуара.

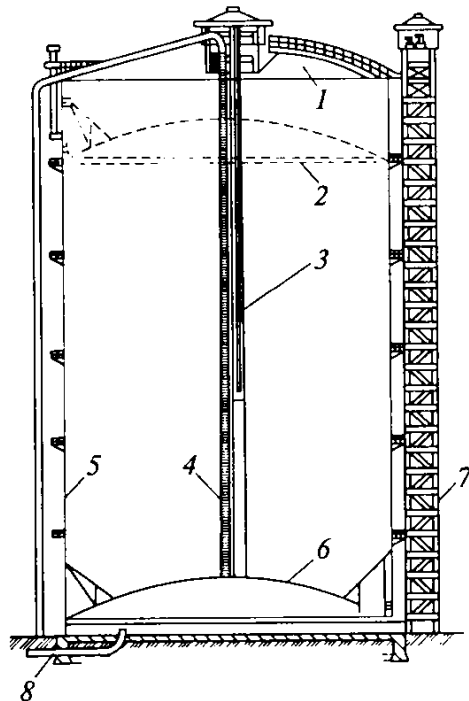
*Образование вакуума* и, как следствие, появление остаточных деформаций металлоконструкций может произойти во время изготовления, испытания и эксплуатации газгольдера. Причиной могут быть неправильный подбор металла, просадка основания, некачественное изготовление днища резервуара. Образование вакуума возможно также при неправильно организованном испытании газгольдера, и при этом могут разрушаться стойки и кровля.

**Образование взрывоопасных газовоздушных смесей.** Газовоздушная смесь может образоваться внутри системы при разрежении, возникающем вследствие длительного простоя газгольдера, полного его опорожнения, усиленного отбора газа и др. Для предотвращения этого перед пуском газгольдер продувают инертным газом в строгом соответствии с технологической инструкцией. Только после этого его можно заполнять рабочим газом.

**Утечка газа из газгольдеров и системы трубопроводов** в большинстве случаев происходит при переполнении газгольдера горючим газом сверх допустимого предела: при отсутствии (или неисправности) сигнализации, срабатывающей при изменении объема газа, автоматического устройства для сброса газа в атмосферу, блокировочных устройств, автоматически прекращающих подачу газа в газгольдер при достижении максимального уровня. Газ может просочиться через затворы при повышении давления сверх допустимого, быстром наполнении газгольдера, перекосах колокола, телескопических звеньев, утечке воды из резервуара и затворов.

С целью исключения аварийных ситуаций газгольдеры взрывоопасных газов оборудуются схемами утилизации и сжигания при внезапных сбросах газов из системы; в камерах для ввода газа устанавливаются газоанализаторы взрывоопасных газов с выводом сигналов в помещение управления.

**Сухие газгольдеры** предназначены для хранения газов, не допускающих увлажнения. К газгольдерам этой группы относятся конструкции поршневого типа, а также газгольдеры с гибкой секцией.



**Рис. 12.4**

Схема сухого цилиндрического газгольдера:

1 — площадка фонаря; 2 — шайба в верхнем положении; 3 — подъемная клетка; 4 — цепная лестница; 5 — обшивка толщиной 5 мм; 6 — шайба на опорах; 7 — наружный подъемник; 8 — патрубок для подвода газа.

**Сухие газгольдеры поршневого типа.** Газгольдер состоит из цилиндрического стального корпуса, поршня (шайбы) и стальной кровли (рис. 12.4).

Газ подается под поршень газгольдера, в результате чего поршень поднимается на определенную высоту. Для предотвращения перетекания газа в объем корпуса над поршнем используется специальное уплотняющее устройство. Газонепроницаемость затвора обеспечивается специальным маслом с низкой температурой застывания. Надпоршневое пространство газгольдера вентилируется через центральный фонарь.

**Сухие газгольдеры с гибкой секцией.** В стальном цилиндрическом корпусе находится перемещающаяся по высоте шайба. Между корпусом и шайбой расположена гибкая секция (мембрана) из прорезиненной ткани, герметически прикрепленная как к резервуару, так и к подвижной шайбе. Под давлением газа шайба поднимается, при выпуске газа — опускается, выдавливая газ из газгольдера.

**Газгольдеры высокого давления** (цилиндрические и сферические) широко применяются для хранения сжиженных углеводородных газов.

Для хранения сжиженных газов (аммиака, хлора, этиленхлорида) в объеме до 200 м<sup>3</sup>, как правило, применяются горизонтальные цилиндрические резервуары. Для хранения бутана, пропана и других газов чаще всего используют шаровые (сферические) резервуары. Выбор вида резервуара связан с капитальными вложениями и эксплуатационными расходами, зависящими от геометрического объема и конструкции резервуаров.

Газгольдеры высокого давления для горючих газов имеют сравнительно небольшую емкость. Учитывая свойства хранимых газов и условия эксплуатации, эти газгольдеры весьма пожаро- и взрывоопасны. Потери газа (утечка) при хранении в газгольдерах составляют более 2% от их оборачиваемости. При утечках появляется опасность образования газоздушных смесей, приводящих к взрыву на территории и в районе размещения газгольдеров. Поэтому к устройству складов, где хранятся сжиженные газы в газгольдерах, предъявляются повышенные требования безопасности.

Для безопасной эксплуатации газгольдеры высокого давления снабжаются контрольно-измерительными приборами и арматурой, в качестве которых используют предохранительные клапаны, манометры для замера давления паровой фазы, указатели уровня и сигнализаторы предельного верхнего уровня жидкой фазы, термометры для контроля температуры жидкой фазы, запорные устройства для отключения резервуара от трубопроводов для приема и отпуска сжиженных газов, отсоса и подачи паровой фазы, отбора проб жидкой и паровой фаз, люки для входа обслуживающего персонала в резервуар и его вентиляции, устройства для вентиляции и продувки инертным газом, паром или воздухом и устройства для удаления из него промывных стоков воды и тяжелых остатков.

**Изотермические газгольдеры.** При хранении больших объемов углеводородных газов наиболее эффективны подземные газохранилища. В нашей стране широкое распространение получило хранение газов (метана, сжиженных углеводородных газов, этилена, аммиака, этана) в изотермических газгольде-

рах. Сжиженные газы находятся в режиме хранения, при котором поддерживаются постоянные условия путем регулирования двух параметров — температуры и давления. Изотермическое хранилище для сжиженных газов оснащают насосами для перекачки газов и холодильной установкой.

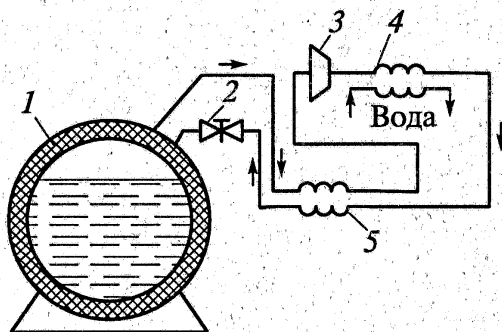
*Низкотемпературное изотермическое хранение* сжиженных газов достигается путем искусственного снижения давления паров хранимых продуктов охлаждением их до температуры кипения. В таком состоянии сжиженные газы можно хранить при атмосферном давлении. В соответствии с этим и определяется толщина стенок резервуаров: достаточно, чтобы стенки выдерживали гидростатическое давление залитого продукта. При таком способе хранения сокращается расход металла в 6–15 раз (в зависимости от хранимого продукта и объема резервуара) по сравнению с хранением под давлением.

Преимущества низкотемпературного изотермического хранения: уменьшение геометрических объемов резервуара в связи с повышением плотности продукта при низкой температуре; отсутствие потерь продукта в результате испарения при хранении; хранение продукта при постоянных параметрах (независимо от климатических условий); уменьшение пожаро- и взрывоопасности.

Низкая температура оказывает ингибирующее действие на интенсивность процесса горения. При низкотемпературном изотермическом хранении снижается вероятность утечек сжиженных углеводородных газов, что также способствует уменьшению пожаро- и взрывоопасности.

В связи с этим уменьшается потребность в арматуре, коммуникациях, контрольно-измерительных приборах.

Схема низкотемпературного изотермического хранилища изображена на рисунке 12.5. В тонкостенном теплоизолированном сосуде сжиженный газ хранится при температуре, соответствующей атмосферному давлению. В результате нагрева сосуда теплом из окружающей среды часть продукта испаряется. Пары проходят через теплообменник и после сжатия компрессором поступают в конденсатор, где нагретые и сжатые пары охлаждаются и конденсируются. Сконденсированная жидкость дополнительно охлаждается в теплообменнике встречными холодными парами и через дроссель, снижающий давление сжиженного газа до давления в сосуде, поступает в него.



**Рис. 12.5**

Схема низкотемпературного хранилища сжиженных газов:  
1 — сосуд; 2 — дроссель; 3 — компрессор; 4 — конденсатор;  
5 — теплообменник.

Для *изотермического хранения сжиженных газов под давлением* используют шаровые резервуары, которые имеют значительные объемы, что сокращает расход металла и стоимость хранения, более безопасны в эксплуатации. При изотермическом хранении сжиженные газы *периодически захлаживают*, в результате чего холодильные установки имеют меньшую мощность. Сферические теплоизолированные резервуары рассчитаны на давление до 1 МПа, их минимальный объем составляет до 600 м<sup>3</sup>.

**Средства контроля и автоматизации** обеспечивают измерение необходимых параметров (расход и приход продукта, давление, температура и уровень); сигнализацию об изменениях давления и уровня, а также заданного эксплуатационного режима; защиту газгольдера от переполнения, повышения уровня вакуума; измерения напряжения в корпусе газгольдера.

## 12.5. ТРУБОПРОВОДЫ

Сеть трубопроводов является источником повышенной опасности; так как вследствие тяжелых условий эксплуатации происходит разрушение материала труб и разгерметизация фланцевых соединений, а из-за большой протяженности и разветвленности сети контроль за ее состоянием затруднен.

Материалом для трубопроводов, используемых в химической промышленности, служат чугун, углеродистые и легированные стали, медь и ее сплавы, свинец, титан, алюминий, фосфор, стекло, резина, пластические массы, углеграфитовые и другие материалы.

Такое разнообразие применяемых материалов обусловлено различием условий, в которых работают трубопроводы. Основные факторы, определяющие выбор материалов для труб и арматуры, — механическая прочность, стойкость к воздействию высоких и низких температур, а также коррозионная стойкость.

Согласно руководству по безопасности «Рекомендации по устройству и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов», утвержденные приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору № 784 от 27.12.2012, все технологические трубопроводы до 10 МПа в зависимости от класса опасности передаваемой по ним среды подразделяются на группы (А, Б, В) и в зависимости от рабочих параметров среды (давления и температуры) — на пять категорий (I–V). Так, к группе А относятся трубопроводы, транспортирующие вещества с токсичным действием 1–3-го классов опасности, к группе Б — трубопроводы, транспортирующие горючие, в том числе сжиженные, газы, легковоспламеняющиеся и горючие жидкости, к группе В — трудногорючие и негорючие вещества.

Безопасность и надежность эксплуатации трубопроводных сетей обеспечивается и зависит от выбора составляющих их элементов, правильной прокладки, качественного монтажа, постоянного контроля состояния самих трубопроводов и установленной на них арматуры, своевременного ремонта и должна предусматривать:

- возможность использования подъемно-транспортных средств и непосредственного наблюдения за техническим состоянием и выполнением всех видов работ по контролю, термической обработке швов и испытанию;
- безопасность и надежность эксплуатации;
- разбивку на технологические узлы и блоки;
- изоляцию и защиту трубопроводов от коррозии, вторичных проявлений молнии и статического электричества;
- наименьшую протяженность трубопровода;
- исключение провисания и образования застойных зон;
- возможность самокомпенсации температурных деформаций трубопровода.

**Прокладку трубопроводов** рекомендуется осуществлять по проекту в соответствии с нормативно-технической документацией по промышленной безопасности.

Трубопроводы в зависимости от их назначения и условий эксплуатации прокладывают различными способами: *подземным* — в проходных каналах (тоннелях), в непроходных каналах и непосредственно в грунт; *наземным* — на опорах, *надземным* — на эстакадах, стойках, по колоннам и стенам зданий.

Наиболее часто используют наземную и надземную прокладку, так как срок службы трубопроводов при такой прокладке больше примерно в 2,5 раза, чем при подземной. Кроме того, при наземной и надземной прокладке уменьшаются капитальные затраты и эксплуатационные расходы, обеспечивается возможность постоянного наблюдения за состоянием трубопроводов, облегчается их монтаж и ремонт.

Прокладка в грунте трубопроводов, предназначенных для транспортирования чрезвычайно- и высокоопасных вредных веществ и дымящих кислот, запрещена. Трубопроводы с горючими (в том числе сжиженными) газами, легко воспламеняющимися и горючими жидкостями разрешается прокладывать под землей только в проходных каналах, оборудованных надежной вентиляцией, люками.

Трубопроводы укладываются на опоры, расстояние между которыми определяется диаметром и материалом труб, а также массой трубопровода (вместе с транспортируемой средой и изоляцией). Для стальных труб с условным проходом до 250 мм расстояние между опорами составляет 3–6 м.

Для крепления трубопроводов, не требующих компенсирующих устройств, применяют простейшие подвески, хомуты и скобы.

Трубопроводы из хрупких и пластичных материалов укладывают в сплошных лотках или на сплошных основаниях для предохранения от провисания и разрушения.

Свободная высота эстакад при прокладке надземных трубопроводов составляет 2,2 м для пешеходных дорог и 5 м для автомобильных дорог.

При прокладке нескольких трубопроводов трубопроводы с химически активными веществами необходимо располагать ниже других. Трубопроводы для хлора и азотной кислоты и органических легкоокисляемых веществ не следует прокладывать рядом.



Трубопроводы следует прокладывать с некоторым уклоном, но избегая пониженных участков (гидравлических «мешков») и тупиков, в которых могут скапливаться продукты. Газопроводы, транспортирующие конденсирующиеся газы или газы, содержащие пары воды, имеют *дренажные устройства*, предназначенные для отвода конденсата или воды.

Фланцевые соединения трубопроводов располагают в местах, доступных для их монтажа и ремонта, и оснащают защитным кожухом, предохраняющим персонал от ожогов при прорыве жидкости наружу в случае повреждения прокладки. Кожух негерметичен, он только гасит напор и исключает выброс струи жидкости под давлением. Фланцевые соединения трубопроводов с агрессивными химическими веществами нельзя располагать над проходами, постоянными рабочими местами, над электрооборудованием.

Внутрицеховые трубопроводы пожаро- и взрывоопасных производств независимо от их назначения должны быть заземлены путем присоединения к цеховому контуру заземления. Это необходимо для отвода от трубопроводов электрических зарядов, возникающих в результате вторичных проявлений молнии, а также зарядов статического электричества, возникающих при движении различных сред по трубопроводам.

В целях выравнивания потенциалов, предотвращения искрения все трубопроводы, расположенные в пожаро- и взрывоопасных помещениях параллельно на расстоянии до 100 мм один от другого соединяются между собой металлическими перемычками через каждые 20–25 м. Трубопроводы, находящиеся в местах пересечения и сближения один с другим и с металлическими лестницами и конструкциями на расстоянии меньше 100 мм, также соединяются перемычками.

**Компенсация тепловых удлинений.** Трубопроводы в процессе эксплуатации подвержены температурным колебаниям в зависимости от времени года, температуры транспортируемой среды и состояния изоляции.

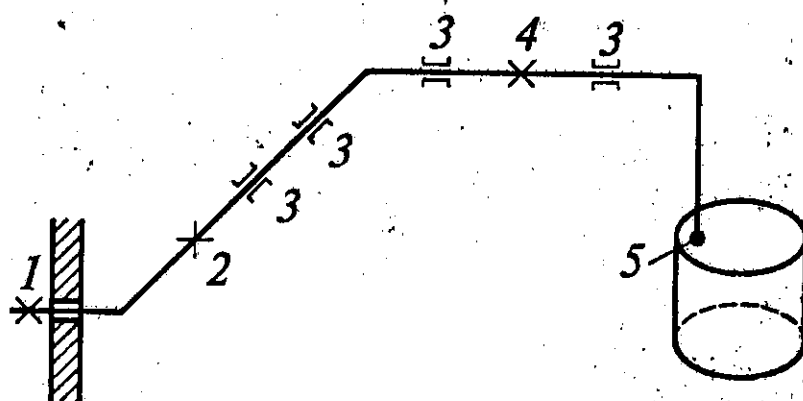
Температурные деформации устраняются за счет *самокомпенсации* или предусматриваются *специальные компенсаторы* — П-, Г-, Z-образные, линзовые, волнистые и др.

Если трубопровод жестко закреплен в опорах, в нем в результате тепловых напряжений могут возникать разрывы (при охлаждении) или выпучивания (при нагреве). Компенсаторы необходимы на трубопроводах, материал которых имеет большой коэффициент линейного расширения и незначительную прочность (например, винипластовых), даже при передаче сред с температурой до 50°C. На трубопроводах для сжатого воздуха, холодной воды и других холодных жидкостей и газов, как правило, компенсаторы не требуются.

**Самокомпенсация** основана на том, что трубопровод прокладывают на неподвижные и подвижные (скользящие, катковые, подвесные) опоры, которые дают возможность трубопроводу перемещаться при температурных деформациях (принципиальная схема самокомпенсации показана на рисунке 12.6).

Недостатком трубопровода с самокомпенсацией является неизбежность некоторого перемещения участков трубопровода между опорами. Это усложняет конструкцию опор и затрудняет прокладку трубопровода в затесненных ме-

стах. Преимущества данного метода заключаются в отсутствии специальных компенсирующих устройств, а следовательно, в уменьшении начальных затрат и в упрощении обслуживания. Самокомпенсация возможна лишь в том случае, когда трасса трубопровода представляет собой ломаную линию. Самокомпенсация не применяется, если материал труб хрупок и плохо работает на изгиб (например, чугун, керамика, фарфор, термореактивные пластмассы).



**Рис. 12.6**

Схема самокомпенсирующегося трубопровода:

1, 5 — закрепленные конечные точки трубопровода; 2, 4 — мертвые точки;  
3 — подвижные опоры.

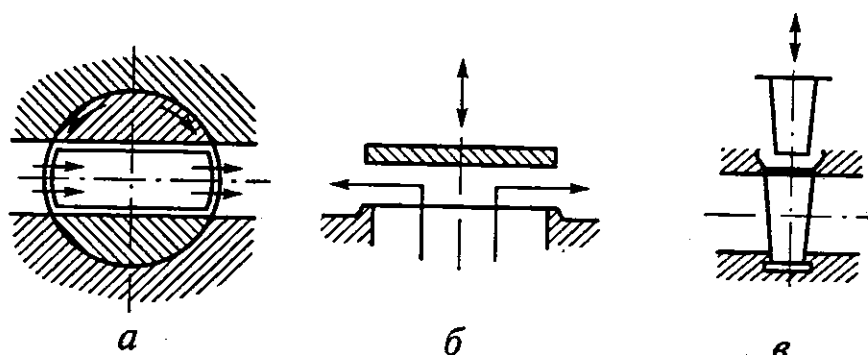
**Компенсаторы.** Наиболее распространены П-образные компенсаторы, согнутые из цельных труб.

Компенсатор устанавливают на горизонтальном участке трубопровода с учетом общего уклона. Гнутые компенсаторы изготавливают только из упругих материалов (сталь, алюминий, медь, титан, винипласт). Для трубопроводов больших диаметров компенсаторы выполняются с гофрами (складками). Для трубопроводов из неупругих и хрупких материалов, служащих для транспортирования химически активных сред (стеклянных, керамических, фарфоровых и т. п.), применяют *сальниковые компенсаторы*, которые допускают перемещение только одной ветви трубопровода, поэтому его называют односторонним.

Вертикальные П-образные компенсаторы над пешеходными и транспортными магистралями устанавливать не рекомендуется.

**Арматура трубопроводов** в зависимости от назначения подразделяется на запорную, регулирующую, предохранительную, специальную и должна соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.063-2015 «Арматура трубопроводная. Общие требования безопасности».

**Запорная арматура** перекрывает трубопроводы в целях превращения движения среды и открывает их для пропуска продукта и подразделяется на приводную и автоматическую. У *приводной арматуры* проход открывается и закрывается под действием внешней силы: от руки, электродвигателем, гидро- или пневмоприводом. По характеру работы затвора приводная запорная арматура подразделяется на три типа: кран, вентиль, задвижка (рис. 12.7).



**Рис. 12.7**

Схема действия запорной арматуры:  
*а* — кран; *б* — вентиль; *в* — задвижка.

Основным типом запорной арматуры для трубопроводов с условным проходом от 50 мм является задвижка, имеющая минимальное гидравлическое сопротивление, надежное уплотнение затвора, небольшую строительную длину и допускающая переменное направление движения среды. Вентили рекомендуются применять для трубопроводов диаметром до 50 мм. Краны применяют, если использование задвижек и вентилей по технологическим соображениям недопустимо или нецелесообразно. Запорную арматуру запрещено ставить в качестве регулирующей.

У *автоматической арматуры* проход открывается и закрывается под действием транспортируемой среды.

**Регулирующая арматура** — это обратные и редукционные клапаны, автоматические регуляторы давления.

**Обратные клапаны** (подъемные и поворотные) пропускают среду только в одном направлении. Обратные клапаны подъемного типа устанавливают на линиях воды (часто после насосов) и пара, а также на материальных линиях. Чугунные гуммированные поворотные обратные клапаны монтируют на трубопроводах, транспортирующих серную и соляную кислоты и другие химически активные вещества.

Подъемные обратные клапаны устанавливают только на горизонтальных участках трубопроводов. Поворотные клапаны могут быть как на горизонтальных участках, так и на вертикальных, соблюдая особенности установки.

Герметичность подъемных клапанов выше, чем поворотных. Обратные клапаны теряют герметичность при попадании под золотник песка, твердых комков и других случайных включений, оказавшихся в среде. Они легко удаляются при снятии крышки.

**Редукционный клапан** служит для снижения давления среды в трубопроводе и поддержания его за клапаном независимо от давления перед ним. Устанавливаются чаще всего на входе в цех трубопроводов пара и сжатого воздуха.

**Автоматический регулятор давления прямого действия** служит для поддержания заданного давления в трубопроводах для неагрессивных газов, воздуха, нефтепродуктов, пара при температуре до 300°C.

**Предохранительная арматура.** К ней относятся предохранительные клапаны и мембраны.

*Предохранительные клапаны* служат для предупреждения возникновения в трубопроводе или в аппарате давления, превышающего допустимое, и устанавливаются на линиях газа и пара и жидкостей. При повышении давления клапаны сбрасывают часть среды в атмосферу (непосредственно или через поглощающее устройство). После снижения давления до нормы предохранительный клапан автоматически закрывается.

Предохранительные клапаны устанавливают на автоклавах, в котельных и компрессорных на трубопроводах, подающих рабочую среду в цехи, а также на цеховых трубопроводах после редуccionных клапанов.

Предохранительные клапаны подразделяются на пружинные и рычажно-грузовые. К трубопроводу или аппарату клапаны присоединяются нижним штуцером, через боковой штуцер отводится избыток среды. В отличие от пружинного клапана, грузовой не имеет сальникового уплотнения в месте выхода штока из крышки, поэтому не обеспечивает полной герметичности. В связи с этим его нельзя устанавливать на трубопроводах для горючих сред, проходящих внутри помещений.

Установка какой-либо запорной арматуры между источником давления и предохранительным клапаном категорически запрещается.

Среда, отводимая из предохранительного клапана при его срабатывании, направляется по выхлопному трубопроводу в атмосферу или в поглощающее устройство. Выход газообразной среды (сжатого воздуха или пара) должен быть хорошо слышен с рабочего места аппаратчика. Иногда для этой цели на конце выхлопного трубопровода устанавливают свисток.

При отводе пара предусматривают удаление конденсата из выхлопного трубопровода.

*Предохранительные мембраны* устанавливают иногда взамен предохранительных клапанов на сосудах или трубопроводах. Мембраны обеспечивают безусловную герметичность и надежность срабатывания. Они просты в изготовлении и дешевы. Их недостатком является однократность действия.

**Специальная арматура** — водоотделители, конденсатоотводчики, смотровые фонари, обратные клапаны, ловушки, дыхательные клапаны, огнепреградители.

*Водоотделители.* При движении пара по трубопроводу происходит его конденсация вследствие охлаждения при соприкосновении со стенками трубы. Тепловая изоляция уменьшает конденсацию, но полностью устранить ее не может. Присутствие конденсата в паропроводе означает потерю части тепла, содержащегося в паре, и опасно из-за возможности возникновения гидравлического удара при переносе капелек конденсата с большой скоростью через фитинги и арматуру.

Для отделения капель сконденсировавшегося пара и удаления их из паропровода устанавливают водоотделители. Независимо от их конструкции выпадение капель из пароводяной смеси происходит в результате резкого уменьшения скорости смеси и изменения направления ее движения.

**Конденсатоотводчики.** Значительная часть пара, потребляемого на предприятиях химической промышленности, расходуется для нагрева различных веществ (в сушилках, теплообменниках, змеевиках, рубашках реакционных аппаратов и т. п.). Глухой пар не успевает отдать всю содержащуюся в нем теплоту и целиком не конденсируется. Часть теплоты остается неиспользованной. На пути пара устанавливают приспособление (конденсатоотводчик), отделяющее из выходящей смеси конденсат и выводящее из аппарата только этот конденсат. Конденсатоотводчики способствуют увеличению производительности установки в результате более рационального использования тепла, которое отдает пар. Конденсатоотводчики устанавливают в конечных точках паровых отопительных систем.

Существует несколько типов конденсатоотводчиков, отличающихся по принципу действия: поплавковые, дросселирующие (подпорные шайбы), лабиринтные, термостатические, гидрозатворы и др. Наибольшее применение на предприятиях химической промышленности нашли конденсатоотводчики первых двух типов.

**Смотровые фонари.** В тех случаях, когда необходимо следить за поступлением продукта в аппарат для регулирования скорости его подачи или проверки состава (наблюдение за цветом, за присутствием осадка и т. п.), на трубопроводе, у рабочего места аппаратчика устанавливают смотровой фонарь.

**Обратный клапан для вакуум-трубопроводов.** Внешне такой клапан напоминает смотровой фонарь. Этот фонарь-клапан устанавливают на вакуум-трубопроводе, соединяющем аппарат, заполняемый жидкостью, с вакуум-насосом. Предназначен для защиты вакуум-трубопровода от возможного поступления в него химически активных жидкостей путем перекрывания клапана.

**Ловушки.** В жидкости, передаваемые по трубопроводам, иногда попадают посторонние твердые предметы. Перед подачей таких загрязненных жидкостей в трубопровод эти примеси задерживают в ловушке, устанавливаемой на начальном участке трубопровода.

**Дыхательный клапан** предназначен для выравнивания давления внутри резервуаров с горючими жидкостями. Дыхательный клапан поддерживает в резервуаре атмосферное давление в процессе наполнения и опорожнения резервуара, а также при колебаниях наружной температуры.

**Огнепреградители.** На линиях, сообщающих реакционные аппараты, содержащие горючие пары или газы, с атмосферой устанавливают огнепреградители (гл. 20.2).

**Тепловая изоляция, обогрев, защита от коррозии и окраска трубопроводов.** Применение тепловой изоляции определяется в каждом конкретном случае в зависимости от свойств транспортируемых веществ, места и способа прокладки трубопровода и требований технологического процесса и безопасности производства.

Тепловая изоляция применяется в следующих случаях:

- для уменьшения тепловпотерь, предотвращения конденсации, застывания продукта при охлаждении (олеум, нитробензол, расплавленная сера) и образования ледяных или гидратных пробок;

• при температуре стенки трубопровода выше 60°C, на рабочих местах и в проходах — выше 45°C во избежание ожогов.

Изоляция должна обладать следующими свойствами: малой теплопроводностью, небольшой теплоемкостью, невысокой стоимостью, легкостью нанесения на трубы, малой массой, долговечностью.

Трубопроводы из неметаллических материалов, обладающих малой теплопроводностью, изоляцией обычно не покрывают.

Трубопроводы, транспортирующие продукты, застывающие или выпадающие из растворов в виде кристаллов (например, расплавленная сера и нафталин), выполняют с обогревом. Для этого трубопровод прокладывают вплотную с линией пара (спутником), обтягивают стальной сеткой и заключают их в общую изоляцию. Спутник притягивают к материальному трубопроводу с помощью хомутов.

В некоторых случаях, когда требуется особенно интенсивный обогрев материального трубопровода, его снабжают паровой рубашкой.

При транспортировке агрессивных веществ защищают внутреннюю поверхность трубопроводов с учетом химических и физических свойств веществ.

Вид и система защиты от коррозии наружной поверхности зависит от способа и условий прокладки, характера и степени коррозионной активности внешней среды, степени опасности электроэрозии и т. д.

Опознавательная окраска трубопроводов производится в соответствии с ГОСТ 14202-69, в котором также определены предупреждающие знаки и маркировочные щитки. Это помогает различать трубопроводы при обслуживании и обеспечивает безопасность труда.

Определено 10 укрупненных групп веществ, транспортируемых по трубопроводам. Ниже приведены цвета опознавательной окраски трубопроводов в зависимости от групп транспортируемых по ним веществ и цифровые обозначения этих групп.

1. Вода — зеленый.
2. Пар — красный.
3. Воздух — синий.
4. Газы горючие — желтый.
5. Газы негорючие — желтый.
6. Кислоты — оранжевый.
7. Щелочи — фиолетовый.
8. Жидкости горючие — коричневый.
9. Жидкости негорючие — коричневый.
10. Прочие вещества — серый.

Противопожарные трубопроводы, независимо от их содержимого (вода, пена, пар для тушения пожара, инертный газ и др.), окрашиваются в красный цвет (сигнальный).

Опознавательная окраска трубопроводов выполняется сплошной по всей поверхности коммуникаций или отдельными участками.

Для обозначения наиболее опасных по свойствам транспортируемых веществ на трубопроводы наносятся предупреждающие цветные кольца.

В зависимости от свойств транспортируемого вещества предупреждающие кольца имеют следующие цвета опознавательной окраски:

- красный — легковоспламеняемые, огнестойкие и взрывоопасные;
- желтый — опасные или вредные;
- зеленый — безопасные или нейтральные.

В случаях, когда вещество одновременно обладает несколькими опасными свойствами, обозначаемыми различными цветами, на трубопроводы наносят кольца нескольких цветов.

На вакуумных трубопроводах, кроме отличительной окраски, дается надпись «вакуум».

По степени опасности для жизни и здоровья людей, а также эксплуатации предприятия вещества, транспортируемые по трубопроводам, подразделяются на три группы. В зависимости от вида вещества и его параметров (давления и температуры) на трубопровод наносят соответствующее число предупреждающих цветных колец.

Для обозначения трубопроводов с особо опасным для здоровья и жизни людей или эксплуатации предприятия содержанием, а также при необходимости конкретизации вида опасности дополнительно к цветным предупреждающим кольцам применяются *предупреждающие знаки*. Они имеют форму треугольника, в котором на желтом фоне помещено изображение черного цвета.

Если под воздействием агрессивных веществ, транспортируемых по трубам, может измениться отличительный цвет, трубопроводы обозначаются *маркировочными щитками*. Они служат также для дополнительного обозначения веществ, транспортируемых по трубопроводам.

Маркировочные щитки, надписи и предупреждающие знаки располагаются в наиболее ответственных пунктах коммуникаций (на ответвлениях, у мест соединений, отбора, у задвижек, вентилей, клапанов, шиберов, контрольных приборов, в местах прохода трубопроводов через стены, перегородки, перекрытия, на вводах и выводах из производственных зданий и т. д.) в хорошо освещенных местах.

В производственных помещениях, где имеются трубопроводы, на видных местах вывешивают схемы опознавательной окраски коммуникаций с расшифровкой отличительных цветов, предупреждающих знаков и цифровых обозначений, принятых для маркировки трубопроводов.

**Техническое освидетельствование трубопроводов** состоит в наружном осмотре и гидравлическом испытании. Наружный осмотр заключается в проверке качества сварных швов и фланцевых соединений, состояния сальников, соблюдения величины и направления уклонов, прогиба трубопровода, прочности несущих конструкций, правильности расположения подвижных опор, надежности закрепления труб в «мертвых точках», доступности арматуры при ее эксплуатации и ремонте и т. д. Наружный осмотр проводится до наложения изоляции.

Гидравлическому испытанию трубопровод подвергают после наружного осмотра. Трубопровод заполняют водой с температурой от 5 до 40°C, затем к нему присоединяют насос, специально предназначенный для проведения гид-

равлических испытаний. На испытательной трубе, идущей от насоса к испытуемому трубопроводу, устанавливают манометр.

Трубопровод должен находиться под испытательным давлением, которое в среднем составляет 1,25 рабочего давления не менее 15 мин, после чего давление снижают до рабочего. При рабочем давлении наружный осмотр трубопровода повторяется.

Результаты гидравлического испытания считаются удовлетворительными, если не произошло падения давления по манометру, а в сварных швах, трубах, корпусах арматуры и т. п. не обнаружено признаков разрыва, течи и запотевания.

В отдельных случаях гидравлическое испытание заменяют пневматическим.



## Глава 13

# БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РЕМОНТНЫХ И ОЧИСТНЫХ РАБОТ

### 13.1.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РЕМОНТНЫХ РАБОТ. ПОДГОТОВКА, ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОВЕДЕНИЕ РЕМОНТНЫХ РАБОТ. БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОВЕДЕНИЯ ГАЗООПАСНЫХ РАБОТ

*Ремонтные работы* — комплекс работ восстановительного характера, включающий строительные, монтажные, пусконаладочные работы, а также работы по техническому диагностированию оборудования.

При проведении технического обслуживания и ремонтов руководящим материалом является «Система технического обслуживания и ремонта оборудования предприятий химической промышленности». Эта система представляет собой комплекс взаимосвязанных положений и норм, определяющих организацию и порядок проведения работ по техническому обслуживанию и ремонту оборудования для данных условий эксплуатации.

Одна из основных задач Системы — поддержание оборудования в работоспособном состоянии и предотвращение неожиданного выхода его из строя, т. е. в конечном итоге создание условий безаварийной и безопасной эксплуатации оборудования.

В основу Системы положено сочетание технического обслуживания и планово-предупредительных ремонтов.

**Техническое обслуживание** представляет собой комплекс работ, проводимых для поддержания работоспособности оборудования между ремонтами. Оно сочетает в себе правильную эксплуатацию оборудования и повседневный контроль соблюдения правил технической эксплуатации. В объем технического обслуживания входят эксплуатационный уход и мелкий ремонт оборудования.

*Эксплуатационный уход* за оборудованием — обтирка, чистка, регулярный наружный осмотр, выявление неисправностей, смазка, проверка состояния масляных и охлаждающих систем, подшипников, наблюдение за состоянием крепежных деталей и соединений, проверка состояния заземления и др.

*Мелкий ремонт* оборудования — устранение мелких дефектов, подтяжка крепежных деталей, частичная регулировка, замена предохранителей, прокладок, проверка общего состояния изоляции и др.

**Планово-предупредительные ремонты** в химической промышленности проводят по двум методам. Для основного оборудования, которое определяет производственную мощность агрегата, технологической линии, применяют метод планово-периодического ремонта. Для вспомогательного оборудования применяют метод послеосмотровых ремонтов.

**Метод планово-периодических ремонтов** заключается в том, что все виды ремонта выполняются в заранее установленной последовательности через определенное число отработанных агрегата(машино-)часов.

**Метод послеосмотровых ремонтов** заключается в том, что ремонт планируют на основе сведений о состоянии оборудования, полученных при предварительном техническом осмотре. При техническом осмотре устанавливают характер требуемых ремонтов, сроки их выполнения, примерные объемы, а также выявляют изношенные детали, подлежащие замене. Номенклатуру и периодичность технических осмотров устанавливает предприятие.

В соответствии с особенностями повреждений и износа составных частей оборудования, а также трудоемкостью ремонтных работ предусматривается проведение двух видов ремонта: текущего и капитального.

**Текущий ремонт** — вид планового ремонта, выполняемый в процессе эксплуатации, для гарантированного обеспечения работоспособности оборудования.

В процессе текущего ремонта проводятся следующие работы: техническое обслуживание; замена или восстановление быстроизнашивающихся деталей и отдельных частей оборудования и их регулировка; ремонт футеровок и антикоррозионных покрытий; замена набивок сальников и прокладок; проверка на прочность и т. п.

**Капитальный ремонт** — восстановление исправности и полное восстановление ресурса оборудования с заменой или восстановлением его частей и их регулировка. Таким образом, капитальный ремонт обеспечивает восстановление или улучшение (при модернизации) условий безопасной эксплуатации оборудования, заложенных при его конструировании.

В объем капитального ремонта входит: объем текущего ремонта; замена или восстановление всех изношенных деталей и сборочных единиц; полная или частичная смена изоляции, футеровки, обмоток и др.; модернизация оборудования; проверка систем взрывозащиты и т. п.

Ремонтные работы на химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих опасных производственных объектах проводятся согласно федеральным нормам и правилам в области промышленной безопасности «Правила безопасного ведения газоопасных, огневых и ремонтных работ», утвержденным приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору № 485 от 20.11.2017.

Правила устанавливают требования к организации и порядку безопасного ведения газоопасных, огневых и ремонтных работ на опасных производствен-

ных объектах, на которых получают, используются, перерабатываются, образуются, хранятся, транспортируются, уничтожаются опасные вещества.

К газоопасным, огневым и ремонтным работам допускаются лица не моложе 18 лет, не имеющие медицинских противопоказаний к указанным видам работ, прошедшие обучение приемам и методам проведения работ.

## **ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ К ВЕДЕНИЮ РЕМОНТНЫХ РАБОТ**

К ремонтным работам на опасных производственных объектах относится комплекс работ по восстановлению исправности или работоспособности объектов и восстановлению ресурсов технических устройств (объектов), а также их составных частей.

Ремонтные работы подразделяются на следующие виды: плановые ремонтные работы, внеплановые (неплановые) ремонтные работы и аварийно-восстановительные ремонтные работы.

К *плановым* ремонтным работам относятся работы, выполняемые в соответствии с проектной документацией на объект, нормативными техническими документами организации — изготовителя технических устройств и технической документацией эксплуатирующей организации, включая пооперационный контроль качества ремонтных работ, в том числе с применением методов технической диагностики, а также комплексные и индивидуальные испытания.

К *внеплановым (неплановым)* ремонтным работам относятся работы, связанные с отказом оборудования или его неудовлетворительным техническим состоянием.

К *аварийно-восстановительным* ремонтным работам относятся работы, выполняемые в минимально необходимом объеме в целях восстановления безопасной работоспособности объекта.

Ремонтные работы выполняются в два этапа. Первый этап — подготовительные работы, второй этап — непосредственное проведение ремонтных работ.

До начала проведения ремонтных работ эксплуатирующей организации следует:

- составить план подготовительных работ, который определяет подготовку технологического объекта или оборудования, технологических трубопроводов, коммуникаций к проведению ремонтных работ. Он составляется эксплуатирующей организацией в соответствии с требованиями технологического регламента, инструкций по эксплуатации и ремонту и включает последовательность работ по освобождению объекта или оборудования от опасных веществ, по отключению от действующего оборудования, систем трубопроводов и коммуникаций и в зависимости от свойств находившихся в них опасных веществ, работы по промывке, пропарке, продувке инертным газом и воздухом.

Места проведения ремонтных работ должны быть обозначены (ограждены) с установкой предупреждающих знаков.

В ночное время следует предусматривать специальное освещение.

В плане подготовительных работ к ремонту предусматривают последовательность проведения всех ремонтных операций, устанавливают перечень *несовместимых ремонтных операций*:

— нельзя проводить огневые работы одновременно с разборкой аппаратов, оборудования и трубопроводов, содержащих горючие и легковоспламеняющиеся продукты; с опробованием, пуском или остановом установок, в которых имеются легковоспламеняющиеся вещества; с работами по нанесению защитных антикоррозионных покрытий и лаков, содержащих легковоспламеняющиеся растворители;

— недопустимо планировать проведение бетонных, штукатурных и других работ, сопровождающихся выделением влаги, одновременно с ремонтом аппаратов и оборудования, в которых используются некоторые щелочные и щелочно-земельные металлы (K, Na, Li, Ca), некоторые карбиды металлов и другие вещества, воспламеняющиеся при соприкосновении с водой и водными растворами;

— недопустимо совмещать общеремонтные работы с пескоструйной обработкой поверхностей аппаратуры и строительных конструкций, так как обильно выделяющаяся пыль создает неблагоприятную обстановку для большого числа работающих на других участках ремонта. Поэтому пескоструйную обработку планируют на дни или смены, не занятые общеремонтными работами.

Важным фактором безопасности при проведении ремонтных работ является *размещение работающих по высоте*.

Ремонтные работы нельзя проводить одновременно на различных отметках по одной вертикали, так как падение с большой высоты гайки, куска металла, доски или инструмента может причинить работающему внизу серьезную травму.

В случае крайней необходимости ремонтные работы допускается проводить только при обязательном устройстве защитных настилов, обеспечивающих безопасность ремонтников на всех нижних отметках;

- организовать изготовление необходимых узлов и деталей для замены;
- приобрести необходимое оборудование, арматуру, запасные части, трубы, материалы согласно дефектной ведомости.

До начала ремонтных работ подрядная организация должна разработать проект производства работ и сетевой (линейный) график выполнения наиболее сложных и трудоемких ремонтов.

**Порядок оформления наряда-допуска на проведение ремонтных работ** оформляется эксплуатирующей организацией на определенный объем работ с указанием ремонтируемого объекта в отведенной ремонтной зоне и действует в течение всего времени, необходимого для выполнения указанного объема ремонтных работ одним составом ремонтной бригады, с ежедневным подтверждением возможности проведения ремонтных работ лицами, ответственными за подготовку и проведение ремонтных работ, и подписями в наряде-допуске на проведение ремонтных работ.

Наряд-допуск оформляется в двух экземплярах. Первый экземпляр, подписанный руководителем структурного подразделения ремонтируемого объекта, выдается непосредственному руководителю работ подрядной организации, второй экземпляр находится у руководителя структурного подразделения ремонтируемого объекта.

Без акта сдачи-приемки объекта в ремонт наряд-допуск на проведение ремонтных работ не выдается.

Перед началом выполнения ремонтных работ проводится инструктаж о мерах пожарной и промышленной безопасности и возможных опасных и вредных производственных факторах, характерных для опасного производственного объекта в отведенной ремонтной зоне. Проведение инструктажа фиксируется в журнале проведения инструктажа. В наряде-допуске на проведение ремонтных работ делается отметка о проведении инструктажа (дата, подпись). Состав исполнителей ремонтных работ с отметкой о прохождении инструктажа фиксируется в наряде-допуске на проведение ремонтных работ.

В ремонтной зоне должны быть созданы условия, исключающие возможные появления взрывопожароопасных и токсичных веществ.

При проведении ремонтных работ на технологическом оборудовании, где возможно выделение в ремонтную зону опасных веществ, предварительно проводят анализ состояния воздушной среды, результаты которого вносятся в наряд-допуск.

Наряд-допуск на проведение ремонтных работ подлежит переоформлению, а ремонтные работы должны быть приостановлены в случае, если: нарушены меры, обеспечивающие безопасность проведения работ; изменены объемы и характер работы, влекущие за собой изменение схем отключения и условий работы; в эксплуатацию включена часть ремонтируемого оборудования или технологического блока, участков трубопроводов или коммуникаций; произошел несчастный случай с исполнителем ремонтных работ; произведена замена непосредственного руководителя работ подрядной организации.

Отдельно оформляются наряды-допуски на огневые и/или газоопасные работы, которые прикладываются к наряду-допуску на проведение ремонтных работ.

Без акта сдачи-приемки объекта в эксплуатацию наряд-допуск на проведение ремонтных работ не может быть закрыт.

Наряд-допуск на проведение ремонтных работ хранится у подрядной и эксплуатирующей организаций в течение трех месяцев со дня подписания акта сдачи-приемки объекта в эксплуатацию.

Безопасность проведения газоопасных работ определяется требованиями, изложенными в ТОИ Р-112-17-95 «Типовая инструкция безопасного проведения газоопасных работ», «Инструкции по общим правилам охраны труда и пожарной безопасности», а также требованиями других инструкций в зависимости от характера выполняемых работ.

К **газоопасным** относятся работы, связанные с внутренним осмотром, чисткой, ремонтом, разгерметизацией технологического оборудования, коммуникаций, установкой и снятием заглушек на оборудовании и трубопроводах,

а также работы внутри емкостей (аппараты, сушильные барабаны, печи технологические, сушильные, реакторы, резервуары, цистерны, а также коллекторы, тоннели, колодцы, приямки, траншеи (глубиной от 1 м) и другие аналогичные места), при проведении которых возможно выделение в рабочую зону взрыво- и пожароопасных или вредных паров, газов и других веществ, способных вызвать взрыв, загорание, оказать вредное воздействие на организм человека, а также работы при недостаточном содержании кислорода (объемная доля ниже 20%) в рабочей зоне.

Газоопасные работы, в том числе работы, связанные с пребыванием людей внутри аппаратов, емкостей и другого оборудования, должны проводиться в тех случаях, когда они не могут быть механизированы, автоматизированы или проведены без непосредственного участия людей.

Эксплуатирующей организацией должны приниматься меры по сокращению количества газоопасных работ и повышению уровня их безопасности путем усовершенствования технологических процессов и их аппаратного оформления, внедрения современных методов диагностики, средств гидравлической, механической, химической очистки технологического оборудования и коммуникаций, оснащения технологических схем средствами отключения и останова отдельных узлов и аппаратов.

Наибольшая вероятность скопления взрывоопасных газов и паров нефтепродуктов возможна: в насосных станциях по перекачке нефтепродуктов; резервуарах для хранения нефтепродуктов; наливных и сливных эстакадах, особенно в момент слива и налива нефтепродуктов; изолированных и не вентилируемых помещениях, в которых расположено оборудование или проходят нефтепродуктопроводные или газовые коммуникации; технологических приямках и колодцах; лотках с технологическими трубопроводами, колодцах промышленной канализации.

Скопление взрывоопасных газов и паров нефтепродуктов возможно при: подтекании нефтепродуктов и проникновении их паров через неплотности люков, крышек, уплотнений; неисправностях запорной, регулирующей и предохранительной арматуры; испарении нефтепродуктов в отстойниках, ловушках, прудах; разливе нефтепродуктов из-за нарушения технологического режима и при аварийных ситуациях.

Перечень газоопасных мест и газоопасных работ утверждает главный инженер предприятия с указанием выделяющихся токсичных и газоопасных веществ.

В помещениях, где возможно выделение горючих газов и паров легковоспламеняющихся жидкостей, концентрацию вредных веществ в воздухе определяют с помощью газоанализаторов. Места и периодичность отбора проб воздуха для анализа содержания в нем горючих газов и паров утверждает главный инженер предприятия.

В газоопасных местах вывешивают соответствующие плакаты и предупредительные знаки.

Ответственность за организацию мер по обеспечению безопасности при проведении газоопасных работ возлагается на главного инженера предприятия,

который обязан: организовать работу по обеспечению выполнения требований безопасности; принять меры по сокращению газоопасных работ (механизация, герметизация, автоматизация); обеспечить проведение учебно-тренировочных занятий по методам проведения газоопасных работ; назначить ответственного за подготовку и ответственного за проведение газоопасных работ, знающих порядок подготовки и правила проведения этих работ; определить средства индивидуальной защиты, состав исполнителей и установить режим этих работ (продолжительность пребывания в средствах защиты, перерывов в работе, периодичность отбора проб воздуха и т. п.).

Проведение газоопасных работ допускается только после оформления наряда-допуска на проведение работ повышенной опасности, подписанного главным инженером предприятия, с указанием мер безопасности.

Наряд-допуск выдается на весь срок, необходимый для выполнения указанного в наряде-допуске объема работ.

Если работы оказались незаконченными, а условия их проведения не ухудшились и характер работ не изменился, наряд-допуск продлевается той же бригаде с подтверждением возможности проведения работ для каждой последующей схемы подписями.

К выполнению газоопасных работ могут привлекаться работники: обученные выполнению газоопасных работ; имеющие навыки по оказанию доврачебной медицинской помощи и спасению пострадавших; имеющие подготовку и способные работать в средствах индивидуальной защиты органов дыхания; знающие свойства веществ в местах проведения работ.

Приступать к газоопасным работам разрешается только после согласования этих работ с пожарной охраной, а при необходимости и со смежными подразделениями, выполнения всех подготовительных мероприятий и инструктирования непосредственных исполнителей работ.

Место проведения газоопасных работ необходимо обеспечить средствами пожаротушения и средствами индивидуальной защиты.

Газоопасные работы должны производиться только в дневное время (за исключением аварийных случаев).

При проведении газоопасных работ, при которых возможно выделение взрывоопасных веществ в зоне проведения работ, следует применять: переносные светильники во взрывозащищенном исполнении, средства связи во взрывозащищенном исполнении; инструмент из материала, исключающего возможность искрообразования; обувь, исключающую возможность искрообразования; средства индивидуальной защиты органов дыхания.

При необходимости проведения работ в ночное время или при работах внутри емкости для местного освещения следует пользоваться аккумуляторным фонарем напряжением не выше 12 В во взрывозащищенном исполнении, включение и выключение которого осуществляется вне взрывоопасной зоны.

Контроль за организацией газоопасных работ на предприятии осуществляется службой охраны труда и техники безопасности.

## **ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ К ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫМ РАБОТАМ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ГАЗООПАСНЫХ РАБОТ**

Для подготовки объекта (оборудования, коммуникаций и т. п.) к газоопасным работам выполняется весь комплекс подготовительных работ, предусмотренных в наряде-допуске: удаление токсичных и газоопасных продуктов, исключение их поступления из смежных технологических систем, а также исключение возможных источников искрообразования.

Место проведения газоопасных работ ограждают и вывешивают плакаты «Огнеопасно!», «Газоопасно!», «Не курить!».

В период подготовки к проведению газоопасных работ осуществляется проверка наличия и исправности средств индивидуальной защиты, средств пожаротушения, инструментов, приспособлений, предназначенных для обеспечения безопасности исполнителей.

Ответственный за проведение газоопасных работ перед началом работ лично проверяет выполнение подготовительных работ по плану их проведения, инструктирует всех работников о необходимых мерах безопасности, проверяет их умение пользоваться средствами индивидуальной защиты, знание безопасных приемов работы и методов оказания первой помощи пострадавшим. О проведенном с ним инструктаже каждый исполнитель работ расписывается в наряде-допуске.

Ответственный за проведение подготовительных работ проверяет проведение анализа воздушной среды после выполнения подготовительных мероприятий. Результаты анализа воздушной среды оформляются справкой по установленной форме.

### **ПОРЯДОК СДАЧИ ОБОРУДОВАНИЯ В РЕМОНТ**

После того как подготовка рабочих мест, проходов, транспортных средств, материалов, приспособлений и инструментов для ремонта завершена, приступают к сдаче оборудования в ремонт. Перед сдачей в ремонт оборудование освобождают от остатков рабочей смеси, очищают от грязи и шлама, промывают и отключают от коммуникаций и обесточивают. Готовит оборудование к ремонту эксплуатационный персонал заказчика под руководством начальника смены или мастера.

Сначала, строго придерживаясь технологического регламента, останавливают установку и всю технологическую цепочку. В зависимости от условий производства доводят давление (или вакуум) до атмосферного, температуру — до наружной, удаляют из оборудования сырье, продукты реакции, теплоносители, хладагенты и другие вещества, затем обезвреживают (нейтрализуют), продувают аппаратуру азотом или инертным газом, паром или воздухом, промывают водой, вентилируют и отключают от системы с помощью специальных заглушек.

**Установка заглушек.** При отключении ремонтируемых аппаратов и емкостей от материальных и вспомогательных трубопроводов на трубопроводах



между фланцами ставят заглушки. Отсоединение аппаратов вентилями, задвижками, кранами ненадежно, так как возможны утечки через неплотности в сальниках и прокладках или они могут оказаться случайно открытыми, и тогда в аппарате может образоваться смесь токсичной или взрывоопасной концентрации.

Заглушка должна иметь хвостовик, окрашенный в красный цвет, на хвостовике ставится номер заглушки, а на наружной цилиндрической поверхности — маркировка. Установку и снятие каждой заглушки фиксируют в специальном журнале.

Установка и снятие заглушек является опасной операцией, ее выполняют работники газоспасательной службы или это делается в их присутствии.

При подготовке аппаратуры к ремонту систематически анализируют воздушную среду в аппаратах и около них.

**Отключение оборудования.** Для обеспечения безопасности ремонтных работ большое значение имеет надежное отключение всего оборудования, машин и механизмов от источников, которые могли бы привести их в действие. При остановке на ремонт оборудования с вращающимися или движущимися деталями (мешалок, центрифуг, ленточных транспортеров и др.) осуществляют их двойное отключение, т. е. удаляют плавкие предохранители на распределительном щите, разъединяют муфты сцепления аппаратов, снимают приводные ремни от электродвигателей и т. п. На пусковых устройствах вывешивают запрещающий плакат «Не включать, работают люди!».

## 13.2.

### БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИ РАБОТЕ В ЗАКРЫТЫХ АППАРАТАХ И ЕМКОСТЯХ

Работа внутри аппаратов, цистерн, газгольдеров, колодцев, коллекторов и в других закрытых объемах относится к числу **особо опасных**. В закрытых объемах могут оказаться или внезапно возникнуть пары или газы, токсичные или взрывоопасные концентрации. Здесь недостаточная освещенность и плохая слышимость, эвакуация работника при опасной ситуации затруднена. В связи с этим работа внутри закрытых пространств требует особо тщательной подготовки и строго регламентируется.

Работу в емкости можно проводить только после ее всесторонней подготовки. Прежде всего необходимо удалить остатки жидкости, паров и газов, а также выполнить необходимые анализы воздушной среды. После окончания подготовки начальник цеха выдает ответственному за проведение работ письменное разрешение, которое является допуском к работе. В распоряжении указываются: подготовленность емкости к работе в ней (перечисляются все проведенные мероприятия); особые меры безопасности, необходимые при проведении работ; состав бригады; сведения о состоянии здоровья членов бригады; срок действия допуска; фамилия и должность ответственного за проведение ра-

боты. Работник, ответственный за выполнение работы, обязан лично на месте убедиться в подготовленности емкости.

К работе в емкостях допускаются только лица мужского пола, не моложе 20 лет, физически здоровые, прошедшие медицинское обследование. Работа в емкости проводится бригадой не менее трех человек, чтобы в случае необходимости удаления работающего из опасной зоны всегда оставалось два человека, поскольку один человек не может извлечь работающего из колодца или аппарата. Работу выполняют в шланговом противогазе, обслуживаемом дублером, который следит за правильным положением шланга, подачей воздуха, поддерживает связь с работающим при помощи сигнальной веревки, прикрепленной к поясу работающего в емкости, в случае необходимости вместе с другим членом бригады удаляет работающего из опасной зоны. Рабочего, потерявшего сознание или почувствовавшего себя плохо, извлекают из емкости или колодца с помощью сигнальной веревки, прочность которой систематически проверяют. Дублер должен иметь комплект шлангового противогаза, готовый к применению, с маской, подогнанной по лицу, чтобы в случае необходимости быстро войти в опасную зону для оказания помощи пострадавшему.

При проведении газоопасных работ рабочие обеспечиваются спецобувью, спецодеждой, средствами индивидуальной защиты: перчатками, рукавицами, фартуком, дерматологическими средствами защиты кожи марки «Н» и очистительными дерматологическими средствами защиты марки «Мм» или «Нн», инструментом, приспособлениями и вспомогательными материалами.

Время пребывания в емкости определяется в зависимости от условий работы. При работе в шланговом противогазе срок одноразового нахождения рабочего в емкости не должен превышать 15 мин, после чего он должен отдыхать вне емкости не менее 15 мин.

Перед спуском в аппарат или колодец рабочий проходит инструктаж, проверяет в присутствии руководителя работы подгонку маски по лицу, надевает спасательный пояс с сигнальной веревкой, берет аккумуляторную включенную взрывозащищенную электролампу напряжением 12 В и осторожно, не имея в руках никаких предметов, спускается в емкость. Необходимый для работы инструмент спускают в емкость в специальной сумке.

При выполнении газоопасных работ запрещается: работать в обуви, подбитой гвоздями, подковками; работать неисправным инструментом, а также инструментом, вызывающим при ударе искрообразование.

Во время проведения газоопасных работ периодически осуществляется контроль за состоянием воздушной среды на рабочем месте и в опасной зоне.

Газоопасные работы немедленно прекращаются, если в процессе их выполнения обнаруживается появление паров нефтепродуктов около рабочего места, вызывающих пожарную опасность, при этом работники выводятся из опасной зоны.

**Работу внутри топок, печей, дымоходов, горячих аппаратов можно вести только после их охлаждения до 30°C. В случае необходимости кратковременных работ при более высокой температуре разрабатывают дополнительные меры безопасности (непрерывная обдувка свежим воздухом, применение**

теплоизолирующих несгораемых костюмов, теплоизолирующей обуви, более частые перерывы в работе). Работа внутри емкости при температуре выше 50°C запрещена.

Для обеспечения при необходимости быстрой эвакуации работающего все лазы и люки в аппаратах должны быть открыты, а выходы из них — свободными.

### **ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ В АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЯХ И ПРИ НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЯХ**

В случае попытки работающего в закрытой емкости снять маску противогаса или при других нарушениях безопасности (неисправности шланга, остановка воздуходувки и т. п.) работу следует немедленно прекратить, а работника удалить из емкости.

В случае отравления пострадавшего необходимо извлечь из опасной зоны, освободить от стесняющей дыхание одежды, обеспечить поступление свежего воздуха, покой, тепло. Дать понюхать нашатырный спирт.

При остановке дыхания сделать искусственное дыхание.

При попадании нефтепродукта в глаза немедленно промыть их большим количеством воды.

Неотложную медицинскую помощь необходимо вызвать даже в случае хорошего самочувствия пострадавшего.

Об утечках нефтепродуктов и выявлении загазованности немедленно сообщить непосредственному руководителю и в пожарную службу.

### **ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПО ОКОНЧАНИИ РАБОТЫ**

После окончания газоопасных работ необходимо убрать рабочие места и привести в порядок инструмент и оборудование.

Ответственный за проведение газоопасных работ должен лично убедиться, что внутри резервуара или емкости не остались люди, убран инструмент, материалы, посторонние предметы, и закрыть наряд-допуск.

## **13.3. БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИ ОГНЕВЫХ РАБОТАХ**

Правила безопасности при проведении огневых работ определены в ТООИ Р-112-15-95 «Типовая инструкция по общим правилам безопасности при проведении огневых работ на предприятиях нефтепродуктообеспечения».

К *огневым работам* относятся производственные операции, связанные с применением открытого огня, искрообразованием и нагреванием до температур, способных вызвать воспламенение материалов и конструкций: электро-

и газосварка, кислородная резка, пайка, лужение, заливка антифрикционных сплавов, все виды применения открытого огня для выжигания отложений и покрытий, разогрев битума и пека, кузнечные работы, а также некоторые операции механической обработки металлов, которые могут вызвать искрение или разогрев обрабатываемой детали (сверление, резка ножовкой, обработка абразивными кругами и др.).

При огневых работах в химической промышленности большая часть пожаров (84%) происходит при использовании газопламенных процессов, которые сами по себе представляют опасность при несоблюдении правил безопасной эксплуатации кислородных и ацетиленовых баллонов.

*Газопламенная обработка* проводится с применением высокотемпературного пламени и связана с нагревом металла до раскаленного или расплавленного состояния. Питание кислородом и горючими газами, как правило, производится по стационарным трубопроводам. В особых случаях (при отсутствии стационарных сетей) газ подается из баллонов. Сжатый кислород обладает высокой химической активностью. Горючие газы и пары образуют в смеси с кислородом легковоспламеняющиеся и детонирующие смеси. Широко используемый в качестве горючего газа ацетилен вследствие большой эндотермичности и ненасыщенности является самым взрывоопасным газом из всех горючих газов, применяемых для газопламенной обработки металлов.

Обрабатываемые газопламенными процессами металлы обладают высокой теплопроводностью. Так, металлические трубы проводят тепло, поглощаемое в месте сварки, на значительное расстояние, что может вызвать воспламенение горючего материала, находящегося вне поля зрения сварщика. Неметаллические строительные материалы, в большинстве случаев плохие проводники тепла, хорошо его аккумулируют, вследствие чего могут образоваться застойные тепловые зоны, приводящие к воспламенению.

Кроме того, при сварке и резке образуются брызги металла, которые разлетаются на большие расстояния вокруг рабочего места. Разогретые частицы металла могут попадать в щели и отверстия в полах и стенах. Менее опасны мелкие искры, с незначительным теплосодержанием, чем крупные капли. Попадание раскаленных капель на горючие материалы может сразу вызвать пожар или сначала может образоваться небольшой очаг тления, который приведет к воспламенению.

Опасность представляют и неосторожно отброшенные раскаленные остатки электродов, масса и теплосодержание которых во много раз больше, чем у расплавленной капли металла.

При электросварочных работах возможно возникновение искр как источника воспламенения. Причиной искрообразования могут быть короткое замыкание в сети, питающей трансформатор; соприкосновение оголенных проводов с металлическими предметами, с поврежденной изоляцией, с заземленными металлическими аппаратами, конструкциями; замыкание в трансформаторах при повреждении изоляции первичной или вторичной обмотки.

При прокладке проводов по металлическим конструкциям оборудования в местах касания проводов подкладывают несгораемые, неэлектропроводные

прокладки, чтобы исключить возможность выноса напряжения на металлические конструкции.

Температура отдельных частей электросварочного агрегата (трансформаторов, щеток, контактов вторичной цепи и др.) не должна превышать 75°C.

**Подготовка к проведению огневых работ.** Места проведения огневых работ могут быть постоянными и временными. Места постоянного проведения огневых работ определяются на предприятии приказом.

Огневые работы на действующих пожаро- и взрывоопасных объектах допускаются в исключительных случаях, когда ремонтируемое оборудование невозможно перенести в специально отведенные для этой цели постоянные места. На пожаро- и взрывоопасных объектах огневые работы проводятся только в дневное время. В аварийных случаях и с особого разрешения руководства предприятия огневые работы разрешается проводить в темное время суток. В этом случае место проведения работ должно быть хорошо освещено.

Работы проводятся после оформления в двух экземплярах наряда-допуска на выполнение работ повышенной опасности, подписанного главным инженером предприятия, его заместителем по производству или начальником производства. Наряд-допуск согласовывается с представителем пожарной охраны предприятия. Огневые работы проводятся по специально составленному плану.

В аварийных ситуациях разрешение на огневые работы выдает начальник цеха (или замещающее его лицо) и сам руководит их проведением.

К проведению огневых работ допускаются работники, прошедшие в установленном порядке обучение и проверку знаний по пожарной безопасности и технике безопасности, имеющие квалификационное удостоверение и талон по пожарной безопасности.

Ответственность за обеспечение мер техники безопасности и пожарной безопасности при проведении огневых работ возлагается на руководителей предприятий, цехов, участков, лабораторий, мастерских, на территориях или в помещениях которых будут проводиться эти работы.

Наряд-допуск оформляется отдельно на каждый вид огневой работы и действителен в течение всего срока, необходимого для выполнения указанного в наряде-допуске объема работ.

В случае необходимости изменения вида, увеличения объема работ и расширения рабочего места оформляется новый наряд-допуск.

Огневые работы подразделяются на два этапа: подготовительный и непосредственное проведение.

При подготовке к огневым работам начальник цеха совместно с ответственным за подготовку и проведение этих работ определяют опасную зону, границы которой четко обозначаются предупредительными знаками и надписями. Места сварки, резки и т. п. отмечают мелом, краской, бирками или другими хорошо видимыми опознавательными знаками.

Перед огневыми работами необходимо осмотреть окружающую рабочую зону, пространство для выявления опасности пожара и, особенно, скрытой возможности его возникновения. Из опасной зоны убирают все горючие вещества. Горючие вещества, которые невозможно удалить, защищают от огня и разле-

тающихся расплавленных капель металла и искр. При наличии сгораемых конструкций их защищают от возгораний металлическими или асбестовыми экранами.

На территории резервуарных парков проверяют плотность закрытия крышек колодцев канализации, наличие слоя песка на этих крышках, герметичность фланцевых соединений и т. п.

Поверхности оборудования и других конструкций необходимо очистить от пыли, которая может оказаться горючей и в смеси с воздухом воспламениться. Пламя первичного воспламенения приводит к взвихрению и взрывному сгоранию большого количества осевшей пыли, что, в свою очередь, вызывает значительные разрушения.

Если в зоне проведения сварочных работ имеются щели, углубления, отверстия в соседние помещения (например, для прохода труб), их заполняют негорючими материалами, обладающими низкой теплопроводностью (глина, гипс, строительный раствор, смоченное асбестовое волокно), чтобы предотвратить пожар, который может возникнуть при попадании в них раскаленных капель металла или искр.

Особую осторожность следует соблюдать при сварке, кислородной резке и пайке труб, проходящих в соседние помещения. Даже при достаточном уплотнении отверстий и щелей существует опасность загорания горючих веществ в соседнем помещении в результате чрезмерного разогрева труб. Кроме того, следует проверить и исключить возможность заполнения труб горючими веществами из соседнего помещения. Сгораемые изоляционные материалы с труб и других металлических конструкций в местах сварки предварительно снимают.

Огневые работы в резервуарах, на технологических трубопроводах могут проводиться только после их освобождения от продукта, установления заглушек и продувки паром или инертным газом.

Проведение огневых работ как внутри, так и снаружи резервуаров допускается только после соответствующей их подготовки при наличии оформленного акта о готовности проведения ремонта резервуара с ведением огневых работ.

**Проведение огневых работ.** К огненным работам приступают только после выполнения всех требований пожарной безопасности и очистки рабочего места от сгораемых материалов.

Рабочие места при проведении огневых работ обеспечиваются необходимыми первичными средствами пожаротушения.

Работники имеют право приступить к работе после личной проверки выполнения всех мероприятий безопасности, указанных в наряде-допуске на огневые работы, и только в присутствии руководителя, ответственного за проведение этих работ.

Сварку и газорезку разрешено проводить только в спецодежде, защитных очках и специальных щитках.

Запрещается использование спецодежды со следами масла, бензина, керосина и других горючих жидкостей.

Во время проведения огневых работ должен осуществляться постоянный контроль за состоянием воздушной среды на рабочем месте и в опасной зоне.

Огневые работы немедленно прекращают, если в процессе их выполнения обнаруживается появление паров нефтепродуктов на рабочем месте или условия, вызывающие пожаро- и взрывоопасность.

Запрещается производить сварку, резку, пайку или нагрев открытым огнем оборудования и коммуникаций, находящихся под электрическим напряжением, заполненных горючими или токсичными веществами, а также находящихся под давлением. Огневые работы внутри резервуаров проводятся при полностью открытых люках (лазах).

При проведении огневых работ не допускается соприкосновение электропроводов с баллонами со сжатым, сжиженным и растворенным газами.

Запрещается производить сварочные работы с приставных лестниц и пользоваться во время работы неисправным инструментом и незаземленным сварочным оборудованием.

При возникновении загорания и другой аварийной ситуации в первую очередь отключается газосварочное оборудование, применяются меры по тушению очага загорания и вызывается пожарная охрана.

Во время сварочных работ необходимо вести противопожарное наблюдение за местом работы и прилегающей территорией, так как сам сварщик не всегда может заметить воспламенение. В необходимых случаях устанавливается пост пожарной охраны, и в особо ответственных случаях — боевой расчет с пожарным автомобилем. Надзор также можно поручить подготовленным членам добровольной пожарной дружины. Время от времени участки, подвергающиеся нагреванию, поливают водой. Место проведения огневых работ обеспечивается достаточно большим количеством воды и огнетушителями.

**После окончания огневых работ** места, наиболее подвергшиеся опасности, необходимо полить водой, тщательно обследовать всю рабочую зону, а также близлежащие места (рядом, над и под ней), чтобы удостовериться в отсутствии тлеющих участков, очагов пожара, запаха гари и дыма. Наблюдение за местом работы и окружающими его участками продолжается в течение всей дневной смены. Если огневые работы выполнялись во второй половине дня или поздно вечером, место работы должно быть объектом наблюдения и в ночное время.

Руководитель работ обязан тщательно проверить места проведения огневых работ после их окончания и закрыть наряд-допуск, а также обеспечить контроль за местами проведения временных огневых работ в течение трех часов после их окончания.

**Предотвращение отравлений при проведении огневых работ.** При проведении газопламенной обработки внутри аппаратов в случае недостаточной вентиляции возникает опасность отравления оксидами азота. При высокой температуре у ядра пламени оксиды азота образуются в результате окисления азота воздуха или примеси в кислороде и ацетилене.

Главная составная часть нитрогазов — диоксид азота. Нитрогазы раздражающе действуют на легкие, вызывая в некоторых случаях отек. ПДК диоксида азота в воздухе рабочей зоны  $5 \text{ мг/м}^3$ . Содержание оксидов азота в зоне дыхания сварщика, как правило, во много раз больше.

При сварке металлов, покрытых жировыми пятнами, образуется акролеин, который даже при кратковременном воздействии в малых количествах вызывает жжение в глазах, слезотечение, конъюнктивит, кашель ( $\text{ПДК}_{\text{р.з.}} = 0,7 \text{ мг/м}^3$ , в то время как порог обоняния акролеина для наиболее чувствительных лиц равен  $0,8 \text{ мг/м}^3$ ). При загазованности помещения акролеином обычная вентиляция малоэффективна. Поэтому все поверхности предварительно тщательно очищают от жиров и красок.

При огневых работах следует учитывать возможность опасного воздействия паров свинца, оксида цинка, кадмия и марганца.

Внутри емкостей и аппаратов обмен воздуха должен составлять 3000–5000  $\text{м}^3$  на 1  $\text{м}^3$  сжигаемого ацетилена. При значительном объеме удаляемого из аппаратов воздуха оборудуют приточную вентиляцию. В холодное время года подаваемый в аппарат воздух подогревают до  $15\text{--}18^\circ\text{C}$ . Вредные для дыхания пары металлов и их оксиды удаляются с помощью местных отсосов, расположенных на уровне изделия или ниже него, с тем, чтобы отсасываемые газы миновали сварщика на пути в вытяжное устройство. Вытяжку из аппаратов производят вентиляторами высокого давления с помощью гибких рукавов. Количество воздуха, удаляемого местным отсосом, должно составлять 1700–2500  $\text{м}^3/\text{ч}$ .



## Глава 14

# ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ

*Электробезопасность* представляет собой систему организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока и электрической дуги.

В соответствии с ГОСТ 12.1.019-2009 электробезопасность обеспечивается конструкцией электроустановок, техническими способами и средствами защиты, организационными и техническими мероприятиями.

Для обеспечения безопасности работ в действующих электроустановках выполняют целый комплекс **организационных мероприятий**: организуют инструктаж и обучение безопасным методам труда, проверку знаний правил безопасности и инструкций; допуск к проведению работ оформляется заполнением соответствующего наряда; работы должны проводиться под контролем ответственного лица.

**Технические мероприятия** должны предусматривать:

- отключение установки от источника напряжения, снятие предохранителей и другие мероприятия, обеспечивающие невозможность ошибочной подачи напряжения к месту работы;
- установку знаков безопасности и ограждения остающихся под напряжением токоведущих частей, рабочих мест и др.

### 14.1.

## ДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА НА ЧЕЛОВЕКА

Действие электрического тока на человека носит многообразный характер. Проходя через организм человека, электрический ток вызывает термическое, электролитическое, а также биологическое действие.

*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 организма и вызывает значительные нарушения их физико-химического состава.

*Биологическое действие* тока проявляется как раздражение и возбуждение живых тканей организма, что сопровождается непроизвольными судорожными сокращениями мышц, в том числе легких и сердца. В результате могут возникнуть различные нарушения и даже полное прекращение деятельности органов кровообращения и дыхания.

Это многообразие действий электрического тока может привести к двум видам поражения: электрическим травмам и электрическим ударам.

*Электрические травмы* представляют собой четко выраженные местные повреждения тканей организма, вызванные воздействием электрического тока или электрической дуги. В большинстве случаев электротравмы излечиваются, но иногда, при тяжелых ожогах, травмы могут привести к гибели человека.

Различают следующие электрические травмы.

*Электрический ожог* — самая распространенная электротравма. Ожоги бывают двух видов: токовый (или контактный) и дуговой.

*Токовый ожог* обусловлен прохождением тока через тело человека в результате контакта с токоведущей частью и является следствием преобразования электрической энергии в тепловую.

Различают четыре степени ожогов: I — покраснение кожи; II — образование пузырей; III — омертвление всей толщи кожи; IV — обугливание тканей.

Тяжесть поражения организма обуславливается не степенью ожога, а площадью обожженной поверхности тела.

Токовые ожоги возникают при напряжениях не выше 1–2 кВ и являются в большинстве случаев ожогами I и II степени, бывают и тяжелые ожоги.

*Дуговой ожог.* При высоких напряжениях между токоведущей частью и телом человека образуется электрическая дуга (температура дуги выше 3500°C и у нее весьма большая энергия), которая и причиняет дуговой ожог. Дуговые ожоги, как правило, тяжелые — III или IV степени.

*Электрические знаки* — четко очерченные пятна серого или бледно-желтого цвета на поверхности кожи человека, подвергнувшейся действию тока. Знаки бывают также в виде царапин, ран, порезов или ушибов, бородавок, кровоизлияний в кожу и мозолей. В большинстве случаев электрические знаки безболезненны и лечение их заканчивается благополучно.

*Металлизация кожи* — это проникновение в верхние слои кожи мельчайших частичек металла, расплавившегося под действием электрической дуги. Это может произойти при коротких замыканиях, отключениях рубильников под нагрузкой и т. п. Металлизация сопровождается ожогом кожи, вызываемым нагретым металлом.

*Электроофтальмия* — поражение глаз, вызванное интенсивным излучением электрической дуги, спектр которой содержит вредные для глаз ультрафиолетовые и инфракрасные лучи. Кроме того, возможно попадание в глаза брызг расплавленного металла. Защита от электроофтальмии достигается ношением защитных очков, которые не пропускают ультрафиолетовых лучей и обеспечивают защиту глаз от брызг расплавленного металла.

*Механические повреждения* возникают в результате резких непроизвольных судорожных сокращений мышц под действием тока, проходящего через

тело человека. В результате могут произойти разрывы кожи, кровеносных сосудов и нервной ткани, а также вывихи суставов и переломы костей. К этому же виду травм следует отнести ушибы, переломы, вызванные падением человека с высоты, ударами о предметы в результате непроизвольных движений или потери сознания при воздействии тока. Механические повреждения являются, как правило, серьезными травмами, требующими длительного лечения.

*Электрический удар* — это возбуждение живых тканей организма проходящим через него электрическим током, сопровождающееся непроизвольными судорожными сокращениями мышц. В зависимости от исхода воздействия тока на организм электрические удары условно делятся на четыре степени: I — судорожное сокращение мышц; II — судорожное сокращение мышц, потеря сознания; III — потеря сознания и нарушение сердечной деятельности или дыхания (либо того и другого вместе); IV — клиническая смерть, т. е. отсутствие дыхания и кровообращения.

Причинами смерти в результате поражения электрическим током могут быть прекращение работы сердца, прекращение дыхания и электрический шок.

*Прекращение работы сердца* наиболее опасно. Это воздействие может быть прямым, когда ток протекает через область сердца, и рефлекторным, когда ток проходит через центральную нервную систему. В обоих случаях может произойти остановка сердца или наступить его фибрилляция (беспорядочное сокращение мышечных волокон сердца — фибрилл), что приводит к прекращению кровообращения.

*Прекращение дыхания* может быть вызвано прямым или рефлекторным воздействием тока на мышцы грудной клетки, участвующие в процессе дыхания. При длительном действии тока наступает так называемая асфиксия (удушье) — болезненное состояние в результате недостатка кислорода и избытка диоксида углерода в организме. При асфиксии последовательно утрачивается сознание, чувствительность, рефлексы, затем прекращается дыхание и, наконец, останавливается сердце — наступает клиническая смерть.

*Электрический шок* — своеобразная тяжелая нервно-рефлекторная реакция организма на сильное раздражение электрическим током, сопровождающаяся глубокими расстройствами кровообращения, дыхания, обмена веществ и т. п. Шоковое состояние длится от нескольких десятков минут до суток. После этого может наступить полное выздоровление как результат своевременного лечебного вмешательства или гибель организма из-за полного угасания жизненно важных функций.

## 14.2.

### **ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ОПАСНОСТЬ ПОРАЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ**

Характер и последствия воздействия на человека электрического тока зависят от следующих факторов: электрического сопротивления тела человека; величины напряжения и тока; продолжительности воздействия электрического

тока; пути тока через тело человека; рода и частоты электрического тока; условий внешней среды.

**Электрическое сопротивление тела человека.** Тело человека является проводником электрического тока, правда, неоднородным по электрическому сопротивлению. Наибольшее сопротивление электрическому току оказывает кожа, поэтому сопротивление тела человека определяется главным образом сопротивлением кожи.

Кожа состоит из двух основных слоев: наружного — эпидермиса и внутреннего — дермы. *Наружный слой*, в свою очередь, имеет несколько слоев, из которых самый толстый верхний слой называется роговым. Роговой слой в сухом и незагрязненном состоянии можно рассматривать как диэлектрик: его удельное объемное сопротивление достигает  $10^5$ – $10^6$  Ом·м, т. е. в тысячи раз превышает сопротивление других слоев кожи и внутренних тканей организма. Сопротивление *внутреннего слоя кожи* незначительно: оно во много раз меньше сопротивления рогового слоя.

Сопротивление тела человека при сухой, чистой и неповрежденной коже (измеренное при напряжении 15–20 В) колеблется от 3 до 100 кОм и более, а сопротивление внутренних слоев тела составляет всего 300–500 Ом.

Внутреннее сопротивление тела считается активным. Его величина зависит от площади участка тела, по которому проходит ток.

Наружное сопротивление тела состоит как бы из двух параллельно включенных сопротивлений: активного и емкостного. В практике обычно пренебрегают емкостным сопротивлением, которое незначительно, и считают сопротивление тела человека чисто активным и неизменным.

В качестве расчетной величины при переменном токе промышленной частоты применяют активное сопротивление тела человека, равное 1000 Ом.

В действительных условиях сопротивление тела человека не является постоянной величиной. Оно зависит от ряда факторов, в том числе от состояния кожи, состояния окружающей среды, параметров электрической цепи и др.

Повреждения рогового слоя (порезы, царапины, ссадины и др.) снижают сопротивление тела до 500–700 Ом, что увеличивает опасность поражения человека током.

Такое же влияние оказывает увлажнение кожи водой или потом. Поэтому работа с электроустановками влажными руками или в условиях, вызывающих увлажнение кожи, а также при повышенной температуре, вызывающей усиленное потовыделение, усугубляет опасность поражения человека током.

Загрязнения кожи вредными веществами, хорошо проводящими электрический ток (пыль, калина и т. п.), приводит к снижению ее сопротивления.

На сопротивление тела оказывает влияние площадь контактов, а также место касания, так как у одного и того же человека сопротивление кожи неодинаково на разных участках тела. Наименьшим сопротивлением обладает кожа лица, шеи, рук на участке выше ладоней и в особенности на стороне, обращенной к туловищу, подмышечных впадинах, тыльной стороны кисти и др. Кожа ладоней и подошв имеет сопротивление, во много раз превышающее сопротивление кожи других участков тела.

С увеличением тока и времени его прохождения сопротивление тела человека падает, так как при этом усиливается местный нагрев кожи, что приводит к расширению ее сосудов, к усилению снабжения этого участка кровью и увеличению потовыделения.

С ростом напряжения, приложенного к телу человека, сопротивление кожи уменьшается в десятки раз, приближаясь к сопротивлению внутренних тканей (300–500 Ом). Это объясняется электрическим пробоем рогового слоя кожи, увеличением тока, проходящего через кожу.

С увеличением частоты тока сопротивление тела будет уменьшаться и при 10–20 кГц наружный слой кожи практически утрачивает сопротивление электрическому току.

**Сила тока и напряжения.** Основным фактором, обуславливающим исход поражения электрическим током, является сила тока, проходящего через тело человека.

Напряжение, приложенное к телу человека, также влияет на исход поражения, поскольку оно определяет значение тока, проходящего через человека.

Таблица 14.1

#### Пороговые пределы токов различной величины

Вид тока	Величина тока, мА	
	переменный	постоянный
<i>Ощутимый ток</i> — электрический ток, вызывающий при прохождении через организм ощутимые раздражения	0,6–1,5	5–7
<i>Неотпускающий ток</i> — электрический ток, вызывающий при прохождении через человека непреодолимые судорожные сокращения мышц руки, в которой зажат проводник	10–15	50–60
<i>Фибрилляционный ток</i> — электрический ток, вызывающий при прохождении через организм фибрилляцию сердца	100	300
Мгновенная остановка сердца	5 А	

**Род и частота электрического тока.** Постоянный ток в 4–5 раз безопаснее переменного. Это вытекает из сопоставления пороговых ощутимых, а также неотпускающих токов для постоянного и переменного токов. Это положение справедливо лишь для напряжений до 250–300 В. При более высоких напряжениях постоянный ток более опасен, чем переменный (с частотой 50 Гц).

Для переменного тока играет роль также и его частота. С увеличением частоты переменного тока полное сопротивление тела уменьшается, что приводит к увеличению тока, проходящего через человека, а следовательно, повышается опасность поражения.

Наибольшую опасность представляет ток с частотой от 50 до 1000 Гц; при дальнейшем повышении частоты опасность поражения уменьшается и полностью исчезает при частоте 45–50 кГц. Эти токи сохраняют опасность ожогов.

Снижение опасности поражения током с ростом частоты становится практически заметным при 1–2 кГц.

**Продолжительность воздействия электрического тока.** Длительное воздействие тока приводит к тяжелым, а иногда смертельным поражениям.

Влияние длительности прохождения тока через тело человека на исход поражения можно оценить эмпирической формулой:

$$I_h = 50/t,$$

где  $I_h$  — ток, проходящий через тело человека, мА;  $t$  — продолжительность прохождения тока, с.

Эта формула действительна в пределах 0,1–1,0 с. Ее используют для определения предельно допустимых токов, проходящих через человека по пути «рука — ноги», необходимых для расчета защитных устройств.

При длительном воздействии допустимый безопасный ток принят в 1 мА.

При продолжительности воздействия до 30 с — 6 мА.

При воздействии 1 с и менее в качестве практически допустимых с достаточно малой вероятностью поражения принимаются следующие величины токов, однако они не могут рассматриваться как обеспечивающие полную безопасность:

Длительность воздействия, с	1,0	0,7	0,5	0,2
Ток, мА	50	70	100	250

**Путь тока через тело человека.** Путь прохождения тока через тело человека играет существенную роль в исходе поражения, так как ток может пройти через жизненно важные органы: сердце, легкие, головной мозг и др. Влияние пути тока на исход поражения определяется также сопротивлением кожи на различных участках тела.

Возможных путей тока в теле человека, которые называются также **петлями тока**, достаточно много. Наиболее часто встречающиеся петли тока: «рука — рука», «рука — ноги» и «нога — нога» (табл. 14.2).

Таблица 14.2

**Характеристика путей тока в теле человека**

	Частота возникновения пути тока, %	Доля потерявших сознание при прохождении тока, %
Рука — рука	40	83
Правая рука — ноги	20	87
Левая рука — ноги	17	80
Нога — нога	6	15
Голова — ноги	5	88
Голова — руки	4	92
Прочие	8	65

Наиболее опасны петли «голова — руки» и «голова — ноги», но эти петли возникают относительно редко.

**Индивидуальные свойства человека.** Установлено, что физически здоровые и крепкие люди легче переносят электрические удары.

Повышенной восприимчивостью к электрическому току отличаются лица, страдающие болезнями кожи, сердечно-сосудистой системы, органов внутренней секреции, легких, нервными болезнями и др.

Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок предусматривают отбор персонала для обслуживания действующих электроустановок по состоянию здоровья. С этой целью проводится медицинское освидетельствование лиц при поступлении на работу и периодически один раз в два года в соответствии со списком болезней и расстройств, препятствующих допуску к обслуживанию действующих электроустановок.

**Условия внешней среды.** Состояние окружающей воздушной среды, а также окружающая обстановка могут существенным образом влиять на опасность поражения током. Сырость, токопроводящая пыль, едкие пары и газы, разрушающе действующие на изоляцию электроустановок, а также высокая температура окружающего воздуха понижают электрическое сопротивление тела человека, что еще больше увеличивает опасность поражения его током.

Воздействие тока на человека усугубляют также токопроводящие полы и близко расположенные к электрооборудованию металлические конструкции, имеющие связь с землей, так как в случае одновременного касания к этим предметам и корпусу электрооборудования, случайно оказавшемуся под напряжением, через человека пройдет ток большой силы.

В зависимости от наличия перечисленных условий, повышающих опасность воздействия тока на человека, «Правилами устройства электроустановок» *все помещения по опасности поражения людей электрическим током разделены* на следующие классы: без повышенной опасности, с повышенной опасностью, особо опасные, а также территории размещения наружных электроустановок.

**1. Помещения без повышенной опасности** характеризуются отсутствием условий, создающих повышенную или особую опасность (п. 2 и 3).

**2. Помещения с повышенной опасностью** характеризуются наличием в них одного из следующих условий, создающих повышенную опасность:

а) сырости (относительная влажность воздуха длительно превышает 75%) или токопроводящей пыли;

б) токопроводящих полов (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные и др.);

в) высокой температуры (выше 35°C);

г) возможности одновременного прикосновения человека к имеющим соединения с землей металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам, механизмам и т. п. с одной стороны и к металлическим корпусам электрооборудования — с другой.

**3. Особо опасные помещения** характеризуются наличием одного из следующих условий, создающих особую опасность:

а) особой сырости (относительная влажность воздуха близка к 100%: потолок, стены, пол и предметы в помещении покрыты влагой);

б) химически активной или органической среды (разрушающей изоляцию и токоведущие части электрооборудования);

в) одновременно двух или более условий повышенной опасности (п. 2).

**4. Территории размещения наружных электроустановок.** По опасности поражения людей электрическим током эти территории приравниваются к особо опасным помещениям.

*В химической промышленности многие производственные помещения являются особо опасными.*

Кроме того, в зависимости от климатической среды, помещения подразделяются: на *сухие (нормальные)* (влажность до 60%), *влажные* (влажность более 60 до 75%), *сырые* (влажность более 75%), *особо сырые* (влажность близка к 100%), *жаркие* (температура постоянно или более 1 сут превышает 35°C), *пыльные, помещения с химически активной или органической средой*.

Электрооборудование следует выбирать с учетом состояния окружающей среды и класса помещения по опасности поражения током, чтобы обеспечить необходимую степень безопасности при его обслуживании.

Так, например, электрическое оборудование, устанавливаемое в сырых, особо сырых и пыльных помещениях, а также в помещениях с химически активной средой, должно быть закрытого типа и иметь соответствующее исполнение: капле- или брызгозащищенное, пыленепроницаемое, продуваемое и т. п.

Электрооборудование и электрические сети, размещаемые в помещениях с химически активной средой, должны выбираться с учетом соответствующего исполнения или покрытия, обеспечивающего защиту их от воздействия этой среды.

При выборе мест прокладки электрических сетей и способов защиты их от коррозии следует учитывать свойства окружающей среды.

Для защиты электрооборудования от воздействия химически активной среды необходимо, чтобы оно соответствовало условиям эксплуатации; материал, из которого выполнено электрооборудование, должен быть коррозионно-стойким; металлические части должны быть надежно защищены лакокрасочным или гальваническим покрытием.

В условиях воздействия химически активных сред следует применять электрооборудование химически стойкого исполнения.

Во взрывоопасных зонах всех классов с химически активными средами применяются провода и кабели с поливинилхлоридной изоляцией, а также провода с резиновой изоляцией и кабели с резиновой и бумажной изоляцией в свинцовой или поливинилхлоридной оболочке. Применение проводов и кабелей с полиэтиленовой изоляцией запрещается.

Чтобы обеспечить надежную работу электрооборудования в химически активных средах, необходимо конструктивно исключить возможность проникновения химически активных реагентов в оболочки электрооборудования и применять специальные конструкционные материалы и защитные покрытия.



### 14.3.

## АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ПОРАЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ

Все случаи поражения человека током в результате электрического удара возможны лишь при замыкании электрической цепи через тело человека, т. е. при прикосновении человека не менее чем к двум точкам цепи, между которыми существует некоторое напряжение.

Напряжение между двумя точками цепи тока, которых одновременно касается человек, называется *напряжением прикосновения*.

Опасность такого прикосновения, оцениваемая значением тока, проходящего через тело человека, или же напряжением прикосновения, зависит от ряда факторов: схемы замыкания цепи тока через тело человека, напряжения сети, схемы самой сети, режима ее нейтрали (т. е. заземлена или изолирована нейтраль), степени изоляции токоведущих частей от земли, а также от значения емкости токоведущих частей относительно земли и т. п.

### УСЛОВИЯ И ОСНОВНЫЕ ПРИЧИНЫ ПОРАЖЕНИЯ ТОКОМ

Наиболее типичны два случая замыкания цепи тока через тело человека: когда человек касается одновременно двух проводов и когда он касается лишь одного провода. Во втором случае предполагается наличие электрической связи между сетью и землей (несовершенство изоляции проводов относительно земли, замыкание провода на землю в результате какой-либо неисправности и др.).

Применительно к сетям переменного тока первую схему обычно называют двухфазным прикосновением, а вторую — однофазным.

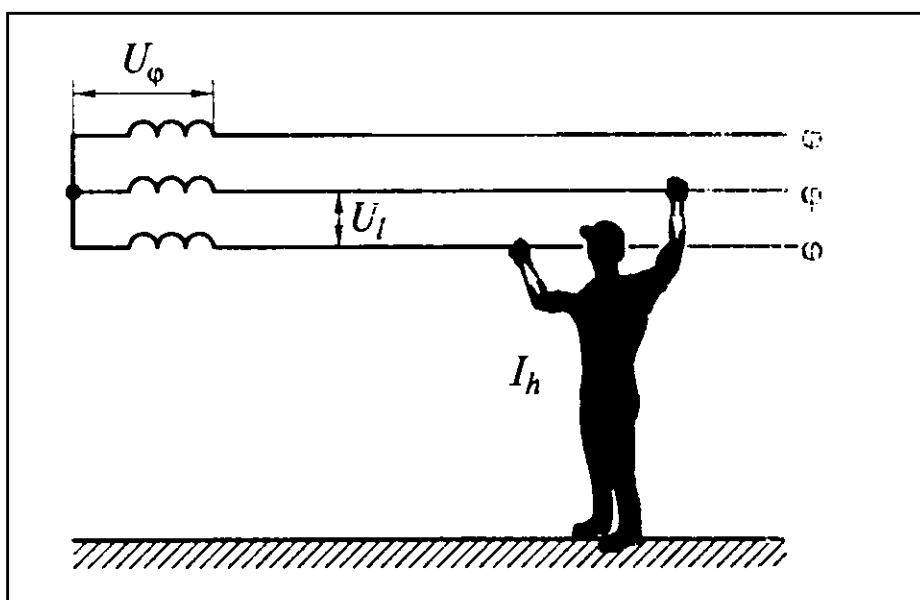


Рис. 14.1

Прикосновение человека к двум фазам (φ — фазный провод)

**Двухфазное прикосновение** (рис. 14.1) более опасно, поскольку к телу человека прикладывается наибольшее в данной сети напряжение — линейное, и поэтому через человека пойдет больший ток.

$$I_h = \frac{U_{\text{л}}}{R_h} \frac{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ф}}}{R_h},$$

где  $U_{\text{л}}$  — линейное напряжение (напряжение между фазными проводами сети), В;  $U_{\text{ф}}$  — фазное напряжение (напряжение между началом и концом одной обмотки или между фазным и нулевым проводами), В;  $R_h$  — сопротивление тела человека, Ом.

В сети с линейным напряжением  $U_{\text{л}} = 380$  В ( $U_{\text{ф}} = 220$  В) при сопротивлении тела человека  $R_h = 1000$  Ом ток через человека будет равен

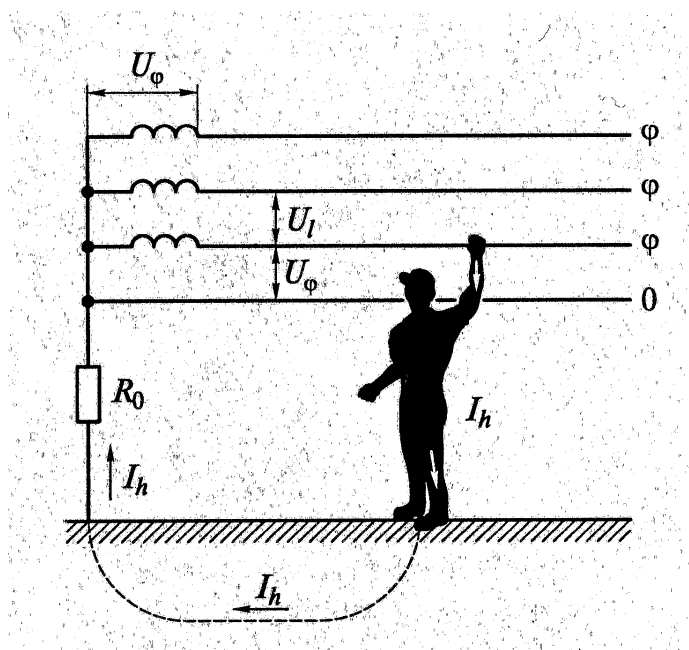
$$I_h = 1,73 \cdot 220/1000 = 380/1000 = 0,38 \text{ А.}$$

Этот ток для человека смертельно опасен.

При двухфазном прикосновении ток, проходящий через человека, практически не зависит от режима нейтрали сети.

Опасность прикосновения не уменьшится и в том случае, если человек будет надежно изолирован от земли.

**Однофазное прикосновение** происходит во много раз чаще, чем двухфазное, но оно менее опасно, поскольку напряжение, под которым оказывается человек, не превышает фазного, т. е. меньше линейного в 1,73 раза. Соответственно меньше оказывается и ток, проходящий через человека. Кроме того, на этот ток большое влияние оказывают режим нейтрали источника тока, сопротивление изоляции проводов сети относительно земли, сопротивление пола, на котором стоит человек, сопротивление его обуви и некоторые другие факторы.



**Рис. 14.2**

Прикосновение человека к одной фазе трехфазной цепи с заземленной нейтралью (φ — фазный провод)

В сети с заземленной нейтралью (рис. 14.2) цепь тока, проходящего через человека, включает в себя, кроме сопротивления тела человека, еще и сопротивление его обуви, сопротивление пола, на котором стоит человек, а также сопротивление заземления нейтрали источника тока. При этом все эти сопротивления включены последовательно.

Ток, проходящий через человека, определяют по формуле

$$I_h = \frac{U_\phi}{R_h + R_{об} + R_n + R_0},$$

где  $U_\phi$  — фазовое напряжение сети, В;  $R_h$  — сопротивление тела человека, Ом;  $R_{об}$  — сопротивление обуви;  $R_n$  — сопротивление пола, Ом;  $R_0$  — сопротивление заземления нейтрали источника тока, Ом.

В наиболее неблагоприятном случае (токопроводящая обувь — сырая или подбитая металлическими гвоздями и человек стоит на сырой земле или на металлическом полу, т. е.  $R_{об} = 0$ ;  $R_n = 0$ , а  $R_0 \leq 10$  Ом)

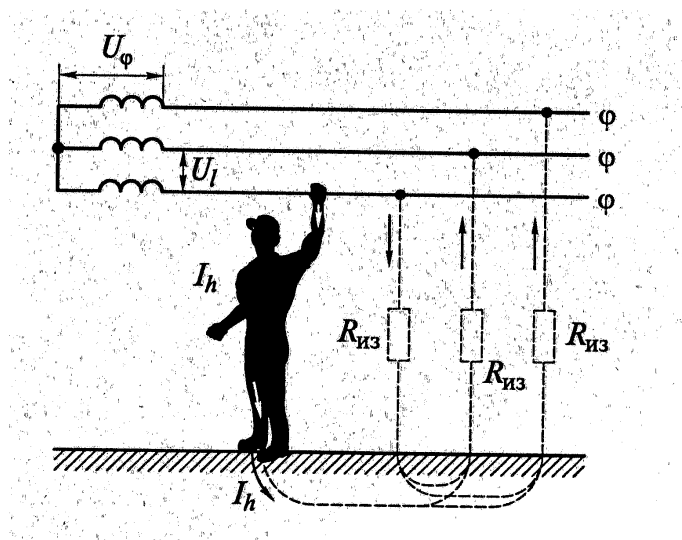
$$I_h = \frac{U_\phi}{R_h} = \frac{220}{1000} = 0,22 \text{ А} = 220 \text{ мА},$$

хотя при однофазном включении ток, проходящий через человека, в 1,73 раза меньше, чем при двухфазном прикосновении, но при этих условиях однофазное включение весьма опасно, так как ток, идущий через человека, будет равен 220 мА, что также смертельно опасно для человека.

Если обувь не токопроводящая (резиновые галоши,  $R_{об} = 45$  кОм) и человек стоит на изолирующем основании (деревянный пол,  $R_n = 100$  кОм), то

$$I_h = 220 / (1000 + 45\,000 + 100\,000) = 0,0015 \text{ А} = 1,5 \text{ мА}.$$

Этот ток не опасен для человека, что показывает, какое исключительное значение имеет для безопасности работающих в электроустановках непроводящая ток обувь и, в особенности, изолирующий пол.



**Рис. 14.3**

Прикосновение человека к одной фазе трехфазной цепи с изолированной нейтралью (φ — фазный провод)

В сети с изолированной нейтралью (рис. 14.3) ток, проходящий через человека в землю, возвращается к источнику тока через изоляцию проводов сети, которая в исправном состоянии обладает большим сопротивлением.

В этом случае ток, проходящий через человека, определяют по формуле

$$I_h = \frac{U_{\phi}}{R_h + R_{об} + R_n + R_{из}/3},$$

где  $R_{из}$  — сопротивление изоляции одной фазы сети относительно земли, Ом.

При наиболее неблагоприятном случае, когда человек имеет проводящую обувь и стоит на токопроводящем полу ( $R_{об} = 0$  и  $R_n = 0$ ):

$$I_h = \frac{U_{\phi}}{R_h + R_{из}/3}.$$

Если  $U_{\phi} = 220$  В и  $R_{из} = 90$  кОм, ток через человека будет

$$I_{\pi} = 220/(1000 + 30\,000) = 0,007 \text{ А} = 7 \text{ мА},$$

т. е. в сети с изолированной нейтралью условия безопасности находятся в зависимости от сопротивления изоляции проводов относительно земли.

Если учесть  $R_{об} = 45$  кОм и  $R_n = 100$  кОм, то

$$I_{\pi} = 220/(1000 + 45\,000 + 100\,000 + 30\,000) = 0,00125 \text{ А} = 1,25 \text{ мА}.$$

Таким образом, при прочих равных условиях прикосновение человека к одной фазе сети с изолированной нейтралью менее опасно, чем в сети с заземленной нейтралью.

Это справедливо для нормальных (безаварийных) условий работы сетей.

В случае же аварии, когда одна из фаз замкнута на землю, сеть с изолированной нейтралью может оказаться более опасной, так как в этом случае напряжение неповрежденной фазы относительно земли может возрасти с фазного до линейного, в то время как в сети с заземленной нейтралью повышение напряжения может быть незначительным.

**Выбор схемы сети**, а следовательно, и режима нейтрали источника тока определяется технологическими требованиями и условиями безопасности.

Правилами устройства электроустановок предусмотрено применение при напряжениях до 1000 В лишь двух схем трехфазных сетей: трехпроводной с изолированной нейтралью и четырехпроводной с заземленной нейтралью.

По технологическим требованиям предпочтение отдается четырехпроводной сети, поскольку в ней возможно использование двух рабочих напряжений — линейного и фазного.

По условиям безопасности в период нормального режима работы сети более безопасна, как правило, сеть с изолированной нейтралью, а в аварийный период — сеть с заземленной нейтралью.

**Основные причины поражения электрическим током.**

1. Случайное прикосновение к токоведущим частям, находящимся под напряжением, в результате:

- ошибочных действий при проведении работ;
- неисправности защитных средств, которыми пострадавший касался токоведущих частей и др.

2. Появление напряжения на металлических конструктивных частях электрооборудования в результате:

- повреждения изоляции токоведущих частей; замыкания фазы сети на землю;
- падения провода (находящегося под напряжением) на конструктивные части электрооборудования и др.

3. Появление напряжения на отключенных токоведущих частях в результате:

- ошибочного включения отключенной установки; замыкания между отключенными и находящимися под напряжением токоведущими частями;
- разряда молнии в электроустановку и др.

4. Возникновение напряжения шага на участке земли, где находится человек, в результате:

- замыкания фазы на землю;
- выноса потенциала протяженным токопроводящим предметом (трубопроводом, железнодорожными рельсами);
- неисправностей в устройстве защитного заземления и др.

*Напряжением шага* (шаговым напряжением) называется напряжение между точками земли, обусловленное растеканием тока замыкания на землю при одновременном касании их ногами человека.

Наибольший электрический потенциал будет в месте соприкосновения проводника с землей. По мере удаления от этого места потенциал поверхности грунта уменьшается, так как сечение проводника (почвы) увеличивается пропорционально квадрату радиуса, и на расстоянии, примерно равном 20 м, может быть принято равным нулю.

Поражение при шаговом напряжении усугубляется тем, что из-за судорожных сокращений мышц ног человек может упасть, после чего цепь тока замыкается на теле через жизненно важные органы. Кроме того, рост человека обуславливает большую разность потенциалов, приложенных к его телу.

#### 14.4.

### ТЕХНИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ И СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ

Для обеспечения электробезопасности применяют отдельно или в сочетании один с другим следующие технические способы и средства: защитное заземление, зануление, защитное отключение, выравнивание потенциалов, малое напряжение, изоляция токоведущих частей; электрическое разделение сетей; оградительные устройства; блокировка, предупредительная сигнализация, знаки безопасности; предупредительные плакаты; электрозащитные средства.

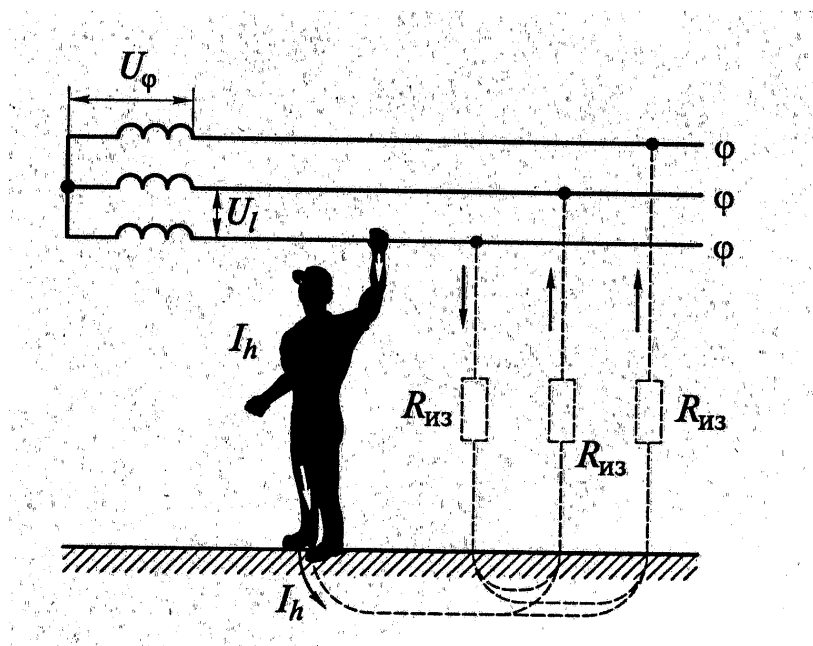
**Защитным заземлением** называется преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетокведущих частей,

которые могут оказаться под напряжением при замыкании на корпус и по другим причинам.

Задача защитного заземления — устранение опасности поражения током в случае прикосновения к корпусу и другим токоведущим металлическим частям электроустановки, оказавшимся под напряжением. Защитное заземление применяют в трехфазных сетях с изолированной нейтралью.

*Принцип действия защитного заземления* — снижение напряжения между корпусом, оказавшимся под напряжением, и землей до безопасного значения.

Если корпус электрооборудования не заземлен и он оказался в контакте с фазой, то прикосновение к такому корпусу равносильно прикосновению к фазе (рис. 14.3). В этом случае ток, проходящий через человека (при малом сопротивлении обуви, пола и изоляции проводов относительно земли), может достигать опасных значений.



**Рис. 14.4**

К вопросу о принципе действия защитного заземления

Если же корпус заземлен (рис. 14.4), то ток, проходящий через человека при  $R_{об} = R_{п} = 0$ , можно определить из уравнения

$$I_h = \frac{U_\phi}{R_h + R_{из} / 3 \cdot \left[ \frac{R_h + R_3}{R_3} \right]},$$

где  $R$  — сопротивление заземления. В соответствии с ПУЭ оно не должно превышать 4 Ом.  $R_{из} = 4500$  Ом;  $R_h = 1000$  Ом.

При весьма малом значении  $R_3$  по сравнению с  $R_h$  и  $R_{из}$  это выражение упрощается:

$$I_h = (3U_\phi / R_h R_{из}) R_3.$$

Тогда ток, проходящий через человека, будет

$$I_h = ((3 \cdot 380)/(1000 \cdot 4500)) \cdot 4 = 0,001 \text{ A} = 1,0 \text{ мА}.$$

Эта величина безопасна для человека. В этом назначение заземления.

Напряжение прикосновения также будет незначительным:  $U_{пр} = 1,0 \text{ В}$ .

В качестве заземляющих проводников допускается использовать различные металлические конструкции: фермы, шахты лифтов, подъемников, стальные трубы электропроводок, открыто проложенные стационарные трубопроводы различного назначения (кроме трубопроводов горючих и взрывоопасных газов, канализации и центрального отопления).

**Занулением** называется преднамеренное электрическое соединение с нулевым защитным проводником металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением вследствие замыкания на корпус и по другим причинам.

Задача зануления — устранение опасности поражения током в случае прикосновения к корпусу и другим нетоковедущим металлическим частям электроустановки, оказавшимся под напряжением вследствие замыкания на корпус. Решается эта задача быстрым отключением поврежденной электроустановки от сети (рис. 14.5).

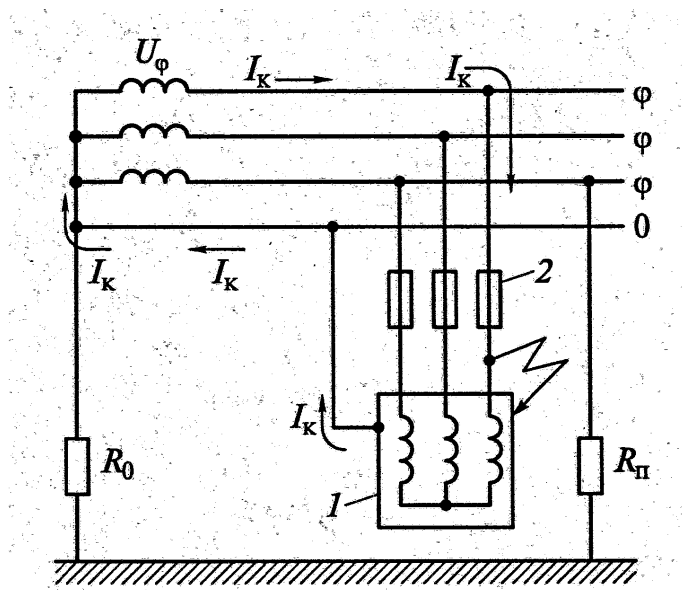


Рис. 14.5

Принципиальная схема зануления:

1 — корпус потребителя энергии; 2 — аппараты защиты потребителя от тока короткого замыкания (плавкие предохранители, автоматы); Ф — фазный провод; 0<sub>з</sub> — нулевой защитный провод; R<sub>0</sub> — сопротивление заземленной нейтрали источника тока; R<sub>П</sub> — сопротивление повторного заземления нулевого защитного провода; I<sub>к</sub> — ток однофазного короткого замыкания.

**Принцип действия зануления** — превращение замыкания на корпус в однофазное короткое замыкание (т. е. замыкание между фазным и нулевым проводами) с целью вызвать большой ток, способный обеспечить срабатывание

защиты и тем самым автоматически отключить поврежденную установку от питающей сети. Такой защитой могут быть плавкие предохранители, магнитные пускатели со встроенной тепловой защитой, контакторы в сочетании с тепловыми реле, автоматы, осуществляющие защиту одновременно от токов короткого замыкания и от перегрузки.

Зануление применяют в трехфазных четырехпроводных сетях с глухозаземленной нейтралью.

Занулению подлежат те же металлические конструктивные нетоковедущие части электрооборудования, которые должны быть заземлены: корпуса машин, аппаратов и др. В сети с занулением корпус приемника нельзя заземлять, не присоединив его к нулевому защитному проводу.

Одновременное зануление и заземление одного и того же корпуса, точнее — заземление зануленного корпуса, не только не опасно, а, напротив, улучшает условия безопасности, так как создает дополнительное заземление нулевого защитного провода.

Вместе с тем зануление (как и заземление) не защищает человека от поражения электрическим током при прямом прикосновении к токоведущим частям. Поэтому возникает необходимость (в помещениях особо опасных в отношении поражения электрическим током) в использовании, помимо зануления и других защитных мер, в частности, защитного отключения и выравнивания потенциала.

**Защитное отключение** — быстродействующая защита, обеспечивающая автоматическое отключение электроустановки при возникновении в ней опасности поражения током.

При применении этого вида защиты безопасность обеспечивается быстродействующим (0,1–0,2 с) отключением аварийного участка или всей сети при однофазном замыкании на землю или на элементы электрооборудования, нормально изолированные от земли, а также при прикосновении человека к частям, находящимся под напряжением.

Защитное отключение может служить дополнением к системам заземления и зануления, а также в качестве единственной и основной меры защиты.

Функции защитного отключения могут выполнять также устройства контроля изоляции, если они обеспечивают отключение как при снижении сопротивления изоляции, так и при касании человека частей, находящихся под напряжением.

Защитное отключение весьма перспективная мера защиты на предприятиях химической промышленности, особенно в помещениях особо опасных в отношении поражения электрическим током, а также во взрывоопасных зонах.

**Выравнивание потенциала** — это метод снижения напряжения прикосновения и шага между точками электрической цепи, к которым возможно одновременное прикосновение или на которых может одновременно стоять человек.

Для выравнивания потенциала в землю укладывают стальные полосы в виде сетки по всей площади, занятой оборудованием.

В производственном помещении корпуса электрооборудования и производственного оборудования в той или иной степени связаны между собой. При



замыкании на корпус в каком-либо из электроприемников все металлические части получают близкое по величине напряжение относительно земли. В результате напряжение между корпусом электроприемника и полом существенно уменьшается, происходит выравнивание потенциала по всей площади помещения. При выравнивании потенциала человек, находящийся в этой цепи замыкания, оказывается под сравнительно малым напряжением.

Для выравнивания потенциала во всех помещениях и наружных установках, где применяется заземление или зануление, строительные металлические конструкции, трубопроводы всех назначений, корпуса технологического оборудования должны быть присоединены к сети заземления или зануления.

Фактор выравнивания потенциала имеет большое значение для обеспечения безопасности и является эффективной защитной мерой, но как самостоятельная мера защиты не применяется.

**Малое напряжение** — это номинальное напряжение не более 42 В, применяемое в цепях для уменьшения опасности поражения электрическим током.

Применение малых напряжений способствует резкому снижению опасности поражения, особенно при работах в помещениях с повышенной опасностью, особо опасных и на наружных установках. Однако электроустановки и с таким напряжением представляют опасность при двухфазном прикосновении.

Малые напряжения используют для питания электроинструмента, светильников стационарного освещения, переносных ламп в помещениях с повышенной опасностью или особо опасных и других случаях.

Источниками малого напряжения могут быть специальные понижающие трансформаторы с вторичным напряжением 12–42 В.

Использование малых напряжений — эффективная мера защиты, однако область ее применения невелика, что обусловлено трудностями создания протяженных сетей и мощных электроприемников малого напряжения.

**Изоляция токоведущих частей.** Исправность изоляции — основное условие, обеспечивающее безопасность эксплуатации и надежность электроснабжения электроустановок.

Для изоляции токоведущих частей электроустановок применяют несколько видов изоляции: рабочую, дополнительную, двойную и усиленную.

*Рабочая изоляция* — это электрическая изоляция токоведущих частей электроустановки, обеспечивающая ее нормальную работу и защиту от поражения электрическим током. Рабочей изоляцией являются эмаль и оплетка обмоточных проводов, пропиточные лаки и компаунды, изоляция поля кабеля и проводов и др.

*Дополнительная изоляция* — предусматривается дополнительно к рабочей в случае ее повреждения. Дополнительной изоляцией могут быть пластмассовый корпус машины, изолирующая втулка и др.

*Двойная изоляция* — изоляция, состоящая из рабочей и дополнительной.

Двойная изоляция считается вполне достаточной для обеспечения электробезопасности. Поэтому электроинструментом и другими устройствами с двойной изоляцией разрешается пользоваться без применения других защитных средств.

*Усиленная изоляция* — улучшенная рабочая изоляция, обеспечивающая такую же степень защиты от поражения током, как и двойная изоляция.

Свойства пластмассы (невысокая механическая прочность, ненадежность соединений с металлом и др.) ограничивают область применения двойной изоляции: ее используют в электрооборудовании небольшой мощности (электрифицированный ручной инструмент, переносные приборы).

**Электрическое разделение сетей** — разделение сети на отдельные электрически не связанные между собой участки с помощью разделяющего трансформатора.

Разделяющие трансформаторы изолируют электроприемники от первичной сети и сети заземления. От разделяющего трансформатора может питаться только один электроприемник с защитной плавкой вставкой (сила тока вставки автомата на первичной стороне не должна превышать 15 А). Вторичное напряжение разделяющих трансформаторов должно быть не выше 380 В. Вторичная обмотка трансформатора и корпус электроприемника не должны иметь ни заземления, ни связи с сетью зануления. Тогда при прикосновении к частям, находящимся под напряжением, или к корпусу с поврежденной изоляцией не создается опасность, поскольку вторичная цепь коротка и сила токов утечки в ней и емкостных токов ничтожно мала.

Применение разделяющих трансформаторов лучше, чем понижающих с заземлением вторичных обмоток.

Защитное разделение сетей обычно используют в электроустановках, эксплуатация которых связана с особой и повышенной опасностью.

**Оградительные устройства** применяют для того, чтобы исключить даже случайные прикосновения к токоведущим частям электроустановок. Ограждение токоведущих частей должно предусматриваться конструкцией электрооборудования.

Оголенные провода и шины, а также приборы, аппараты, распределительные щиты, имеющие незащищенные и доступные для прикосновения токоведущие части, помещают в специальные ящики, шкафы, камеры и другие устройства, закрываемые сплошными или сетчатыми ограждениями.

Сплошные ограждения обязательны для электроустановок, размещаемых в производственных (неэлектрических) помещениях.

Сетчатые ограждения применяют в электроустановках, доступных лишь квалифицированному электротехническому персоналу.

В случаях, когда изоляция и ограждение токоведущих частей оказываются невозможными или нецелесообразными (например, воздушные линии высокого напряжения), их размещают на недоступной для прикосновения высоте.

Внутри производственных помещений неогражденные голые токоведущие части (троллейные провода, контактные сети и т. п.) прокладывают на высоте не менее 3,5 м от пола.

**Предупредительная сигнализация, блокировка, знаки безопасности.** Блокировочные устройства надежно исключают возможность случайного прикосновения к находящимся под напряжением частям, расположенным в специальных закрытых помещениях.

Применение блокировки обеспечивает автоматическое снятие напряжения со всех элементов установки, приближение к которым угрожает жизни человека. Блокировки применяют в электрических аппаратах, при обслуживании которых должны соблюдаться повышенные меры безопасности, в электрооборудовании, расположенном в доступных для неэлектротехнического персонала помещениях.

*Предупредительную сигнализацию* широко используют в сочетании с другими мерами защиты. Сигнализацию выполняют световой или звуковой. Для световых сигналов применяют красный, желтый, зеленый, белый и синий цвета.

Сигнальные лампы и другие светосигнальные аппараты должны иметь знаки или надписи, указывающие значение сигналов (например, «Включено», «Отключено», «Нагрев»).

Для профилактики электротравматизма применяют *знаки безопасности*, а также *предупредительные плакаты*. Плакаты и надписи — одно из действенных средств не только предупреждения случайных прикосновений к токоведущим частям, находящимся под напряжением, но и предотвращения ошибочных действий персонала.

Их основное назначение: предупреждение опасности при приближении к частям, находящимся под напряжением; запрещение оперировать аппаратами, которые могут подать напряжение на место, отведенное для работы; указание места, подготовленного к работе; напоминание о принятых мерах безопасности.

В соответствии с «Правилами применения и испытания средств защиты, используемых в электроустановках», знаки и плакаты делятся на четыре группы: предупреждающие знаки и плакаты, а также плакаты запрещающие, предписывающие и указательные.

**Электрозащитные средства** — переносимые и перевозимые изделия, служащие для защиты людей, обслуживающих электроустановки, от поражения электрическим током, воздействия электрической дуги и электромагнитного поля.

По назначению защитные средства условно делят на изолирующие, ограждающие и вспомогательные.

*Изолирующие защитные средства* служат для изоляции человека от токоведущих частей и от земли и делятся на основные и дополнительные.

*Основные изолирующие защитные средства*, способны надежно выдерживать рабочее напряжение электроустановки и допускают касание токоведущих частей, находящихся под напряжением. В электроустановках напряжением до 1000 В к основным изолирующим защитным средствам относятся оперативные штанги и токоизмерительные клещи, диэлектрические перчатки, инструмент с изолирующими ручками и указатели напряжения.

*Дополнительные изолирующие защитные средства* не рассчитаны на напряжение электроустановки и самостоятельно не обеспечивают безопасность персонала. Поэтому эти средства применяют вместе с основными в виде дополнительной меры защиты. К ним относятся диэлектрические галоши, коврики, а также изолирующие подставки.

*Ограждающие защитные средства* — различные переносные ограждения, служащие для временного ограждения токоведущих частей и таким образом предотвращающие возможность прикосновения к ним.

*Вспомогательные защитные средства* — это инструменты, приспособления и устройства, предназначенные для защиты электротехнического персонала от падения с высоты (предохранительные пояса, страхующие канаты); для безопасного подъема на опоры (монтерские когти, лазы для подъема на бетонные опоры); для защиты от световых, тепловых или химических воздействий (защитные очки, респираторы, противогазы, брезентовые рукавицы); для защиты от шума (противошумные наушники, шлемы).

Все приборы, аппараты и приспособления, применяемые в качестве защитных средств, должны быть только заводского изготовления, выполненные и испытанные в соответствии с действующими нормативно-техническими документами.

## 14.5. ПЕРВАЯ ПОМОЩЬ ПРИ ПОРАЖЕНИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ

Первую доврачебную помощь пораженному током должен уметь оказывать каждый работающий с электроустановками. Первая помощь при несчастных случаях, вызванных поражением электрическим током, состоит из двух этапов: освобождение пострадавшего от действия тока и оказание ему первой доврачебной медицинской помощи.

**Освобождение пострадавшего от действия тока.** Первым действием должно быть быстрое отключение той части установки, к которой прикасается пострадавший. Если быстро отключить установку нельзя, надо отделить пострадавшего от токоведущих частей.

При напряжении до 1000 В для отделения пострадавшего от токоведущих частей следует воспользоваться сухой палкой, доской, веревкой, одеждой пострадавшего или другим сухим предметом. Оттаскивать пострадавшего за ноги можно только при хорошей изоляции рук оказывающего помощь. Для изоляции рук можно воспользоваться диэлектрическими перчатками, брезентовыми рукавицами или обернуть руки сухой тканью. Изолировать себя от земли можно, надев резиновые галоши или встав на сухую доску или непроводящую ток подстилку. Прервать ток можно также, отделив пострадавшего от земли. При этом необходимо соблюдать указанные выше меры безопасности. При необходимости следует перерубить или перерезать провода (каждый в отдельности) топором с сухой деревянной рукояткой или инструментом с изолированными рукоятками.

**Способы оказания первой помощи.** Оказание первой помощи зависит от состояния, в котором находится пораженный электрическим током. Для определения этого состояния необходимо немедленно уложить пострадавшего на спину на твердую поверхность, проверить наличие у него дыхания и пульса,

выяснить состояние зрачка — узкий или расширенный (расширенный зрачок указывает на резкое ухудшение кровоснабжения мозга).

Во всех случаях поражения электрическим током необходимо вызвать врача независимо от состояния пострадавшего.

При этом следует немедленно начать оказание соответствующей помощи пострадавшему:

- если пострадавший находится в сознании, но до этого был в состоянии обморока или продолжительное время находился под током, его следует удобно уложить на подстилку, накрыть чем-нибудь (одеждой) и до прибытия врача обеспечить полный покой, непрерывно наблюдая за дыханием и пульсом;

- если сознание отсутствует, но сохранились устойчивые пульс и дыхание, нужно ровно и удобно уложить пострадавшего на подстилку, расстегнуть пояс и одежду, обеспечить приток свежего воздуха и полный покой; давать пострадавшему нюхать нашатырный спирт и обрызгивать его водой;

- если пострадавший плохо дышит (резко, судорожно), делать искусственное дыхание и наружный массаж сердца;

- если отсутствуют признаки жизни (дыхание, сердцебиение, пульс), нельзя считать пострадавшего мертвым, так как смерть часто бывает лишь кажущейся. В этом случае также надо делать искусственное дыхание и массаж сердца. Заключение о смерти пострадавшего может сделать только врач.

**Первая помощь при ожогах.** При тяжелых ожогах надо осторожно снять с пострадавшего одежду и обувь (лучше разрезать их). Ожоговая рана при загрязнении начинает гноиться и долго не заживает. Поэтому нельзя касаться руками обожженного участка кожи или смазывать его какими-либо мазями, маслами, вазелином или раствором. Обожженную поверхность следует перевязать так же, как любую рану (только без обработки), покрыть стерильным материалом, сверху положить слой ваты и все закрепить бинтом. После этого пострадавшего следует направить в лечебное учреждение.

Такой способ оказания первой помощи следует применять при всех термических ожогах, независимо от того, чем они были вызваны: паром, вольтовой дугой, горячей мастикой, электрическим током и др. При этом не следует вскрывать пузыри, удалять приставшие к обожженному месту мастики или другие смолистые вещества, так как, удаляя их, можно легко повредить кожу и тем самым создать условия для нагноения. Нельзя также отдирать обгоревшие, приставшие к ране куски одежды; в случае необходимости их следует обрезать острыми ножницами.

При ожогах глаз следует сделать пострадавшему холодные примочки из раствора борной кислоты и немедленно отправить его к врачу.

## 14.6.

### ЗАЩИТА ОТ СТАТИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА

На предприятиях химической промышленности широко используют и получают в больших количествах вещества и материалы, обладающие диэлектрическими свойствами.

Электризацией сопровождаются транспортирование углеводородных топлив и растворителей, перемещение сыпучих сред в пневмотранспорте, переработка полимерных материалов, деформация, дробление (разбрызгивание) веществ, интенсивное перемешивание, распыление веществ и другие процессы химической технологии.

Образование электростатических зарядов часто вызывает технологические трудности, приводит к порче перерабатываемых материалов, создает опасные условия работы, оказывает физиологическое воздействие на людей, представляет пожарную опасность при возникновении искровых разрядов с поверхности наэлектризованного материала.

**Условия возникновения зарядов статического электричества.** Под статическим электричеством понимают совокупность явлений, связанных с возникновением и релаксацией свободного электрического заряда на поверхности или в объеме диэлектриков или на изолированных проводниках.

Образование и накопление зарядов на перерабатываемом материале связано с двумя условиями. Во-первых, должен произойти контакт поверхностей, в результате которого образуется двойной электрический слой. Возникновение двойного электрического слоя объясняется переходом электронов в элементарных донорно-акцепторных актах на поверхности контакта; неодинаковое сродство материала поверхностей к электрону определяет знак заряда. Во-вторых, хотя бы одна из контактирующих поверхностей должна быть из диэлектрического материала. Заряды будут оставаться на поверхностях после их разделения только в том случае, если время разрушения контакта меньше времени релаксации зарядов. Последнее в значительной степени определяет величину зарядов на разделенных поверхностях.

Основная величина, характеризующая способность к электризации, — удельное электрическое сопротивление поверхностей контактируемых материалов. Если контактирующие поверхности имеют низкое сопротивление, то при разделении заряды с них стекают и разделенные поверхности несут незначительный заряд. Если же сопротивление высокое или велика скорость отрыва поверхностей, то заряды будут сохраняться.

Следовательно, основные факторы, влияющие на электризацию веществ, — их электрофизические параметры и скорость разделения. Экспериментально установлено, что чем интенсивнее ведется процесс (чем выше скорость отрыва), тем больший заряд остается на поверхности.

Условно принято, что при удельном электрическом сопротивлении материалов менее  $10^5$  Ом·м заряды не сохраняются и материалы не электризуются.

В таблице 14.3 приведены данные об удельном электрическом сопротивлении некоторых веществ (в Ом·м).

Кроме того, заряд в значительной степени зависит от электрической емкости материала, на котором он возникает, относительно земли. Наибольшей емкостью по отношению к земле обладают изолированные проводящие объекты, и энергия искрового разряда с них на заземленную поверхность бывает вполне достаточной для воспламенения большинства парогазовых и пылевоздушных смесей, а электрические разряды с диэлектрических поверхностей,

вследствие отсутствия проводимости, обладают малой энергией. Проводящими объектами могут быть металлические обрешеченные материалы, вращающиеся части технологического оборудования и, наконец, люди, работающие с наэлектризованными материалами.

Таблица 14.3

**Удельное электрическое сопротивление некоторых веществ**

Полистирол/парафин	$10^{16}$	Дистиллированная вода	$10^4$
Стекло	$10^{11}-10^{14}$	Почва	$(6,0-5,0) \cdot 10^3$
Жидкие углеводороды	$10^8-10^{16}$	Разбавленная серная кислота	$1,0 \cdot 10^{-2}$
Синтетические волокно	$10^{10}-10^{14}$	Железо	$1,0 \cdot 10^{-7}$
Натуральный каучук	$10^{12}-10^{13}$	Серебро	$1,5 \cdot 10^{-8}$
Сухое дерево	$10^8-10^{14}$	Медь	$1,55 \cdot 10^{-8}$
Графит	$(8,0-1,4) \cdot 10^6$	Алюминий	$2,41 \cdot 10^{-8}$
Электропроводящая резина	$(2,0-2,0) \cdot 10^6$		

Заряжение таких объектов может происходить в основном двумя путями: непосредственное контактирование с наэлектризованными материалами и индуктивное заряджение, а также при комбинированном — смешанном заряджении.

К чисто контактному заряджению относится электризация при перекачивании углеводородных топлив, растворителей по трубопроводам. Так, например, трубопроводы из прозрачного диэлектрического материала при перекачивании жидкостей даже светятся.

Наряду с контактным часто происходит индуктивное заряджение проводящих объектов и обслуживающего персонала в электрическом поле движущегося плоского наэлектризованного материала.

Смешанное заряджение наблюдается тогда, когда наэлектризованный материал поступает в какие-либо емкости, изолированные от земли. Оно наиболее распространено при заливке горючих жидкостей в емкости, цистерны, бочки, при подаче резиновых клеев, тканей, пленок в передвижные емкости и тележки.

**Опасность разрядов статического электричества в производственных условиях.** Основная опасность, создаваемая электризацией различных материалов, состоит в возможности искрового разряда как с диэлектрической наэлектризованной поверхности, так и с изолированного проводящего объекта.

Разряд статического электричества возникает тогда, когда напряженность электростатического поля над поверхностью диэлектрика или проводника, обусловленная накоплением на них зарядов, достигает критической (пробивной) величины. Для воздуха эта величина составляет примерно 30 кВ/м.

Электростатическая искробезопасность объектов в соответствии с ГОСТ 12.1.018-93 должна обеспечиваться созданием условий, предупреждающих возникновение разрядов статического электричества, способных стать источником зажигания объекта защиты. Это обеспечивается снижением максимальной

энергии разряда, который может возникнуть внутри объекта или с его поверхности электростатической, а также снижением чувствительности объектов, окружающей и проникающей в них среды к зажигающему воздействию статического электричества (увеличением минимальной энергии зажигания).

Снижение электростатической искроопасности объектов обеспечивается регламентированием максимальной энергии разряда и применением средств защиты от статического электричества в соответствии с ГОСТ 12.4.124-83.

Снижение чувствительности объектов, окружающей и проникающей в них среды к зажигающему воздействию разрядов статического электричества обеспечивается регламентированием параметров производственных процессов (влажность и дисперсность аэрозвесей, давление и температура среды), влияющих на величину энергии разряда и флегматизацию горючих сред.

Энергию разряда с заряженной диэлектрической поверхностью можно определить только экспериментально. Минимальная энергия зажигания горючих смесей зависит от природы веществ и определяется экспериментально.

**Воздействие статического электричества на человека.** Заряды статического электричества могут накапливаться и на людях. Электризация тела человека происходит при работе с наэлектризованными изделиями и материалами. Человек может подвергаться длительному процессу электризации при контактировании с различного рода предметами, выполненными из материалов с высокими диэлектрическими свойствами (полы, непроводящая обувь, диэлектрические перчатки и т. д.).

Количество накопившегося на людях электричества может быть достаточным для искрового разряда при контакте с заземленным предметом. Считается, что энергия разряда с тела человека достаточна для зажигания практически всех газо-, паро- и некоторых пылевоздушных горючих смесей.

Воздействие статического электричества смертельной опасности для человека не представляет. Искровой разряд статического электричества человек ощущает как укол, толчок или судорогу. При внезапном уколе может возникнуть испуг и вследствие рефлекторных движений человек может непроизвольно сделать движения, приводящие к падению с высоты, попаданию в опасную зону машин и др.

Длительное воздействие статического электричества неблагоприятно отражается на здоровье работающего, отрицательно сказывается на его психофизическом состоянии.

**Средства защиты от статического электричества.** Средства защиты от статического электричества в соответствии с «Правилами защиты от статического электричества в производствах химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности» должны применяться во взрыво- и пожароопасных помещениях и зонах открытых установок, отнесенных по классификации «Правил устройства электроустановок» (ПУЭ) к классам В-I, В-Ia, В-Iб, В-Iг, В-II, В-IIa, II-I и II-II.

В помещениях и зонах, которые не относятся к указанным классам, защита должна осуществляться лишь на тех участках, где статическое электричество отрицательно влияет на технологический процесс и качество продукции.



Для предупреждения возможности возникновения опасных искровых разрядов с поверхности оборудования, перерабатываемых веществ, а также с тела человека необходимо, с учетом особенностей производства, обеспечивать отекание возникающих зарядов статического электричества.

Это достигается применением средств коллективной и индивидуальной защиты от статического электричества согласно ГОСТ 12.4.124-83.

Средства коллективной защиты от статического электричества по принципу действия подразделяются на: заземляющие устройства; нейтрализаторы; увлажняющие устройства; антиэлектростатические вещества; экранирующие устройства.

**Отвод зарядов заземляющими устройствами.** Заземление — наиболее простое и часто применяемое средство защиты от статического электричества. Все металлические и электропроводные неметаллические части технологического оборудования должны быть заземлены. Сопротивление заземляющего устройства, предназначенного исключительно для защиты от статического электричества, не должно превышать 100 Ом. Как правило, такие заземляющие устройства объединяют с заземляющими устройствами для электрооборудования.

Металлическое и электропроводное неметаллическое оборудование, трубопроводы, вентиляционные короба и т. п., расположенные в цехе, а также на наружных установках, эстакадах и каналах, должны представлять собой на всем протяжении непрерывную электрическую цепь, которая присоединяется к контуру заземления не менее чем в двух точках.

**Нейтрализация зарядов статического электричества.** При невозможности использования простых средств для защиты от статического электричества рекомендуется нейтрализовать заряды ионизацией воздуха в местах их возникновения или накопления. Для получения заряженных частиц ионов, оказывающих нейтрализующее действие, применяют различные ионизаторы. В промышленности в основном используют нейтрализаторы следующих типов: коронного разряда (индукционные и высоковольтные); радиоизотопные с  $\alpha$ - и  $\beta$ -излучающими источниками; комбинированные, объединяющие коронные и радиоизотопные нейтрализаторы в одной конструкции.

Во взрывоопасных помещениях всех классов для нейтрализации зарядов статического электричества применяют радиоизотопные нейтрализаторы. Для ионизации воздуха используют источники  $\alpha$ - и  $\beta$ -излучения. В помещениях, не являющихся взрывоопасными, во всех случаях, когда позволяет характер технологического процесса и конструкция машин, для нейтрализации зарядов статического электричества на плоских поверхностях (пленках, лентах, тканях, листах) применяют индукционные нейтрализаторы как наиболее простые и дешевые. В случае невозможности применения индукционных нейтрализаторов или их недостаточной эффективности в помещениях, не являющихся взрывоопасными, применяют высоковольтные нейтрализаторы и нейтрализаторы скользящего разряда.

Для нейтрализации зарядов статического электричества в труднодоступных местах, где невозможна установка нейтрализаторов, применяют вдувание

ионизированного воздуха. Ионизировать воздух в этом случае можно любым способом.

**Отвод зарядов путем уменьшения удельного объемного и поверхностного электрического сопротивления.** С этой целью повышают *относительную влажность* воздуха до 65–70%, если это допустимо по условиям производства. Для этой цели применяют общее или местное увлажнение воздуха в помещении при постоянном контроле относительной влажности воздуха.

При увлажнении поверхности твердых материалов на ней образуется электропроводящая пленка воды. Этот метод не эффективен, когда электризующийся материал гидрофобен или когда его температура выше температуры окружающей среды. В этих случаях можно дополнительно применять обработку полимерных материалов и химических волокон растворами поверхностно-активных веществ (ПАВ).

Для уменьшения удельного объемного электрического сопротивления в диэлектрические жидкости и растворы полимеров (клеев) вводят различные растворимые в них *антиэлектростатические вещества*, в частности, соли металлов переменной валентности высших карболовых, нафтеновые и синтетические жирные кислоты.

Введение ПАВ и других антиэлектростатических веществ возможно только в тех случаях, когда это не приводит к нарушению технологических требований, предъявляемых к выпускаемой продукции.

Хороший эффект защиты диэлектрических поверхностей от статического электричества дает покрытие их электропроводящими эмалями, удельное электрическое сопротивление которых 1–10 МОм·м.

**Снижение интенсивности возникновения зарядов статического электричества.** Это достигается соответствующим подбором скорости движения веществ, исключением разбрызгивания, дробления и распыления веществ, отводом электростатического заряда, подбором поверхностей трения, очисткой горючих газов и жидкостей от примесей.

Безопасные скорости транспортирования жидких и пылевидных веществ в зависимости от удельного объемного электрического сопротивления ( $\rho_v$ ) нормируются «Правилами защиты от статического электричества». Так, для жидкостей с  $\rho_v < 0,1$  МОм·м установлена допустимая скорость  $v \leq 10$  м/с, при  $\rho_v \leq 1000$  МОм·м —  $v$  до 5 м/с, а при  $\rho_v > 1000$  МОм·м скорость устанавливается для каждой жидкости отдельно. Наиболее опасны по диэлектрическим и другим свойствам этиловый эфир, сероуглерод, бензол, бензин, этиловый и метиловый спирты.

При подаче в резервуары и цистерны жидкостей сливную трубу необходимо удлинить до дна приемного сосуда и направить струю вдоль его стенки. Жидкости должны поступать в резервуары, как правило, на отметке ниже уровня содержащегося в них остатка жидкости. При первоначальном заполнении резервуаров жидкость подают со скоростью до 0,5–0,7 м/с.

В тех случаях, когда невозможно обеспечить отекание возникающих зарядов, для предотвращения воспламенения среды внутри аппаратов искровыми

разрядами необходимо исключить образование взрывоопасных смесей. Для этого в закрытых системах создают избыточное давление или используют инертные газы для заполнения аппаратов, емкостей, закрытых транспортных систем и другого оборудования; для перекачивания ЛВЖ, пневмотранспорта горючих мелкодисперсных и сыпучих материалов, а также для продувки оборудования при запуске.

Во взрывоопасных производствах, где могут накапливаться заряды статического электричества, аппараты, емкости, машины, коммуникации и другие изготавливают из материалов, имеющих удельное объемное электрическое сопротивление не выше  $10^5$  Ом·м.

**Отвод зарядов статического электричества, накапливающихся на людях.** Во взрывоопасных производствах для предотвращения опасных искровых разрядов, которые возникают вследствие накопления на теле человека зарядов статического электричества при контактном или индуктивном воздействии наэлектризованного материала или элементов одежды, необходимо обеспечить отекание этих зарядов в землю. К основным мерам, способствующим выполнению этого требования, относятся устройство электропроводящих полов; обеспечение работающих средствами индивидуальной защиты (специальной антиэлектростатической обувью и одеждой); заземление помостов и рабочих площадок, ручек дверей, поручней лестниц, рукояток приборов, машин и аппаратов.

Заземленные рукоятки, поручни, помосты являются только дополнительными средствами отвода зарядов с тела человека.

Если рабочий выполняет работу в неэлектропроводной обуви сидя, заряды статического электричества, накапливающиеся на его теле, отводят с помощью антиэлектростатического халата в сочетании с электропроводной подушкой стула либо с помощью легкосняющихся электропроводных браслетов, соединенных с землей.

Для обеспечения непрерывного отвода зарядов статического электричества с тела человека во взрывоопасных помещениях полы должны быть электропроводными, т. е. сделанными из материалов с удельным объемным сопротивлением не более  $10^6$  Ом·м.

К непроводящим покрытиям относятся асфальт, резиновый настил из нормальной резины, линолеум, нормальные террацевые плиты. Проводящими покрытиями являются бетон толщиной 30 мм, специальные бетон и пенобетон, ксилолит, настил из резины с пониженным сопротивлением, специальные террацевые плиты и другие покрытия.

При проведении работ внутри емкостей и аппаратов, где возможно создание взрывоопасных паро-, газо- и пылевоздушных смесей, недопустимо использование комбинезонов, курток и другой верхней одежды из электризующихся материалов.

## **Глава 15**

# **ОСНОВЫ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

Радиационная безопасность регулируется законодательными документами, регламентирующими обеспечение безопасных условий труда для персонала и жизнедеятельности для населения. Основными документами являются: СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009» (утв. постановлением Главного государственного санитарного врача РФ № 47 от 07.07.2009); Федеральный закон «О радиационной безопасности населения» № 3-ФЗ от 09.01.1996; СП 2.6.1.2612-10 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ 99/2010)» (утв. постановлением Главного государственного санитарного врача РФ № 40 от 26.04.2010).

Нормы радиационной безопасности НРБ-99 (далее — Нормы) применяются для обеспечения безопасности человека в условиях нормальной эксплуатации техногенных источников излучения; в результате радиационной аварии; при медицинском облучении воздействия на него ионизирующего излучения искусственного или природного происхождения.

### **15.1. ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ**

Любое излучение, взаимодействие которого со средой приводит к образованию электрических зарядов разных знаков, называется ионизирующим. При этом различают корпускулярное и фотонное ионизирующее излучение.

Корпускулярное ионизирующее излучение — поток элементарных частиц с массой покоя, отличной от нуля, образующихся при радиоактивном распаде, ядерных превращениях либо генерируемых на ускорителях. К нему относятся  $\alpha$ - и  $\beta$ -частицы, нейтроны ( $n$ ), протоны ( $p$ ) и др.

*$\alpha$ -Излучения* — это поток частиц, являющихся ядрами атома гелия и обладающих двумя единицами заряда. Энергия  $\alpha$ -частиц, испускаемых различными радионуклидами, лежит в пределах 2–8 Мэв. При этом все ядра данного радионуклида испускают  $\alpha$ -частицы, обладающие одной и той же энергией.

*$\beta$ -Излучение* — это поток электронов или позитронов. При распаде ядер  $\beta$ -активного радионуклида различные ядра данного радионуклида испускают  $\beta$ -частицы различной энергии, поэтому энергетический спектр  $\beta$ -частиц непрерывен. Средняя энергия  $\beta$ -спектра составляет примерно  $0,3 E_{\max}$ . Максимальная энергия  $\beta$ -частиц у известных в настоящее время радионуклидов может достигать 3,0–3,5 Мэв.

*Нейтроны (нейтронное излучение)* — нейтральные элементарные частицы. Нейтроны не имеют электрического заряда и при прохождении через вещество взаимодействуют только с ядрами атомов. В результате этих процессов образуются либо заряженные частицы (ядра отдачи, протоны, дейтроны), либо  $\gamma$ -излучение, вызывающие ионизацию.

Фотонное излучение — поток электромагнитных колебаний, которые распространяются в вакууме с постоянной скоростью 300 000 км/с. К нему относятся  $\gamma$ -излучение, характеристическое, тормозное и рентгеновское излучение, которые различаются условиями образования, а также свойствами: длиной волны и энергией.

*$\gamma$ -Излучение* испускается при ядерных превращениях или при аннигиляции частиц.

*Характеристическое излучение* — фотонное излучение с дискретным спектром, испускаемое при изменении энергетического состояния атома, обусловленного перестройкой внутренних электронных оболочек.

*Тормозное излучение* связано с изменением кинетической энергии заряженных частиц. Имеет непрерывный спектр и возникает в среде, окружающей источник  $\beta$ -излучения, в рентгеновских трубках, в ускорителях электронов.

*Рентгеновское излучение* — совокупность тормозного и характеристического излучений, диапазон энергии фотонов которых от 1 Кэв до 1 Мэв.

Излучения характеризуются по их ионизирующей и проникающей способности.

*Ионизирующая способность* излучения определяется удельной ионизацией, т. е. числом пар ионов, создаваемых частицей в единице объема, массы среды или на единице длины пути.

*Проникающая способность* излучений определяется величиной пробега. Пробегом называется путь, пройденный частицей в веществе до ее полной остановки, обусловленной тем или иным видом взаимодействия.

Прохождение фотонного излучения через вещество вообще не может быть охарактеризовано понятием пробега, к нему применяется показатель ос-

лабления потока электромагнитного излучения в веществе, характеризующийся коэффициентом ослабления  $\mu$ , который зависит от энергии излучения и свойств вещества и подчиняется экспоненциальному закону. Это значит, что какой бы ни была толщина слоя вещества, нельзя полностью поглотить поток фотонного излучения, а можно только ослабить его интенсивность в любое число раз.

*Таблица 15.1*

**Сравнительные характеристики некоторых видов излучения**

<b>Излучение</b>	<b>Ионизирующая способность, число пар ионов на 1 см пути в воздухе</b>	<b>Проникающая способность, длина свободного пробега</b>
$\alpha$	$(25-60) \cdot 10^3$	Несколько см
$\beta$	$\sim 100$	Несколько м
Фотонное	Вещество ионизируют вторичные электроны	$\infty$

## 15.2. БИОЛОГИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

При воздействии ионизирующего излучения на организм человека в тканях могут происходить сложные физические и биологические процессы. В результате ионизации живой ткани происходит разрыв молекулярных связей и изменение химической структуры различных соединений, что, в свою очередь, приводит к гибели клеток.

Существенную роль в формировании биологических последствий играют продукты радиолиза воды, которая составляет 60–70% массы биологической ткани. Под действием ионизирующего излучения на воду образуются свободные радикалы  $H\cdot$  и  $OH\cdot$ , а в присутствии кислорода также свободный радикал гидропероксида  $HO_2\cdot$  и пероксида водорода  $H_2O_2$ , являющиеся сильными окислителями. Продукты радиолиза вступают в химические реакции с молекулами тканей, образуя соединения, не свойственные здоровому организму. Это приводит к нарушению отдельных функций или систем, а также жизнедеятельности организма в целом.

Воздействие ионизирующей радиации на организм человека может вызывать два вида эффектов, которые клинической медициной относятся к болезням: детерминированные пороговые эффекты (лучевая болезнь, лучевой дерматит, лучевая катаракта, лучевое бесплодие, аномалии в развитии плода и др.) и стохастические (вероятностные) беспороговые эффекты (злокачественные опухоли, лейкозы, наследственные болезни).

Нарушения биологических процессов могут быть либо обратимыми, когда нормальная работа клеток облученной ткани полностью восстанавливается, либо необратимыми, ведущими к поражению отдельных органов или всего организма и возникновению лучевой болезни.

Различают две формы лучевой болезни — острую и хроническую. *Острая форма* возникает в результате облучения большими дозами в короткий промежуток времени. При дозах порядка тысяч рад поражение организма может быть мгновенным («смерть под лучом»). Острая лучевая болезнь может возникнуть и при попадании внутрь организма больших количеств радионуклидов. *Хронические поражения* развиваются в результате систематического облучения дозами, превышающими предельно допустимые (ПДД).

Изменения в состоянии здоровья называются *соматическими* эффектами, если они проявляются непосредственно у облученного лица, и *наследственными*, если они проявляются у его потомства.

В связи с тем, что при хроническом облучении в малых дозах неблагоприятный биологический эффект обусловлен суммарной дозой облучения, вне зависимости от того, получена она за 1 день, за 1 с или за 50 лет, нормы регламентируют только годовую ПДД. Это значит, что разрешается в случае необходимости одноразовое облучение отдельных лиц персонала в дозе, равной ПДД. Регламентация только годовой дозы позволяет правильно организовать работу в радиационно опасных условиях, особенно при ремонтных работах, ликвидации последствий, связанных с нарушением технологического процесса, и т. д.

### 15.3. ДОЗИМЕТРИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ И ЕДИНИЦЫ ИХ ИЗМЕРЕНИЯ

Действие ионизирующих излучений на вещество представляет собой сложный процесс. Поглощенная энергия расходуется на нагрев вещества, а также на его химические и физические превращения. Эффект облучения зависит от величины поглощенной дозы, ее мощности, вида излучения, радиационной чувствительности облучаемого объекта. Сама по себе доза излучения зависит от вида излучения (нейтроны,  $\gamma$ -кванты и т. д.), плотности его потока, энергии его частиц, состава вещества и его структуры. В процессе облучения доза со временем накапливается.

*Доза излучения* — энергия ионизирующего излучения (поток частиц и квантов), поглощенная облучаемым веществом и рассчитанная на единицу его массы. Является мерой радиационного воздействия

*Доза поглощенная (D)* — величина энергии ионизирующего излучения, переданная веществу:

$$D' = \frac{\overline{de}}{dm},$$

где  $\overline{de}$  — средняя энергия, переданная ионизирующим излучением веществу, находящемуся в элементарном объеме;  $dm$  — масса вещества в этом объеме.

В единицах СИ поглощенная доза измеряется в джоулях, деленных на килограмм (Дж/кг), и имеет специальное название — грей (Гр). Используемая ранее внесистемная единица рад равна 0,01 Гр.

**Доза в органе или ткани ( $D_T$ )** — средняя поглощенная доза в определенном органе или ткани человеческого тела:

$$D_T = (1/m_T) \int_{m_T} D \times dm,$$

где  $m_T$  — масса органа или ткани;  $D$  — поглощенная доза в элементе массы  $dm$ .

**Доза эквивалентная ( $H_{T,R}$ )** — поглощенная доза в органе или ткани, умноженная на соответствующий взвешивающий коэффициент для данного вида излучения,  $W_R$ :

$$H_{T,R} = W_R' D_{T,R},$$

где  $D_{T,R}$  — средняя поглощенная доза в органе или ткани  $T$ ;  $W_R$  — взвешивающий коэффициент для излучения  $R$ .

При воздействии различных видов излучения с различными взвешивающими коэффициентами эквивалентная доза определяется как сумма эквивалентных доз для этих видов излучения

$$H_T = \sum_R H_{T,R}.$$

Единицей эквивалентной дозы является зиверт (Зв).

**Доза эффективная ( $E$ )** — величина, используемая как мера риска возникновения отдаленных последствий облучения всего тела человека и отдельных его органов и тканей с учетом их радиочувствительности. Она представляет сумму произведений эквивалентной дозы в органах и тканях на соответствующие взвешивающие коэффициенты:

$$E = \sum_T W_T \times H_T,$$

где  $H_T$  — эквивалентная доза в органе или ткани  $T$ ;  $W_T$  — взвешивающий коэффициент для органа или ткани  $T$ .

Единица эффективной дозы — зиверт (Зв).

**Доза эквивалентная ( $H_T(t)$ ) или эффективная ( $E(t)$ ), ожидаемая при внутреннем облучении**, — доза за время  $t$ , прошедшее после поступления радиоактивных веществ в организм:

$$H_T(t) = \int_{t_0}^{t_0+t} H_T(t) dt;$$

$$E(t) = \sum W_T \times H_T(t),$$

где  $t_0$  — момент поступления;  $H_T(t)$  — мощность эквивалентной дозы к моменту времени  $t$  в органе или ткани  $T$ .

Когда  $t$  не определено, то его следует принять равным 50 годам для взрослых и 70 —  $t_0$  — для детей.

**Доза эффективная (эквивалентная) годовая** — сумма эффективной (эквивалентной) дозы внешнего облучения, полученной за календарный год, и



ожидаемой эффективной (эквивалентной) дозы внутреннего облучения, обусловленной поступлением в организм радионуклидов за этот же год.

Единица годовой эффективной дозы — зиверт (Зв).

**Активность ( $A$ )** — мера радиоактивности какого-либо количества радионуклида, находящегося в данном энергетическом состоянии в данный момент времени:

$$A = \frac{dN}{dt},$$

где  $dN$  — ожидаемое число спонтанных ядерных превращений из данного энергетического состояния, происходящих за промежуток времени  $dt$ . Единицей активности является беккерель (Бк).

Для характеристики скорости радиоактивного распада пользуются понятием *периода полураспада* ( $T_{1/2}$ ). Это время, в течение которого распадается половина первоначального числа ядер данного радионуклида.

Период полураспада значительного числа радиоактивных изотопов измеряется часами и сутками, его необходимо знать для оценки радиационной опасности во времени в случае аварийного выброса в окружающую среду радиоактивного вещества, выбора метода дезактивации, а также при переработке радиоактивных отходов и последующем их захоронении. (Период полураспада нуклидов приведен в НРБ-99.) О числе радионуклидов судят по их активности.

**Взвешивающие коэффициенты для отдельных видов излучения при расчете эквивалентной дозы ( $W_R$ )** — используемые в радиационной защите множители поглощенной дозы, учитывающие относительную эффективность различных видов излучения в индуцировании биологических эффектов.

Фотоны любых энергий	1
Электроны и мюоны любых энергий	1
Нейтроны с энергией:	
менее 10 кэВ	5
от 10 до 100 кэВ	10
от 100 кэВ до 2 МэВ	20
от 2 до 20 МэВ	10
более 20 МэВ	5
Протоны с энергией более 2 МэВ, кроме протонов отдачи	5
Альфа-частицы, осколки деления, тяжелые ядра	20

*Примечание.* Все значения относятся к излучению, падающему на тело, а в случае внутреннего облучения — испускаемому при ядерном превращении.

**Взвешивающие коэффициенты для тканей и органов при расчете эффективной дозы ( $W_T$ )** — множители эквивалентной дозы в органах и тканях, используемые в радиационной защите для учета различной чувствительности разных органов и тканей в возникновении стохастических эффектов радиации:

Гонады	0,20
Костный мозг (красный), толстый кишечник, легкие, желудок	0,12
Мочевой пузырь, грудная железа, печень, пищевод, щитовидная железа	0,05
Кожа, клетки костных поверхностей	0,01
Остальное	0,05*

*Примечание.* \* При расчетах учитывать, что «Остальное» включает надпочечники, головной мозг, экстрагаторокальный отдел органов дыхания, тонкий кишечник, почки, мышечную ткань, поджелудочную железу, селезенку, вилочковую железу и матку. В тех случаях, когда один из перечисленных органов или тканей получает эквивалентную дозу, превышающую самую большую дозу, полученную любым из двенадцати органов или тканей, для которых определены взвешивающие коэффициенты, следует приписать этому органу или ткани взвешивающий коэффициент, равный 0,025, а оставшимся органам или тканям из рубрики «Остальное» приписать суммарный коэффициент, равный 0,025.

## 15.4. ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Радиационная безопасность обеспечивается благодаря проведению комплекса мер правового, организационного, инженерно-технического, санитарно-гигиенического, медико-профилактического и образовательного характера, информированию населения о радиационной обстановке и мерах по обеспечению радиационной безопасности с помощью обучения населения.

Основные принципы обеспечения радиационной безопасности:

- нормирование — непревышение допустимых пределов индивидуальных доз облучения от всех источников ионизирующего излучения;
- обоснование — запрещение всех видов деятельности по использованию источников ионизирующего излучения, при которых полученная для человека и общества польза не превышает риск возможного вреда;
- оптимизация — поддержание на возможно низком и достижимом уровне индивидуальных доз облучения и числа облучаемых лиц при использовании любого источника ионизирующего излучения.

При радиационной аварии система радиационной безопасности населения основывается на следующих принципах:

- предполагаемые мероприятия по ликвидации последствий радиационной аварии должны приносить больше пользы, чем вреда;
- виды и масштаб деятельности по ликвидации последствий радиационной аварии должны быть реализованы таким образом, чтобы польза от снижения дозы ионизирующего излучения была максимальной.

НРБ-99 установлены следующие категории облучаемых лиц:

- персонал (группы А и Б) — лица, работающие с техногенными источниками излучения (группа А) или находящиеся по условиям работы в сфере их воздействия (группа Б);
- все население, включая лиц из персонала, вне сферы и условий их производственной деятельности (т. е. вне работы с источниками излучения).

Для лиц, работающих с использованием источников ионизирующего излучения, установлены три основных класса гигиенических нормативов облучения на территории Российской Федерации:

- **основные пределы доз (ПД)** — величина годовой эффективной или эквивалентной дозы техногенного облучения, которая не должна превышать в условиях нормальной работы, соблюдение предела годовой дозы предотвращает возникновение детерминированных эффектов, а вероятность стохастических эффектов сохраняется при этом на приемлемом уровне (табл. 15.2);

Таблица 15.2

### Основные пределы нормируемых величин

Категории лиц, подвергаемых облучению	Эффективная доза (за любые последовательные 5 лет), мЗв/год	Эквивалентная доза, в хрусталике глаза/коже, кистях и стопах, мЗв/год
Персонал (группа А)	20 в среднем, но не более 50 в год	150/500
Население	1 в среднем, но не более 5 в год	15/50

- **допустимые уровни** монофакторного воздействия, по которым осуществляют текущий контроль радиационной обстановки и проектируют системы защиты населения и персонала от облучения (с учетом характера возможного облучения — внешнего и внутреннего);

- **контрольные уровни** (дозы, уровни, активности, плотности потоков), которые предназначены для планирования мероприятий радиационной защиты и оперативного контроля радиационной обстановки; их устанавливают для радиационных факторов, присущих конкретному предприятию (учреждению), на основе реально сложившейся радиационной обстановки.

Цель установления контрольных уровней — предотвратить превышение дозы облучения и уменьшить дозовую нагрузку на персонал. Контрольные уровни рекомендуется устанавливать настолько низкими (ниже допустимых уровней), насколько это достижимо на практике с учетом конкретных условий производства.

Превышение допустимых и контрольных уровней служит сигналом об ухудшении радиационной обстановки и необходимости принять соответствующие меры для ее нормализации.

Основные пределы доз и все остальные допустимые уровни облучения персонала группы Б равны 1/4 значений для персонала группы А.

Эффективная доза для персонала не должна превышать за период трудовой деятельности (50 лет) — 1000 мЗв, а для населения за период жизни (70 лет) — 70 мЗв. Начало периодов вводится с 1 января 2000 г.

При одновременном воздействии на человека источников внешнего и внутреннего облучения годовая эффективная доза не должна превышать пределов доз, установленных в таблице 15.2.

Планируемое облучение персонала группы А выше установленных пределов доз (табл. 15.2) при ликвидации или предотвращении аварии может быть разрешено только в случае необходимости спасения людей или предотвращения их облучения. Планируемое повышенное облучение допускается для муж-

чин старше 30 лет лишь при их добровольном письменном согласии, после информирования о возможных дозах облучения и риске для здоровья.

Облучение эффективной дозой свыше 200 мЗв в течение года должно рассматриваться как потенциально опасное. Лица, подвергшиеся такому облучению, немедленно выводятся из зоны облучения и направляются на медицинское обследование. Последующая работа с источниками излучения этим лицам может быть разрешена только в индивидуальном порядке с учетом их согласия по решению компетентной медицинской комиссии.

Лица, не относящиеся к персоналу, привлекаемые для проведения аварийных и спасательных работ, должны быть оформлены и допущены к работам как персонал группы А.

Эффективная доза облучения природными источниками излучения всех работников, включая персонал, не должна превышать 5 мЗв в год в производственных условиях (любые профессии и производства).

Радиационная безопасность населения достигается путем ограничения воздействия от всех основных видов облучения.

Дозовые пределы, установленные НРБ-99, не включают дозу, получаемую пациентом при медицинском обследовании и лечении, и дозу, обусловленную естественным радиационным фоном.

Индивидуальные дозы облучения персонала предприятий и объектов атомной промышленности и ядерной энергетики в России повсеместно ниже установленной предельно допустимой дозы. У персонала различных АЭС средняя годовая доза не превышает 10 мЗв (1 бэр). Среднеарифметическая доза у различных профессиональных групп, работающих с источниками ионизирующих излучений, держится на уровне 0,1 ПДД, т. е. 5 мЗв (0,5 бэр).

*Естественный фон излучения* — ионизирующее излучение, состоящее из космического излучения и излучения естественно распределенных природных радиоактивных веществ (на поверхности Земли, в приземной атмосфере, в продуктах питания, в воде, в организме человека и др.). Естественный фон внешнего излучения на территории России создает мощность экспозиционной дозы 40–200 мР/год.

## **15.5.**

### **ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ С РАДИОАКТИВНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ И ИСТОЧНИКАМИ ИЗЛУЧЕНИЙ**

При работе с радиоактивными веществами и источниками ионизирующих излучений первоочередное значение приобретает правильная организация труда, обеспечивающая безопасность обслуживающего персонала и всего населения в целом. То есть необходимо создать условия, при которых уровни излучения от источников внутреннего и внешнего облучения не будут превышать регламентируемых дозовых пределов. К таким мероприятиям относятся защита от внешних потоков излучения, предотвращение распространения радионуклидов в рабочие помещения и внешнюю среду, соответствующая планировка и отдел-

ка помещений, организация необходимого радиационного контроля и санитарно-пропускного режима, обеспечение необходимых условий транспортирования радиоактивных веществ, сбора и захоронения радиоактивных отходов, использование средств индивидуальной защиты, проведение дезактивационных работ, а также устройство вентиляции, пылегазоочистки, отопления, водоснабжения и канализации, установление соответствующих режимов труда и т. д.

**Общие требования.** Радиационный объект (источник излучения) до начала его эксплуатации принимается комиссией в составе представителей организации, органов государственного надзора за радиационной безопасностью. Комиссия устанавливает соответствие принимаемого объекта проекту, требованиям действующих норм и правил, необходимым условиям сохранности источников излучения.

Организации, связанной с использованием источников излучения, разрешается приступить к своей деятельности только при наличии соответствующей лицензии и санитарно-эпидемиологического заключения о соответствии условий работы с источниками излучения санитарным правилам, действительного на срок не более пяти лет.

Работа с источниками излучения разрешается только в помещениях, указанных в санитарно-эпидемиологическом заключении. Проведение работ, не связанных с применением источников излучения, в этих помещениях допускается только в случае, если они вызваны производственной необходимостью. На дверях помещений указываются его назначение, класс проводимых работ с открытыми источниками излучения и знак радиационной опасности.

Оборудование, контейнеры, упаковки, аппараты, передвижные установки, транспортные средства, содержащие источники излучения, должны иметь знак радиационной опасности. Допускается не наносить знак радиационной опасности на оборудование, находящееся в помещении, которое имеет знак радиационной опасности.

К моменту получения источника излучения эксплуатирующая организация утверждает список лиц, допущенных к работе с ним, обеспечивает их необходимое обучение и инструктаж, назначает приказом по организации лиц, ответственных за учет и хранение источников излучения, за организацию сбора, хранения и сдачу радиоактивных отходов, за производственный контроль за радиационной безопасностью.

К работе с источниками излучения (персонал группы А) допускаются лица не моложе 18 лет, не имеющие медицинских противопоказаний. Перед допуском к работе с источниками излучения персонал проходит обучение, инструктаж и проверку знаний правил безопасности ведения работ и действующих инструкций. Проверка знаний правил безопасности работы проводится комиссией до начала работ и периодически, не реже одного раза в год, а руководящего состава — не реже 1 раза в 3 года. Лица, не удовлетворяющие квалификационным требованиям, к работе не допускаются.

**Работа с закрытыми источниками излучения и устройствами, генерирующими ионизирующее излучение.** Источники ионизирующего излучения подлежат периодическому контролю на герметичность. В случае наруше-

ния герметичности или по истечении установленного срока эксплуатации их использование не допускается.

Устройство, в которое помещен закрытый источник излучения, должно быть устойчивым к механическим, химическим, температурным и другим воздействиям, иметь знак радиационной опасности.

В нерабочем положении закрытые источники излучения находятся в защитных устройствах, а установки, генерирующие ионизирующее излучение, — обесточены.

Для извлечения закрытого источника излучения из контейнера пользуются дистанционным инструментом или специальными приспособлениями. При работе с источником излучения, извлеченным из защитного контейнера, применяются защитные экраны и манипуляторы, а при работе с источником излучения, создающим мощность дозы более 2 мГр/ч на расстоянии 1 м, — специальные защитные устройства (боксы, шкафы) с дистанционным управлением.

Рабочую часть стационарных аппаратов и установок с неограниченным по направлению пучком излучения размещают в отдельном помещении (преимущественно в отдельном здании или отдельном крыле здания). Материал и толщина стен, пола, потолка этого помещения при любых положениях источника излучения и направлении пучка должны способствовать ослаблению первичного и рассеянного излучения до допустимых значений.

Пульт управления таким аппаратом размещается в отдельном от источника излучения помещении. Входная дверь в помещение, где находится аппарат, блокируется с механизмом перемещения источника излучения или с рубильником высокого (ускоряющего) напряжения так, чтобы исключить возможность случайного облучения персонала.

При подводном хранении закрытых источников излучения предусматриваются системы автоматического поддержания уровня воды в бассейне, сигнализации об изменении уровня воды и о повышении мощности дозы в рабочем помещении.

**Защита от внешних потоков излучения.** При работах с закрытыми радиоактивными источниками излучения персонал может подвергаться только внешнему облучению. В целях обеспечения радиационной безопасности персонала и населения следует предусмотреть мероприятия: направлять источник излучения в сторону земли или туда, где отсутствуют люди; исключить доступ посторонних лиц к источникам излучения; удалить источники излучения от обслуживающего персонала и других лиц на возможно большее расстояние; ограничивать время пребывания людей вблизи источников излучения; вывешивать знак радиационной опасности и предупредительные плакаты, которые должны быть отчетливо видны с расстояния не менее 3 м.

Продолжительность пребывания работника в опасной зоне воздействия ионизирующего излучения ограничивается временем, в течение которого он получает дозу, не превышающую допустимую.

В общем случае интенсивность излучения изменяется обратно пропорционально квадрату расстояния. Соблюдая необходимое расстояние, можно избежать применения защитных экранов, которые обычно создают определенные

неудобства при работе. На практике для увеличения расстояния между работающим и источником излучения широко применяется дистанционное управление.

При необходимости толщину защитных экранов рассчитывают в соответствии с законом ослабления излучений в веществе экрана или определяют по справочным таблицам и номограммам. Надежность защитных экранов контролируют дозиметрическими приборами. В качестве стационарных защитных ограждений используют защитные стены, перекрытия пола и потолка, двери, смотровые окна и др. К передвижным защитным устройствам относятся различного типа ширмы и экраны, разборные устройства из свинцовых блокирпичей; тубусы и диафрагмы установок и приборов, ограничивающие поток лучей; контейнеры для транспортирования радиоактивных веществ.

При использовании приборов с закрытыми источниками излучения и устройств, генерирующих ионизирующее излучение, вне помещений или в общих производственных помещениях необходимо обеспечить их сохранность.

**Работа с открытыми источниками излучения (радиоактивными веществами).** Радионуклиды как потенциальные источники внутреннего облучения в соответствии с НРБ-99 разделены по степени радиационной опасности на четыре группы в зависимости от минимально значимой активности: группа А — радионуклиды с минимально значимой активностью  $10^3$  Бк; группа Б —  $10^4$ – $10^5$  Бк; группа В —  $10^3$ – $10^7$  Бк; группа Г —  $10^8$  Бк и более, а также короткоживущие радионуклиды с периодом полураспада менее 24 ч.

Все работы с использованием открытых источников излучения разделяются на три класса в зависимости от группы радиационной опасности радионуклида и его активности. Класс работ определяет требования к размещению и оборудованию помещений, в которых проводятся работы с открытыми источниками излучения.

Суммарная активность на рабочем месте, приведенная к группе А, для I класса работ составляет более  $10^8$  Бк, для II класса —  $10^5$ – $10^8$  Бк, для III класса —  $10^3$ – $10^5$  Бк.

Комплекс мероприятий для обеспечения радиационной безопасности при работе с открытыми источниками излучения включает защиту персонала от внутреннего и внешнего облучения; ограничение загрязнения воздуха и поверхностей рабочих помещений, кожных покровов и одежды персонала, а также объектов окружающей среды — воздуха, почвы, растительности и т. д. как при нормальной эксплуатации, так и при проведении работ по ликвидации последствий радиационной аварии.

Ограничение поступления радионуклидов в рабочие помещения и окружающую среду обеспечивается использованием системы статических (оборудование, стены и перекрытия помещений) и динамических (вентиляция и газоочистка) барьеров.

В организациях, где проводится работа с открытыми источниками излучения, помещения для каждого класса работ следует сосредоточить в одном месте. В тех случаях, когда ведутся работы по всем трем классам, помещения разделяются в соответствии с классом проводимых в них работ.

Работы III класса проводят в отдельных помещениях, соответствующих требованиям, предъявляемым к химическим лабораториям, в которых предусмотрено устройство приточно-вытяжной вентиляции. Работы, связанные с возможностью радиоактивного загрязнения воздуха (операции с порошками, упаривание растворов, работа с эманлирующими и летучими веществами и др.), проводятся в вытяжных шкафах.

Работы II класса проводят в помещениях, скомпонованных в отдельной части здания изолированно от других помещений. При планировке выделяются помещения постоянного и временного пребывания персонала, в состав которых входит санпропускник или саншлюз. Помещения для работ II класса оборудуются вытяжными шкафами или боксами.

Работы I класса проводятся в отдельном здании или изолированной части здания с отдельным входом только через санпропускник.

Рабочие помещения для работ I класса оборудуются боксами, камерами, каньонами или другим герметичным оборудованием. Помещения разделяются на три зоны.

*Первая зона* — необслуживаемые помещения, где размещаются технологическое оборудование и коммуникации, являющиеся основными источниками излучения и радиоактивного загрязнения. Пребывание персонала в необслуживаемых помещениях при работающем технологическом оборудовании не допускается.

*Вторая зона* — периодически обслуживаемые помещения, предназначенные для ремонта оборудования, работ, связанных с вскрытием технологического оборудования, загрузкой и выгрузкой радиоактивных материалов, временного хранения сырья, готовой продукции и радиоактивных отходов.

*Третья зона* — помещения постоянного пребывания персонала в течение всей смены (операторские, пульта управления и др.).

Для исключения распространения радиоактивного загрязнения между зонами оборудуются саншлюзы.

Производственные операции с радиоактивными веществами в камерах и боксах выполняются дистанционными средствами или с использованием перчаток, герметично вмонтированных в фасадную стенку.

Количество радиоактивных веществ на рабочем месте должно быть минимально необходимым. При возможности выбора радиоактивных веществ следует использовать вещества с меньшей группой радиационной опасности (удельной активностью), порошки заменять растворами.

Число операций, при которых возможно радиоактивное загрязнение помещений и окружающей среды (пересыпание порошков, возгонка и т. п.), следует сводить к минимуму. При ручных операциях с радиоактивными растворами используют автопипетки или пипетки с грушами.

Организация работ с открытыми источниками должна быть направлена на минимизацию радиоактивных отходов, образующихся при технологических процессах (операциях).

Для ограничения загрязнения рабочих поверхностей, оборудования и помещений при работах с радиоактивными веществами в лабораторных условиях



следует пользоваться лотками и поддонами, выполненными из слабосорбирующих материалов, пластикатовыми пленками, фильтровальной бумагой и другими материалами разового пользования.

Приемники для слива радиоактивных растворов (раковины, трапы и др.) изготавливают из коррозионно-стойких материалов или легко дезактивируемых коррозионно-стойких покрытий.

Конструкция приемников должна исключать возможность разбрызгивания растворов.

Защиту от радиоактивного загрязнения воздуха рабочих помещений и атмосферного воздуха обеспечивают с помощью вентиляционных и воздухоочистных устройств.

Рабочие помещения, вытяжные шкафы, боксы, каньоны и другое технологическое оборудование устраиваются так, чтобы поток воздуха был направлен из менее загрязненных пространств в более загрязненные.

В зданиях, где для работ с открытыми источниками излучения отводится только часть общей площади, предусматриваются отдельные системы вентиляции.

Удаляемый из укрытий, боксов, камер, шкафов и другого оборудования загрязненный воздух перед выбросом в атмосферу подвергается очистке. Фильтры и аппараты устанавливают непосредственно у мест отсоса с тем, чтобы максимально снизить загрязнение систем магистральных воздухоотводов. Разбавление загрязненного воздуха до его очистки запрещено.

Высота вытяжных труб должна обеспечивать снижение объемной активности радиоактивных веществ в атмосферном воздухе в месте их приземления до значений, не превышающих квоты предела дозы для населения.

Разрешается удалять воздух во внешнюю среду без очистки, если его суммарный выброс за год не превысит установленного для организации допустимого значения выброса.

Пылегазоочистное оборудование размещают в изолированных помещениях, вход и выход из которых осуществляется через *саншлюз*.

В помещениях для работ I класса и отдельных работ II класса предусматривается подача воздуха к изолирующим индивидуальным средствам защиты персонала (пневмокостюмам, пневмошлемам, шланговым противогазам), а также возможность подключения передвижных вытяжных установок к системам вытяжной вентиляции.

**Санпропускники и саншлюзы.** *Санпропускник* размещают в здании, где проводятся работы с открытыми источниками излучения или в отдельной части здания, соединенной с производственным корпусом (лабораторией) закрытой галереей.

В состав санпропускника входят душевые, гардеробные домашней одежды и спецодежды, помещения для хранения средств индивидуальной защиты, пункт радиометрического контроля кожных покровов и спецодежды, кладовая грязной спецодежды, кладовая чистой спецодежды, туалетные комнаты.

Планировка санпропускника обеспечивает отдельное прохождение персонала в рабочие помещения и в обратном направлении по разным маршрутам.

Стационарные *саншлюзы* размещаются между 2-й и 3-й зонами рабочих помещений. В зависимости от объема и характера проводимых работ в саншлюзах предусматриваются: места для переодевания, хранения и предварительной дезактивации дополнительных средств индивидуальной защиты; пункт радиационного контроля; умывальники.

Кладовая для грязной спецодежды имеет отдельный выход на улицу, чтобы обеспечить закрытую транспортировку одежды, направляемой в стирку, минуя чистые помещения, и располагается вблизи пунктов радиометрического контроля и гардеробной загрязненной спецодежды. Сортировка спецодежды производится по ее виду и степени радиоактивного загрязнения.

Помещения для хранения и выдачи средств индивидуальной защиты (фартуки, очки, респираторы, дополнительная обувь) размещаются в чистой зоне, между гардеробной чистой спецодежды и рабочими помещениями.

Пункт радиометрического контроля кожных покровов размещается между душевой и гардеробной домашней одежды.

**Защита от внутреннего облучения** требует исключения контакта с радиоактивными веществами в открытом виде, предотвращения попадания их внутрь организма, в воздух рабочей зоны, а также предотвращения радиоактивного загрязнения рук, одежды, поверхностей помещения и оборудования.

Под внутренним облучением понимают воздействие на организм ионизирующего излучения от открытого источника, находящегося внутри тела.

**Методы и средства индивидуальной защиты и личной гигиены.** Все работающие с источниками излучения обеспечиваются средствами индивидуальной защиты в соответствии с видом и классом работ.

При работах с радиоактивными веществами в открытом виде I класса и при отдельных работах II класса персонал должен иметь комплект основных средств индивидуальной защиты.

Комплект основных средств индивидуальной защиты включает спецбелье, носки, комбинезон или костюм (куртка, брюки), спецобувь, шапочку или шлем, перчатки, полотенца и носовые платки одноразовые, средства защиты органов дыхания (в зависимости от загрязнения воздуха).

При работах II класса и при отдельных работах III класса персонал обеспечивается халатами, шапочками, перчатками, легкой обувью и при необходимости средствами защиты органов дыхания.

Средства индивидуальной защиты для работ с радиоактивными веществами изготавливаются из хорошо дезактивируемых материалов либо имеют одноразовое применение.

Работающие с радиоактивными растворами и порошками, а также персонал, проводящий уборку помещений, в которых ведутся работы с радиоактивными веществами, кроме комплекта основных средств индивидуальной защиты, должны иметь дополнительно спецодежду из пленочных материалов или материалов с полимерным покрытием (фартуки, нарукавники, полухалаты, резиновую и пластиковую спецобувь), которые после каждого использования подвергаются предварительной дезактивации в санитарном шлюзе или отправляются в спецпрачечную.

Средства защиты органов дыхания (фильтрующие или изолирующие) необходимо применять при работах в условиях возможного аэрозольного загрязнения воздуха помещений радиоактивными веществами (работа с порошками, выпаривание радиоактивных растворов и т. п.).

В условиях возможного загрязнения воздуха производственного помещения радиоактивными газами или парами (при ликвидации аварий, ремонтных работах и т. п.) или когда применение фильтрующих средств не обеспечивает радиационную безопасность, следует применять изолирующие защитные средства (пневмокостюмы, пневмошлемы, в отдельных случаях автономные изолирующие аппараты).

Загрязненные выше допустимых уровней спецодежда и белье направляются на дезактивацию в спецпрачечные. Смена основной спецодежды и белья осуществляется персоналом не реже одного раза в 10 дней.

Радиоактивное загрязнение личной одежды и обуви следует исключить. В случае загрязнения личная одежда и обувь подлежат дезактивации под контролем службы радиационной безопасности, а при невозможности ее очистки — захоронению.

В помещениях для работ с радиоактивными веществами в открытом виде не допускается: пребывание сотрудников без необходимых средств индивидуальной защиты; прием пищи, курение, пользование косметическими принадлежностями; хранение пищевых продуктов, табачных изделий, домашней одежды, косметических принадлежностей и других предметов, не имеющих отношения к работе.

При выходе из помещений, где проводятся работы с радиоактивными веществами, следует проверить чистоту спецодежды и других средств индивидуальной защиты, снять их и при выявлении радиоактивного загрязнения направить на дезактивацию, а самому работнику — вымыться под душем.

Для приема пищи предусматривается специальное помещение, оборудованное умывальником для мытья рук с подводкой горячей воды, изолированное от помещений, где ведутся работы с применением радиоактивных веществ в открытом виде.

Для удаления радиационных загрязнений с кожных покровов человека в качестве средств дезактивации используются моющие средства, эффективно удаляющие загрязнения и ограничивающие поступление радионуклидов через кожу в организм.

## **ПОСТАВКА, УЧЕТ, ХРАНЕНИЕ И ПЕРЕВОЗКА ИСТОЧНИКОВ ИЗЛУЧЕНИЯ**

Организация, получившая источники излучения, извещает об этом органы государственного санитарно-эпидемиологического надзора в 10-дневный срок. Эксплуатирующая организация должна обеспечить такие условия получения, хранения, использования и списания с учета всех источников излучения, при которых исключается возможность их утраты или бесконтрольного использования. Поступившие в организацию источники излучения учитываются в

приходно-расходном журнале. Радионуклидные источники излучения — по радионуклиду, наименованию препарата, фасовке и активности. Приборы, аппараты и установки, в которых используются радионуклидные источники излучения, учитывают по наименованиям и заводским номерам с указанием активности и номера каждого источника излучения, входящего в комплект.

Источники излучения выдаются ответственным лицом из мест хранения по требованиям с письменного разрешения руководителя организации.

Выдача и возврат источников излучения регистрируются в приходно-расходном журнале.

Ежегодно специальная комиссия производит инвентаризацию радиоактивных веществ, радиоизотопных приборов, аппаратов, установок. В случае обнаружения хищений и потерь источников излучения администрации следует немедленно информировать вышестоящую организацию, органы государственного санитарно-эпидемиологического надзора.

Источники излучения, не находящиеся в работе, хранятся в специально отведенных местах или в оборудованных хранилищах, обеспечивающих их сохранность и исключающих доступ к ним посторонних лиц.

Специально оборудованные помещения-хранилища размещаются на уровне нижних отметок здания (незатопляемый подвал, 1-й этаж). Хранилище оборудуется круглосуточно работающей вытяжной вентиляцией.

Устройства для хранения радионуклидных источников излучения (ниши, колодцы, сейфы) конструируют так, чтобы при закладке или извлечении отдельных источников излучения персонал не подвергался облучению от остальных источников излучения. Дверцы секций и упаковки с радионуклидами (контейнеры и др.) должны легко открываться и иметь отчетливую маркировку с указанием наименования радионуклида и его активности. Размещение в хранилище источников излучения фиксируется в карте-схеме, находящейся у ответственного за их учет и хранение.

Стеклянные емкости, содержащие радиоактивные жидкости, помещают в металлические или пластмассовые упаковки.

Радионуклиды, при хранении которых возможно выделение радиоактивных газов, паров или аэрозолей, хранятся в вытяжных шкафах или камерах с очистными фильтрами на вентиляционных системах, в закрытых сосудах, выполненных из несгораемых материалов, с отводом образующихся газов.

При хранении радиоактивных веществ с высокой активностью предусматривается система их охлаждения.

При хранении материалов, подвергающихся ядерному делению, обеспечиваются специальные меры безопасности.

При хранении легко воспламеняющихся или взрывоопасных материалов предусматриваются меры, обеспечивающие их взрыво- и пожаробезопасность.

Радионуклидные источники излучения, не пригодные для дальнейшего использования, списываются и сдаются на переработку или захоронение.

Транспортирование радионуклидных источников внутри помещений и на территории организации производят в механически прочных герметичных упаковках или контейнерах на специальных транспортных средствах, с учетом фи-

зического состояния источников излучения, их активности, вида излучения, габаритов и массы упаковки, с соблюдением условий безопасности.

Требования безопасности при транспортировании радионуклидных источников за пределами организации регламентируются отдельными санитарными правилами.

Перевозка радиоактивных веществ и ядерных материалов за пределами организации осуществляется специально предназначенными транспортными средствами.

**Правила обращения с радиоактивными отходами** установлены в СП 2.6.6.1168-02 «Санитарные правила обращения с радиоактивными отходами (СПОРО-2002)».

Радиоактивные отходы по агрегатному состоянию подразделяются на жидкие, твердые и газообразные.

К жидким радиоактивным отходам относятся органические и неорганические жидкости, пульпы и шламы, в которых удельная активность радионуклидов более чем в 10 раз превышает значения уровней вмешательства (уровень радиационного фактора, при превышении которого следует проводить определенные защитные мероприятия) при поступлении с водой.

К твердым радиоактивным отходам относятся отработавшие свой ресурс радионуклидные источники, материалы, изделия, оборудование, биологические объекты, грунт, а также отвержденные жидкие радиоактивные отходы, в которых удельная активность радионуклидов выше 100 кБк/кг — для источников  $\beta$ -излучения, 10 кБк/кг — для источников  $\alpha$ -излучения и 1,0 кБк/кг — для трансурановых радионуклидов.

К газообразным радиоактивным отходам относятся не подлежащие использованию радиоактивные газы и аэрозоли, образующиеся при производственных процессах с объемной активностью, превышающей допустимые среднегодовые объемные активности.

Радиоактивные отходы подразделяются по удельной активности на три категории — низкоактивные (менее  $10^{-3}$ ), среднеактивные и высокоактивные (более  $10^5$ – $10^7$  кБк/кг).

Сбор радиоактивных отходов производится непосредственно в местах их образования отдельно от обычных отходов с учетом: категории отходов; агрегатного состояния (твердые, жидкие); физических и химических характеристик; природы (органические и неорганические); периода полураспада радионуклидов; взрыво- и огнеопасности; принятых методов переработки.

Система обращения с жидкими и твердыми радиоактивными отходами включает их сбор, сортировку, упаковку, временное хранение, кондиционирование (концентрирование, отверждение, прессование, сжигание), транспортирование, длительное хранение и/или захоронение.

Для сбора твердых радиоактивных отходов применяются специальные сборники. При первичном сборе используют пластиковые или бумажные мешки, которые затем загружают в сборники-контейнеры, места расположения которых обеспечиваются защитными приспособлениями для снижения излучения за их пределами до допустимого уровня. Для временного хранения и вы-

держки сборников с радиоактивными отходами, создающими у поверхности дозу  $\gamma$ -излучения более 2 мГр/ч, используют специальные защитные колодцы или ниши. Извлечение из них сборников отходов производят с помощью специальных устройств, исключающих переоблучение обслуживающего персонала.

Жидкие радиоактивные отходы собирают в специальные емкости, где их концентрируют и отверждают, после чего направляют на захоронение.

В организациях, где возможно образование значительного количества жидких радиоактивных отходов (более 200 л в день), предусматривается система спецканализации.

Запрещается сброс жидких радиоактивных отходов в хозяйственно-бытовую и ливневую канализацию, водоемы, поглощающие ямы, колодцы, скважины, на поля орошения, поля фильтрации, в системы подземного орошения и на поверхность земли.

Для повторного использования в технологических целях сточных вод предусматривается специальная система канализации по их дезактивации. Очистные сооружения располагают в специальном помещении или на выгороженном участке территории и обеспечивают средствами контроля за количеством и активностью сточных вод.

Радиоактивные отходы, содержащие радионуклиды с периодом полураспада менее 15 сут, собирают отдельно от других радиоактивных отходов и выдерживают в местах временного хранения для снижения их активности, после чего твердые отходы удаляют как обычные промышленные отходы, а жидкие отходы могут использоваться организацией в системе оборотного хозяйственно-технического водоснабжения или сливаться в хозяйственно-бытовую воду. Газообразные радиоактивные отходы выдерживают или очищают на фильтрах с целью снижения их активности до уровней допустимого выброса, после чего их удаляют в атмосферу.

Передача радиоактивных отходов на переработку или захоронение производится в специальных контейнерах и оформляется актом.

Переработку радиоактивных отходов, а также их долговременное хранение и захоронение выполняют специализированные организации.

Захоронение высокоактивных, среднеактивных и низкоактивных отходов осуществляется раздельно.

Выбор мест захоронения радиоактивных отходов производится с учетом гидрогеологических, геоморфологических, тектонических и сейсмических условий. При этом принимаются меры по обеспечению радиационной безопасности населения и окружающей среды в течение всего срока изоляции отходов с учетом долговременного прогноза.

**Дозиметрический контроль.** В НРБ-99 оговорен строгий порядок радиационного контроля, в том числе и индивидуального, цель которого — контроль соблюдения норм радиационной безопасности, санитарных правил и получение информации о дозе облучения персонала.

Во всех учреждениях, где проводятся работы с радиоактивными веществами и источниками ионизирующих излучений, служба радиационной безопасности проводит дозиметрический и радиометрический контроль! Частоту дози-

метрических замеров и характер необходимых измерений устанавливает администрация по согласованию с местными органами санитарного надзора.

В зависимости от характера проводимых работ контролю подлежат следующие параметры:

- содержание радиоактивных веществ в воздухе рабочих и других помещений;
- уровень загрязнения радиоактивными веществами поверхностей и оборудования, кожных покровов и одежды работающего;
- выбросы радиоактивных веществ в атмосферу;
- содержание радиоактивных веществ в жидких отходах, сбрасываемых непосредственно в канализацию;
- сбор, удаление и обезвреживание радиоактивных твердых и жидких отходов;
- уровень загрязнения объектов внешней среды за пределами учреждения;
- уровень загрязнения радиоактивными веществами транспортных средств.

Если при профессиональном облучении индивидуальные дозы могут превышать 0,3 годовых ПД, то устанавливают индивидуальный дозиметрический контроль и специальное медицинское наблюдение. При меньших значениях доз ограничиваются контролем мощности дозы внешних потоков излучения и концентрации радиоактивных веществ в рабочих помещениях.

Результаты индивидуального контроля доз облучения персонала должны храниться в течение 50 лет. При проведении индивидуального контроля необходимо вести учет годовых эффективной и эквивалентных доз, эффективной дозы за 5 последовательных лет, а также суммарной накопленной дозы за весь период профессиональной работы.

Результаты радиационного контроля сопоставляют со значениями пределов доз и контрольными уровнями. Превышение контрольных уровней анализируется администрацией организации. О случаях превышения пределов доз для персонала, установленных НРБ-99, или квот облучения населения, администрация организации информирует органы государственного санитарно-эпидемиологического надзора.

Государственный надзор за выполнением Норм радиационной безопасности осуществляют органы госсанэпиднадзора и другие органы, уполномоченные Правительством Российской Федерации, в соответствии с действующими нормативными актами. Контроль за соблюдением Норм в организациях, независимо от форм собственности, возлагается на администрацию этой организации. Контроль за облучением населения возлагается на органы исполнительной власти субъектов Российской Федерации.

## **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Какие процессы называются потенциально опасными? Какие существуют источники аварийных ситуаций?

2. Какие требования безопасности предъявляют к технологическим процессам?

3. Какой документ определяет порядок проведения технологического процесса, каковы его основные разделы?

4. Какие виды инженерно-технических средств безопасности существуют?

5. Какие требования предъявляются к конструкции производственного оборудования? Что означает понятие «надежность производственного оборудования»?

6. Какое оборудование относится к сосудам, работающим под давлением? Основные требования к конструкции, установке и техническому освидетельствованию.

7. Что такое баллоны? Основные требования к конструкции, маркировке, установке и техническому освидетельствованию.

8. Особенности ацетиленовых баллонов.

9. Что такое компрессоры? Их виды. Какие требования предъявляют к смазке для компрессоров? В чем опасность газовых и воздушных компрессоров?

10. Какие специальные требования безопасности предъявляют к кислородным и ацетиленовым компрессорам?

11. Как классифицируются газгольдеры? Особенности их конструкций.

12. В чем заключается опасность при эксплуатации трубопроводов? Какие существуют виды прокладки трубопроводов? Что такое компенсация тепловых удлинений?

13. Какая арматура используется для трубопроводов? Для чего применяются теплоизоляционные покрытия трубопроводов?

14. Как осуществляется подготовка и организация проведения ремонтных работ? Правила подготовки оборудования к ремонтным работам.

15. Какие требования безопасности предусматриваются при проведении газоопасных работ? Особенности ремонтных работ в закрытых аппаратах и емкостях.

16. Какие требования безопасности предусматриваются при проведении огневых работ?

17. Какие виды действия электрического тока на человека существуют? Какие травмы вызывает электрический ток?

18. Какие факторы влияют на степень поражения электрическим током?

19. Как влияет вид электрической цепи на степень поражения электрическим током?

20. Какие технические способы и средства защиты от воздействия электрического тока существуют?

21. Каковы условия возникновения статического электричества? В чем опасность статического электричества для человека? Какими мероприятиями можно уменьшить статическое электричество?

22. Какие виды радиоактивного излучения существуют? Их основные характеристики. Безопасное нормирование работ с ионизирующим излучением.



23. Какие дозиметрические величины ионизирующего излучения существуют? Единицы их измерения.

24. Что такое открытые и закрытые источники излучения? Правила безопасности при работе с открытыми и закрытыми источниками излучения.

## **Раздел V**

# **ОСНОВЫ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

## **Глава 16**

# **ПРАВОВЫЕ И ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ОСНОВЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

### **16.1.**

## **ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА И НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ В ОБЛАСТИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

Техническое регулирование в области пожарной безопасности представляет собой установление в нормативных правовых актах Российской Федерации и нормативных документах по пожарной безопасности требований пожарной безопасности к продукции, процессам проектирования, производства, эксплуатации, хранения, транспортирования, реализации и утилизации. Правовой основой являются Конституция Российской Федерации, общепризнанные принципы и нормы международного права, международные договоры Российской Федерации, Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (в редакции от 15.07.2016), Федеральный закон «О техническом регулировании», Федеральный закон «О пожарной безопасности» (в редакции от 29.07.2017), в соответствии с которыми разрабатываются и принимаются нормативные правовые акты Российской Федерации.

К нормативным документам по пожарной безопасности также относятся: нормативные правовые акты, стандарты, нормативные документы в строительстве, нормы технологического проектирования, нормы и правила пожарной безопасности, распорядительные документы Государственной противопожарной службы (ГПС), а также технические регламенты, национальные стандарты, своды правил, содержащие требования пожарной безопасности.

Для особо сложных и уникальных зданий, кроме соблюдения требований ППБ 01-03, разрабатываются специальные правила пожарной безопасности, отражающие специфику их эксплуатации и учитывающие пожарную опасность.

В дополнение к действующим указанным выше документам должны быть разработаны инструкции о мерах пожарной безопасности для каждого взрыво-

пожароопасного и пожароопасного участка (мастерской, цеха и т. д.). Организации, их должностные лица и граждане, нарушившие требования пожарной безопасности, несут ответственность в соответствии с законодательством РФ.

В федеральных законах используются следующие основные понятия.

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

**Опасные факторы пожара** — факторы пожара, воздействие которых может привести к травме, отравлению или гибели человека и/или к материальному ущербу.

**Пожарная безопасность** — состояние защищенности личности, имущества, общества и государства от пожаров.

**Пожарная безопасность объектов защиты** — состояние объекта защиты, характеризующее возможность предотвращения возникновения и развития пожара, а также воздействия на людей и имущество опасных факторов пожара.

**Требования пожарной безопасности** — специальные условия социального и/или технического характера, установленные в целях обеспечения пожарной безопасности федеральными законами и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации, а также нормативными документами по пожарной безопасности.

**Нарушение требований пожарной безопасности** — невыполнение или ненадлежащее выполнение требований пожарной безопасности.

**Противопожарный режим** — совокупность установленных нормативными правовыми актами Российской Федерации, нормативными правовыми актами субъектов Российской Федерации и муниципальными правовыми актами по пожарной безопасности требований пожарной безопасности, определяющих правила поведения людей, порядок организации производства и/или содержания территорий, земельных участков, зданий, сооружений, помещений организаций и других объектов защиты в целях обеспечения пожарной безопасности.

**Меры пожарной безопасности** — действия по обеспечению пожарной безопасности, в том числе по выполнению требований пожарной безопасности.

**Первоочередные аварийно-спасательные работы, связанные с тушением пожаров**, — боевые действия пожарной охраны по спасению людей, имущества, оказанию первой доврачебной помощи пострадавшим при пожарах.

**Пожарная охрана** — совокупность созданных в установленном порядке органов управления, подразделений и организаций, предназначенных для организации профилактики пожаров, их тушения и проведения возложенных на них аварийно-спасательных работ.

**Пожарно-техническая продукция** — специальная техническая, научно-техническая и интеллектуальная продукция, предназначенная для обеспечения пожарной безопасности, в том числе пожарная техника и оборудование, пожарное снаряжение, огнетушители и огнезащитные вещества, средства специальной связи и управления, программы для электронных вычислительных машин и базы данных, а также иные средства предупреждения и тушения пожаров.

**Устойчивость объекта защиты при пожаре** — свойство объекта защиты сохранять конструктивную целостность и/или функциональное назначение

при воздействии опасных факторов пожара и вторичных проявлений опасных факторов пожара.

**Профилактика пожаров** — совокупность превентивных мер, направленных на исключение возможности возникновения пожаров и ограничение их последствий.

**Локализация пожара** — действия, направленные на предотвращение возможности дальнейшего распространения горения и создание условий для его ликвидации имеющимися силами и средствами.

**Система обеспечения пожарной безопасности** — совокупность сил и средств, а также мер правового, организационного, экономического, социального и научно-технического характера, направленных на профилактику пожаров, их тушение и проведение аварийно-спасательных работ.

Руководитель предприятия обязан организовать непрерывное **обучение мерам пожарной безопасности** работников предприятия при приеме на работу и на рабочем месте. К противопожарной подготовке относятся: инструктаж по пожарной безопасности; обучение (пожарно-технический минимум) и проверка знаний рабочих и служащих по мерам пожарной безопасности; противопожарная тренировка рабочих и служащих. В соответствии с ППБ 01-03, все работники предприятий должны допускаться к работе только после прохождения **противопожарного инструктажа**, а при изменении специфики работы проходить дополнительное обучение по предупреждению и тушению возможных пожаров в порядке, установленном руководителем.

По характеру и времени проведения **противопожарные инструктажи** подразделяются на вводный, первичный на рабочем месте, повторный, внеплановый и целевой в соответствии с требованиями ГОСТ 12.0.004. Противопожарная подготовка проводится в целях обучения рабочих и служащих основам пожаробезопасного поведения, соблюдения противопожарного режима на объекте, умения пользоваться первичными средствами пожаротушения, вызова пожарной помощи и действиям в случае возникновения пожара.

**Пожарно-технический минимум** — обязательный минимум знаний пожарной безопасности у работников организации на любом предприятии (действия при пожаре, использование огнетушителя, свойства горючих материалов и пр.).

В соответствии с «Правилами противопожарного режима в РФ» от 20.09.2016, нормативных документов по пожарной безопасности, исходя из специфики пожарной опасности зданий, сооружений, помещений, технологических процессов, технологического и производственного оборудования разрабатывается **«Инструкция о мерах пожарной безопасности»**.

В инструкции о мерах пожарной безопасности отражают следующие вопросы: порядок содержания территории, зданий, сооружений и помещений, в том числе эвакуационных путей; мероприятия по обеспечению пожарной безопасности технологических процессов при эксплуатации оборудования и производстве пожароопасных работ; порядок и нормы хранения и транспортировки пожаровзрывоопасных веществ и пожароопасных веществ и материалов; порядок осмотра и закрытия помещений по окончании работы; расположение мест

для курения, применения открытого огня, проезда транспорта и проведения огневых или иных пожароопасных работ; порядок сбора, хранения и удаления горючих веществ и материалов; содержания и хранения спецодежды; допустимое количество одновременно находящихся в помещениях сырья, полуфабрикатов и готовой продукции; порядок и периодичность уборки горючих отходов и пыли, хранения промасленной спецодежды; предельные показания контрольно-измерительных приборов (манометры, термометры и др.), отклонения от которых могут вызвать пожар или взрыв; обязанности и действия работников при пожаре, в том числе при вызове пожарной охраны, аварийной остановке технологического оборудования, отключении вентиляции и электрооборудования (в том числе в случае пожара и по окончании рабочего дня), пользовании средствами пожаротушения и пожарной автоматики, эвакуации горючих веществ и материальных ценностей, осмотре и приведении в пожаровзрывобезопасное состояние всех помещений предприятия (подразделения); допустимое (предельное) количество людей, которые могут одновременно находиться на объекте защиты.

В инструкции о мерах пожарной безопасности указываются лица, ответственные за обеспечение пожарной безопасности, в том числе: за организацию спасения людей; прекращение всех работ в здании (если это допустимо по технологическому процессу производства), кроме работ, связанных с мероприятиями по ликвидации пожара; удаление за пределы опасной зоны всех работников, не участвующих в тушении пожара; осуществление общего руководства по тушению пожара (с учетом специфических особенностей объекта защиты) до прибытия подразделения пожарной охраны и др.

## 16.2. **ВИДЫ И ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ ПОЖАРНОЙ ОХРАНЫ**

Пожарная охрана подразделяется на следующие виды: государственная противопожарная служба; муниципальная пожарная охрана; ведомственная пожарная охрана; частная пожарная охрана; добровольная пожарная охрана. СП 232.1311500.2015 «Пожарная охрана предприятий. Общие требования».

**Основные задачи** всех видов пожарной охраны: организация и осуществление профилактики пожаров; спасение людей и имущества при пожарах, оказание первой помощи; организация и осуществление тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ.

Организация управления в области пожарной безопасности и координация деятельности пожарной охраны осуществляются федеральным органом исполнительной власти. В **Государственную противопожарную службу** входят: федеральная противопожарная служба; противопожарная служба субъектов Российской Федерации. Основные задачи Государственной противопожарной службы (ГПС): организация разработки и осуществление государственных мер, нормативного регулирования в области пожарной безопасности; организация и осуществление государственного пожарного надзора; обеспечение и осуществ-

ление тушения пожаров, проведение связанных с ними первоочередных аварийно-спасательных работ; профессиональная подготовка кадров для пожарной охраны; организация и осуществление в установленном порядке охраны населенных пунктов и предприятий от пожаров; осуществление финансового и материально-технического обеспечения деятельности органов управления и подразделений ГПС; координация деятельности других видов пожарной охраны.

Специальным видом государственной надзорной деятельности, осуществляемым должностными лицами органов управления и подразделений ГПС МЧС России в целях контроля за соблюдением требований пожарной безопасности и пресечения их нарушений, является **государственный пожарный надзор** (ГПН). ГПН организован и осуществляется в соответствии с ФЗ «О пожарной безопасности». Основные направления осуществления ГПН — контроль за соблюдением требований пожарной безопасности федеральными органами исполнительной власти, органами исполнительной власти субъектов РФ, органами местного самоуправления; соблюдением требований пожарной безопасности при проектировании, строительстве, капитальном ремонте, реконструкции зданий и сооружений, расширении и техническом переоснащении предприятий и организаций; соблюдением требований пожарной безопасности при приемке в эксплуатацию законченных строительных зданий, сооружений; соблюдением требований пожарной безопасности при эксплуатации объектов контроля (надзора); соответствием производимой, выпускаемой или реализуемой продукции установленным требованиям пожарной безопасности.

**Ведомственная пожарная охрана, муниципальная пожарная охрана.** *Организации в целях обеспечения пожарной безопасности могут создавать органы управления и подразделения ведомственной пожарной охраны, а муниципальная пожарная охрана создается органами местного самоуправления на территории муниципальных образований.* Порядок организации, реорганизации, ликвидации органов управления и подразделений этих видов пожарной охраны, условия осуществления их деятельности, несения службы личным составом определяются соответствующими положениями, согласованными с федеральным органом исполнительной власти, уполномоченным на решение задач в области пожарной безопасности. При выявлении нарушения требований пожарной безопасности, создающего угрозу возникновения пожара и безопасности людей в подведомственных организациях, ведомственная пожарная охрана имеет право приостановить полностью или частично работу организаций (отдельного производства), производственного участка, агрегата, эксплуатацию здания, сооружения, помещения, проведение отдельных видов работ.

**Частная пожарная охрана.** Частная пожарная охрана создается в населенных пунктах и организациях. Создание, реорганизация и ликвидация подразделений частной пожарной охраны осуществляются в соответствии с Гражданским кодексом РФ. Нормативы численности и технической оснащенности частной пожарной охраны устанавливаются ее собственником на добровольной основе с учетом требований нормативных документов по пожарной безопасности. Подразделения частной пожарной охраны оказывают услуги в области пожарной безопасности на основе заключенных договоров.

**Добровольная пожарная охрана.** Добровольная пожарная охрана создается и осуществляет свою деятельность в соответствии с законодательством РФ. Добровольная пожарная охрана — форма участия граждан в организации предупреждения пожаров и их тушении в населенных пунктах и на предприятиях. Добровольный пожарный — гражданин, непосредственно участвующий на добровольной основе (без заключения трудового договора) в деятельности подразделений пожарной охраны по предупреждению или тушению пожаров. Добровольные пожарные несут службу в подразделениях пожарной охраны в соответствии с графиком дежурств, утвержденным органами местного самоуправления по согласованию с ГПС.

**Пожарно-технические комиссии (ПТК)** создаются в соответствии с ФЗ «О пожарной безопасности», нормативными правовыми актами субъектов РФ, локальными правовыми актами организаций на предприятиях, в учреждениях и организациях (далее — организации), независимо от их организационно-правовых форм и форм собственности, с числом работающих, как правило, 10 и более человек, в целях проведения мероприятий по предупреждению пожаров. На малых и средних предприятиях, не имеющих собственных технических служб, в состав ПТК могут включаться специалисты сторонних организаций, работающие на предприятии по договору.

Основные задачи ПТК — содействие администрации предприятия в проведении пожарно-профилактической работы и осуществлении контроля за соблюдением требований стандартов, норм, правил, инструкций и других нормативных актов по вопросам пожарной безопасности, в выполнении предписаний и постановлений государственного пожарного надзора, выявление нарушений в технологических процессах производств, в работе установок, агрегатов и т. п., разработка мероприятий, направленных на устранение этих нарушений, организация рационализаторской работы и др.

## **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Какие нормативно-правовые документы используются для технического регулирования в области пожарной безопасности?
2. Что такое пожар, пожарная безопасность и требования пожарной безопасности?
3. В чем состоит система обеспечения пожарной безопасности?
4. Какая информация приводится в инструкциях о мерах пожарной безопасности?
5. Что такое пожарно-технический минимум?
6. Виды пожарной охраны.
7. Основные задачи государственной пожарной охраны.
8. Основные задачи ведомственной и муниципальной пожарной охраны.
9. На основании каких документов оказывает услуги частная пожарная охрана?
10. Основные задачи пожарно-технической комиссии.



## Глава 17

# ПРОЦЕССЫ ГОРЕНИЯ. ПОЖАРОВЗРЫВООПАСНЫЕ СВОЙСТВА ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ

### 17.1.

## ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ГОРЕНИИ. ГОРЕНИЕ. ВЗРЫВ.

### ОСОБЕННОСТИ ИХ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И РАЗВИТИЯ

**Горение** — это интенсивные химические окислительные реакции, которые сопровождаются выделением тепла и свечением. Горение возникает при наличии горючего вещества, окислителя и источника воспламенения. В качестве окислителей в процессе горения могут выступать кислород, азотная кислота, пероксид натрия, бертолетова соль, перхлораты, нитросоединения и др. В качестве горючего используются многие органические соединения, сера, сероводород, оксид углерода, большинство металлов в свободном виде, водород и т. д. В условиях реального пожара окислителем в процессе горения обычно является кислород воздуха. Внешнее проявление горения — пламя, которое характеризуется свечением и выделением тепла. Однако при горении конденсированных систем, т. е. систем, которые не содержат газообразных частей и состоят только из твердых или жидких фаз или их смесей, пламя может и не возникать, при этом возникает *беспламенное горение* или *тление*.

Процесс горения связан с образованием различных промежуточных продуктов, а если содержится достаточное содержание окислителя, то образуются продукты полного сгорания. При этом количество окислителя, рассчитанное на основании стехиометрического соотношения, называется **теоретически необходимым**. Температура, которая достигается в стехиометрической смеси при полном сгорании без теплотерь и отсутствии диссоциации продуктов горения, называется **теоретической температурой горения**.

Агрегатное состояние исходного вещества и продуктов горения влияют на виды горения. Различают гомогенное горение, горение взрывчатых веществ, гетерогенное горение.

**Гомогенное горение.** При гомогенном горении исходные вещества и продукты горения находятся в одинаковом агрегатном состоянии. К этому типу от-

носятся горение газовых смесей (природного газа, водорода и т. п. с окислителем, обычно кислородом воздуха), горение негазифицирующихся конденсированных веществ (например, термитов — смесей алюминия с оксидами различных металлов), а также изометрическое горение — распространение цепной разветвленной реакции в газовой смеси без значительного разогрева.

При горении негазифицирующихся конденсированных веществ диффузии обычно не происходит и процесс распространения горения идет только в результате теплопроводности. При экзотермическом горении, напротив, основным процессом переноса является диффузия.

**Гетерогенное горение.** При гетерогенном горении исходные вещества (например, твердое или жидкое горючее и газообразный окислитель) находятся в разных агрегатных состояниях. Важнейшие технологические процессы гетерогенного горения — горение угля, металлов, сжигание жидких топлив в нефтяных топках, двигателях внутреннего сгорания, камерах сгорания ракетных двигателей. Процесс гетерогенного горения обычно очень сложен. Химическое превращение сопровождается дроблением горючего вещества и переходом его в газовую фазу в виде капель и частиц, образованием оксидных пленок на частицах металла, турбулизацией смесей и т. д.

Движение пламени по газовой смеси называется **распространением пламени**. В зависимости от скорости распространения пламени горение бывает дефлаграционным со скоростью несколько метров в секунду (м/с), взрывным — скорость порядка десятков и сотен м/с и детонационным — тысячи м/с.

*Дефлаграционное*, или нормальное, распространение горения характеризуется передачей тепла от слоя к слою, а пламя, возникающее в нагретой и разбавленной активными радикалами и продуктами реакции смеси, перемещается в направлении исходной горючей смеси. Это объясняется тем, что пламя как бы становится источником, который выделяет непрерывный поток тепла и химически активных частиц. В результате этого фронт пламени и перемещается в сторону горючей смеси.

В свою очередь, дефлаграционное горение подразделяется на ламинарное и турбулентное. Для ламинарного горения характерна нормальная скорость распространения пламени.

**Нормальной скоростью распространения пламени**, согласно ГОСТ 12.1.044, называется скорость перемещения фронта пламени относительно негоревшего газа в направлении, перпендикулярном к его поверхности.

Значение нормальной скорости распространения пламени, являясь одним из показателей пожаро- и взрывоопасности веществ, характеризует опасность производств, связанных с использованием жидкостей и газов, оно применяется в расчетах скорости нарастания взрывного давления газо-, паровоздушных смесей, критического (гасящего) диаметра и при разработке мероприятий, обеспечивающих пожаро- и взрывобезопасность технологических процессов в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.004 и ГОСТ 12.1.010.

Нормальная скорость распространения пламени зависит от состава смеси, давления и температуры и определяется скоростью химической реакции и молекулярной теплопроводностью.

Температура относительно слабо увеличивает нормальную скорость распространения пламени, инертные примеси уменьшают ее, а повышение давления ведет либо к повышению, либо к снижению скорости.

В ламинарном газовом потоке скорости газов малы, в то время как горючая смесь образуется в результате молекулярной диффузии. Скорость горения зависит от скорости образования горючей смеси. Турбулентное пламя образуется при увеличении скорости распространения пламени, когда нарушается ламинарность его движения. В турбулентном пламени завихрение газовых струй улучшает перемешивание реагирующих газов, так как увеличивается поверхность, через которую происходит молекулярная диффузия.

В результате взаимодействия горючего вещества с окислителем образуются продукты сгорания, состав которых зависит от исходных соединений и условий реакции горения.

При полном сгорании органических соединений образуются  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{N}_2$ , а при сгорании неорганических соединений — оксиды. В зависимости от температуры плавления продукты реакции могут либо находиться в виде расплава ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ), либо подниматься в воздух в виде дыма ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{MgO}$ ). Расплавленные твердые частицы создают светимость пламени. При горении углеводородов сильная светимость пламени обеспечивается свечением частиц технического углерода, который может образовываться в больших количествах.

В ГОСТ 12.1.044 введено понятие *коэффициента дымообразования* — величины, характеризующей оптическую плотность дыма, образующегося при сгорании вещества (материала) с заданной насыщенностью в объеме помещения. В зависимости от этого коэффициента материалы подразделяются на три группы по дымообразующей способности — малой, умеренной, высокой.

Состав продуктов неполного сгорания горючих веществ сложен и разнообразен. Это могут быть горючие вещества —  $\text{H}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CH}_4$  и т. д.; атомарный водород и кислород; различные радикалы —  $\text{OH}^\bullet$ ,  $\text{CH}^\bullet$  и др. Продуктами неполного сгорания могут быть также оксиды азота, спирты, альдегиды, кетоны и высокотоксичные соединения, например синильная кислота.

Для того чтобы прервать реакцию горения, необходимо нарушить условия ее возникновения и поддержания. Обычно для тушения используют нарушение двух основных условий устойчивого состояния — понижение температуры и режим движения газов.

Понижение температуры достигается путем введения веществ, которые поглощают много тепла в результате испарения и диссоциации (например, вода, порошки). Режим движения газов может быть изменен путем сокращения и ликвидации притока кислорода.

**Взрыв**, согласно ГОСТ 12.1.010, — это быстрое превращение вещества (взрывное горение), сопровождающееся выделением энергии и образованием сжатых газов, способных производить работу.

Взрыв приводит к возникновению интенсивного роста давления. При этом в окружающей среде образуется и распространяется ударная волна. Ударная волна имеет разрушительную способность, если избыточное давление в ней

выше 15 кПа. Она распространяется в газе перед фронтом пламени со звуковой скоростью 330 м/с. При взрыве исходная энергия превращается в энергию нагретых сжатых газов, которая переходит в энергию движения, сжатия и разогрева среды. Возможны различные виды исходной энергии взрыва — электрическая, тепловая, энергия упругого сжатия, атомная, химическая.

Основные параметры, характеризующие опасность взрыва в соответствии с ГОСТ 12.1.010: это давление на фронте ударной волны, максимальное давление взрыва, средняя и максимальная скорость нарастания давления при взрыве, дробящие или фугасные свойства взрывоопасной среды.

**Детонация** — это процесс химического превращения системы «окислитель — восстановитель», представляющей собой совокупность ударной волны, распространяющейся с постоянной скоростью, превышающей скорость звука, и следующей за фронтом зоны химических превращений исходных веществ. Химическая энергия, выделяющаяся в детонационной волне, подпитывает ударную волну, не давая ей затухать. Для гетерогенных систем характерна малоскоростная детонация. При детонации газовых смесей скорости составляют  $(1-3) \cdot 10^3$  м/с, давление во фронте ударной волны — 1–5 МПа.

Горение газообразных сред в емкостях редко переходит в детонацию. Чаще всего явление детонации проявляется в трубах. Это связано с тем, что для возникновения детонации необходимо наличие так называемого преддетонационного расстояния, т. е. расстояния от места воспламенения до места возникновения детонации. Это расстояние в каждом конкретном случае зависит от диаметра труб, их шероховатости, от места поджога — у открытого или закрытого конца трубы. Особую опасность представляет переход детонационной волны из трубопровода в закрытую систему (автоклав, ресиверы) или полукрытую систему (производственные помещения, вентиляционные камеры), содержащую системы, склонные к детонации. В этих случаях преддетонационный период невелик или вообще отсутствует. При этом детонирует практически мгновенно весь объем смеси.

**Механизмы процесса горения.** В основе современных представлений о механизме процесса горения лежат теории самовоспламенения, разработанные учеными Н. Н. Семеновым и Я. Б. Зельдовичем, Д. А. Франк-Каменецким и др.

Эти теории построены на трех видах механизма самовоспламенения: тепловом, автокаталитически-тепловом и цепном самоускорении.

**Тепловое самовоспламенение.** Количественная теория теплового самовоспламенения была дана Н. Н. Семеновым в 1928 г. и далее развита О. М. Тодесом и Д. А. Франк-Каменецким.

Причиной теплового самовоспламенения может быть разогрев реагирующих веществ тепловой реакции. Для этого необходим предварительный разогрев системы и достижение такого состояния, при котором приход тепла в результате реакции станет выше отвода тепла из зоны реакции. При этом условии начнется саморазгон реакции и произойдет самовоспламенение.

**Автокаталитически-тепловое самовоспламенение.** Вещество, ускоряющее химическую реакцию, но не меняющее после реакции свое состояние и количество, называется катализатором химической реакции. Явление, при ко-

тором каталитическое действие на реакцию оказывает какой-либо из ее продуктов, называется автокатализом. Особенность автокаталитической реакции заключается в том, что она идет при переменной возрастающей концентрации катализатора. В начальный период скорость автокаталитической реакции возрастает, а затем, по мере уменьшения концентрации исходных веществ, падает. Для того чтобы развивалась автокаталитическая реакция, необходимо либо превращение исходного продукта в конечный, либо присутствие в начальный момент некоторого количества продукта реакции в виде начальной «затравки».

Начальный период реакции, в течение которого скорость реакции несоизмеримо мала и который далее сменяется периодом быстрого развития химического превращения, называется периодом индукции. Для автокаталитического самовоспламенения характерен более длительный период индукции, однако самоускорение происходит с самого начала реакции. При достижении критической скорости реакции дальнейшее самоускорение будет происходить не только в результате автокатализа, но и повышения температуры.

**Цепное самовоспламенение** имеет природу, отличную от теплового самовоспламенения.

Основы теории цепных реакций заложены в работах А. Н. Баха (1897) и Н. А. Шилова (1905).

Основное развитие этой теории принадлежит академику Н. Н. Семенову и его школе.

Если при тепловом самовоспламенении причина взрыва — тепло, выделяемое реакцией, и малая скорость теплоотвода, то в случае цепных реакций выделение тепла происходит в результате разветвления реакционных цепей и накопления химически активных частиц.

К цепным относятся химические процессы, в которых в качестве промежуточных частиц выступают свободные радикалы или, как их еще называют, активные частицы. Обладая свободными ненасыщенными связями, эти активные частицы, вступая во взаимодействие с исходными молекулами, вызывают разрыв одной из валентных связей этой молекулы и образуют новую активную частицу. Новая активная частица вступает во взаимодействие с новой исходной молекулой, таким образом распространяется реакционная цепь и возникает цепная реакция.

Любая цепная реакция складывается из элементарных стадий зарождения, продолжения и обрыва цепи.

**Зарождение** цепи является эндотермической реакцией. Образование свободных радикалов из молекул исходных веществ возможно в результате их мономолекулярного распада или бимолекулярного взаимодействия, а также в результате каких-либо посторонних воздействий на систему — инициирования.

**Инициирование** может осуществляться путем добавки специальных веществ — инициаторов, легко образующих свободные радикалы (например, пероксиды, азосоединения, некоторые химически активные газы  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{HBr}$ ); под действием света — фотохимическое инициирование; под действием ионизирующих излучений; если вещества не поглощают свет — с применением фотосенсибилизатора.

На стадии *продолжения цепи* протекают элементарные цепные реакции, идущие с сохранением свободной валентности и приводящие к расходованию исходных веществ и образованию продуктов реакции. Они могут быть четырех типов:

- 1) взаимодействие свободного радикала или атома с молекулой одного из исходных веществ, приводящие к образованию нового свободного радикала;
- 2) реакции, приводящие к образованию молекулы конечного продукта и нового свободного радикала или атома;
- 3) мономолекулярное превращение одного свободного радикала цепи в другой;
- 4) мономолекулярный распад свободного радикала с образованием молекулы продукта реакции и нового свободного радикала или атома. Любой цепной процесс должен включать по крайней мере одну стадию, на которой расходуется исходное вещество, и одну, где образуются продукты реакции.

*Обрывом цепей* называются стадии цепного процесса, приводящие к исчезновению свободных радикалов. Обрыв цепей может происходить в результате захвата свободного радикала стенкой реакционного сосуда, при взаимодействии свободных радикалов с соединениями металлов переменной валентности и с валентно-ненасыщенными молекулами, а также в результате взаимодействия двух свободных радикалов.

Вещества, добавление которых в идущую цепную реакцию приводит к замене активных свободных радикалов на малоактивные, неспособные к продолжению цепей, называются *ингибиторами* цепных реакций. В ряде цепных процессов наряду с элементарными реакциями продолжения цепей идут реакции с увеличением активных центров. Цепные реакции, идущие с разветвлением цепей, называются *разветвленными реакциями*.

При увеличении концентрации свободных радикалов растет и скорость цепных реакций, т. е. после некоторого периода индукции происходит воспламенение смеси. Воспламенение, вызванное резким ускорением реакции в результате прогрессирующего нарастания концентрации свободных радикалов при постоянной температуре, называется *цепным воспламенением*. Цепное воспламенение — общее свойство всех цепных разветвленных реакций.

Параметры, разграничивающие область, в которой реакция практически не идет, от области, где она идет с очень большой скоростью, являются предельными и называются *пределами воспламенения*.

Для большинства известных в настоящее время цепных реакций характерно наличие двух пределов самовоспламенения — нижнего и верхнего. При малых давлениях вероятность обрыва велика, а длина цепи мала. При малой скорости возникновения активных центров и при коротких цепях скорость реакции будет чрезвычайно низкой. При увеличении давления скорость обрыва цепей на стенке уменьшается или остается постоянной, а скорость разветвления цепей увеличивается сначала медленно, а затем резко. При незначительном изменении давления реакция может принимать характер взрыва.

Пределы воспламенения при данной температуре зависят от размеров сосуда и состава смеси. Поэтому каждому составу смеси и каждому реакционно-

му сосуду отвечает своя область воспламенения. На нижний предел воспламенения влияет и состояние стенок сосуда, так как различные материалы способны по-разному обрывать цепи химических реакций. Верхний предел воспламенения снижается при введении инертного газа, другие примеси могут по-разному влиять на скорость цепной реакции. Они могут вызывать как ускорение, так и замедление реакции и даже подавлять ее.

## 17.2. ПОЖАРНАЯ ОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СРЕД. НОМЕНКЛАТУРА ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Техническая документация на вещества и материалы (в том числе паспорта, технические условия, технологические регламенты) должна содержать информацию о показателях пожарной опасности веществ и материалов.

Пожароопасность технологических процессов в значительной степени определяется физико-химическими и пожаровзрывоопасными свойствами обращающихся в производстве сырья, промежуточных и конечных продуктов.

В настоящее время действует ряд документов, которые устанавливают требования для обеспечения пожарной безопасности технологических сред на различных технологических объектах. В ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» используются следующие термины с соответствующими определениями.

*Технологическая среда* — сырьевые вещества и материалы, полупродукты и продукты, обращающиеся в технологической аппаратуре (технологической системе).

*Пожарная опасность технологических сред* — возможность возникновения и/или развития пожара, обусловленная физико-химическими свойствами и параметрами указанных сред.

Технологические среды по пожаровзрывоопасности подразделяются на пожароопасные, пожаровзрывоопасные, взрывоопасные и пожаробезопасные. Среда относится к пожароопасным, если возможно образование горючей среды, а также появление источника зажигания достаточной мощности для возникновения пожара; к пожаровзрывоопасным, если возможно образование смесей окислителя с горючими газами, парами легковоспламеняющихся жидкостей, горючими аэрозолями и горючими пылями, в которых при появлении источника зажигания возможно инициирование взрыва и/или пожара; к взрывоопасным, если возможно образование смесей воздуха с горючими газами, парами легковоспламеняющихся жидкостей, горючими жидкостями, горючими аэрозолями и горючими пылями или волокнами и если при определенной концентрации горючего и появлении источника инициирования взрыва (источника зажигания) она способна взрываться; к пожаробезопасным средам относится пространство, в котором отсутствуют горючая среда и/или окислитель.

К технологическим средам относятся:

- индивидуальные химические вещества в чистом виде и в виде технического продукта, отвечающего соответствующим требованиям стандарта или техническим условиям;
- смеси индивидуальных химических веществ, выпускаемые в соответствии со стандартом или техническими условиями;
- природные и искусственные материалы, отвечающие требованиям соответствующих стандартов или технических условий;
- технологические полупродукты и продукты производства, которые выделяются в виде самостоятельных фракций и накапливаются в количествах, создающих пожарную опасность.

Пожаровзрывоопасность и пожарная опасность технологических сред характеризуются показателями пожаровзрывоопасности и пожарной опасности веществ, обращающихся в технологическом процессе, и параметрами технологического процесса.

*Пожаровзрывоопасность веществ и материалов* — способность веществ и материалов к образованию горючей (пожароопасной или взрывоопасной) среды, характеризующая их физико-химическими свойствами и/или поведением в условиях пожара.

**Показатели пожарной опасности технологических сред** устанавливаются для веществ, находящихся в соответствующем агрегатном состоянии:

- *газы* — вещества, давление насыщенных паров которых при температуре 5°C и давлении 101,3 кПа превышает 101,3 кПа;
- *жидкости* — вещества, давление насыщенных паров которых при температуре 25°C и давлении 101,3 кПа меньше 101,3 кПа. К жидкостям относят и твердые плавящиеся вещества, температура плавления или каплепадения которых ниже 50°C;
- *твердые вещества и материалы* — индивидуальные вещества и смеси композиций с температурой плавления или каплепадения выше 50°C, а также вещества, не имеющие температуры плавления (древесина, ткани и т. п.);
- *пыли* — диспергированные твердые вещества и материалы с размером частиц менее 850 мкм;
- *аэрозоли* — системы, состоящие из твердых и жидких мелких частиц (с размером менее 850 мкм), диспергированных (распыленных) в газовой фазе.

**Оценка пожарной опасности технологических сред** состоит в определении комплекса показателей, перечень которых зависит от агрегатного состояния технологической среды, параметров ее состояния и особенностей технологического процесса.

В ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» определены показатели пожарной опасности технологических сред. В таблице приведена часть параметров пожаровзрывоопасности и области их применения.

*Группа горючести* — классификационная характеристика способности технологических сред к горению. По горючести вещества и материалы подразделяются на следующие группы:



- *негорючие* — вещества и материалы, неспособные гореть в воздухе. Негорючие вещества могут быть пожаровзрывоопасными (например, окислители или вещества, выделяющие горючие продукты при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом);

- *трудногорючие* — вещества и материалы, способные гореть в воздухе при воздействии источника зажигания, но неспособные самостоятельно гореть после его удаления;

- *горючие* — вещества и материалы, способные самовозгораться, а также возгораться под воздействием источника зажигания и самостоятельно гореть после его удаления.

*Легковоспламеняющимися* называют горючие вещества и материалы, способные воспламеняться от кратковременного (до 30 с) воздействия источника зажигания с низкой энергией (например, пламя спички, искра, тлеющая сигарета и т. п.).

Таблица 17.1

**Перечень показателей для оценки пожарной опасности веществ и материалов в зависимости от их агрегатного состояния**

Показатель пожарной опасности	Агрегатное состояние веществ и материалов			Пыли
	газообразные	жидкие	твердые	
Температура вспышки, °С	—	+	—	—
Температура воспламенения, °С	—	+	+	+
Температура самовоспламенения, °С	+	+	+	+
Группа горючести	+	+	+	+
Температура тления, °С	—	—	+	+
Температурные пределы распространения пламени (воспламенения), °С	—	+	—	—
Концентрационные пределы распространения пламени (воспламенения) в газах и парах, об.%, пылях, кг/м <sup>3</sup>	+	+	—	+
Максимальное давление взрыва, Па	+	+	—	+
Минимальная энергия зажигания, Дж	+	+	—	+
Минимальное взрывоопасное содержание кислорода, об.%	+	+	—	+
Токсичность продуктов горения, г/м <sup>3</sup>	+	+	+	+
Скорость нарастания давления взрыва, МПа/с	+	+	—	+

Показатель пожарной опасности	Агрегатное состояние веществ и материалов			Пыли
	газообразные	жидкие	твердые	
Способность гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха и другими веществами	+	+	+	+
Способность к самовозгоранию	—	—	+	+
Способность к экзотермическому разложению	+	+	+	+
Температурные пределы распространения пламени (воспламенения), °С	—	+	—	—
Удельная теплота сгорания, Дж/кг	+	+	+	+

*Примечание.* Знак «+» обозначает, что показатель необходимо применять. Знак «—» обозначает, что показатель не применяется.

Горючесть газов определяют косвенно: газ, имеющий концентрационные пределы воспламенения в воздухе, относят к горючим; если газ не имеет концентрационных пределов воспламенения, но самовоспламеняется при определенной температуре, его относят к трудногорючим; при отсутствии концентрационных пределов воспламенения и температуры самовоспламенения газ относят к негорючим.

**Температура вспышки** — самая низкая температура технологической среды, при которой в условиях специальных испытаний над ее поверхностью образуются пары или газы, способные вспыхивать от источников зажигания, но скорость их образования еще недостаточна для возникновения устойчивого горения. В зависимости от численного значения температуры вспышки жидкости относят к легковоспламеняющимся (ЛВЖ) и горючим (ГЖ).

К **легковоспламеняющимся** жидкостям относятся жидкости с температурой вспышки не более 61°С в закрытом тигле или 66°С в открытом тигле. В свою очередь, ЛВЖ подразделяются в зависимости от температуры вспышки на три разряда в соответствии с ГОСТ 12.1.017-80.

**Особо опасные ЛВЖ** — горючие жидкости с температурой вспышки от –18°С и ниже в закрытом тигле или от –13°С в открытом тигле. К особо опасным ЛВЖ относятся ацетон, диэтиловый эфир, изопентан и др.

**Постоянно опасные ЛВЖ** — это горючие жидкости с температурой вспышки от –18 до 23°С в закрытом тигле или от –13 до 27°С в открытом тигле. К ним относятся бензол, толуол, этиловый спирт, этилацетат и др.

**Опасные при повышенной температуре ЛВЖ** — это горючие жидкости с температурой вспышки от 23 до 61°С в закрытом тигле или выше 27 до 66°С в открытом тигле. К ним относятся хлорбензол, скипидар, уайт-спирит и др.

**Температура воспламенения** — наименьшая температура горючей жидкой или твердой технологической среды, при которой в условиях специальных испытаний вещество выделяет горючие пары или газы с такой скоростью, что после их зажигания возникает устойчивое горение.

**Температура самовоспламенения** — самая низкая температура технологической среды, при которой в условиях специальных испытаний происходит резкое увеличение скорости экзотермических реакций, заканчивающихся пламенным горением.

**Концентрационные пределы распространения пламени (воспламенения)** — минимальное и максимальное содержание горючего в технологической среде, при котором возможно распространение пламени по среде на любое расстояние от источника зажигания.

**Нижний (верхний) концентрационный предел распространения пламени** — минимальное (максимальное) содержание горючего в смеси «горючее вещество — окислительная среда», при котором возможно распространение пламени по смеси на любое расстояние от источника зажигания. Внутри этих пределов смесь горюча, а вне их смесь гореть неспособна. Концентрационные пределы распространения пламени (воспламенения) — одна из характеристик газовой смеси.

Температура и давление влияют на концентрационные пределы распространения пламени, что объясняется воздействием ряда факторов на скорость реакции горения. Область воспламенения смесей горючих газов с воздухом гораздо более узкая, чем смесей с кислородом. Реакции, замедляющие горение, оказывают влияние на концентрационные пределы воспламенения. Введение небольших добавок галогенпроизводных углеводородов делает негорючими смеси оксида углерода, водорода или углеводородов с воздухом в результате резкого уменьшения скорости реакции горения.

Введение инертных газов (диоксида углерода, азота) делает смеси негорючими. При этом чем больше теплоемкость негорючего газа, тем больше его флегматизирующее действие. Например, диоксид углерода более эффективен, чем азот, так как его теплоемкость больше.

На концентрационные пределы распространения пламени влияет введение негорючих порошков. Здесь определяющим фактором является отношение площади поверхности частицы к удельному объему газовой взвеси, которая зависит от свойств порошка и степени турбулентности пламени.

Влияние давления по-разному сказывается на пределах распространения пламени для различных смесей. Уменьшение давления ниже атмосферного сужает пределы, и при достижении определенного значения смесь неспособна к распространению пламени. Для большей части смесей повышение давления выше атмосферного приводит к расширению области воспламенения, хотя для некоторых смесей этого не наблюдается.

Повышение температуры расширяет область воспламенения. Если начальная температура повышена, то для распространения пламени требуется передавать от фронта пламени к смеси меньше тепла, что и приводит к снижению НКПР пламени и увеличению ВКПР.

На концентрационные пределы распространения (воспламенения) пламени влияет направление распространения пламени и диаметр сосуда. Так, при распространении пламени снизу вверх область воспламенения шире, чем при распространении его сверху вниз или по горизонтали. Эта особенность обусловлена возникновением конвективных потоков, которые поднимают вверх нагретые продукты сгорания и способствуют распространению пламени вверх.

Уменьшение диаметра сосуда сужает область воспламенения, что связано с тепловыми потерями из зоны реакции к стенкам сосуда, понижением температуры горения в зоне реакции и уменьшением скорости распространения пламени.

С концентрационными пределами распространения пламени связана другая характеристика газовой смеси — **температурные пределы распространения пламени (воспламенения)**, т. е. температуры жидкой технологической среды, при которых насыщенные пары среды образуют смеси с заданной концентрацией окислителя, равные соответственно нижнему (нижний температурный предел) и верхнему (верхний температурный предел) концентрационным пределам распространения пламени.

Особо следует остановиться на концентрационных пределах распространения пламени (воспламенения) **пылей**. Значение НКПР применяют при расчете взрывобезопасных концентраций пыли внутри технологического оборудования, трубопроводов, при проектировании вентиляционных систем, а также для сравнительной оценки взрывоопасности промышленных пылей.

**Горючая пыль** — дисперсная система, состоящая из твердых частиц размером менее 850 мкм, находящихся во взвешенном или осевшем состоянии в газовой среде, способная к самостоятельному горению в воздухе нормального состава.

По горючести пыли подразделяются на три группы — негорючие, трудногорючие и горючие.

Горючие пыли, находящиеся во взвешенном состоянии, характеризуются следующими показателями пожаро- и взрывоопасности: нижним концентрационным пределом распространения пламени (НКПР), минимальной энергией зажигания ( $W_{\min}$ ), максимальным давлением взрыва ( $P_{\max}$ ), скоростью нарастания давления при взрыве ( $dP/dt$ ), минимальным взрывоопасным содержанием кислорода (МВСК).

Для пылей, находящихся в осевшем состоянии, определены следующие показатели: температура воспламенения, температура самовоспламенения, температура самонагревания, температура тления, температурные условия теплового самовозгорания, минимальная энергия зажигания ( $W_{\min}$ ), способность гореть и взрываться при взаимодействии с водой, кислородом воздуха и другими веществами.

Промышленные пыли по степени пожаро- и взрывоопасности классифицируются с учетом их свойств в осевшем и взвешенном состоянии. В соответствии с этим все промышленные пыли подразделены на четыре класса.

**I класс** — наиболее взрывоопасные пыли с нижним концентрационным пределом распространения пламени (воспламенения)  $15 \text{ г/м}^3$  и ниже.

*II класс* — взрывоопасные пыли с нижним концентрационным пределом распространения пламени (воспламенения) от 16 до 65 г/м<sup>3</sup>.

*III класс* — наиболее пожароопасные пыли с температурой самовоспламенения в осевшем состоянии не выше 250°C.

*IV класс* — пожароопасные пыли с температурой самовоспламенения в осевшем состоянии выше 250°C.

Пыли с нижним концентрационным пределом распространения пламени (воспламенения) выше 65 г/м<sup>3</sup> относятся к III и IV классам.

На НКПР пылей оказывает влияние размер частиц, их форма и состояние поверхности, дисперсность, влажность, электризуемость и другие факторы. На НКПР пылей сложным образом влияет дисперсный состав. Наименьшее значение НКПР имеют при дисперсности 70–100 мкм, а изменение дисперсности в ту или другую сторону ведет к увеличению НКПР.

На НКПР влияет и влагосодержание частиц. До 15 мас.% зависимость НКПР от влагосодержания практически подчиняется линейному закону, дальнейшее повышение влагосодержания резко увеличивает НКПР и при 20–25 мас.% аэрозоли становятся невзрывоопасными.

Давление также влияет на НКПР. Понижение начального давления вызывает снижение НКПР, однако при 1,5–2,0 кПа это снижение прекращается. При давлении 1,0–1,2 кПа горения пылевоздушных смесей не наблюдается.

**Температура тления** — температура дисперсной технологической среды, при которой происходит резкое увеличение скорости экзотермических реакций окисления, которое заканчивается беспламенным горением.

Опасность тления связана с возникновением собственно процесса горения и с продуктами горения. При медленно развивающемся процессе горения, каким является тление, образуются опасные газы. Недостаток кислорода, проникающего к поверхности горючего, способствует превалирующему образованию монооксида углерода, по сравнению с менее опасным диоксидом. Запоздание с обнаружением процесса тления может привести к скоплению монооксида в таких концентрациях, при которых возможен летальный исход.

Кроме этого, опасность тления связана с внезапным переходом к быстро развивающемуся пламенному горению или вспышке во всем объеме помещения. Развитие поверхности, подвергающейся тлению, и связанное с этим увеличение скорости образования горючих газообразных продуктов может усилить приток воздуха и тем самым активизировать реакцию. Достижение концентрации образующихся горючих газов пределов воспламенения способствует переходу процесса к пламенному горению и возможному взрыву.

На практике опасность тления связана с некачественным проведением тушения материала. Не учитывается, что процесс может протекать скрытно в массе материала, и в результате можно получить новый более сильный пожар.

**Минимальная энергия зажигания** — наименьшее значение энергии электрического разряда, способной воспламенить наиболее легковоспламеняющуюся технологическую среду. Она может служить характеристикой чувствительности к воспламенению горючих смесей электрическими разрядами. Для каждой горючей смеси существует некоторая минимальная мощность искры, начи-

ная с которой смесь воспламеняется. На минимальную энергию зажигания оказывают существенное влияние температура, давление, расстояние между электродами, концентрация горючей смеси.

*Способность взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха и другими веществами* — качественный показатель, характеризующий пожарную опасность технологических сред, связанную с возможностью воспламенения и взрыва при химическом взаимодействии компонентов среды.

*Минимальное содержание кислорода* — концентрация кислорода в горючей технологической среде, ниже которой воспламенение и горение ее становится невозможным.

*Максимальное давление взрыва* — наибольшее давление, возникающее при дефлаграционном горении газо-, паро- или пылевоздушной технологической среды в замкнутом сосуде.

*Скорость нарастания давления взрыва* — производная давления взрыва по времени на восходящем участке зависимости давления взрыва газо-, паро- или пылевоздушной технологической среды.

*Удельная теплота сгорания* — изменение энтальпии, которое сопровождает изотермически и изобарно протекающую реакцию сгорания единицы массы технологической среды с эквивалентным количеством кислорода.

*Способность к экзотермическому разложению* — совокупность параметров (температура, давление, концентрация и т. п.), характеризующих условия экзотермического разложения технологической среды.

**По потенциальной опасности** вызывать пожар, усиливать опасные факторы пожара, отравлять среду обитания (воздух, воду, почву, флору, фауну и т. д.), воздействовать на человека через кожу, слизистые оболочки дыхательных путей посредством непосредственного контакта или на расстоянии, как при нормальных условиях, так и при пожаре, вещества и материалы делятся на ряды: безопасные, малоопасные, опасные, особо опасные.

К **безопасным** относятся негорючие вещества и материалы в негорючей упаковке, которые в условиях пожара не выделяют опасных (горючих, ядовитых, едких) продуктов разложения или окисления, не образуют взрывчатых или пожароопасных, ядовитых, едких, экзотермических смесей с другими веществами. Безопасные вещества и материалы следует хранить в помещениях или на открытых площадках любого типа (если это не противоречит техническим условиям на вещество).

К **малоопасным** относятся горючие и трудногорючие вещества и материалы, которые считаются безопасными и на которые не распространяются требования, предъявляемые к опасным грузам.

Малоопасные вещества разделяются на следующие группы:

- жидкие вещества с температурой вспышки более 90°C;
- твердые вещества и материалы, воспламеняющиеся от действия газовой горелки в течение 120 с и более;
- вещества и материалы, которые в условиях испытаний, проводимых в соответствии с нормативными документами по пожарной безопасности, спо-

способны самонагреваться до температуры выше  $150^{\circ}\text{C}$  за время более 24 ч при температуре окружающей среды  $140^{\circ}\text{C}$ ;

- вещества и материалы, которые при взаимодействии с водой выделяют воспламеняющиеся газы с интенсивностью менее  $0,5 \text{ дм}^3/(\text{кг}\cdot\text{ч})$ , и др.

К *опасным* относятся горючие и негорючие вещества и материалы, обладающие свойствами, проявление которых может привести к взрыву, пожару, гибели, травмированию, отравлению, облучению, заболеванию людей и животных, повреждению сооружений, транспортных средств. Опасные свойства могут проявляться при нормальных или аварийных условиях как у отдельных веществ и материалов, так и при взаимодействии их с веществами и материалами других категорий.

К *особо опасным* относятся такие опасные вещества и материалы, которые несовместимы с веществами и материалами одной с ними категории.

**Условия теплового самовозгорания** — выявленная зависимость между температурой окружающей среды, массой технологической среды и временем до момента ее самовозгорания.

Учитывая важность этого обстоятельства для химических технологических процессов, для работы в лабораториях, а также при хранении веществ на складах, остановимся более подробно на процессах самовозгорания.

### 17.3. САМОВОЗГОРАНИЕ

Самовозгорание является результатом самонагревания веществ, т. е. самопроизвольного процесса, заканчивающегося тлением или пламенным горением.

Возникновение самовозгорания связано с такими физико-химическими свойствами веществ, как теплота сгорания, теплопроводность, удельная поверхность, объемная плотность, условия теплообмена с внешней средой.

Процесс самонагревания веществ может быть вызван различными причинами. Это могут быть микробиологические процессы в соответствующей питательной среде, воздействие высокой температуры на вещества, выделение тепла в результате химических реакций. Для того чтобы процесс самонагревания закончился самовозгоранием, необходимо, чтобы вещество обладало способностью окисляться и чтобы были условия, необходимые для накопления тепла.

Физическая сущность процессов самовозгорания и самовоспламенения одинакова, и условия самоускорения реакции одни и те же. Основное различие между ними заключается в том, что самовозгорание происходит при температуре окружающего воздуха, равной или большей температуры самовоспламенения, а самовоспламенение — при температуре окружающего воздуха менее температуры самовоспламенения, и для возникновения процесса необходимо нагревание горючего извне. Исходя из причин, вызывающих самовозгорание веществ, условно выделяют три механизма самовозгорания — микробиологическое, тепловое и химическое, а также их различные комбинации.

**Микробиологические процессы окисления** — основная причина самовозгорания веществ растительного происхождения, например недосушенных сена, опилок, листьев. Микробиологическими же процессами объясняется самовозгорание торфа. Жизнедеятельность бактерий и грибов в торфе может начаться уже при 10–18°C и заканчивается при 70°C. Питательной средой для бактерий служат вещества, образующиеся в результате распада растений. Особенно склонны к самовозгоранию недосушенные материалы, так как влага и тепло способствуют жизнедеятельности микроорганизмов. При температуре, превышающей 75°C, микроорганизмы, как правило, погибают, но повышение температуры не прекращается, так как при 70°C некоторые органические вещества способны обугливаться. Образующийся при этом пористый уголь адсорбирует газы и пары и процесс самонагрева продолжается. При 200°C начинает разлагаться клетчатка, входящая в состав растительных масел, что ведет к дальнейшей интенсификации окисления и возникновению самовозгорания.

**Тепловое самовозгорание** присуще дисперсным веществам, обладающим сильно развитой поверхностью, способным адсорбировать кислород и вступать с ним в реакцию, а теплообмен веществ с внешней средой не является интенсивным. Так, к самовозгоранию склонны ископаемые угли (бурый и каменный), хранящиеся в кучах или штабелях.

Причиной самовозгорания является способность углей окисляться и адсорбировать пары и газы при низких температурах. Самонагревание угля, возникающее в штабелях, происходит вначале по всему объему штабеля, исключая слой 30–50 см от его поверхности. Но с увеличением температуры процесс самонагрева приобретает гнездовой характер. При этом до 60°C температура растет очень медленно, и интенсивное проветривание препятствует ее повышению. Однако, начиная с 60°C, резко увеличивается скорость самонагревания. Поэтому 60°C считают критической температурой для угля.

**При химическом самовозгорании** большое значение имеет увеличение скорости химической реакции с возрастанием температуры. Недостаточный теплоотвод способствует нагреву материала в результате окислительных процессов и соответственно достижению критических условий возникновения горения или тления.

Самовозгорающиеся химические вещества можно разделить на три основные группы.

1. *Вещества, самовозгорающиеся при взаимодействии с кислородом воздуха.*

Щелочные металлы, окисляясь на воздухе, самовозгораются с образованием надпероксидов металлов.

Сульфиды щелочных (например, калия) и щелочно-земельных металлов (например, кальция) окисляются на воздухе и могут самовозгораться.

Гидроксиды металлов окисляются на влажном воздухе, при этом образуется пероксид водорода.

Негорючий гидросульфит натрия при реакции на влажном воздухе образует серу, которая воспламеняется.



К характерным представителям этой группы относятся белый и красный фосфор. Белый фосфор, имеющий температуру самовоспламенения  $45^{\circ}\text{C}$ , более опасен, чем красный (температура самовоспламенения  $240^{\circ}\text{C}$ ). Белый фосфор (и его пары) на воздухе быстро самовозгорается, с ростом температуры давление паров возрастает, что может привести к разрыву сосудов, в которых он хранится или используется.

Легко самовозгораются на воздухе, особенно в присутствии влаги, аэрогели алюминия и цинка. Диэтиловый эфир способен самовозгораться на воздухе, что связано с образованием пероксидов.

Самовозгорание олиф, растительных масел (льняного, подсолнечного и др.) связано с их химическим строением, так как они представляют собой смесь глицеридов жирных кислот, в том числе и непредельных — олеиновой, линолевой, линоленовой. Наличие в молекулах двойных связей и является причиной окисления указанных кислот при обычных температурах. Кроме того, самовозгоранию способствует полимеризация глицеридов непредельных кислот — экзотермический процесс, происходящий при низких температурах.

Наличие глицеридов жирных кислот в животных жирах (тюленьем, дельфином, моржом), в рыбьих жирах обуславливает их способность к самовозгоранию. Однако масла и жиры способны к самовозгоранию только тогда, когда они содержат значительное количество глицеридов непредельных кислот, поверхность окисления масел и жиров достаточно велика, а теплоотдача мала, если ими пропитаны горючие материалы и промасленный материал уплотнен.

При хранении высокомолекулярных непредельных веществ в бочках, бутылках, канистрах самовозгорания не происходит, что связано с малой площадью поверхности соприкосновения с воздухом. Если же эти вещества нанести на волокнистые или пористые материалы, то вследствие увеличения площади поверхности окисления происходит самовозгорание.

В связи со способностью масел и жиров самовозгораться большую опасность представляют промасленная одежда и обтирочные материалы, загрязненные растительными маслами. При большой поверхности загрязнения, на которой масло распределено тонким слоем, резко ускоряются реакции окисления и полимеризации. Подобные процессы нагревания начинаются уже при  $10\text{--}15^{\circ}\text{C}$  и, продолжаясь несколько часов, заканчиваются самовозгоранием.

## *2. Вещества, самовозгорающиеся при взаимодействии с водой.*

К этой группе относятся щелочные металлы, карбиды щелочных металлов, карбид кальция, гидриды щелочных и щелочно-земельных металлов, негашеная известь, фосфористый кальций, сернистый натрий и др., т. е. вещества, взаимодействие которых с водой сопровождается значительным экзотермическим эффектом. Образующегося при этом тепла достаточно, чтобы вызвать воспламенение выделяющихся в результате реакции горючих соединений. Газообразными продуктами реакции являются водород, ацетилен, метан, пропан и др.

Взаимодействие щелочных и щелочно-земельных металлов с водой сопровождается выделением горючего газа — водорода — и значительного количества тепла (при реакции  $\text{H}_2\text{O}$  с натрием выделяется  $366,5\text{ кДж}$ ). Выделяю-

щийся водород самовоспламеняется и горит совместно с металлом только в том случае, если кусок металла по объему больше горошины. При этом, если взаимодействуют достаточно крупные куски металлов, может происходить взрыв, сопровождающийся разбрызгиванием металла.

Гидриды металлов самовозгораются даже при наличии незначительных количеств воды.

Карбиды щелочных металлов взаимодействуют с водой с взрывом и выделением углерода. При медленном поступлении водяного пара разложение карбидов щелочно-земельных металлов происходит с выделением ацетилена, способного воспламениться (температура самовоспламенения  $335^{\circ}\text{C}$ ).

Технический карбид кальция, содержащий примеси фосфида кальция, наряду с ацетиленом выделяет перфосфид водорода  $\text{H}_4\text{P}_2$ , который также способен самовозгораться.

Взаимодействие с водой карбида бериллия и алюминия сопровождается выделением метана, карбида магния — метилацетилена, карбида марганца — метана и водорода. Перфосфид водорода образуется при взаимодействии фосфида кальция с водой.

Контакт негашеной извести с небольшим количеством воды сопровождается выделением значительного тепла, которого может быть достаточно для воспламенения дерева.

Влажный гидросульфит натрия и сернистый натрий, окисляясь на воздухе, выделяют серу, реакция сопровождается значительным выделением тепла, достаточным для воспламенения серы.

Взаимодействие слабых растворов ряда алюмоорганических соединений с водой сопровождается взрывом образующихся углеводородных газов.

Силицид лития, магния, железа и других металлов при взаимодействии с водой образует силан  $\text{SiH}_4$ , горючий газ, самовозгорающийся на воздухе.

Пероксиды лития, натрия, стронция, бария при взаимодействии с водой образуют пероксид водорода  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Надпероксиды калия, рубидия, цезия, являясь сильными окислителями, реагируя с водой, образуют пероксид водорода, кислород.

Вода может катализировать экзотермические реакции. При взаимодействии ацетилхлорида с водой образуется уксусная кислота. Тепло, выделяющееся при реакции, способствует испарению ацетилхлорида и уксусной кислоты и образованию взрывоопасной смеси паров жидкостей с воздухом.

Токсичные газы выделяются при взаимодействии ряда органических веществ с водой (хлорангидрид щавелевой кислоты, хлорид водорода, оксид и диоксид углерода).

Металлоорганические соединения, обладая высокой реакционной способностью, реагируют с водой со взрывом и образованием углеводородных горючих газов.

### *3. Вещества, самовозгорающиеся при взаимодействии друг с другом.*

Источниками кислорода в условиях пожара могут быть твердые и жидкие окислители, например пероксиды водорода, натрия, калия, хлораты и перхлораты, нитраты и др.

Значительный экзотермический эффект, сопровождающий разложение пероксида водорода, вызывает интенсивный разогрев парогазовой смеси. Пероксид водорода разлагается диоксидом марганца, хрома, цинка. В присутствии концентрированного пероксида водорода спирты, кетоны, ароматические углеводороды и другие самовозгораются либо становятся чувствительными к нагреванию. Самовозгораются также такие твердые горючие материалы, как бумага, текстиль, древесные опилки и др.

При нагревании на свету азотная кислота разлагается на диоксид азота, кислород и воду. Концентрированная азотная кислота вызывает самовозгорание многих горючих веществ. В присутствии серной кислоты ее окисляющее действие усиливается. Концентрированная азотная кислота при взаимодействии со многими металлами восстанавливается до диоксида азота, разбавленная  $\text{HNO}_3$  — до оксинитрида азота, которые, в свою очередь, химически активны. При обычной температуре в присутствии смеси азотной кислоты и тетраоксида азота  $\text{N}_2\text{O}_4$  самовозгорается большинство горючих веществ.

Известно, что продукты взаимодействия азотной кислоты с органическими веществами обладают более пожароопасными свойствами. Например, взаимодействие азотной кислоты с гликолями и глицеринами приводит к образованию взрывчатых веществ — сложных эфиров.

К сильным окислителям относится и тетраоксид азота  $\text{N}_2\text{O}_4$ . Смеси его с ароматическими, нафтеновыми, парафиновыми углеводородами, нитропроизводными, карбоновыми кислотами пожароопасны.

Серная кислота известна как сильный окислитель. Разбавленная  $\text{H}_2\text{SO}_4$  растворяет металлы, при этом выделяется водород, а взаимодействие ее с щелочными и щелочно-земельными металлами сопровождается самовозгоранием. Концентрированная  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , взаимодействуя с металлами, может образовывать диоксид серы, серу, сульфид водорода. Большая часть органических веществ в присутствии  $\text{H}_2\text{SO}_4$  обугливается. Присутствие  $\text{H}_2\text{SO}_4$  усиливает пожароопасные свойства таких окислителей, как перманганат калия, хлорат калия, нитраты и др. Меланж — смесь концентрированных серной и азотной кислот — сильный окислитель. При взаимодействии его с органическими веществами могут образоваться взрывчатые вещества.

Хлорная кислота  $\text{HClO}_4$  вызывает самовозгорание органических веществ, воспламеняются в ее присутствии даже некоторые негорючие вещества (например, тионилхлорид). Взаимодействие 70–72%-ной хлорной кислоты с рядом металлов приводит к образованию перхлоратов и выделению водорода. Концентрированные растворы (до 40%) хлорноватой кислоты  $\text{HClO}_3$  при температуре выше  $40^\circ\text{C}$  разлагаются со взрывом, а легковоспламеняющиеся органические вещества при взаимодействии с  $\text{HClO}_3$  самовозгораются. Сильный окислитель — оксохлорид хрома. Такие горючие вещества, как сера, фосфор, аммиак, водород, спирты и др., в его присутствии самовозгораются.

Сильными газообразными окислителями являются  $\text{F}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{Br}_2$  и ряд их соединений.

Фтор вызывает самовозгорание всех органических веществ. При нагревании во фторе горят практически все металлы, песок, стеклянная вата, асбест,

бетон. В среде фтора самовозгораются бром, йод, сера, теллур, фосфор, мышьяк, сурьма, щелочные и щелочно-земельные металлы и др. Сильным окислителем являются и соединения фтора — дифторид кислорода  $\text{OF}_2$ , трифторид хлора  $\text{ClF}_3$ , триоксофторид хлора  $\text{ClO}_3\text{F}$ .

В атмосфере хлора горят многие органические вещества, металлы и др. При взаимодействии хлора с органическими жидкостями выделение большого количества тепла способствует испарению жидкости и образованию взрывоопасных смесей. Жидкий хлор более опасен, чем газообразный. Сильный окислитель также и диоксид хлора  $\text{ClO}_2$ .

Бром уступает по активности фтору и хлору. Пары брома вызывают самовозгорание некоторых органических веществ.

Твердые неорганические окислители, например перхлораты, хлораты, нитраты, перманганаты, дихроматы, хроматы и др., при нагревании выделяют газообразные горючие вещества или негорючие, но токсичные.

Сильные окислители — гипохлориды натрия, калия, кальция. Разложение гипохлорида калия сопровождается выделением кислорода, взаимодействие гипохлоридов с соляной кислотой сопровождается выделением хлора.

Нитрат аммония при взаимодействии с оксидами металлов выделяет аммиак, воду и нитрат металла. Примеси увеличивают скорость распада при нагревании нитрата аммония в несколько раз, а примеси хлоридов придают ему взрывчатые свойства. Примеси масла (около 1,8 мас.%) увеличивают скорость горения и переводят его во взрыв.

К окислителям относятся и нитраты металлов. Смеси нитратов с горючими веществами при ударе, трении, небольшом нагреве взрываются.

Хлораты аммония и щелочные металлы при нагревании выделяют кислород. Хлораты, разлагающиеся с выделением тепла, обладают взрывчатыми свойствами. Смеси хлоратов с легковоспламеняющимися горючими веществами (серой, красным фосфором, цианидами, древесным углем, крахмалом и др.) взрываются при нагреве и механическом воздействии. Перхлораты щелочных и щелочно-земельных металлов — сильные окислители, некоторые из них при разложении выделяют помимо кислорода хлор и диоксид металла, перхлорат аммония выделяет хлорид водорода, воду, азот и кислород. Смеси перхлоратов с горючими веществами чувствительны к удару и трению.

Перманганаты при нагревании разлагаются, выделяя кислород, они вызывают самовозгорание жидких гликолей и глицеридов. Взаимодействие перманганатов металлов с серной кислотой ведет к образованию оксида марганца, который уже при незначительном нагревании разлагается со взрывом. Оксид марганца семивалентного способен вызывать самовозгорание многих горючих веществ. Смеси перманганатов металлов с твердыми горючими веществами чувствительны к удару и трению.

Сильным окислителем являются хроматы, дихроматы, триоксид хрома. Так, при контакте с триоксидом хрома самовозгораются многие органические соединения.

Пероксиды и надпероксиды — сильные окислители. Для них характерно образование пероксида водорода с разбавленными растворами кислот, выделе-

ние кислорода при действии воды и при термическом разложении. С горючими веществами они образуют пожаро- и взрывоопасные смеси. При совместном присутствии пероксида и воды самовозгораются древесные опилки, древесный уголь, вата, бумага, парафин, сера, порошки алюминия и магния, органическое стекло, полистирол и другие вещества.

Многие органические пероксидные соединения нестабильны, способны к взрывчатому разложению при нагревании, механических воздействиях, воспламеняются от искры, пламени спички. Некоторые органические пероксиды при действии сильных кислот, щелочей разлагаются со взрывом. Являясь сильными окислителями, они в присутствии других горючих веществ образуют пожаро- и взрывоопасные смеси.

Для предотвращения образования в горючей среде источников зажигания необходимо ликвидировать условия самовозгорания обращающихся материалов.

### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Что такое горение, взрыв, детонация?
2. Что такое группа горючести вещества и где применяются результаты оценки группы горючести?
3. Назовите основные группы горючести веществ. Дайте им определения.
4. Какие параметры характеризуют пожарную опасность жидкостей.
5. Как классифицируются жидкости по пожарной опасности.
6. Что является поражающими факторами пожаров и взрывов?
7. Охарактеризуйте пожарную опасность аэрогелей и аэрозолей.
8. Назовите параметры пожарной опасности газов и твердых тел.
9. Охарактеризуйте механизмы самовозгорания веществ.
10. Приведите примеры химического самовозгорания.

## Глава 18

# СИСТЕМЫ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ. ПОЖАРНАЯ ПРОФИЛАКТИКА

### 18.1.

## КЛАССИФИКАЦИЯ ПОЖАРОВ. ОПАСНЫЕ ФАКТОРЫ ПОЖАРА

Цели классификации пожаров и опасных факторов пожара следующие: использование для обозначения области применения средств пожаротушения; определение состава сил и средств подразделений пожарной охраны и других служб, необходимых для тушения пожаров и при обосновании мер пожарной безопасности, необходимых для защиты людей и имущества при пожаре.

Согласно ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» и ГОСТ 27331-87 (статус на 2017 г.), классификация пожаров осуществляется в зависимости от вида горящих веществ и материалов (табл. 18.1).

Таблица 18.1

### Классы и подклассы пожаров

Класс пожара	Характеристика класса	Подкласс	Характеристика подкласса
А	Горение твердых веществ	А1	Горение, сопровождаемое тлением (дерево, бумага, солома, уголь, текстильные изделия)
		А2	Горение, не сопровождаемое тлением (пластмасса)
В	Горение жидких веществ	В1	Горение жидкостей, нерастворимых в воде (бензин, эфир, нефтяное топливо) и сжижаемых твердых веществ (парафин)
		В2	Горение жидкостей, растворимых в воде (спирты, метанол, глицерин)
С	Горение газообразных веществ (бытовой газ, водород, пропан)		

Класс пожара	Характеристика класса	Подкласс	Характеристика подкласса
D	Горение металлов	D1	Горение легких металлов за исключением щелочных (Al, Mg и их сплавы)
		D2	Горение щелочных металлов (натрий, калий)
		D3	Горение металлосодержащих соединений (металлоорганические соединения, гидриды металлов)
E	Пожары на электроустановках, находящихся под напряжением		

Пожары по своим масштабам и интенсивности подразделяются на виды.

*Отдельный пожар* — это пожар, возникший в отдельном здании или сооружении. Продвижение людей и техники по застроенной территории между отдельными пожарами возможно без средств защиты от теплового излучения.

*Сплошной пожар* — одновременное интенсивное горение преобладающего количества зданий и сооружений на данном участке застройки. Продвижение людей и техники через участок сплошного пожара невозможно без средств защиты от теплового излучения.

*Огневой шторм* — это особая форма распространяющегося сплошного пожара, характерными признаками которого являются наличие восходящего потока продуктов сгорания и нагретого воздуха, а также приток свежего воздуха со всех сторон со скоростью не менее 50 км/ч по направлению к границам огневого шторма.

*Массовый пожар* представляет собой совокупность отдельных и сплошных пожаров.

Пожары характеризуются рядом параметров: продолжительностью — временем с момента его возникновения до полного прекращения горения; площадью — проекции зоны горения на горизонтальную или вертикальную плоскость; зоной горения — частью пространства, в котором происходит подготовка горючих веществ к горению (подогрев, испарение, разложение) и их горение; зоной теплового воздействия — частью пространства, примыкающего к зоне горения, в котором тепловое воздействие приводит к заметному изменению состояния материалов и конструкций и делает невозможным пребывание в нем людей без специальной тепловой защиты (теплозащитных костюмов, отражательных экранов, водяных завес и т. п.); зоной задымления — частью пространства, примыкающего к зоне горения и заполненного дымовыми газами в концентрациях, создающих угрозу жизни и здоровью людей или затрудняющих действия пожарных подразделений.

Динамика распространения пожара определяется его параметрами.

*Распространение пожара* — процесс распространения зоны горения по поверхности материалов за счет теплопроводности, тепловой радиации и кон-

векции. Основную роль в распространении пожара играет тепловая радиация пламени. Тепло в окружающую среду передается за счет теплопроводности, конвекции и излучения. Пожар в основном движется в сторону своего фронта. *Фронт сплошного пожара* — это граница сплошного пожара, по которой огонь распространяется с наибольшей скоростью.

Для характеристики пожара используют следующие температурные параметры:

- *температура внутреннего пожара* — среднеобъемная температура газовой среды в помещении;

- *температура открытого пожара* — температура пламени.

Процесс развития пожара можно разделить на три фазы.

В *первой фазе* происходит распространение горения, когда огонь охватывает не менее 80% горючих материалов.

Во *второй фазе* после достижения максимальной скорости выгорания материалов пожар сопровождается активным пламенным горением с постоянной скоростью потери массы.

В *третьей фазе* скорость выгорания резко падает и происходит догорание тлеющих материалов и конструкций.

**Опасные факторы пожара**, воздействующие на людей и материальные ценности: пламя и искры, тепловой поток, повышенная температура окружающей среды, повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения, дым, пониженная концентрация кислорода, снижение видимости в дыму.

К вторичным проявлениям опасных факторов относятся: осколки, части разрушившихся зданий, сооружений, транспортных средств, технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества; радиоактивные и токсичные вещества и материалы, вышедшие в окружающую среду из разрушенных технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества; вынос высокого напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества; опасные факторы взрыва, произошедшего вследствие пожара; воздействие огнетушащих веществ.

**Опасные факторы взрыва:** давление на фронте ударной волны, максимальное давление и температура взрыва, скорость нарастания давления при взрыве, дробящие и фугасные свойства взрывоопасной среды. Общее действие взрыва проявляется в разрушении оборудования или помещения, вызываемом ударной волной, а также в выделении вредных веществ (продуктов взрыва или содержащихся в оборудовании).

**Влияние продуктов горения на человека.** В условиях развития пожара человек может подвергнуться смертельной опасности по причинам теплового воздействия на организм, образования монооксида углерода и других токсичных газов, а также недостатка кислорода.

Непосредственное термическое воздействие на живой организм при пожаре возможно только в том случае, когда человек, будучи в полном сознании, не имеет возможности защитить себя или не в состоянии принять какие-либо



меры, поскольку находится без сознания. Повреждения, причиняемые телу тепловым излучением, зависят от температуры воздействия: нагрев до 60°C — покраснение кожи, до 70°C — образование пузырей, до 100°C — деструкция кожи с частичным сохранением папиллярных линий, свыше 100°C — ожог мышц. О характере действия теплового излучения на человеческий организм можно судить по следующим данным: при лучистом тепловом потоке интенсивностью 6,4 кВт/м<sup>2</sup> наблюдается боль спустя 8 с после воздействия на кожу; 10,4 кВт/м<sup>2</sup> — боль наблюдается через 3 с; 16,6 кВт/м<sup>2</sup> — появляются волдыри на коже спустя 5 с после начала воздействия.

При неполном сгорании органических веществ и материалов (часто наблюдается в закрытых помещениях) образуется при недостатке кислорода воздуха монооксид углерода. Количество абсорбированного в крови монооксида углерода в виде карбоксигемоглобина зависит в первую очередь от концентрации СО в воздухе. Для большинства людей смерть от СО достигается при 60%-ной концентрации карбоксигемоглобина в крови. При 0,2% СО в воздухе требуется 12–35 мин в обстановке пожара для образования 50%-ного карбоксигемоглобина. В этих условиях человек начинает задыхаться, не в состоянии координировать свои движения и теряет сознание. При 1% СО требуется всего 2,5–7 мин, чтобы достигнуть той же концентрации карбоксигемоглобина, а при экспозиции в 5%-ной концентрации СО требуется всего 0,5–1,5 мин.

Неполное горение способствует образованию, наряду с монооксидом углерода, различных токсических и раздражающих газов. Доминирующими по токсичности считаются пары синильной кислоты, образующейся при разложении многих полимеров. Примером их являются полиуретаны, присутствующие во многих покрытиях, красках, лаках, жесткий пенополиуретан, употребляемый в качестве изоляции потолков и стен. Другие материалы, содержащие азот в их молекулярной структуре (например, мочевины, меламин, акрилонитрильные полимеры), также образуют при разложении и горении цианистый водород и диоксид азота. Наличие в воздухе цианистого водорода HCN в количестве 0,01 мас.% приводит к смерти за несколько десятков минут. Тот же эффект вызывает содержание HCl в воздухе в количестве 0,05 мас.%.

Другие токсичные газы, такие как окись и закись азота, также образуются при горении азотсодержащих полимеров. Хлорсодержащие полимеры, преимущественно поливинилхлорид, образуют хлористый водород — очень токсичный газ, который в контакте с водой, так же как хлор, в виде соляной кислоты вызывает сильную коррозию металлических элементов.

Полимеры, содержащие серу — сульфоновые полиэфиры и вулканизированный каучук, — образуют диоксид серы, сероводород, карбонил сульфида. Карбонил сульфида значительно токсичнее СО. Полистиролы, часто используемые в качестве упаковочных материалов, в световой рассеивающей арматуре и другие, образуют при разложении и горении мономер стирола, также являющийся токсичным продуктом.

Все полимеры и нефтепродукты при развившемся горении могут образовывать альдегиды (формальдегид, акролеин), оказывающие сильное раздражающее воздействие на дыхательную систему живого организма.

Снижение концентрации кислорода в атмосфере ниже 15 об.% затрудняет газообмен в легочных альвеолах вплоть до полного прекращения. При уменьшении содержания кислорода до 15–21 об.% ослабляется мускульная деятельность (наступает кислородное голодание). При концентрациях до 10–14 об.% еще сохраняется сознание, но падает способность к ориентировке в обстановке, теряется рассудительность. Человек становится как бы сам не свой. Дальнейшее уменьшение концентрации до 6–10 об.% кислорода приводит к коллапсу (полному упадку сил), но с помощью свежего воздуха или кислорода это состояние может быть предотвращено.

Следует учитывать, что гибель людей на пожаре во многих случаях — результат действия не огня, а удушья. От интоксикации возникает примерно в три раза больше жертв, чем вследствие травм от огня и взрыва.

## 18.2. СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТА

В основе обеспечения пожарной безопасности объекта лежат организационные и организационно-технические мероприятия, разрабатываемые и проводимые в соответствии с требованиями действующего законодательства и нормативными актами: ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», ФЗ «О пожарной безопасности», стандартами, сводами правил, нормами и правилами пожарной безопасности, инструкциями и иными документами, содержащими требования пожарной безопасности.

**Система обеспечения пожарной безопасности** — совокупность сил и средств, а также мер правового, организационного, экономического, социального и научно-технического характера, направленных на профилактику пожаров, их тушение и проведение аварийно-спасательных работ. Каждый объект защиты должен иметь систему обеспечения пожарной безопасности. Цель создания системы обеспечения пожарной безопасности объекта защиты — предотвращение пожара, обеспечение безопасности людей и защита имущества при пожаре. В систему обеспечения пожарной безопасности объекта защиты входят система предотвращения пожара и система противопожарной защиты.

На предприятии должна составляться *декларация пожарной безопасности*, которая представляет форму оценки соответствия и содержит информацию о мерах пожарной безопасности, направленных на обеспечение на объекте защиты нормативного значения пожарного риска. Составной частью декларации пожарной безопасности является *оценка пожарного риска* на производственном объекте, т. е. мера возможности реализации пожарной опасности объекта защиты и ее последствий для людей и материальных ценностей.

**Декларация пожарной безопасности** должна предусматривать: анализ пожарной опасности производственного объекта; определение частоты реализации пожароопасных аварийных ситуаций на производственном объекте; по-

строение полей опасных факторов пожара для различных сценариев его развития; оценку последствий воздействия опасных факторов пожара на людей для различных сценариев его развития; вычисление пожарного риска.

В свою очередь, **анализ пожарной опасности производственных объектов** должен предусматривать анализ пожарной опасности технологической среды и параметров технологических процессов на производственном объекте; определение перечня пожароопасных аварийных ситуаций и параметров для каждого технологического процесса; определение перечня причин, возникновение которых позволяет характеризовать ситуацию как пожароопасную, для каждого технологического процесса; построение сценариев возникновения и развития пожаров, повлекших за собой гибель людей.

ГОСТ 12.1.004 устанавливает общие требования пожарной безопасности к объектам защиты различного назначения на всех стадиях цикла: исследование, разработка нормативных документов, конструирование, изготовление, строительство, выполнение услуг (работ), испытание, закупка и продажа продукции, хранение, транспортирование, установка, монтаж, наладка, техническое обслуживание, ремонт (реконструкция), эксплуатация (применение) и утилизация. Для объектов, не соответствующих действующим нормам, стандарт устанавливает требования к разработке проектов компенсирующих средств и систем обеспечения пожарной безопасности на стадиях строительства, реконструкции и эксплуатации объектов. Мероприятия направлены на обеспечение **пожарной безопасности объекта защиты**, т. е. на состояние объекта защиты, характеризующее возможность предотвращения возникновения и развития пожара, а также воздействия на людей и имущество опасных факторов пожара.

Пожарную безопасность объекта защиты обеспечивают система предотвращения пожара и система противопожарной защиты.

Основная задача **системы предотвращения пожара** заключается в *исключении условий возникновения пожара*. Исключение условий возникновения пожаров достигается контролем условий образования и состава горючей среды и/или исключением условий образования источников зажигания.

Целью создания **системы противопожарной защиты** является *защита людей и имущества* от воздействия опасных факторов пожара и/или ограничение его последствий. Защита людей и имущества от воздействия опасных факторов пожара и/или ограничение его последствий обеспечиваются снижением динамики нарастания опасных факторов пожара, эвакуацией людей и имущества в безопасную зону и/или тушением пожара. Системы противопожарной защиты должны обладать надежностью и устойчивостью к воздействию опасных факторов пожара в течение времени, необходимого для достижения целей обеспечения пожарной безопасности.

При разработке профилактических мероприятий предварительно изучается **противопожарное состояние объекта**, характеризующее число пожаров и ущербом от них, числом загораний, а также травм, отравлений и погибших людей, уровнем реализации требований пожарной безопасности, уровнем боеготовности пожарных подразделений и добровольных формирований, а также противопожарной агитации и пропаганды.

### 18.3.

## ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

На многих производственных предприятиях используются технологические процессы, таящие в себе риск возникновения пожаров в условиях аварийной ситуации. Поэтому большое внимание уделяется технологическому оборудованию. Разработка технологического оборудования и связанных с ним технологических процессов, разделение технологической схемы на отдельные технологические блоки, ее аппаратурное оформление, выбор типа отключающих устройств и мест их установки, средств контроля, управления и противоаварийной защиты должны обеспечивать с учетом элементов системы обеспечения пожарной безопасности не превышение значений допустимого пожарного риска для производственных объектов.

ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» устанавливает общие требования пожарной безопасности к технологическим процессам различного назначения всех отраслей экономики страны и предприятий любых форм собственности при их проектировании, строительстве, реконструкции, вводе, эксплуатации и прекращении эксплуатации, а также при разработке и изменении норм технологического проектирования и других нормативных документов, регулирующих мероприятия по обеспечению пожарной безопасности производственных объектов, при разработке технологических частей проектов, технологических регламентов. Пожарная опасность технологических процессов определяется на основе изучения:

- технологического регламента;
- технологической схемы производства продукции;
- показателей пожаровзрывоопасности веществ и материалов, используемых в технологическом процессе;
- конструктивных особенностей аппаратов, машин и агрегатов;
- схемы расположения в цехе, на участке или открытой площадке опасного оборудования.

На основе анализа документации разрабатывают систему мер по предотвращению пожара и противопожарной защите технологических процессов в соответствии с требованиями действующих нормативных документов. Для разработки мероприятий по обеспечению пожарной безопасности технологических процессов целесообразно рассмотреть все виды источников зажигания, которые могут встретиться в производственном процессе.

**Система предотвращения пожаров.** Исключение условий возникновения пожаров достигается исключением условий образования горючей среды и/или исключением условий образования в горючей среде (или внесения в нее) источников зажигания.

Исключение *условий образования горючей среды* должно обеспечиваться одним или несколькими из следующих способов:

- применение негорючих веществ и материалов;
- ограничение массы и/или объема горючих веществ и материалов;

- использование наиболее безопасных способов размещения горючих веществ и материалов, а также материалов, взаимодействие которых друг с другом приводит к образованию горючей среды;

- изоляция горючей среды от источников зажигания (применение изолированных отсеков, камер, кабин);

- поддержание безопасной концентрации в среде окислителя и/или горючих веществ;

- понижение концентрации окислителя в горючей среде в защищаемом объеме;

- поддержание температуры и давления среды, при которых распространение пламени исключается;

- механизация и автоматизация технологических процессов, связанных с обращением горючих веществ;

- установка пожароопасного оборудования в отдельных помещениях или на открытых площадках;

- применение устройств защиты производственного оборудования, исключающих выход горючих веществ в объем помещения, или устройств, исключающих образование в помещении горючей среды; удаление из помещений, технологического оборудования и коммуникаций пожароопасных отходов производства, отложений пыли, пуха.

*Предотвращение образования в горючей среде (или внесения в нее) источников зажигания:*

- применение электрооборудования, соответствующего классу пожаро- и/или взрывоопасной зоны, категории и группе взрывоопасной смеси;

- применение в конструкции быстродействующих средств защитного отключения электроустановок или других устройств, исключающих появление источников зажигания;

- применение оборудования и режимов проведения технологического процесса, исключающих образование статического электричества;

- устройство молниезащиты зданий, сооружений и оборудования;

- поддержание безопасной температуры нагрева веществ, материалов и поверхностей, которые контактируют с горючей средой;

- применение способов и устройств ограничения энергии искрового разряда в горючей среде до безопасных значений;

- применение искробезопасного инструмента при работе с легковоспламеняющимися жидкостями и горючими газами;

- ликвидация условий для теплового, химического и/или микробиологического самовозгорания обращающихся веществ, материалов и изделий;

- исключение контакта с воздухом пирофорных веществ;

- применение устройств, исключающих возможность распространения пламени из одного объема в смежный.

Безопасные значения параметров источников зажигания определяются условиями проведения технологического процесса на основании показателей пожарной опасности обращающихся в нем веществ и материалов.

**Системы противопожарной защиты.** Их целью является защита людей и имущества от воздействия опасных факторов пожара и/или ограничение его последствий. Эта защита обеспечивается снижением динамики нарастания опасных факторов пожара, эвакуацией людей и имущества в безопасную зону и/или тушением пожара. Защита людей и имущества от воздействия опасных факторов пожара и/или ограничение последствий их воздействия обеспечиваются одним или несколькими из следующих способов:

- применение объемно-планировочных решений и средств, обеспечивающих ограничение распространения пожара за пределы очага;
- устройство эвакуационных путей, удовлетворяющих требованиям безопасной эвакуации людей при пожаре;
- устройство систем обнаружения пожара (установок и систем пожарной сигнализации), оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре;
- применение систем коллективной защиты (в том числе противодымной) и средств индивидуальной защиты людей от воздействия опасных факторов пожара;
- применение основных строительных конструкций с пределами огнестойкости и классами пожарной опасности, соответствующими требуемым степени огнестойкости и классу конструктивной пожарной опасности зданий и сооружений, а также с ограничением пожарной опасности поверхностных слоев (отделок, облицовок и средств огнезащиты) строительных конструкций на путях эвакуации;
- применение огнезащитных составов (в том числе антипиренов и огнезащитных красок) и строительных материалов (облицовок) для повышения пределов огнестойкости строительных конструкций;
- устройство аварийного слива пожароопасных жидкостей и аварийного стравливания горючих газов из аппаратуры;
- устройство на технологическом оборудовании систем противовзрывной защиты;
- применение первичных средств пожаротушения;
- применение автоматических и автономных установок пожаротушения;
- организация деятельности подразделений пожарной охраны.

Каждое здание или сооружение должно иметь объемно-планировочное решение и конструктивное исполнение эвакуационных путей, обеспечивающие **безопасную эвакуацию** людей при пожаре. При невозможности безопасной эвакуации людей должна быть обеспечена их защита посредством применения систем коллективной защиты.

Для обеспечения безопасной эвакуации людей должны быть:

- установлены необходимое количество, размеры и соответствующее конструктивное исполнение эвакуационных путей и эвакуационных выходов;
- обеспечено беспрепятственное движение людей по эвакуационным путям и через эвакуационные выходы;
- организованы оповещение и управление движением людей по эвакуационным путям (в том числе с использованием световых указателей, звукового и речевого оповещения).

Безопасная эвакуация людей из зданий и сооружений при пожаре считается обеспеченной, если интервал времени от момента обнаружения пожара до завершения процесса эвакуации людей в безопасную зону не превышает необходимого времени эвакуации людей при пожаре.

Средства коллективной и индивидуальной защиты должны обеспечивать безопасность людей в течение всего времени действия опасных факторов пожара. Коллективную защиту следует обеспечивать с помощью пожаробезопасных зон и других конструктивных решений. Средства индивидуальной защиты следует применять также для пожарных, участвующих в тушении пожара. Система противодымной защиты объектов должна обеспечивать незадымление, снижение температуры и удаление продуктов горения и термического разложения на путях эвакуации в течение времени, достаточного для эвакуации людей, и/или коллективную защиту людей в соответствии с нормативными требованиями.

**Системы обнаружения пожара** (установки и системы пожарной сигнализации), оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре должны обеспечивать автоматическое обнаружение пожара за время, необходимое для включения систем оповещения о пожаре в целях организации безопасной (с учетом допустимого пожарного риска) эвакуации людей в условиях конкретного объекта. Они должны быть установлены на объектах, где воздействие опасных факторов пожара может привести к травматизму и/или гибели людей. Перечень объектов, подлежащих оснащению указанными системами, устанавливается нормативными документами по пожарной безопасности.

**Система противодымной защиты** здания, сооружения должна обеспечивать защиту людей на путях эвакуации и в безопасных зонах от воздействия опасных факторов пожара в течение времени, необходимого для эвакуации людей в безопасную зону, или всего времени развития и тушения пожара посредством удаления продуктов горения и термического разложения и/или предотвращения их распространения.

Система противодымной защиты должна предусматривать один или несколько из следующих способов защиты:

- использование объемно-планировочных решений зданий и сооружений для борьбы с задымлением при пожаре;
- использование конструктивных решений зданий и сооружений для борьбы с задымлением при пожаре;
- использование приточной противодымной вентиляции для создания избыточного давления воздуха в защищаемых помещениях, тамбур-шлюзах и на лестничных клетках;
- использование устройств и средств механической и естественной вытяжной противодымной вентиляции для удаления продуктов горения и термического разложения.

**Ограничение распространения пожара** за пределы очага должно обеспечиваться одним или несколькими из следующих способов:

- устройство противопожарных преград;
- устройство пожарных отсеков и секций, а также ограничение этажности зданий и сооружений;

- применение устройств аварийного отключения и переключение установок и коммуникаций при пожаре;
- применение средств, предотвращающих или ограничивающих разлив и растекание жидкостей при пожаре;
- применение огнепреграждающих устройств в оборудовании;
- применение установок пожаротушения.

На каждом объекте народного хозяйства должны быть обеспечены своевременное **оповещение людей и сигнализация** о пожаре в его начальной стадии техническими или организационными средствами.

В зданиях и сооружениях необходимо предусмотреть технические средства (лестничные клетки, противопожарные стены, лифты, наружные пожарные лестницы, аварийные люки и т. п.), имеющие устойчивость при пожаре и огнестойкость конструкций не менее времени, необходимого для спасения людей при пожаре и расчетного времени тушения пожара.

Для пожарной техники должны быть определены: быстродействие и интенсивность подачи огнетушащих веществ; допустимые огнетушащие вещества (в том числе с позиции требований экологии и совместимости с горящими веществами и материалами); источники и средства подачи огнетушащих веществ для пожаротушения; нормативный (расчетный) запас специальных огнетушащих веществ (порошковых, газовых, пенных, комбинированных); необходимая скорость наращивания, подачи огнетушащих веществ с помощью транспортных средств оперативных пожарных служб; требования к устойчивости от воздействия опасных факторов пожара и их вторичных проявлений; требования техники безопасности.

Основные виды, количество, размещение и обслуживание пожарной техники устанавливаются по ГОСТ 12.4.009. Применяемая пожарная техника должна обеспечивать эффективное тушение пожара (загорания), быть безопасной для природы и людей.

## **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Какова цель классификации пожаров?
2. Каковы опасные факторы пожара и взрыва?
3. Как продукты горения влияют на поражение человека при пожаре?
4. Охарактеризуйте систему обеспечения пожарной безопасности.
5. Что такое пожарный риск?
6. Необходимость составления декларации пожарной безопасности.
7. Как устанавливается пожарная опасность технологических процессов?
8. Перечислите исключения условий образования горючей среды.
9. Какова цель системы противопожарной защиты?
10. Охарактеризуйте безопасную эвакуацию людей при пожаре.
11. Каковы способы системы противодымной защиты?
12. Каким образом обеспечивается ограничение распространения пожара?



## Глава 19

# ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

### 19.1.

## КАТЕГОРИРОВАНИЕ ПОМЕЩЕНИЙ И ЗДАНИЙ ПО ВЗРЫВОПОЖАРНОЙ И ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ

На стадии проектирования и строительства химических предприятий должны быть разработаны меры, обеспечивающие пожарную безопасность возводимых объектов экономики. Например, устойчивость зданий при пожаре, ограничение площади развития пожара, предотвращение его распространения в здании и на территории, использование соответствующего инженерного оборудования, исключающего источники возникновения пожара и препятствующего его распространению, наличие эвакуационных выходов с целью быстрой эвакуации персонала при пожаре.

В каждом конкретном случае все требования пожарной безопасности определяются на основе оценки категории помещений и зданий производственного и складского назначения по взрывопожарной и пожарной опасности с целью предотвращения возможности возникновения пожара и обеспечения противопожарной защиты людей и имущества в случае возникновения пожара.

*Указанные категории помещений и зданий определяются в соответствии с СП 12.13130.2009.*

Категории помещений и зданий определяются исходя из вида находящихся в помещениях горючих веществ и материалов, их количества и пожароопасных свойств, а также исходя из объемно-планировочных решений помещений и характеристик проводимых в них технологических процессов.

Допускается использование показателей пожарной опасности для смесей веществ и материалов по наиболее опасному компоненту.

По взрывопожарной и пожарной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В1–В4, Г и Д, а здания — на категории А, Б, В, Г и Д.

По пожарной опасности наружные установки подразделяются на категории АН, БН, ВН, ГН и ДН.

**Категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности принимаются в соответствии с таблицей 19.1.**

Таблица 19.1

**Категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности**


Таблица 19.2

**Классификация помещений по пожарной опасности  
в зависимости от удельной пожарной нагрузки**

<b>Категория помещения</b>	<b>Удельная пожарная нагрузка <math>g</math> на участке, МДж/м<sup>2</sup></b>
В1	Более 2200
В2	1401–2200
В3	181–1400
В4	1–180

Определение категорий помещений следует осуществлять путем последовательной проверки принадлежности помещения к категориям, приведенным в таблице 19.1, от высшей (А) к низшей (Д).

Определение категорий помещений В1–В4 осуществляют путем сравнения максимального значения удельной временной пожарной нагрузки (далее — пожарная нагрузка) на любом из участков с величиной удельной пожарной нагрузки, приведенной в таблице 19.2.

Пожарная нагрузка включает в себя различные сочетания легковоспламеняющихся, горючих, трудногорючих жидкостей, твердых горючих и трудногорючих веществ и материалов в пределах пожароопасного участка. Пожарная нагрузка  $Q$ , МДж, определяется по формуле

$$Q = \sum_{i=1}^n G_i Q_{ni}^p,$$

где  $G_i$  — количество  $i$ -го материала пожарной нагрузки, кг;  $Q_{ni}^p$  — низшая теплота сгорания  $i$ -го материала пожарной нагрузки, МДж/кг.

Удельная пожарная нагрузка  $g$ , МДж/м<sup>2</sup>, определяется из соотношения

$$g = Q/S,$$

где  $S$  — площадь размещения пожарной нагрузки, м<sup>2</sup> (но не менее 10 м<sup>2</sup>).

Избыточное давление взрыва  $\Delta P$  для индивидуальных горючих веществ, состоящих из атомов С, Н, О, N, Cl, Br, I и F, определяется по формуле

$$\Delta P = (P_{\max} - P_0) \frac{mZ}{V_{\text{св}} \rho_{\text{гп}}} \frac{100}{C_{\text{ст}}} \frac{1}{K_{\text{н}}},$$

где  $P_{\max}$  — максимальное давление, развиваемое при сгорании стехиометрической газозооушной или парозооушной смеси в замкнутом объеме, определяемое экспериментально или по справочным данным. При отсутствии данных допускается принимать  $P_{\max}$  равным 900 кПа;  $P_0$  — начальное давление, кПа (допускается принимать равным 101 кПа);  $m$  — масса горючего газа или паров легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, вышедших в результате расчетной аварии в помещение, кг;  $Z$  — коэффициент участия горючего во взрыве;  $V_{\text{св}}$  — свободный объем помещения, м<sup>3</sup>;  $\rho_{\text{гп}}$  — плотность газа или пара при расчетной температуре  $t_p$ , кг/м<sup>3</sup>;  $C_{\text{ст}}$  — концентрация горючего газа или паров ЛВЖ и ГЖ, об.%;  $K_{\text{н}}$  — коэффициент, учитывающий негерметичность помещения и неадиабатичность процесса горения. Допускается принимать  $K_{\text{н}} = 3$ .

Масса горючего газа  $m$ , кг, поступившего в помещение при расчетной аварии, определяется по формуле

$$m = (V_{\text{а}} + V_{\text{т}}) \rho_{\text{г}},$$

где  $V_{\text{а}}$  — объем газа, вышедшего из аппарата, м<sup>3</sup>;  $V_{\text{т}}$  — объем газа, вышедшего из трубопроводов, м<sup>3</sup>.

Масса паров жидкости  $m$ , поступивших в помещение при наличии нескольких источников испарения, определяется из выражения

$$m = m_p + m_{\text{емк}} + m_{\text{св.окр}},$$

где  $m_p$  — масса жидкости, испарившейся с поверхности разлива, кг;  $m_{\text{емк}}$  — масса жидкости, испарившейся с поверхностей открытых емкостей, кг;  $m_{\text{св.окр}}$  — масса жидкости, испарившейся с поверхностей, на которые нанесен применяемый состав, кг.

Расчет  $\Delta P$  для индивидуальных веществ (кроме упомянутых выше), а также для смесей и пылей может быть выполнен по формуле

$$\Delta P = \frac{m H_T P_0 Z}{V_{\text{св}} \rho_{\text{в}} C_p T_0 K_H} \frac{1}{K_H},$$

где  $H_T$  — теплота сгорания, Дж/кг;  $T_0$  — начальная температура воздуха, К;  $\rho_{\text{в}}$  — плотность воздуха до взрыва при температуре  $T_0$ , кг·м<sup>-3</sup>;  $C_p$  — теплоемкость воздуха, Дж·кг<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup> (допускается принимать равной  $1,01 \cdot 10^3$  Дж·кг<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>).

Расчетная масса взвешенной в объеме помещения пыли  $m$ , кг, образовавшейся в результате аварийной ситуации, определяется по формуле

$$m = m_{\text{вз}} + m_{\text{ав}},$$

где  $m_{\text{вз}}$  — расчетная масса взвихрившейся пыли, кг;  $m_{\text{ав}}$  — расчетная масса пыли, поступившей в помещение в результате аварийной ситуации, кг.

Расчетное избыточное давление  $\Delta P$  для гибридных смесей, содержащих горючие газы (пары) и пыли, определяется по формуле

$$\Delta P = \Delta P_1 + \Delta P_2,$$

где  $\Delta P_1$  — избыточное давление, вычисленное для горючего газа (пара);  $\Delta P_2$  — избыточное давление, вычисленное для горючей пыли.

Расчётное избыточное давление взрыва  $\Delta P$  для веществ и материалов, способных взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом, определяется так же, как и для горючей пыли, полагая  $Z = 1$  и принимая в качестве величины  $H_T$  энергию, выделяющуюся при взаимодействии (с учетом сгорания продуктов взаимодействия до конечных соединений) или полученную экспериментально в натурных испытаниях. Если определить величину  $\Delta P$  не представляется возможным, следует принимать ее превышающей 5 кПа.

**Категории наружных установок по пожарной опасности** принимаются в соответствии с таблицей 19.3.

Определение категорий наружных установок следует осуществлять путем последовательной проверки их принадлежности к категориям, приведенным в таблице 19.3, от наиболее опасной (АН) к наименее опасной (ДН).

**Категорирование наружных установок по пожарной опасности**

<b>Категория наружной установки</b>	<b>Критерии отнесения наружной установки к той или иной категории по пожарной опасности</b>
<b>АН — повышенная взрывопожаро-опасность</b>	Установка относится к категории АН, если в ней присутствуют (хранятся, перерабатываются, транспортируются) горючие газы; легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28°C; 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>БН — взрывопожаро-опасность</b>	Установка относится к категории БН, если в ней присутствуют (хранятся, перерабатываются, транспортируются) горючие пыли и/или волокна; легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки более 28°C; 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>ВН — пожаро-опасность</b>	Установка относится к категории ВН, если в ней присутствуют (хранятся, перерабатываются, транспортируются) горючие и/или трудногорючие жидкости; твердые горючие и/или трудногорючие вещества и/или материалы (в том числе пыли и/или волокна); вещества и/или материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха и/или друг с другом гореть; не реализуются критерии, позволяющие отнести установку к категориям АН или БН, 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
<b>ГН — умеренная пожаро-опасность</b>	Установка относится к категории ГН, 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
<b>ДН — пониженная пожаро-опасность</b>	Установка относится к категории ДН, 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 АН, БН, ВН или ГН

**Категории зданий по взрывопожарной и пожарной опасности** определяют исходя из доли и суммированной площади помещений той или иной категории опасности в этом здании.

Здание относится к категории А, если в нем суммарная площадь помещений категории А превышает 5% площади всех помещений или 200 м<sup>2</sup>.

Допускается не относить здание к категории А, если суммарная площадь помещений категории А в здании не превышает 25% суммарной площади всех размещенных в нем помещений (но не более 1000 м<sup>2</sup>) и эти помещения оборудуются установками автоматического пожаротушения.

Здание относится к категории Б, если одновременно выполнены два условия: здание не относится к категории А; суммарная площадь помещений категорий А и Б превышает 5% суммарной площади всех помещений или 200 м<sup>2</sup>.

Допускается не относить здание к категории Б, если суммарная площадь помещений категорий А и Б в здании не превышает 25% суммарной площади всех размещенных в нем помещений (но не более 1000 м<sup>2</sup>) и эти помещения оборудуются установками автоматического пожаротушения.

Здание относится к категории В, если одновременно выполнены два условия: здание не относится к категориям А или Б; суммарная площадь помещений категорий А, Б, В1, В2 и В3 превышает 5% (10%, если в здании отсутствуют помещения категорий А и Б) суммарной площади всех помещений.

Допускается не относить здание к категории В, если суммарная площадь помещений категорий А, Б, В1, В2 и В3 в здании не превышает 25% суммарной площади всех размещенных в нем помещений (но не более 3500 м<sup>2</sup>) и эти помещения оборудуются установками автоматического пожаротушения.

Здание относится к категории Г, если одновременно выполнены два условия: здание не относится к категориям А, Б или В; суммарная площадь помещений категорий А, Б, В1, В2, В3 и Г превышает 5% суммарной площади всех помещений.

Допускается не относить здание к категории Г, если суммарная площадь помещений категорий А, Б, В1, В2, В3 и Г в здании не превышает 25% суммарной площади всех размещенных в нем помещений (но не более 5000 м<sup>2</sup>) и помещения категорий А, Б, В1, В2, В3 оборудуются установками автоматического пожаротушения.

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

## 19.2. ПОЖАРНАЯ ОПАСНОСТЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ОГНЕСТОЙКОСТЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Пожарно-техническая классификация строительных материалов, конструкций, помещений, зданий, элементов и частей зданий основывается на их разделении по свойствам, способствующим возникновению опасных факторов пожара и его развитию, — **пожарной опасности**, и по свойствам сопротивляемости воздействию пожара и распространению его опасных факторов — **огнестойкости**.

Пожарно-техническая классификация, изложенная в СП 112.13330.2011 (СНиП 21-01-97\*), предназначена для установления необходимых требований по противопожарной защите конструкций, помещений, зданий, элементов и частей зданий в зависимости от их огнестойкости и/или пожарной опасности.

Строительные материалы характеризуются только пожарной опасностью.

Пожарная опасность строительных материалов определяется следующими пожарно-техническими характеристиками: горючестью, воспламеняемостью, распространением пламени по поверхности, дымообразующей способностью и токсичностью продуктов горения.

Горючесть и группы строительных материалов по горючести устанавливают по ГОСТ 30244.

Строительные материалы подразделяются на негорючие (НГ) и горючие (Г). Горючие строительные материалы подразделяются на четыре группы: Г1 — слабогорючие, Г2 — умеренногорючие, Г3 — нормальногорючие, Г4 — сильногорючие.

Для негорючих строительных материалов другие показатели пожарной опасности не определяются и не нормируются.

Горючие строительные материалы *по воспламеняемости*, согласно ГОСТ 30402, подразделяются на три группы: В1 — трудновоспламеняемые, В2 — умеренновоспламеняемые, В3 — легковоспламеняемые.

Группы строительных материалов по распространению пламени устанавливают для поверхностных слоев кровли и полов, в том числе ковровых покрытий, по ГОСТ 30444 (ГОСТ Р 51032-97).

Горючие строительные материалы *по распространению пламени* по поверхности подразделяются на четыре группы: РП1 — нераспространяющие, РП2 — слабораспространяющие, РП3 — умереннораспространяющие, РП4 — сильнораспространяющие.

Для других строительных материалов группа распространения пламени по поверхности не определяется и не нормируется.

Горючие строительные материалы по дымообразующей способности подразделяются на три группы (ГОСТ 12.1.044-89): Д1 — с малой дымообразующей способностью, Д2 — с умеренной дымообразующей способностью, Д3 — с высокой дымообразующей способностью.

Согласно ГОСТ 12.1.044-89, горючие строительные материалы *по токсичности продуктов горения* подразделяются на четыре группы: Т1 — малоопасные, Т2 — умеренно опасные, Т3 — высокоопасные, Т4 — чрезвычайно опасные.

Строительные конструкции характеризуются **огнестойкостью и пожарной опасностью**.

**Показателем огнестойкости** является предел огнестойкости, пожарную опасность конструкции характеризует класс ее пожарной опасности. Пределы огнестойкости строительных конструкций и их условные обозначения устанавливают по ГОСТ 30247.

**Предел огнестойкости** строительных конструкций устанавливается по времени (в минутах) наступления одного или последовательно нескольких,

нормируемых для данной конструкции, признаков предельных состояний, обозначаемых индексами R, E, J:

- потери несущей способности вследствие обрушения конструкции или возникновения предельных деформаций (R);
- потери целостности в результате образования в конструкциях сквозных трещин или отверстий, через которые на необогреваемую поверхность проникают продукты горения или пламя (E);
- потери теплоизолирующей способности вследствие повышения температуры на необогреваемой поверхности конструкции до предельных для данной конструкции значений (в среднем более чем на 180°C) (I).

Обозначение предела огнестойкости строительной конструкции состоит из условных обозначений нормируемых для данной конструкции предельных состояний и цифры, соответствующей времени достижения одного из этих состояний (первого по времени) в минутах. Например: R 120 — предел огнестойкости 120 мин — по потере несущей способности; RE 60 — предел огнестойкости 60 мин — по потере несущей способности и потере целостности, независимо от того, какое из двух предельных состояний наступит ранее; REI 30 — предел огнестойкости 30 мин — по потере несущей способности, целостности и теплоизолирующей способности, независимо от того, какое из трех предельных состояний наступит ранее.

Степень огнестойкости здания определяется огнестойкостью его конструкций в соответствии с СП 112.13330.2011. Существует пять степеней огнестойкости: I, II, III, IV и V (табл. 19.4).

Таблица 19.4

#### Степени огнестойкости зданий

Степень огнестойкости здания	Пределы огнестойкости строительных конструкций, не менее, мин				
	Несущие элементы здания	Наружные несущие стены	Перекрытия междуэтажные	Лестничные клетки	
				Внутренние площадки стен	Марши лестниц
I	R120	E30	REJ60	REJ120	R60
II	R90	E15	REJ45	REJ90	R60
III	R45	E15	REJ45	REJ60	R45
IV	R15	E15	REJ15	REJ45	R15
V	Не нормируется				

По пожарной опасности строительные конструкции подразделяются на четыре класса: КО — непожароопасные, К1 — малопожароопасные, К2 — умереннопожароопасные, К3 — пожароопасные. Класс конструктивной пожарной опасности здания определяется степенью участия строительных конструкций в развитии пожара и образовании его опасных факторов.



По функциональной пожарной опасности здания и помещения классифицируются на пять классов (Ф1, Ф2, Ф3, Ф4 и Ф5) в зависимости от способа их использования и от того, в какой мере безопасность людей в них в случае возникновения пожара находится под угрозой с учетом их возраста, физического состояния, сна или бодрствования, вида основного функционального континента, его количества.

К классу Ф1 относятся здания и помещения, связанные с постоянным проживанием и временным пребыванием людей.

К классу Ф2 относятся зрелищные и культурно-просветительские учреждения (основные помещения в этих зданиях характерны массовым пребыванием посетителей в определенные периоды времени).

К классу Ф3 относятся предприятия по обслуживанию населения.

К классу Ф4 относятся учебные заведения, научные и проектные организации, учреждения управления.

К классу Ф5 относятся производственные и складские здания, сооружения и помещения.

Производственные и складские помещения, в том числе лаборатории и мастерские в зданиях классов Ф1, Ф2, Ф3, Ф4, относятся к классу Ф5.

При пожаре огонь распространяется по зданию или сооружению.

Линейное распространение связано с изменением площади поверхности горения, именуемой площадью пожара. Линейная скорость распространения пожара зависит от ряда обстоятельств, не поддающихся точному учету. На нее оказывают влияние: скорость перемещения воздушных масс в помещении; род горючих веществ и состояние их поверхности; температура, до которой они нагреты, их положение в пространстве, степень дисперсности.

Объемное распространение пожара возможно как в пределах одного помещения, так и из помещения в помещение, в пределах одного здания и между зданиями. Основной причиной такого распространения пожара является передача тепла излучением, конвекцией и теплопроводностью.

### 19.3.

## **ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПОЖАРА И БЕЗОПАСНАЯ ЭВАКУАЦИЯ ЛЮДЕЙ**

**Противопожарные преграды** предназначены для предотвращения распространения пожара и продуктов горения из помещения или пожарного отсека с очагом пожара в другие помещения.

К противопожарным преградам по СП 112.13330.2011 относятся противопожарные стены, перегородки и перекрытия.

Противопожарные стены служат для деления объема здания на пожарные отсеки, площадь которых устанавливается противопожарными нормами. По размещению в здании противопожарные стены разделяют на внутренние и наружные, продольные и поперечные. Внутренние противопожарные стены предназначены для ограничения распространения пожара внутри здания, а на-

ружные — между зданиями. Поперечные противопожарные стены располагают в здании перпендикулярно его продольной оси, а продольные — параллельно. Противопожарная стена разделяет здание по всей его высоте, включая все конструкции и этажи.

Противопожарные перегородки представляют собой разновидность противопожарных стен и кроме того предназначены для разделения различных по пожарной опасности технологических процессов в производственных зданиях с целью исключения распространения вредностей и взрыво-, паро- или пылевоздушных смесей в смежные помещения. Противопожарные перегородки не заменяют противопожарных стен и устанавливаются независимо от других противопожарных преград в здании.

Противопожарные стены и перегородки устраивают из бетонных панелей, блоков, кирпича и других несгораемых материалов.

Противопожарные перекрытия выполнены из несгораемых материалов, не имеющих проемов, через которые могут проникать продукты горения при пожаре, и обладают требуемым пределом огнестойкости. Их устраивают для исключения распространения пожара по вертикали здания и изоляции различных по пожарной опасности технологических процессов.

Противопожарные стены разделяют здание на пожарные отсеки.

Две противопожарные стены, установленные на расстоянии не менее 12 м друг от друга, образуют противопожарную зону. Зона служит надежной противопожарной преградой и опорной базой для пожарных подразделений, через нее эвакуируют людей в случае пожара.

При проектировании противопожарных зон необходимо исключить возможность возникновения пожара в них самих. Поэтому в зонах не размещают процессы, связанные с хранением или обращением горючих газов, жидкостей и материалов, исключают возможность загазованности и задымления их во время пожара.

При проектировании любых противопожарных преград следует помнить, что их эффективность может быть сведена к нулю при наличии в преградах отверстий и проемов. При этом величина отверстий и проемов подчас не имеет существенного значения. Наиболее простой путь ликвидации отверстий (швов, щелей, трещин и др.) — это заделка их строительным раствором.

Здания и сооружения любого назначения проектируют с обязательным учетом противопожарных требований. Это особенно важно в отношении производств химической и смежных отраслей промышленности, характеризующихся, как правило, высокой пожарной и взрывопожарной опасностью.

В зданиях должны быть предусмотрены конструктивные, объемно-планировочные и инженерно-технические решения, обеспечивающие в случае пожара:

- возможность эвакуации людей независимо от их возраста и физического состояния наружу на прилегающую к зданию территорию (далее — наружу) до наступления угрозы их жизни и здоровью вследствие воздействия опасных факторов пожара;

- возможность спасения людей;

- возможность доступа личного состава пожарных подразделений и подачи средств пожаротушения к очагу пожара, а также проведения мероприятий по спасению людей и материальных ценностей;

- нераспространение пожара на рядом расположенные здания, в том числе при обрушении горящего здания;

- ограничение прямого и косвенного материального ущерба, включая содержимое здания и само здание, при экономически обоснованном соотношении величины ущерба и расходов на противопожарные мероприятия, пожарную охрану и ее техническое оснащение.

Предотвращение распространения пожара достигается мероприятиями, ограничивающими площадь, интенсивность и продолжительность горения. К ним относятся: конструктивные и объемно-планировочные решения, препятствующие распространению опасных факторов пожара по помещению, между помещениями, между группами помещений различной функциональной пожарной опасности, между этажами и секциями, между пожарными отсеками, а также между зданиями; ограничение пожарной опасности строительных материалов, используемых в поверхностных слоях конструкций здания, в том числе кровель, отделок и облицовок фасадов, помещений и путей эвакуации; снижение технологической взрывопожарной и пожарной опасности помещений и зданий; наличие первичных, в том числе автоматических и привозных средств пожаротушения; сигнализация и оповещение о пожаре.

Части зданий и помещения различных классов функциональной пожарной опасности должны быть разделены между собой ограждающими конструкциями с нормируемыми пределами огнестойкости и классами конструктивной пожарной опасности или противопожарными преградами. При этом требования к таким ограждающим конструкциям и типам противопожарных преград устанавливаются с учетом функциональной пожарной опасности помещений, величины пожарной нагрузки, степени огнестойкости и класса конструктивной пожарной опасности здания.

Степень огнестойкости зданий, допустимое число этажей и площадь этажа здания в пределах пожарного отсека следует принимать в соответствии с рекомендациями СНиП 31-03-2001 (табл. 19.5).

При размещении в одном здании или помещении технологических процессов с различной взрывопожарной и пожарной опасностью следует предусматривать мероприятия по предупреждению взрыва и распространения пожара. Эффективность этих мероприятий должна быть обоснована в технологической части проекта согласно 7.3 СП 112.13330.2011. Если указанные мероприятия являются недостаточно эффективными, то технологические процессы с различной взрывопожарной и пожарной опасностью следует размещать в отдельных помещениях; при этом помещения разных категорий А, Б, В1, В2, В3 следует отделять одно от другого, а также эти помещения от помещений категорий В4, Г и Д и коридоров противопожарными перегородками и противопожарными перекрытиями.

В помещениях категорий А и Б следует предусматривать наружные легкосбрасываемые ограждающие конструкции.

Таблица 19.5

**Степень огнестойкости зданий, допустимое число этажей  
и площадь этажа здания в пределах пожарного отсека**

Категория зданий или пожарных отсеков	Высота здания, м	Степень огнестойкости зданий	Класс конструктивной пожарной опасности зданий	Площадь этажа в пределах пожарного отсека здания, м <sup>2</sup>		
А, Б	36	I	CO	Не огр.	5200	3500
	36	II	CO	Не огр.	5200	3500
	24	II	CO	7800	3500	2600
	—	IV	CO	3500	—	—
	36	II	CO	Не огр.	10 400	7800
	24	III	CO	7800	3500	2600
	—	IV	CO	3500	—	—
	48	I, II	CO	Не огр.	25 000	10 400
	24	III	CO	25 000	10 400	5200
	18	IV	CO, C1	25 000	10 400	—
	18	IV	C2, C3	2600	2000	—
	12	V	Не норм.	1200	—	—
	54	I, II	CO	Не ограничивается		
	36	III	CO	Не огр.	25 000	10 400
	30	III	C1	Не огр.	10 400	7800
	24	IV	CO	Не огр.	10 400	5200
	18	IV	C1	6500	5200	—
	54	I, II	CO	Не ограничивается		
	36	III	CO	Не огр.	50 000	15 000
	30	III	C1	Не огр.	25 000	10 400
	24	IV	CO, C1	Не огр.	25 000	7800
	18	IV	C2, C3	10 400	7800	—
	12	V	Не норм.	2600	1500	—

В качестве легкобрасываемых конструкций следует, как правило, использовать остекление окон и фонарей. При недостаточной площади остекления допускается в качестве легкобрасываемых конструкций использовать конструкции покрытий из стальных, алюминиевых и асбестоцементных листов и эффективного утеплителя. Площадь легкобрасываемых конструкций следует определять расчетом. При отсутствии расчетных данных площадь легкобрасываемых конструкций должна составлять не менее  $0,05 \text{ м}^2$  на  $1 \text{ м}^3$  объема помещения категории А и не менее  $0,03 \text{ м}^2$  — помещения категории Б.

Оконное стекло относится к легкобрасываемым конструкциям при толщине 3, 4 и 5 мм и площади не менее (соответственно) 0,8; 1 и  $1,5 \text{ м}^2$ . Армированное стекло к легкобрасываемым конструкциям не относится.

Не допускается размещать помещения категорий А и Б под помещениями, предназначенными для одновременного пребывания более 50 человек, а также в подвальных и цокольных этажах.

При проектировании и строительстве промышленных и иных зданий должны предусматриваться **эвакуационные пути и выходы** на случай возникновения в здании пожара или аварии.

Двигаясь от источника опасности к безопасному месту, человек переходит из помещения в помещение через дверные проемы, коридоры, проходы и лестницы к наружному выходу. Эти пути и выходы, если они удовлетворяют определенным требованиям, именуются эвакуационными.

Требования безопасности в здании при возникновении пожара направлены на:

- своевременную и беспрепятственную эвакуацию людей;
- спасение людей, которые могут подвергнуться воздействию опасных факторов пожара;
- защиту людей на путях эвакуации от воздействия опасных факторов пожара.

**Эвакуация** представляет собой процесс организованного самостоятельного движения людей наружу из помещений, в которых имеется возможность воздействия на них опасных факторов пожара. Эвакуацией также следует считать несамостоятельное перемещение людей, относящихся к маломобильным группам населения, осуществляемое обслуживающим персоналом. Эвакуация осуществляется по путям эвакуации через эвакуационные выходы.

**Спасение** представляет собой вынужденное перемещение людей наружу при воздействии на них опасных факторов пожара или при возникновении непосредственной угрозы этого воздействия. Спасение осуществляется самостоятельно, с помощью пожарных подразделений или специально обученного персонала, в том числе с использованием спасательных средств, через эвакуационные и аварийные выходы.

**Защита людей на путях эвакуации** обеспечивается комплексом объемно-планировочных, эргономических, конструктивных, инженерно-технических и организационных мероприятий.

Эвакуационные пути в пределах помещения должны обеспечивать безопасную эвакуацию людей через эвакуационные выходы из данного помещения

без учета применяемых в нем средств пожаротушения и противодымной защиты. Выходы являются эвакуационными, если они ведут:

а) из помещений первого этажа наружу непосредственно через коридор, вестибюль (фойе) и лестничную клетку;

б) из помещений любого этажа (кроме первого) непосредственно на лестничную клетку или на лестницу 3-го типа (пожарная лестница, расположенная с внешней стороны здания), в коридор, ведущий непосредственно на лестничную клетку или на лестницу 3-го типа, в холл (фойе), имеющий выход непосредственно на лестничную клетку или на лестницу 3-го типа;

в) в соседнее помещение (кроме помещений категории А или Б) на том же этаже, обеспеченное выходами, указанными в пунктах а) и б); выход в помещение категории А или Б допускается считать эвакуационным, если он ведет из технического помещения без постоянных рабочих мест, предназначенного для обслуживания вышеуказанного помещения категории А или Б. Эвакуационные выходы из подвальных и цокольных этажей следует предусматривать непосредственно наружу, обособленными от общих лестничных клеток здания.

Выходы не являются эвакуационными, если в их проемах установлены раздвижные и подъемно-опускные двери и ворота, ворота для железнодорожного подвижного состава, вращающиеся двери и турникеты.

Не менее двух эвакуационных выходов должны иметь:

- помещения подвальных и цокольных этажей, предназначенные для одновременного пребывания более 15 человек;

- помещения, предназначенные для одновременного пребывания более 50 человек;

- помещения категорий А и Б с численностью работающих в наиболее многочисленной смене более 5 человек, категории В — более 25 человек или площадью более 1000 м<sup>2</sup>;

- открытые этажерки и площадки в помещениях, предназначенные для обслуживания оборудования, при площади пола яруса более 100 м<sup>2</sup> — для помещений категорий А и Б и более 400 м<sup>2</sup> — для помещений других категорий.

Число эвакуационных выходов из здания должно быть не менее числа эвакуационных выходов с любого этажа здания.

При наличии двух эвакуационных выходов и более они должны быть сосредоточены.

Двери эвакуационных выходов и другие двери на путях эвакуации должны открываться по направлению выхода из здания.

Не нормируется направление открывания дверей:

а) для помещений с одновременным пребыванием не более 15 человек, кроме помещений категорий А и Б;

б) кладовых площадью не более 200 м<sup>2</sup> без постоянных рабочих мест;

в) санитарных узлов;

г) выхода на площадки лестниц 3-го типа;

д) наружных дверей зданий, расположенных в северной строительной климатической зоне.

Двери эвакуационных выходов из поэтажных коридоров, холлов, фойе, вестибюлей и лестничных клеток не должны иметь запоров, препятствующих их свободному открыванию изнутри без ключа.

В полу на путях эвакуации не допускаются перепады высот менее 45 см и выступы, за исключением порогов в дверных проемах. В местах перепада высот следует предусматривать лестницы с числом ступеней не менее трех или пандусы с уклоном не более 1 : 6. При высоте лестниц более 45 см следует предусматривать ограждения с перилами. На путях эвакуации не допускается устройство винтовых лестниц, лестниц полностью или частично криволинейных в плане, а также забежных и криволинейных ступеней, ступеней с различной шириной проступи и различной высоты в пределах марша лестницы и лестничной клетки.

## **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности, их характеристика.
2. Классификация помещений по пожарной опасности в зависимости от удельной пожарной нагрузки.
3. Расчет избыточного давления взрыва в помещении при определении категории по взрывопожарной и пожарной опасности.
4. Категории наружных установок по пожарной опасности.
5. Категории зданий по взрывопожарной и пожарной опасности.
6. Пожарно-технические характеристики строительных материалов.
7. Пределы огнестойкости строительных конструкций и их обозначение.
8. Классификация зданий и помещений по функциональной пожарной опасности.
9. Противопожарные преграды и их виды.
10. Что такое эвакуация? Какие пути и выходы являются эвакуационными?
11. Требования безопасности, предъявляемые к эвакуационным выходам.

## Глава 20

# ПОЖАРО- И ВЗРЫВОЗАЩИТА ОБОРУДОВАНИЯ

### 20.1.

### АКТИВНЫЕ СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ

Самой эффективной мерой обеспечения пожаровзрывозащиты является замена пожаровзрывоопасных процессов на безопасные путем исключения из технологических процессов пожаро- и взрывоопасных веществ и материалов еще на стадии проектирования производства, но осуществить это на практике удастся крайне редко. Более приемлема замена отдельных пожаро- и взрывоопасных операций на менее опасные. Решение именно этих двух проблем дает наибольший социальный и экономический эффект.

Одним из способов защиты от взрыва служит применение достаточно прочного оборудования, которое способно выдержать давление взрыва, возникающее внутри аппарата. Однако этот способ имеет ограниченное применение из-за экономической нецелесообразности увеличения материалоемкости и массы оборудования. В настоящее время широко используются активные и пассивные средства взрывозащиты.

К числу **активных мер взрывозащиты** относятся: контроль за накоплением взрывоопасных паров в помещениях; аварийное вентилирование помещений при образовании в них взрывоопасной среды; флегматизация взрывоопасной среды в помещениях; устройство предохранительных конструкций, ослабляющих разрушительное действие взрыва; подавление возникшего взрыва. Активные средства взрывозащиты срабатывают в момент возникновения взрыва по сигналу индикатора. Они локализуют и подавляют очаг взрыва до достижения им разрушительной силы.

Применяются следующие способы взрывозащиты:

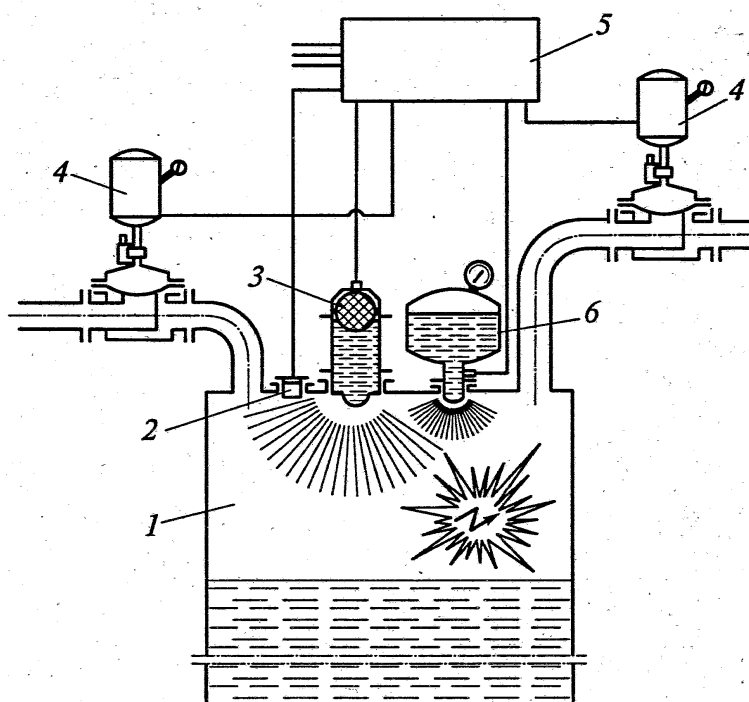
- подавление взрыва при его зарождении путем введения в очаг взрыва огнегасящего вещества (так называемые автоматические системы подавления взрыва АСПВ);
- создание инертной зоны в трубопроводах и в соседних аппаратах для предотвращения распространения взрыва;



- блокирование аппарата, в котором произошел взрыв, с помощью отсекающих устройств;
- автоматическое прекращение работы оборудования.

При выборе методов активной взрывозащиты необходимо знать основные пожаро- и взрывоопасные свойства веществ, механизм горения и параметры, характеризующие процесс взрыва, химический состав горючих технологических сред и их рабочие физические параметры (давление, температура), объем оборудования, скорость движения горючих сред и т. п.

**Подавление взрыва с помощью АСПВ.** Принцип действия АСПВ заключается в обнаружении взрыва в начальной стадии его развития с помощью высокочувствительных датчиков и быстром введении в защищаемый аппарат распыленного огнетушащего вещества, прекращающего дальнейший процесс развития взрыва (рис. 20.1).



**Рис. 20.1**

Принципиальная схема размещения элементов АСПВ на аппарате:

- 1 — защищаемый аппарат; 2 — индикатор взрыва; 3 — гидропушка;  
4 — пламеотсекатель; 5 — блок управления; 6 — ороситель.

Важное преимущество АСПВ по сравнению с устройством для сброса давления взрыва (мембраны, клапаны) состоит в отсутствии выбросов в атмосферу токсичных и пожаро- и взрывоопасных продуктов, горючих газов и открытого огня.

При воспламенении среды в аппарате очаг пламени обнаруживается с помощью высокочувствительного датчика (индикатора взрыва), который через блок управления приводит в действие исполнительные устройства, впрыскивающие в полость аппарата огнетушащую жидкость. Кроме того, в качестве исполнительных устройств системы могут использоваться пламеотсекатели, пре-

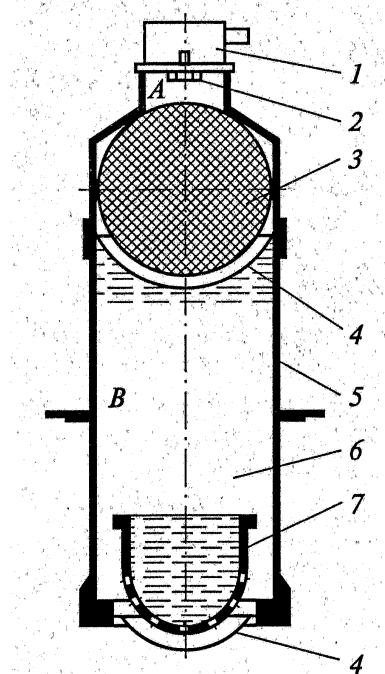
пятствующим распространению пламени по технологическим коммуникациям в другие аппараты. На схеме показан простейший случай взрывозащиты одного аппарата. АСПВ можно применять для защиты целых производств, включающих несколько взрывоопасных аппаратов.

В комплект АСПВ могут входить несколько индикаторов взрыва на одно устройство взрывоподавления и, наоборот, несколько взрывоподавляющих устройств на один индикатор взрыва, в зависимости от конкретных условий.

**Индикаторы обнаружения взрывов.** Взрывы в замкнутых объемах сопровождаются световым излучением, повышением температуры и давления, а также ионизацией газа. Обнаружить взрыв в аппарате можно по любому из этих проявлений. Индикатор взрыва АСПВ представляет собой устройство, преобразующее один из указанных параметров в электрический сигнал.

В качестве индикаторов взрыва применяют три типа датчиков: максимального давления, максимальной скорости нарастания давления и оптические датчики. Первый из них срабатывает при достижении установленного предела давления, второй подает импульс в случае достижения установленной скорости нарастания давления. Оптический датчик фиксирует появление излучения, соответствующего спектру пламени горючего вещества. Такой датчик является наиболее быстродействующим, однако он довольно сложен по конструкции и может давать ложное срабатывание от случайного источника света соответствующего спектра.

**Взрывоподавляющие устройства.** В отечественной промышленности для впрыска жидких огнетушащих веществ наибольшее распространение находят взрывоподавители типа гидроразрывника (рис. 20.2).



**Рис. 20.2**

Общий вид гидроразрывника:

1 — крышка; 2 — пирозаряд; 3 — поршень; 4 — мембраны; 5 — корпус;  
6 — огнетушащее вещество; 7 — распылительная насадка.

Устройство работает следующим образом. При срабатывании пирозаряда в камере резко повышается давление, которое разрушает мембраны. Жидкость оказывается под давлением, практически равным давлению в камере А. Истечение жидкости, сопровождающееся перемещением поршня, приводит к быстрому опусканию насадки в крайнее нижнее положение до упора в выступ корпуса. При этом перфорированная часть насадки полностью выйдет из корпуса гидропушки в полость аппарата, и в дальнейшем жидкость будет истекать из полости В в виде множества струй через отверстия, которые могут иметь одинаковый или разные диаметры, причем соответствующим расположением отверстий различных диаметров можно изменять форму факела распыла.

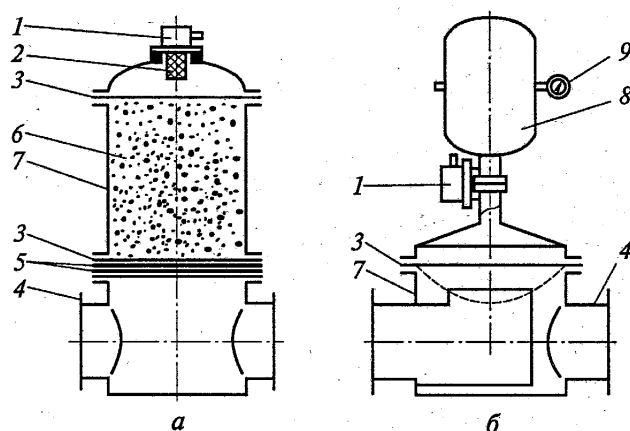
Находят применение также взрывоподавители в виде пневматических распылителей с разрушаемыми оболочками.

**Оросители** предназначены для продолжительного введения огнетушащего вещества в полость защищаемого аппарата или трубопровода с целью охлаждения продуктов сгорания и предотвращения повторных воспламенений в аппаратах или распространения пламени по трубопроводу. При подаче электрического командного импульса на пирозустройство разрушается мембрана и огнетушащее вещество через распылитель вводится в полость защищаемого аппарата или трубопровод.

К основным исполнительным органам АСПВ относятся быстродействующие пламеотсекатели.

Масштабы разрушения и материальный ущерб в результате взрыва внутри аппарата могут быть значительно уменьшены, если не допустить распространения пламени по технологическим коммуникациям в другое оборудование данного производства.

**Пламеотсекатель** служит для локализации взрывов в оборудовании. По сравнению с огнепреградителями, предназначенными для этих же целей, пламеотсекатели имеют ряд преимуществ: они не создают постоянного добавочного гидравлического сопротивления для технологической среды, а также могут успешно работать в сильнозагрязненных и запыленных средах (рис. 20.3).



**Рис. 20.3**

Общий вид песчаного (а) и мембранного (б) пламеотсекателя:

1 — крышка пирозустройства; 2 — пирозаряд; 3 — мембраны; 4 — патрубок; 5 — пакет; 6 — зернистый материал; 7 — корпус; 8 — баллон; 9 — манометр.

Принцип действия песчаного пламеотсекателя состоит в следующем: при подаче электрического импульса воспламеняется пирозаряд. Образующиеся при этом газы разрушают мембраны и с большой скоростью выбрасывают песок вниз. Под действием потока песка опорные лепестки, помещенные в пакете, отгибаются, перекрывают оба сечения патрубка, а песок заполняет всю нижнюю полость. Время срабатывания конструкции — не более 0,03–0,2 с (при условном проходе 100–350 мм). Пламеотсекатель не обеспечивает герметичного перекрытия трубопроводов, но полностью исключает прохождение пламени.

В качестве огнетушащих веществ для АСПВ за рубежом широкое распространение получили различные бром-, хлор-, фторпроизводные метана и этана. В системе «Радуга» в качестве огнетушащего вещества используется вода. Для подавления взрывов известно применение порошковых составов на основе карбонатов и бикарбонатов натрия и калия, аммониевых солей фосфорной, серной, борной и щавелевой кислот.

В настоящее время интерес исследователей привлекают комбинированные огнетушащие составы, например смесь инертного газа 85 об.% и галогенуглеводорода 15 об.%. Разработан ряд новых комбинированных составов (например, азот + хладон 114В2 + вода или хладон 114В2 + вода).

## **ВЗРЫВОЗАЩИТА МЕТОДОМ ФЛЕГМАТИЗАЦИИ ВЗРЫВООПАСНОЙ СРЕДЫ**

Метод флегматизации основан на разбавлении взрывоопасной среды до состояния, когда эта среда не способна распространять пламя. Это состояние достигается при содержании разбавителя, соответствующем «пику» на кривой флегматизации, построенной на графике в координатах «содержание горючего компонента в смеси с воздухом и флегматизатором» (ось ординат) и «содержание флегматизатора в смеси с воздухом и горючим компонентом» (ось абсцисс). Область составов, ограниченная кривой флегматизации и осью ординат, является горючей, а область вне кривой флегматизации — негорючей. «Пиковые» концентрации флегматизатора определяют экспериментально на установках для измерения НКПР.

**Создание инертной зоны** практикуется для предотвращения распространения пламени на другие аппараты и вторичных взрывов. Флегматизирующее устройство представляет собой автоматический быстродействующий огнетушитель, который срабатывает по сигналу индикатора взрыва. При этом освобождается выходное отверстие и флегматизирующая смесь под давлением вытесняющего газа вспрыскивается в защищаемый объем.

**Блокирование взрыва отсекающими устройствами**, в частности быстродействующими отсечными клапанами (отсекателями), которые приводятся в действие от детонатора по сигналу индикатора взрыва. Отсекатели и флегматизирующие устройства устанавливают на вводных и выводных коммуникациях потенциально взрывоопасного аппарата. Обычно отсечными клапанами обеспечивают защиту наиболее «слабых» аппаратов технологической нитки. Время

срабатывания отсекающего определяется длиной трубопровода от взрывоопасного аппарата до установленного отсекающего.

**Автоматическое прекращение работы технологической схемы.** Часто при возникновении взрыва в одном из аппаратов для предотвращения серьезных аварийных ситуаций требуется немедленное прекращение работы всей технологической схемы. В этом случае специальное устройство срабатывает от индикатора взрыва, автоматически прекращает работу всей технологической нитки или отдельной группы аппаратов. Как правило, этот способ сочетается в различных вариантах с другими активными методами взрывозащиты.

**Контроль за накоплением горючих газов и паров.** Этот контроль осуществляется с помощью специальных газоанализаторов и газосигнализаторов. Наибольшее распространение среди них получили термохимические приборы, принцип действия которых основан на каталитическом окислении горючих примесей в воздухе в специальной камере, являющейся одним из плеч равновесного моста Уитстона. За счет выделяющегося при окислении горючих примесей тепла плечо (электроспираль) нагревается, увеличивается его электросопротивление, приводя к разбалансу моста. По величине разбаланса определяется содержание в воздухе горючих примесей.

**Аварийное вентилирование помещений** является одним из наиболее распространенных традиционных способов предупреждения образования взрывоопасных сред. Основным показателем работы вентиляции — кратность воздухообмена. При этом имеет место равномерное распределение горючих примесей и изменение их концентрации при вентилировании. Вместе с тем при оценке взрывоопасности помещений учитывается возможность образования локальной взрывоопасной среды, допустимый объем которой определяется следующим условием: развиваемое при выгорании локального облака избыточное давление не должно превышать 5 кПа.

## 20.2.

### ПАССИВНЫЕ СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ

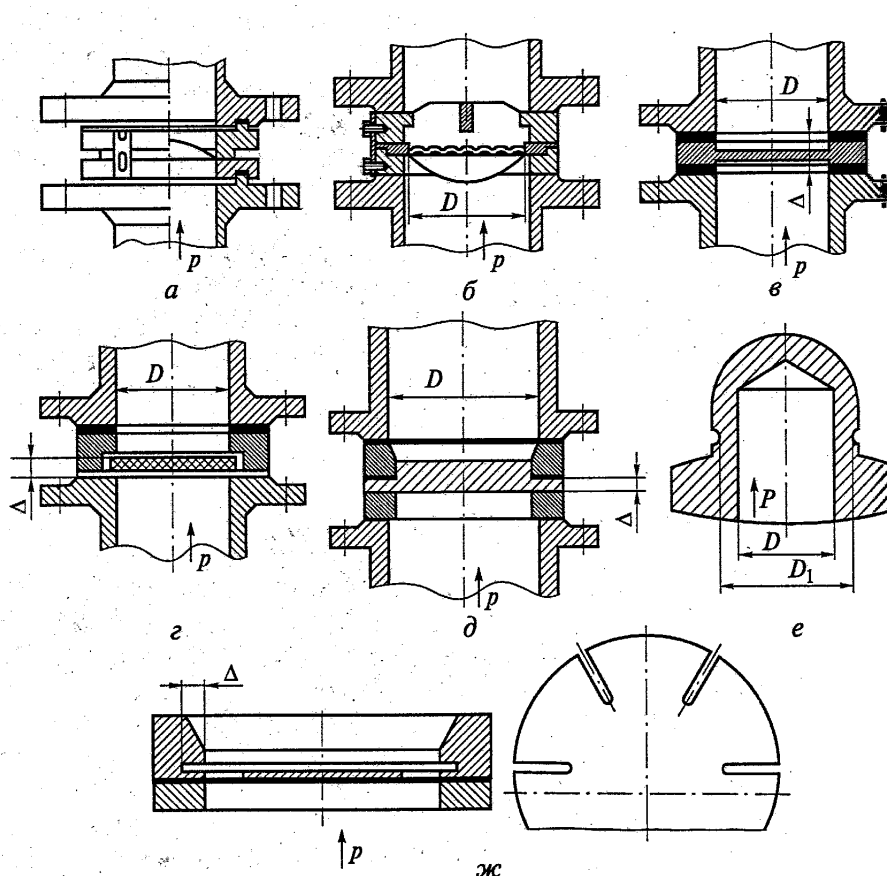
К **пассивным способам** защиты технологического оборудования от разрушения давлением относится один из самых распространенных способов — применение предохранительных устройств — предохранительных мембран и клапанов и дыхательной арматуры. Предохранительные конструкции (ПК) используются для взрывозащиты технологического оборудования и помещений. Принцип их действия заключается в ослаблении разрушительного действия взрыва за счет своевременного сброса из объекта защиты избыточного давления. Все эти устройства срабатывают при повышении давления сверх установленных пределов.

**Предохранительные мембраны** представляют собой специально ослабленную часть защищаемого аппарата и срабатывают при рассчитанном давлении. Предельная простота конструкции, высокое быстродействие, малая инерционность, полная герметизация сбросного отверстия до срабатывания мембра-

ны — эти существенные преимущества предохранительных мембран обуславливают их широкое применение.

Предохранительные мембраны обычно изготавливают из тонколистового проката пластичных материалов: алюминия, нержавеющей стали, меди, латуни, полиэтиленовой и фторопластовой пленок и др.

По характеру разрушения различают разрывные, ломающиеся, срезные, хлопающие и специальные предохранительные мембраны (рис. 20.4).



**Рис. 20.4**

Основные типы предохранительных мембран:

*a* — разрывная; *б* — хлопающая; *в, г* — ломающиеся; *д* — срезная; *е* — отрывная; *ж* — специальная.

*Разрывная мембрана* представляет собой тонкостенный сплошной либо с прорезями купол, форма которого близка к сферическому. Разрывные мембраны устанавливают вогнутой поверхностью к давлению среды. Срабатывание мембраны происходит при разрыве купола. *Хлопающие мембраны* эффективно используются для защиты периодически вакуумируемых аппаратов. Своей выпуклой стороной эта мембрана обращена внутрь защищаемого аппарата. При повышении давления сферический купол теряет устойчивость, резко с хлопком выворачивается в обратную сторону, ударяется о крестообразный нож и разрезается. Используются также хлопающие мембраны без разрезных ножей, припаиваемые или приклеиваемые к зажимному кольцу. *Лломающиеся мембраны*

используют для защиты аппаратов, работающих в условиях динамических и пульсирующих нагрузок. *Срезные мембраны* при срабатывании срезаются по острой кромке прижимного кольца и полностью освобождают проходное сечение для выхода газа. *Хрупкие мембраны* разрушаются принудительно ударным механизмом. *Отрывные мембраны* чаще всего имеют вид колпачка с проточкой, которая образует ослабленное сечение.

При выборе мембраны необходимо учитывать давление в аппарате, конкретные условия работы оборудования и требования взрывобезопасности. Мембрана должна срабатывать при давлении, превышающем на 20–30% рабочее давление.

Однако при всех их достоинствах предохранительные мембраны обладают рядом существенных недостатков: срабатывание мембран всегда приводит к выбросу в атмосферу большого количества газов, что вызывает загрязнение окружающей среды токсичными газами, а также создает возможность вторичных взрывов; при защите аппаратов значительных объемов, содержащих быстрогорящие газовые смеси, пропускное сечение сбросных отверстий должно быть настолько большим, что защита оборудования с помощью мембран сопряжена с техническими трудностями; во время выброса горящих газов через отверстия образуются мощные очаги пламени, которые могут стать причиной пожара; при использовании мембран необходимо принимать меры, исключающие искрообразование и травмирование обслуживающего персонала осколками мембран при их срабатывании.

Помимо мембран, для обеспечения безопасности аппаратов широко применяются предохранительные клапаны пружинного, откидного и других типов.

**Предохранительный клапан** представляет собой устройство автоматического действия, предназначенное для выпуска из емкостей и трубопроводов излишнего количества газа, пара или жидкости при превышении давления сверх установленных пределов.

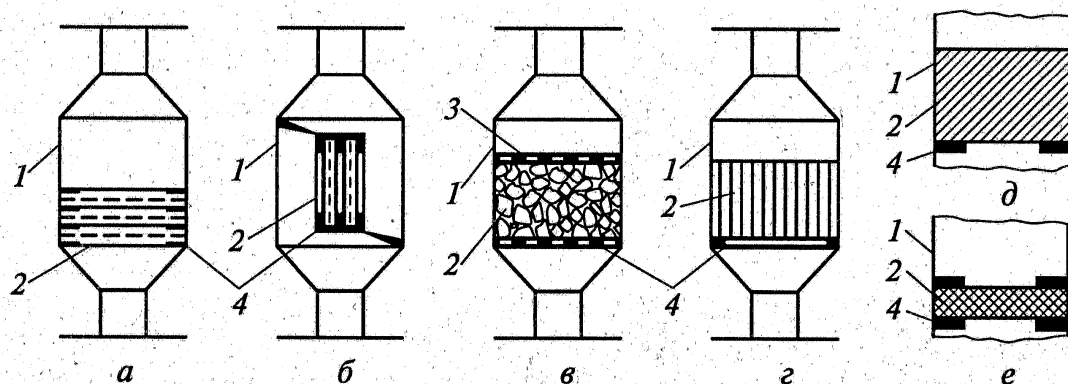
Предохранительные клапаны устанавливают в местах, доступных для их осмотра, монтажа и демонтажа. Между сосудом и предохранительным клапаном не разрешается устанавливать запорные приспособления для отключения клапана от сосуда. Отрицательно сказывается на работе клапанов обмерзание запорной пары в зимних условиях, забивка их твердыми отложениями в кристаллических и полимеризующихся средах, ослабление герметичности.

Аппарат, в котором возможен взрыв или быстрая неуправляемая реакция, следует защищать путем установки совмещенного клапана, состоящего из мембраны и откидного клапана. В этом случае мембрана срабатывает при взрыве в аппарате, когда требуется большое пропускное сечение и быстрое действие, а откидной клапан защищает сосуд от возможного превышения давления, обусловленных спецификой технологического процесса.

**Для предотвращения распространения пламени по производственным коммуникациям** применяют сухие огнепреградители, жидкостные предохранительные затворы, затворы из твердых измельченных материалов, автоматически закрывающиеся задвижки и заслонки, водяные завесы, быстродействующие пламеотсекатели.

**Огнепреградители сухие** — защитные устройства на трубопроводах, которые свободно пропускают поток жидкости или газов через твердую огнезащитную насадку, но задерживают пламя, гасят его. По устройству огнепреградители отличаются, но принцип их защитного действия всегда одинаков.

Принцип работы огнепреградителя основан на гашении пламени в узких каналах в результате потери тепла из зоны реакции к стенкам каналов. Именно насадка огнепреградителя разбивает движущуюся горючую смесь на тонкие струйки, что резко увеличивает тепловыделение, и распространение пламени прекращается (рис. 20.5).



**Рис. 20.5**

Схемы огнепреградителей с различными типами насадок:

*а* — горизонтальные сетки; *б* — вертикальные сетки; *в* — гравий, шарики, кольца; *г* — пластины с прямыми каналами; *д* — спиральные свернутые ленты с наклонными гофрами; *е* — металлокерамические насадки; 1 — корпус; 2 — пламегасящий элемент; 3 — решетка; 4 — прокладки и крепежные устройства.

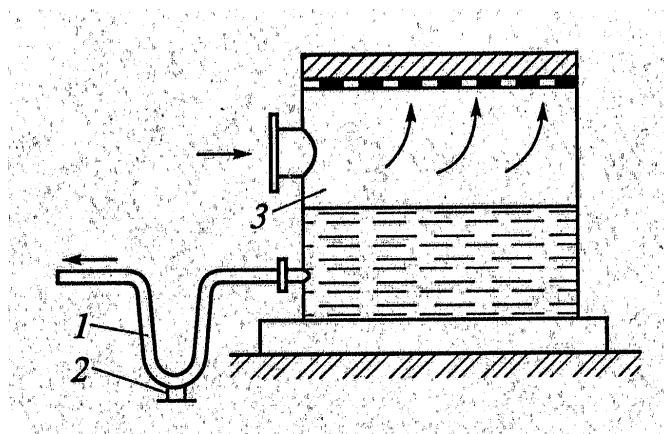
Огнепреградители состоят из корпуса, пламегасящего элемента и присоединительных штуцеров. В качестве пламегасящего элемента в сухих огнепреградителях используют насадки из гранулированных тел (шарики, кольца, гравий), из волокон (асбестовое волокно, стеклянная вата), кассеты с прямыми узкими каналами, сетчатые элементы, элементы из пористых металлокерамических и металловолоконистых материалов.

В насадочных огнепреградителях насадка фиксируется жестко в корпусе сетками или более прочными решетками. Все элементы огнепреградителя должны обладать достаточной механической прочностью, чтобы выдержать давление, возникающее при детонации, и иметь минимальное гидравлическое сопротивление для прохождения газа через огнепреграждающий элемент. Это достигается установкой предохранительных клапанов и выбором соотношения толщины слоя насадки и площади поперечного сечения огнепреградителя.

Сухими огнепреградителями защищают дыхательные линии резервуаров, мерников, промежуточных емкостей, напорных баков и аналогичных аппаратов с горючими жидкостями, температура которых близка или выше температуры вспышки и др.



**Жидкостные предохранительные затворы** — это защитные устройства, гашение пламени в которых происходит в момент барботажа горячей газообразной смеси через слой жидкости. Конструкции гидрозатворов весьма разнообразны (рис. 20.6).



**Рис. 20.6**

Гидравлический затвор в виде U-образного колена на линии:

1 — гидравлический затвор; 2 — пробка; 3 — аппарат.

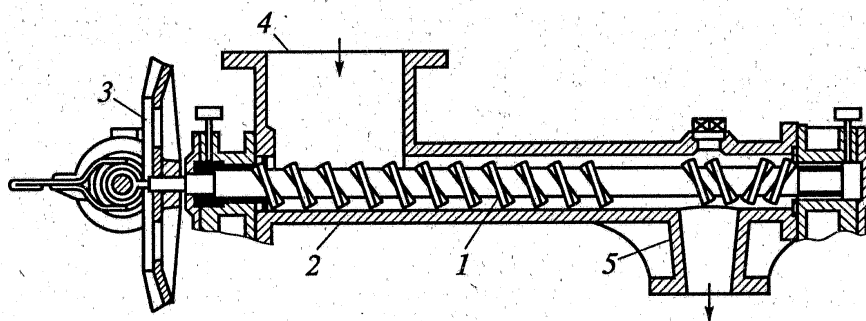
Эффективность работы гидрозатвора обеспечивается определенной высотой слоя жидкости, через который проходит горячая смесь, а также дроблением газового потока на пузырьки или струйки. Прекращению горения способствует насыщение горячей смеси парами жидкости, через которую смесь барботирует. Этот факт связан с уменьшением уровня жидкости и должен учитываться для обеспечения надежной и эффективной работы гидрозатвора. Кроме того, гидрозатворы должны надежно задерживать распространение взрывной волны.

Гидрозатворы устанавливают на линиях производственной канализации, на трубопроводах аварийного слива жидкостей, на переливных линиях мерников и резервуаров, на наполнительных и расходных линиях подземных резервуаров, на газовых ацетиленовых линиях и др.

**Сухие затворы.** В тех случаях, когда по трубопроводам транспортируются твердые сгораемые измельченные материалы, при появлении огня возможно его распространение навстречу движению горючего вещества. Для ликвидации этого на трубопроводах устанавливают сухие затворы. Сухой затвор, заполняющий все сечение трубы, исключает на этом участке воздушное пространство и, следовательно, возможность распространения пламени.

Чаще всего для этих целей применяют шнековый питатель, на валу которого перед выходным патрубком снято несколько витков (рис. 20.7). С помощью такого устройства во внутреннем объеме шнека образуется пробка из транспортируемого материала.

Такого типа преграды могут создавать и специальные устройства в виде крыльчатки с заслонками, бункеры, заполненные твердым материалом.

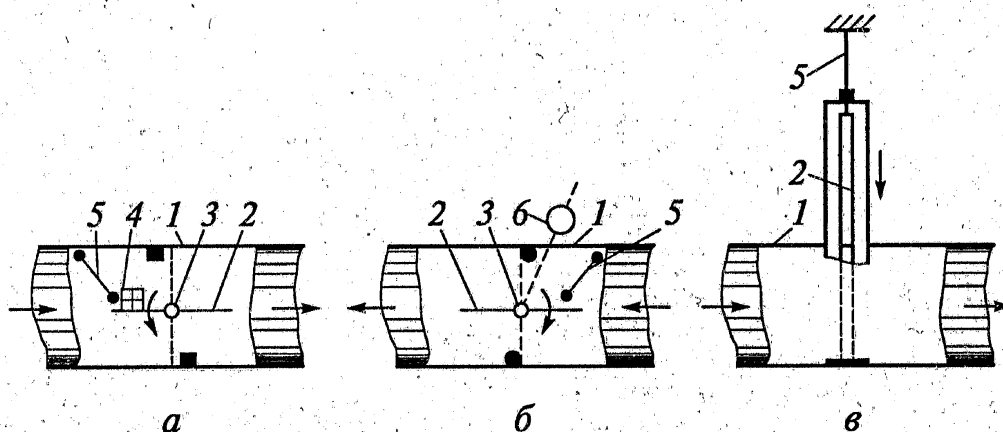


**Рис. 20.7**

Шнековый затвор на линии транспортирования твердых сыпучих материалов:

1 — шнек; 2 — корпус; 3 — зубчатая передача; 4 — загрузочная воронка;  
5 — патрубок для отводящей трубы

**Автоматически действующие задвижки и заслонки.** Для установки на воздуховодах, в местах прохода труб через глухие стены из одного помещения в другое, перед вентиляторами устанавливают различного типа задвижки и заслонки (рис. 20.8). Действие их состоит в том, что они перекрывают сечение трубы и тем самым прекращают движение смеси и распространение пламени.



**Рис. 20.8**

Схемы простейших автоматически действующих заслонок и задвижек:

а — с грузом на поворачивающейся заслонке; б — с противовесом на поворачивающейся заслонке; в — с падающим шибером;

1 — трубопровод; 2 — заслонка (шибер); 3 — ось заслонки; 4 — груз;  
5 — привод заслонки (тросик с тугоплавким замком); 6 — противовес.

Проскок пламени предотвращается только в том случае, если задвижка плотно перекрывает сечение трубы еще до приближения к ней фронта пламени. Эффективность срабатывания задвижек и заслонок повышает автоматически действующий привод. Сигнал датчика, реагирующего либо на повышение температуры, либо на излучение, либо на дым, передается на исполнительный механизм, который приводит в действие задвижку или шибер. Автоматически действующие задвижки или заслонки имеют обычно вращающийся или падающий шибер. В заслонках с вращающимся шибером плотность закрывания

достигается при помощи небольшого груза или специального противовеса, закрепленного на оси шибера. В задвижках с падающим шиберам уплотнение достигается опусканием шибера, который перекрывает сечение трубы.

## **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. В чем разница активных и пассивных способов защиты оборудования?
2. Принцип работы взрывоподавляющих устройств.
3. Принцип действия автоматической системы подавления взрыва.
4. Виды предохранительных мембран.
5. Преимущества и недостатки предохранительных мембран и предохранительных клапанов.
6. Принцип действия жидкостных и сухих затворов.
7. От чего зависит эффективность срабатывания автоматических задвижек и заслонок?

## Глава 21

# ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ВО ВЗРЫВО- И ПОЖАРООПАСНЫХ ЗОНАХ

### 21.1. КЛАССИФИКАЦИЯ ВЗРЫВО- И ПОЖАРООПАСНЫХ ЗОН

Современное химическое производство насыщено электроустановками различного вида: электроосветительными приборами, пускорегулирующей аппаратурой и т. д.

*Электроустановками* называется совокупность машин, аппаратов, линий и вспомогательного оборудования (вместе с сооружениями и помещениями, в которых они установлены), предназначенных для производства, преобразования, трансформации, передачи, распределения электрической энергии и преобразования ее в другой вид энергии.

Под *степенью пожаровзрывоопасности и пожарной опасности электрооборудования* понимается опасность возникновения источника зажигания внутри электрооборудования и/или опасность контакта источника зажигания с окружающей электрооборудование горючей средой. При этом исходят из наличия двух составляющих пожара: источника зажигания и горючего вещества. Источником зажигания в электроустановках служит высокий потенциал энергии, способный как в нормальном, так и в аварийном режиме (перегрузка, короткое замыкание и др.) образовывать высокотемпературные участки, способные воспламенить сгораемую изоляцию и защитную оболочку электроизделий, сгораемые конструктивные элементы зданий и сооружений, по которым они прокладываются (возле которых они устанавливаются). Одновременное присутствие этих двух составляющих пожара делает электроизделие потенциально пожароопасным. Поэтому основной задачей пожарной профилактики электроустановок является изоляция этого специфического источника зажигания от сгораемых материалов конструктивными (техническими) средствами.

Электроустановки монтируются и эксплуатируются в соответствии с Правилами устройства электроустановок (ПУЭ), Правилами эксплуатации электроустановок потребителей (ПЭЭП), Правилами техники безопасности при

эксплуатации электроустановок потребителей (ПТБ) и другими нормативными документами. Это обязательное требование Правил пожарной безопасности в Российской Федерации.

Электроустановки (ЭУ) по условиям электробезопасности разделяются на ЭУ до 1 кВ и ЭУ выше 1 кВ (по действующему значению напряжения).

*Открытыми или наружными ЭУ* называются электроустановки, не защищенные зданием от атмосферных воздействий. ЭУ, защищенные только навесами, сетчатыми ограждениями и т.п., рассматриваются как наружные.

*Закрытыми или внутренними ЭУ* называются электроустановки, размещенные внутри здания, защищающего их от атмосферных воздействий.

Электроустановки и связанные с ними конструкции должны быть стойкими в отношении воздействия окружающей среды или защищены от этого воздействия.

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

**К взрывоопасной зоне** относится помещение или ограниченное пространство в помещении или наружной установке, где имеются или могут образоваться взрывоопасные смеси.

«Технический регламент» определяет классификацию пожароопасных и взрывоопасных зон, которая применяется для выбора электрооборудования в конкретной зоне.

**Классификация пожароопасных зон** проводится в соответствии с ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

Пожароопасные зоны подразделяются на следующие классы:

**П-I** — зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки 61°C и более;

**П-II** — зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются горючие пыли или волокна;

**П-IIa** — зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются твердые горючие вещества в количестве, при котором удельная пожарная нагрузка составляет не менее 1 мегаджоуля на квадратный метр;

**П-III** — зоны, расположенные вне зданий, сооружений, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки 61°C и более или любые твердые горючие вещества.

## КЛАССИФИКАЦИЯ ВЗРЫВООПАСНЫХ ЗОН

В зависимости от частоты и длительности присутствия взрывоопасной смеси взрывоопасные зоны подразделяются на следующие классы:

**0-й класс** — зоны, в которых взрывоопасная смесь газов или паров жидкостей с воздухом присутствует постоянно или хотя бы в течение одного часа;

*1-й класс* — зоны, в которых при нормальном режиме работы оборудования выделяются горючие газы или пары легковоспламеняющихся жидкостей, образующие с воздухом взрывоопасные смеси;

*2-й класс* — зоны, в которых при нормальном режиме работы оборудования не образуются взрывоопасные смеси газов или паров жидкостей с воздухом, но возможно образование такой взрывоопасной смеси газов или паров жидкостей с воздухом только в результате аварии или повреждения технологического оборудования;

*20-й класс* — зоны, в которых взрывоопасные смеси горючей пыли с воздухом имеют нижний концентрационный предел воспламенения менее  $65 \text{ г/м}^3$  и присутствуют постоянно;

*21-й класс* — зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальном режиме работы оборудования выделяются переходящие во взвешенное состояние горючие пыли или волокна, способные образовывать с воздухом взрывоопасные смеси при концентрации  $65 \text{ г/м}^3$  и менее;

*22-й класс* — зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальном режиме работы оборудования не образуются взрывоопасные смеси горючих пылей или волокон с воздухом при концентрации  $65 \text{ г/м}^3$  и менее, но возможно образование такой взрывоопасной смеси горючих пылей или волокон с воздухом только в результате аварии или повреждения технологического оборудования.

Во взрывоопасных зонах помещений разрешается устанавливать только взрывозащищенное электрооборудование.

## 21.2.

### **КЛАССИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ПО ПОЖАРОВЗРЫВООПАСНОСТИ И ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ**

Классификация электрооборудования по пожаровзрывоопасности и пожарной опасности применяется для определения области его безопасного применения и соответствующей этой области маркировки электрооборудования, а также для определения требований пожарной безопасности при эксплуатации электрооборудования.

В зависимости от степени пожаровзрывоопасности и пожарной опасности электрооборудование подразделяется на следующие виды:

- электрооборудование без средств пожаровзрывозащиты;
- пожарозащищенное электрооборудование (для пожароопасных зон);
- взрывозащищенное электрооборудование (для взрывоопасных зон).

**Классификация пожарозащищенного электрооборудования.** Электрооборудование, применяемое в пожароопасных зонах, классифицируется по степени защиты от проникновения внутрь воды, от внешних твердых предметов, от проникновения пыли в количестве, нарушающем нормальную работу оборудования или снижающем его безопасность.

Маркировка степени защиты оболочки электрооборудования осуществляется при помощи международного знака защиты (IP) и двух цифр, первая из которых означает защиту от попадания твердых предметов, вторая — от проникновения воды.

В пожароопасных зонах любого класса могут применяться электрические машины, продуваемые чистым воздухом с вентиляцией по замкнутому или разомкнутому циклу. Воздух для вентиляции электрических машин не должен содержать паров и пыли горючих веществ. Электрические машины с частями, нормально искрящими по условиям работы, располагаются на расстоянии не менее 1 м от мест размещения горючих веществ или отделяются от них несгораемым экраном.

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

**Классификация взрывозащищенного электрооборудования.** Взрывозащищенное электрооборудование классифицируется по уровням взрывозащиты, видам взрывозащиты, группам и температурным классам.

Взрывозащищенное электрооборудование *по уровням взрывозащиты* подразделяется на следующие виды:

- *особовзрывобезопасное электрооборудование* (уровень 0) обеспечивает взрывобезопасное электрооборудование с дополнительными средствами взрывозащиты;
- *взрывобезопасное электрооборудование* (уровень 1) обеспечивает взрывозащиту как при нормальном режиме работы оборудования, так и при повреждении, за исключением повреждения средств взрывозащиты;
- *электрооборудование повышенной надежности против взрыва* (уровень 2) обеспечивает взрывозащиту только при нормальном режиме работы оборудования (при отсутствии аварий и повреждений).

Взрывозащищенное электрооборудование *по видам взрывозащиты* подразделяется на оборудование, имеющее:

- взрывонепроницаемую оболочку (*a*);
- заполнение или продувку оболочки под избыточным давлением защитным газом (*p*);
- искробезопасную электрическую цепь (*i*);
- кварцевое заполнение оболочки с токоведущими частями (*q*);
- масляное заполнение оболочки с токоведущими частями (*o*);
- специальный вид взрывозащиты (*s*);
- любой иной вид защиты (*e*).

Взрывозащищенное электрооборудование *по допустимости применения* в зонах подразделяется на оборудование с:

- рудничным метаном (группа I);
- промышленными газами и парами (группа II и подгруппы IIА, IIВ, IIС).

В зависимости от *наибольшей допустимой температуры поверхности* взрывозащищенного электрооборудования, которая будет безопасной в отношении воспламенения окружающей взрывоопасной среды, группа II подразделяется на следующие температурные классы:

Температурный класс	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Наибольшая допустимая температура, °C	450	300	200	135	100	85

Взрывозащищенное электрооборудование должно иметь маркировку. В приведенной ниже последовательности должны указываться: знак уровня взрывозащиты электрооборудования (2, 1, 0); знак, относящий электрооборудование к взрывозащищенному (Ex); знак вида взрывозащиты (*d, p, i, q, o, s, e*); знак группы или подгруппы электрооборудования (I, II, IIA, IIB, IIC); знак температурного класса электрооборудования (T1, T2, T3, T4, T5, T6).

Например, **2 Ex e IIC T6**. Расшифровывается как: электрооборудование повышенной надежности против взрыва, защита вида «e», II группа смесей, температурный класс T6.

Чем выше класс взрывоопасной зоны, тем более высокие требования предъявляются к исполнению и эксплуатации электрооборудования и его взрывозащиты.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В чем необходимость классификации электрооборудования?
2. Какая документация используется при эксплуатации электроустановок в пожароопасных и взрывоопасных зонах помещений?
3. Как классифицируются пожароопасные и взрывоопасные зоны помещений?
4. Что такое вид и уровень взрывозащиты электрооборудования?
5. Приведите пример маркировки взрывозащищенного электрооборудования.



## Глава 22

# СРЕДСТВА И МЕТОДЫ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ

### 22.1.

#### ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПОЖАРОТУШЕНИИ

Для подавления горения необходимо выполнение хотя бы одного из следующих условий:

- изоляция очага горения от воздуха или снижение концентрации кислорода разбавлением негорючими газами до значения, при котором не может происходить горение;
- охлаждение очага горения ниже определенных температур;
- интенсивное торможение (ингибирование) скорости химических реакций в пламени;
- механический срыв пламени сильной струей воды или газа;
- создание условий огнепреграждения, т. е. таких условий, при которых пламя распространяется через узкие каналы.

Важнейшие параметры пожаров, определяющие условия их тушения:

- физико-химические свойства горящего материала, от которых зависит выбор огнетушащего вещества;
- пожарная нагрузка, под которой подразумевается масса всех горючих и трудногорючих материалов, находящихся на рассматриваемом объекте, отнесенная к площади пола помещения или поверхности, занимаемой материалами на открытом воздухе;
- скорость выгорания пожарной нагрузки;
- газообмен очага пожара с окружающей средой и с внешней атмосферой;
- теплообмен между очагом пожара и окружающими материалами и конструкциями;
- размеры и форма очага пожара и помещения, в котором произошел пожар;
- метеорологические условия.

Пожаротушение подразделяется на *поверхностное*, заключающееся в подаче огнетушащих веществ непосредственно на очаг горения, и *объемное*, заключающееся в создании в районе пожара среды, не поддерживающей горение.

Поверхностное тушение, называемое также тушением пожара по площади, может применяться для пожаров почти всех видов и требует использования огнетушащих составов, которые можно подавать в очаг пожара на расстоянии (жидкостные, пены, порошки).

Объемное тушение может применяться в ограниченном объеме (в помещениях, отсеках, галереях и т. п.) и основано на создании огнетушащей среды во всем объеме атмосферы, находящейся в защищаемом объекте. Иногда объемное тушение применяют для противопожарной защиты локального участка в больших объемах (например, пожароопасных участков в больших помещениях). Но при этом предусматривается повышенный расход огнетушащих веществ. Для объемного тушения используют огнетушащие вещества (например, газовые, аэрозольные и порошковые составы), которые могут распределяться в атмосфере защищаемого объема и создавать в каждом элементе огнетушащую концентрацию. Способ объемного тушения представляется наиболее прогрессивным, поскольку он обеспечивает не только быстрое и надежное прекращение горения в любой точке защищаемого объема, но и флегматизацию этого объема, т. е. предупреждение образования взрывоопасной среды.

В зависимости от вида применяемой пожарной техники тушение подразделяется на *тушение первичными средствами* — огнетушителями (переносными и перевозными) и размещаемыми в зданиях пожарными кранами, *передвижными* — различными пожарными автомобилями, а также *стационарными* — специальными установками с запасом огнетушащих веществ, приводимыми в действие автоматически или вручную. Поверхностное тушение осуществляется всеми видами пожарной техники, но преимущественно первичными средствами и передвижными установками, объемное тушение — стационарными установками.

## 20.2.

### СОВРЕМЕННЫЕ ОГNETУШАЩИЕ ВЕЩЕСТВА

Под *огнетушащим веществом* понимается вещество, обладающее физико-химическими свойствами, позволяющими создать условия прекращения горения. К огнетушащим веществам предъявляются следующие требования: они должны обеспечивать тушение пожара поверхностным или объемным способом их подачи; должны применяться для тушения пожара тех материалов, взаимодействие с которыми не приводит к опасности возникновения новых очагов пожара или взрыва; должны сохранять свои свойства, необходимые для тушения пожара, в процессе транспортирования и хранения; не должны оказывать опасное для человека и окружающей среды воздействие, превышающее принятые допустимые значения (ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»).

Под *огнетушащей эффективностью* обычно понимают минимальное количество огнетушащих веществ, использованных для подавления какого-либо принятого в качестве модельного очага пожара. В случае применения средств

объемного тушения (газовых составов) под огнетушащей эффективностью понимают концентрацию огнетушащих веществ, которую выражают в объемных процентах или в граммах на единицу защищаемого объема. За *интенсивность подачи* огнетушащих составов принимают их массовый расход во времени на единицу защищаемой площади или объема.

В качестве огнетушащих веществ применяются: вода, химическая или воздушно-механическая пены, инертные газообразные разбавители воздуха, галоидоуглеводородные составы, порошки, комбинированные составы.

**Тушение водой.** Вода является средством, наиболее широко применяемым для тушения пожаров. К достоинствам воды как огнетушащего вещества, помимо доступности и дешевизны, относится значительная теплоемкость, высокая скрытая теплота испарения, подвижность, химическая нейтральность и отсутствие ядовитости. Такие свойства воды обеспечивают эффективное охлаждение не только горящих объектов, но и объектов, расположенных вблизи очага горения, что позволяет предотвратить их разрушение, взрыв и загорание.

Огнетушащая способность воды обуславливается охлаждающим действием, разбавлением горючей среды, образующимися при испарении парами и механическим воздействием на горящее вещество, т. е. срывом пламени. Разбавляющее действие, приводящее к снижению кислорода в окружающем воздухе, объясняется тем, что объем пара в 1700 раз превышает объем испарившейся воды.

Известны два способа подачи воды в очаг горения — в виде сплошных и распыленных струй. *Сплошные струи* представляют собой поток воды, имеющий высокую скорость и сравнительно небольшое сечение. *Распыленные струи* — поток воды, состоящий из мелких капель.

Весьма существенными недостатками воды являются ее плохая смачивающая способность и малая вязкость, затрудняющие тушение волокнистых, пылевидных и тлеющих материалов. Для повышения огнетушащей эффективности воды в нее вводят добавки, повышающие смачивающую способность, вязкость и т. п.

Воду нельзя использовать для тушения веществ, бурно реагирующих с ней с выделением горючих газов. К таким веществам относятся металлы (особенно опасны щелочные металлы, которые реагируют со взрывом), многие металлоорганические соединения (концентрированные алюминий-, литийорганические соединения и др.), карбиды металлов, многие гидриды металлов и т. д.

Отрицательные явления, препятствующие применению воды для пожаротушения, — хлопки, вспышки, разбрызгивание горящих материалов, вспенивание, выброс горящего продукта и др.

**Тушение пенами.** Пена — огнетушащий состав, наиболее широко применимый при пожаротушении на предприятиях химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности, представляет собой коллоидную систему, состоящую из пузырьков газа, окруженных пленками жидкости.

Пены применяют для тушения твердых и жидких веществ, не вступающих во взаимодействие с водой. При тушении пену сливают на отдельные участки горячей поверхности. Растекаясь, пена полностью покрывает поверхность

горючего, образуя слой определенной толщины. Многочисленными исследованиями доказано, что огнетушащая способность пены обусловлена прежде всего ее изолирующим действием, т. е. способностью препятствовать прохождению в зону пламени горючих паров. Например, скорость испарения бензина из-под слоя пены толщиной 5 см уменьшается в 30–40 раз.

Огнетушащие свойства пены определяются также ее кратностью, стойкостью, дисперсностью и вязкостью. Характеристики этих свойств зависят от природы горючего вещества, условий протекания пожара и подачи пены.

**Кратностью** пены называется отношение объема пены к объему жидкой фазы или к объему раствора, из которого она образована.

С течением времени пена разрушается. Разрушение ее обусловлено старением, влиянием поверхности, на которую она нанесена, температурой и условиями подачи.

*Стойкость* пены характеризуется ее сопротивляемостью процессу разрушения и оценивается продолжительностью выделения из пены 50% жидкой среды, называемой отсеком. Пены с большей кратностью менее стойки. Химическая пена, как правило, более стойка, чем воздушно-механическая.

*Дисперсность* пены обратно пропорциональна размерам пузырьков и во многом определяет ее качество. Чем выше дисперсность, тем лучше пена, выше ее стойкость и огнетушащая эффективность. С повышением кратности пены ее дисперсность уменьшается.

В зависимости от способа и условий получения огнетушащую пену подразделяют на химическую и воздушно-механическую различной кратности.

**Химическая пена** образуется при взаимодействии растворов кислот и щелочей в присутствии пенообразующего вещества и представляет собой концентрированную эмульсию диоксида углерода в водном растворе минеральных солей, содержащем пенообразующее вещество.

**Воздушно-механическая пена** подразделяется на низкократную (кратность до 30), среднекратную (кратность 30–200), высокократную (кратность выше 200). Наиболее широкое применение находит пена средней кратности, для получения которой используют простую пеногенерирующую аппаратуру, обеспечивающую одновременную подачу на металлическую сетку 2–6%-ного водного раствора пенообразователя и эжектируемого потоком этого раствора воздуха.

При очень высокой кратности (например, 500–1000) расход воды еще больше сокращается, однако огнетушащая способность высокократной пены ухудшается, так как снижаются ее устойчивость и изолирующая способность. Оптимальная кратность пены составляет 70–150. Пена средней и высокой кратности обладает преимуществами перед низкократной пеной: она имеет меньшую плотность и поэтому менее вероятно ее погружение внутрь горючего; пеной средней или высокой кратности можно осуществлять не только поверхностное, но и объемное тушение. Такой способ широко применяют при тушении пожаров в подвалах, кабельных каналах и т. п.

Пена низкой кратности имеет ограниченное применение и рекомендуется в основном для тушения пожаров жидкостей в резервуарах, оборудованных ус-

тановками подачи пены через слой горючего, а также для охлаждения соседнего с горящим оборудования.

**Объемное тушение инертными газообразными разбавителями воздуха** основано на создании в защищаемом объекте среды, не поддерживающей горения, и является одним из наиболее эффективных способов защиты помещений от пожаров. Наряду с возможностью быстрого тушения этот способ обеспечивает предупреждение взрыва при накоплении в помещении газов и паров. К инертным разбавителям относятся диоксид углерода ( $\text{CO}_2$ ), фторсодержащие углеводороды (хладоны: 23 —  $\text{CF}_3\text{H}$ , 125 —  $\text{C}_2\text{F}_5\text{H}$ , 236 —  $\text{C}_3\text{F}_6\text{H}_2$ , 227 —  $\text{C}_3\text{F}_7\text{H}$ ), азот ( $\text{N}_2$ ), аргон ( $\text{Ar}$ ), водяной пар ( $\text{H}_2\text{O}$ ), дымовые газы, инерген — смесь  $\text{N}_2$ ,  $\text{CO}_2$  и  $\text{Ar}$ . Тушение при разбавлении среды инертными разбавителями связано с потерями тепла на нагревание этих разбавителей и снижением скорости горения и тепловыделения.

В тех случаях, когда нельзя применять диоксид углерода, используют азот или аргон, причем последний — при наличии образования нитридов металлов, имеющих взрывчатые свойства (нитриды магния, алюминия, лития, циркония и др.). Для большинства веществ огнетушащая концентрация диоксида углерода составляет от 20 до 30 об. %.

**Тушение галоидоуглеводородными составами.** К таким огнетушащим веществам относятся составы на основе галоидопроизводных предельных углеводородов, в которых атомы водорода замещены полностью или частично атомами галоидов.

Огнетушащая эффективность галоидоуглеводородов повышается при прочих равных условиях при замещении атома водорода атомом галоида в следующей последовательности:  $\text{F} < \text{Cl} < \text{Br} < \text{I}$ . При введении фтора в молекулу галоидоуглеводородного ингибитора повышается его стабильность, уменьшаются горючесть, токсичность и коррозионная активность. Из подобных галоидоорганических соединений до недавнего времени наиболее широкое применение находили трифторбромметан, дифторхлорбромметан, дибромтетрафторэтан, дибромдифторметан.

Галоидоуглеводороды являются летучими соединениями. Они плохо растворяются в воде, но хорошо смешиваются со многими органическими веществами. Хладоны имеют высокую плотность как в жидком, так и газообразном состоянии, что обеспечивает возможность создания струи и проникновения капель в пламя, а также удержание паров около очага горения. Низкие температуры замерзания позволяют применять их при минусовых температурах. Хладоны обладают хорошими диэлектрическими свойствами, поэтому их можно использовать для тушения пожаров электрооборудования, находящегося под напряжением. Наряду с положительными качествами составы на основе хладонов имеют и недостатки. Эти вещества могут оказывать токсическое воздействие на человека. Причем если сами хладоны действуют на организм человека как слабые наркотические яды, то продукты их термического разложения характеризуются сравнительно высокой токсичностью.

Наиболее существенный недостаток некоторых хладонов — экологическая вредность, обусловливаемая их озоноразрушающим действием. К числу

таких озоноразрушающих веществ относятся бром- и хлорсодержащие хладоны. Фтор- и йодсодержащие хладоны не обладают этим свойством.

Огнетушащие составы на основе хладонов используются для защиты от пожаров вычислительных центров, особо опасных цехов химических предприятий, окрасочных камер, сушилок, складов с горючими жидкостями, архивов, музейных залов и других очень ценных объектов или объектов повышенной пожаро- и взрывоопасности. К достоинствам этих составов относится также и то, что ими можно не только быстро тушить пожар, но и эффективно предупреждать возможность взрыва и даже подавлять возникший взрыв газо- и паровоздушной смеси.

**Тушение порошками.** Огнетушащие порошки представляют собой мелко измельченные минеральные соли с различными добавками, препятствующими слеживаемости и комкованию. Они обладают преимуществами перед другими огнетушащими веществами: высокой огнетушащей способностью, превышающей способность таких сильных ингибиторов горения, как галоидоуглеводороды; универсальностью применения, так как порошки подавляют горение материалов, которые невозможно тушить водой и другими веществами (например, металлы и некоторые металлосодержащие соединения); возможностью применения разных способов пожаротушения, предупреждения (флегматизации) и подавления взрыва.

Химический состав порошков характеризует как их огнетушащее действие, так и эксплуатационные свойства. Такие соли, как, например, иодиды и бромиды щелочных металлов, фосфат аммония, обладают хорошими огнетушащими свойствами, но гигроскопичны и в сильной степени подвержены слеживаемости. Другие соли, например фториды металлов, сульфат аммония, обладают хорошими эксплуатационными свойствами, но не способны эффективно тушить пламя. При разработке огнетушащих порошков подбирают соли, которые удовлетворяют обоим требованиям, или подвергают соли специальной обработке.

**Аэрозольное пожаротушение.** Аэрозольное пожаротушение заключается в заполнении защищаемого объема аэрозольным огнетушащим составом (АОС), образуемым сжиганием твердотопливной композиции (ТТК).

Наряду с достоинствами (возможность тушения пожаров подкласса А1 — тлеющие материалы) аэрозольное пожаротушение имеет два существенных недостатка: высокая степень нагретости аэрозоля и сильный форс открытого пламени, сопровождающий образование аэрозоля.

**Аэрозольные огнетушащие составы.** Для целей пожаротушения используют системы объемного аэрозольного тушения и локализации пожаров (САТ) на основе генераторов огнетушащего аэрозоля (ГОА), образующих аэрозольный огнетушащий состав (АОС). Огнетушащий состав получается сжиганием твердотопливной композиции (ТТК) окислителя и восстановителя. В качестве окислителя обычно используются неорганические соединения щелочных металлов (преимущественно нитрат калия ( $\text{KNO}_3$ ) и перхлорат калия ( $\text{KClO}_4$ ), в качестве горючего-восстановителя — органические смолы (эпоксидный идиол и т. п.). Эти ТТК могут гореть без доступа воздуха.

Образуемый в качестве продукта сгорания аэрозоль состоит из газовой фазы (преимущественно диоксида углерода) и взвешенной конденсированной фазы в виде тончайшего порошка, аналогичного огнетушащим порошкам на основе хлорида и карбоната калия. АОС отличается от обычных порошков значительно большей дисперсностью (примерно в 50 раз), поэтому заранее изготавливать и хранить порошок с размером частиц  $10^{-6}$  м из-за склонности к слеживанию практически невозможно. Благодаря высокой дисперсности огнетушащая способность АОС в 5–8 раз превышает огнетушащую способность порошков и хладонов и более чем на порядок — диоксида углерода и азота.

**Тушение комбинированными составами.** Тушение основано на сочетании свойств различных огнетушащих средств. Перспективна разработка комбинированных огнетушащих составов, т. е. таких веществ, которые соединяли бы в себе свойства различных классов огнетушащих средств. При их использовании огнетушащая способность одного компонента состава дополняется огнетушащей способностью другого, кроме того, улучшаются условия доставки огнетушащего вещества на место пожара.

Наиболее эффективные составы — комбинации носителя с сильным ингибитором горения (водно-хладоновая эмульсия, комбинации воздушно-механической пены с хладоном). Для объемного тушения применяют азотно-хладоновый и углекислотно-хладоновый составы (снижают в 4–5 раз расход бром-хладонов).

### 22.3.

## ПЕРВИЧНЫЕ СРЕДСТВА ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ

Здания и сооружения должны быть обеспечены первичными средствами пожаротушения. Номенклатура, количество и места размещения первичных средств пожаротушения устанавливаются в зависимости от вида горючего материала, объемно-планировочных решений здания, сооружения, параметров окружающей среды и мест размещения обслуживающего персонала.

К первичным средствам пожаротушения относятся внутренние пожарные краны, различного типа огнетушители, песок, войлок, кошма, асбестовое полотно. Применяют первичные средства пожаротушения для тушения небольших очагов пожара (очаг пожара — это место первоначального возникновения пожара) и предназначены для локализации или тушения пожара на начальной стадии его развития, т. е. когда пожар не вышел за границы места первоначального возникновения.

*Внутренний пожарный кран* — элемент внутреннего пожарного водопровода. Он должен быть расположен на высоте 1,35 м от пола на лестничных клетках у входов, в коридорах. Пожарный кран снабжается рукавом диаметром 50 мм, длиной 10 или 20 м. В каждом защищаемом помещении должно быть не менее двух пожарных кранов. Расход воды на работу внутренних пожарных кранов принимается исходя из условия подачи воды на одну или две струи. Производительность каждой струи должна быть не менее 2,5 л/с.

**Огнетушитель** — это переносное или передвижное устройство для тушения очага пожара за счет выпуска запасенного огнетушащего вещества.

Современная классификация огнетушителей производится по следующим показателям: по способу доставки к очагу пожара; по видам применяемых ОТВ; по принципу вытеснения ОТВ; по значению рабочего давления вытесняющего газа; по возможности и способу восстановления технического ресурса; по назначению тушения пожаров различных классов.

*По способу доставки* к очагу пожара огнетушители делятся на переносные (массой до 20 кг) и передвижные (массой не менее 20 кг, но не более 400 кг).

Наличие колес или тележки является отличительной особенностью передвижных огнетушителей.

Огнетушители по *видам применяемых огнетушащих веществ* бывают нескольких видов.

1. **Водные (ОВ).** По виду выходящей струи подразделяют на:

- огнетушители с компактной струей — ОВ(К);
- огнетушители с распыленной струей (средний диаметр капель более 100 мкм) — ОВ(Р);
- огнетушители с мелкодисперсной распыленной струей (средний диаметр капель менее 100 мкм) — ОВ(М).

2. **Пенные.** Подразделяются на:

- химические пенные (ОХП) — с зарядом химических веществ, которые в момент приведения огнетушителя в действие вступают в реакцию с образованием пены и избыточного давления;
- воздушно-пенные (ОВП) — с зарядом водного раствора пенообразующих добавок и специальным насадком, в котором за счет эжекции воздуха образуется и формируется струя воздушно-механической пены.

Огнетушители воздушно-пенные по параметрам формируемого ими пенного потока подразделяют на: низкой кратности, кратность пены от 5 до 20 включительно — ОВП(Н); средней кратности, кратность пены свыше 20 до 200 включительно — ОВП(С).

В зависимости от химической природы заряда воздушно-пенные огнетушители подразделяются на:

- углеводородные — с ОВП(У) зарядами;
- фторсодержащие — с ОВП(Ф) зарядами.

3. **Порошковые (ОП).** Огнетушащие порошки в зависимости от классов пожара, которые ими можно потушить, делятся на:

- порошки типа АВСЕ, основной активный компонент — фосфорно-аммонийные соли;
- порошки типа ВСЕ, основной компонент — бикарбонат натрия или калия, сульфат калия, хлорид калия, сплав мочевины с солями угольной кислоты и т. д.;
- порошки типа Д, основной компонент — хлорид калия, графит и т. д.

В зависимости от назначения порошковые составы делятся на порошки общего назначения (типа АВСЕ, ВСЕ) и порошки специального назначения



(которые тушат, как правило, не только пожар класса Д, но и пожары других классов).

4. *Газовые*, подразделяются на:

- углекислотные (ОУ) — с зарядом диоксида углерода.
- хладоновые (ОХ) — с зарядом огнетушащего вещества на основе галоидированных углеводородов.

5. *Комбинированные* с зарядом двух различных огнетушащих веществ (например, порошок и раствор пенообразователя), которые находятся в разных емкостях огнетушителя.

Все огнетушители по *возможности восстановления технического ресурса* подразделяют на: перезаряжаемые и ремонтируемые и неперезаряжаемые.

По *принципу вытеснения огнетушащего вещества* огнетушители делятся на:

- закачные (заряд огнетушащего вещества и корпус огнетушителя постоянно находятся под давлением вытесняющего газа или паров огнетушащего вещества);
- с баллоном сжатого или сжиженного газа (избыточное давление в корпусе огнетушителя создается сжатым или сжиженным газом, содержащимся в баллоне, располагаемом внутри корпуса огнетушителя или снаружи);
- с газогенерирующим элементом (избыточное давление в корпусе создается в результате выделения газа в ходе химической реакции между компонентами заряда специального элемента огнетушителя);
- с термическим элементом (подача огнетушащего вещества осуществляется в результате теплового воздействия на огнетушащее вещество электрического тока или продуктов химической реакции компонентов специального элемента);
- с эжектором (подача огнетушащего вещества происходит в результате эжекции огнегасительного вещества потоком выходящего газа).

В качестве газа для *вытеснения* огнетушащего вещества из огнетушителей закачного типа и для газовых баллонов огнетушителей применяются воздух, азот, диоксид углерода, инертные газы (гелий, азот) или их смеси.

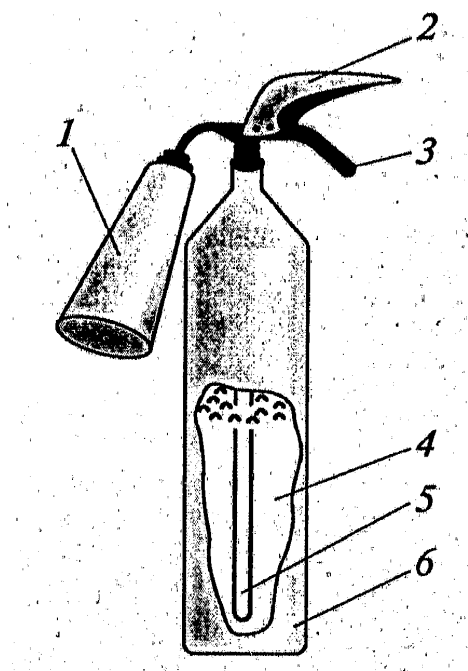
По *значению рабочего давления* вытесняющего газа огнетушители подразделяются на: огнетушители низкого давления (рабочее давление ниже или равно 2,5 МПа при температуре окружающей среды  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ ; огнетушители высокого давления (рабочее давление выше 2,5 МПа при температуре окружающей среды  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ ).

По *назначению*, в зависимости от вида заряженного огнетушащего вещества, огнетушители подразделяют: для тушения загорания твердых горючих веществ (класс пожара А); для тушения загорания жидких горючих веществ (класс пожара В); для тушения загорания газообразных горючих веществ (класс пожара С); для тушения загорания металлов и металлосодержащих веществ (класс пожара Д); для тушения загорания электроустановок, находящихся под напряжением (класс пожара Е).

Огнетушители могут быть предназначены для тушения нескольких классов пожара.

К введению в эксплуатацию допускаются только полностью заряженные и опломбированные передвижные огнетушители, снабженные биркой с указанием даты (месяц и год) зарядки, даты очередной перезарядки и технического освидетельствования.

Рассмотрим отдельно *углекислотные огнетушители*. Они предназначены для тушения загораний различных веществ, горение которых не может происходить без доступа воздуха (рис. 22.1).



**Рис. 22.1**

Устройство переносного углекислотного огнетушителя:

- 1 — раструб; 2 — запорно-пусковое устройство; 3 — ручка для переноски;  
4 — диоксид углерода; 5 — сифонная трубка; 6 — стальной баллон.

Работа огнетушителя основана на вытеснении заряда диоксида углерода под действием собственного избыточного давления, которое задается при наполнении огнетушителя. Диоксид углерода находится в баллоне под давлением 5,7 МПа (58 кгс/см<sup>2</sup>) при температуре окружающего воздуха 20°C. Максимальное рабочее давление в баллоне при температуре 50°C не должно превышать 15 МПа (150 кгс/см<sup>2</sup>).

При открывании запорно-пускового устройства (нажатии на рычаг) заряд СО<sub>2</sub> по сифонной трубке поступает в раструб. При этом происходит переход диоксида углерода из сжиженного состояния в снегообразное (твердое), сопровождающийся резким понижением температуры до -72°C. Огнетушащее действие углекислоты основано на охлаждении зоны горения и разбавлении горючей парогазовоздушной среды инертным (негорючим) веществом до концентраций, при которых происходит прекращение реакции горения.

Огнетушители следует располагать таким образом, чтобы они были защищены от воздействия прямых солнечных лучей, тепловых воздействий и других неблагоприятных факторов (вибрация, агрессивная среда, повышенная

влажность и т. д.). Они должны быть хорошо видны и легкодоступны в случае пожара. Предпочтительно размещать огнетушители вблизи мест наиболее вероятного возникновения пожара, вдоль путей прохода, а также около выхода из помещения. Огнетушители не должны препятствовать эвакуации людей во время пожара. Для размещения первичных средств пожаротушения в производственных и складских помещениях, а также на территории защищаемых объектов должны оборудоваться пожарные щиты (пункты).

В помещениях, насыщенных производственным или другим оборудованием, заслоняющим огнетушители, должны быть установлены указатели их местоположения. Расстояние от возможного очага пожара до ближайшего огнетушителя (ППБ 01) не должно превышать 20 м для общественных зданий и сооружений; 30 м — для помещений категорий А, Б и В, 40 м — для помещений категорий В и Г; 70 м — для помещений категории Д.

Рекомендуется переносные огнетушители устанавливать на подвесных кронштейнах или в специальных шкафах. Огнетушители должны располагаться так, чтобы основные надписи и пиктограммы, показывающие порядок приведения их в действие, были хорошо видны и обращены наружу или в сторону наиболее вероятного подхода к ним. Запорно-пусковое устройство огнетушителей или дверцы шкафа (в случае их размещения в шкафу) должны быть опломбированы.

## 22.4.

### УСТАНОВКИ ПОЖАРОТУШЕНИЯ

В общем случае под установками пожаротушения понимается совокупность стационарных технических средств для тушения пожара за счет выпуска огнетушащих веществ.

По способу приведения в действие установок они подразделяются на ручные (с ручным способом приведения в действие) и автоматические.

**Автоматические и автономные установки пожаротушения.** Применение автоматических и/или автономных установок пожаротушения должно обеспечивать достижение одной или нескольких из следующих целей: ликвидация пожара в помещении (здании) до возникновения критических значений опасных факторов пожара; ликвидация пожара в помещении (здании) до наступления пределов огнестойкости строительных конструкций; ликвидация пожара в помещении (здании) до причинения максимально допустимого ущерба защищаемому имуществу; ликвидация пожара в помещении (здании) до наступления опасности разрушения технологических установок.

Тип автоматической и/или автономной установки пожаротушения, вид огнетушащего вещества и способ его подачи в очаг пожара определяются в зависимости от вида горючего материала, объемно-планировочных решений здания, сооружения и параметров окружающей среды. При этом все автоматические установки пожаротушения (кроме спринклерных) могут приводиться в действие ручным и автоматическим способами. Спринклерные установки пожаротушения приводятся в действие исключительно автоматически.

Установки пожаротушения в зависимости от принципа тушения (создание огнетушащей среды в объеме защищаемого помещения или воздействие на горящую поверхность) подразделяют на установки *объемного* и *поверхностного* пожаротушения.

Отличительной особенностью *автоматических* установок пожаротушения (АУП) является выполнение ими одновременно и функций автоматической пожарной сигнализации.

Автоматические установки пожаротушения должны обеспечивать: срабатывание в течение времени менее начальной стадии развития пожара (критического времени свободного развития пожара); локализацию пожара в течение времени, необходимого для введения в действие оперативных сил и средств; тушение пожара с целью его ликвидации; интенсивность подачи и/или концентрацию огнетушащего вещества; требуемую надежность функционирования (локализацию, тушение).

АУП должны быть оснащены устройствами выдачи звукового и светового сигналов оповещения о пожаре; контроля давления (уровня) в заполненных трубопроводах и емкостях, содержащих огнетушащее вещество, и/или контроля массы огнетушащего вещества (кроме модульных АУП); подачи огнетушащего вещества от передвижной пожарной техники (для водяных и пенных АУП); подвода газа и/или жидкости для промывки (продувки) трубопроводов и при проведении испытаний; монтажа и обслуживания оросителей и трубопроводов при заданной высоте их размещения.

АУП должны обеспечивать при объемном пожаротушении формирование командного импульса на автоматическое отключение вентиляции и перекрытие при необходимости проемов в смежные помещения до начала выпуска огнетушащего вещества в защищаемое помещение; на самозакрывание дверей; на задержку подачи огнетушащего вещества в защищаемый объем на время, необходимое для эвакуации людей, но не менее чем на 30 с.

Установки пожаротушения классифицируются:

*по способу пуска:*

- автоматическая установка пожаротушения с дублирующим ручным пуском (местным и/или дистанционным);
- автоматическая установка пожаротушения без дублирующего ручного пуска;
- ручная установка пожаротушения (с местным и/или дистанционным пуском);

*по принципу тушения:*

- установки тушения по площади (распыленная вода, пена, порошки);
- установки объемного тушения (диоксид углерода, галогенпроизводные и инертные газы, пар и пена высокой кратности);
- установки локального тушения, располагаемые вблизи возможного очага пожара (огнетушащие вещества любого типа);
- установки блокирующего действия (рекомендуются для предотвращения распространения огня на другие объекты или исключения теплового воздействия на близлежащие технологические аппараты).

Продолжительность работы установок локализации и блокирования объектов от пожара определяется временем, необходимым для ликвидации возникшей аварии и развертывания передвижной техники пожарных подразделений;

*по виду огнетушащего средства:*

- установка водяного пожаротушения (спринклерная, дренчерная, лафетными стволами);
- установка пенного пожаротушения (спринклерная, дренчерная);
- установка порошкового пожаротушения;
- установка газового ( $\text{CO}_2$ , хладонового, азотного, парового) пожаротушения.

Автоматические установки пожаротушения (АУПТ) классифицируются по:

- *конструктивному исполнению*: спринклерные, дренчерные, агрегатные, модульные;
- *виду огнетушащего вещества*: водяные, пенные, газовые и порошковые;
- *продолжительности пуска*: сверхбыстродействующие (безынерционные, продолжительность пуска — до 0,1 с); быстродействующие (безынерционные, продолжительность пуска — до 0,1–3 с); средней инерционности (продолжительность пуска — 3–30 с); инерционные (продолжительность пуска — свыше 30 с).

Необходимость применения и выбор типа АУПТ обуславливается уровнем пожарной опасности конкретного объекта с учетом скорости развития пожара в начальной стадии и экономической целесообразности их применения.

*По назначению* установки подразделяются на установки для предупреждения, тушения пожаров, сдерживания горения (установки локализации пожаров) и блокирования объектов от пожаров.

Установки для предупреждения пожаров предназначены для введения в опасную зону огнетушащих (флегматизирующих) средств или изменения режима работы технологического агрегата аппарата) и тем самым предотвращения возникновения пожара.

Установки для тушения пожаров предназначены для полной локализации возникших очагов горения огнетушащим средством или создания условий, в которых горение прекращается.

Установки локализации пожаров предназначены для сдерживания развития очага горения воздействием огнетушащих средств на огонь до прибытия передвижной пожарной техники и аварийно-спасательных служб предприятия.

Установки блокирования от пожаров предназначены для защиты объектов от опасного воздействия возникающих при пожаре высоких температур. Эти установки применяют для охлаждения и создания завес.

Устройства ручного пуска должны быть защищены от случайного приведения их в действие и механического повреждения и должны находиться вне возможной зоны горения.

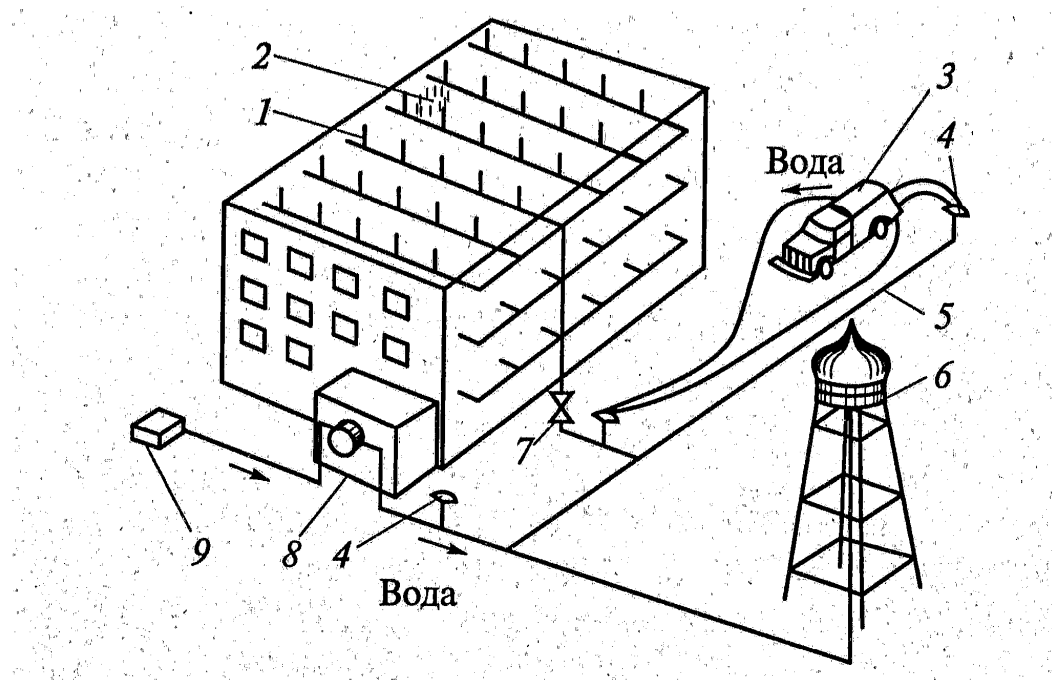
Автоматические установки жидкостного и пенного пожаротушения должны обеспечивать: своевременное обнаружение пожара и автоматический запуск установки пожаротушения; подачу воды, водного раствора или других огнетушащих жидкостей из оросителей (спринклерных, дренчерных) либо на-

сажков с требуемой интенсивностью подачи огнетушащей жидкости; подачу пены из пеногенерирующих устройств автоматических установок пенного пожаротушения с требуемыми кратностью и интенсивностью подачи пены.

**Водяные автоматические установки пожаротушения** находят применение в различных отраслях народного хозяйства и используются для защиты объектов, где перерабатываются и хранятся такие вещества и материалы, как хлопок, древесина, ткани, пластмассы, лен, резина, горючие и сыпучие вещества, огнеопасные жидкости. Эти установки применяют также для защиты технологического оборудования, кабельных сооружений. По конструктивному исполнению водяные АУП подразделяются на спринклерные и дренчерные.

**Спринклерная установка пожаротушения** представляет собой АУП (рис. 22.2), оборудованную спринклерными оросителями. Спринклерный ороситель — устройство для разбрызгивания или распыливания воды или водных растворов, снабженное запорным устройством выходного отверстия, вскрывающимся при срабатывании теплового замка. Под тепловым замком понимается запорный термочувствительный элемент, открывающийся при определенном значении температуры (рис. 22.3).

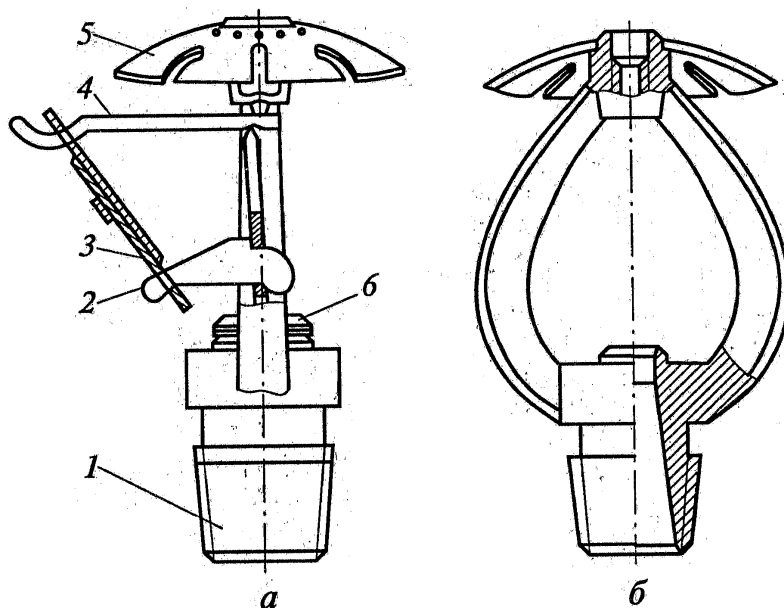
Различают водозаполненные и воздушные установки. Для помещений с минимальной температурой воздуха  $5^{\circ}\text{C}$  и выше рекомендуется применять спринклерные водозаполненные установки пожаротушения, у которых все трубопроводы заполнены водой (водным раствором).



**Рис. 22.2**

Принципиальная схема автоматической установки водяного тушения пожаров:

- 1 — закрытый ороситель; 2 — действующий ороситель; 3 — автонасос;
- 4 — пожарный гидрант; 5 — водонапорная сеть; 6 — водонапорная башня;
- 7 — контрольно-сигнальное устройство; 8 — водопитатель;
- 9 — водоисточник.



**Рис. 22.3**

Водяные оросители:

*a* — спринклер ОВС; *б* — дренчер ОВД; 1 — насадок; 2 — рычаг;  
3 — легкоплавкий элемент; 4 — дуга; 5 — розетка; 6 — клапан.

Для неотапливаемых помещений зданий с минимальной температурой ниже  $5^{\circ}\text{C}$  должны быть использованы спринклерные воздушные установки пожаротушения, у которых только подводящий трубопровод заполнен водой (водным раствором), а остальные — воздухом под давлением.

Один из недостатков спринклерной системы — инерционность. Замки разрушаются через 2–3 мин с момента повышения температуры, кроме того, вскрываются лишь те замки, которые оказались в зоне повышенных температур, в то время как иногда эффективнее подавать воду сразу на всю площадь защиты.

Этих недостатков лишена **дренчерная установка пожаротушения**. Дренчеры, т. е. спринклерные головки без легкоплавких замков, устанавливаются на трубопроводах, монтируемых под перекрытиями. В обычное время трубопроводы не заполнены огнегасительным веществом. Установка включается либо вручную, либо по сигналам от одного из видов технических средств (побудительных систем, установок пожарной сигнализации, датчиков технологического оборудования).

**Автоматические установки пенного пожаротушения.** Получили наибольшее распространение в химической, нефтехимической промышленности. Они отличаются от водяных установок устройствами для получения пены (оросители, пеногенераторы), наличием в установке пенообразователя и системой его дозирования. Остальные элементы и узлы аналогичны установкам водяного пожаротушения. Установки должны обеспечивать заполнение защищаемого помещения пеной до высоты, превышающей самую высокую точку оборудования не менее чем на 1 м в течение не более 10 мин.

**Установки пожаротушения тонкораспыленной водой** применяются для поверхностного и локального по поверхности тушения очагов пожара классов А и В. Модульная установка пожаротушения тонкораспыленной водой состоит из одного или нескольких модулей, способных самостоятельно выполнять функцию пожаротушения, размещенных в защищаемом помещении или рядом с ними и объединенных единой системой обнаружения пожара и приведения в действие. Тушение производится тонкораспыленными струями воды (размер капель — до 1000 мкм).

**Автоматические установки газового пожаротушения** являются эффективными и в ряде случаев единственными средствами ликвидации пожаров. Газовое пожаротушение не вызывает коррозии защищаемого оборудования, не наносит ущерба защищаемому объекту, а последствия его применения легко устранимы путем простого проветривания. Технологическая часть установки в зависимости от способа хранения газового огнетушащего вещества и конструктивного исполнения содержит: *модульную установку* (модули газового пожаротушения, распределительные трубопроводы, насадки); *централизованную установку* (батареи газового пожаротушения, модули и изотермические резервуары, размещенные в помещении станции пожаротушения, коллектор — в станции пожаротушения и установленные на нем распределительные устройства, магистральный и распределительный трубопроводы, насадки). В состав технологической части установки может входить побудительная система.

**Установки порошкового пожаротушения модульного типа** могут применяться для локализации или тушения пожара на защищаемой площади, локального тушения на части площади или объема, тушения всего защищаемого объема. В зависимости от конструкции модуля порошкового пожаротушения установки могут быть с распределительным трубопроводом или без него. Локальная защита отдельных производственных зон, участков, агрегатов и оборудования производится в помещениях со скоростью воздушных потоков не более 1,5 м/с или с параметрами, указанными в технической документации. Установка должна обеспечить задержку выпуска порошка на время, необходимое для эвакуации людей из защищаемого помещения, отключение вентиляции, закрытие заслонок (противопожарных клапанов), но не менее 30 с от момента включения в помещении устройств оповещения об эвакуации.

**Установки аэрозольного пожаротушения** применяются для тушения (ликвидации) пожаров подкласса А2 и класса В объемным способом в помещениях объемом до 10 000 м<sup>3</sup>, высотой не более 10 м, не превышающих допустимый параметр негерметичности. При этом допускается наличие в указанных помещениях горючих материалов, горение которых относится к пожарам подкласса А1, в количествах, тушение пожара которых может быть осуществлено штатными ручными средствами.

Установка включает в себя пожарные извещатели, приборы и устройства контроля и управления, устройства, обеспечивающие электропитание, шлейфы пожарной сигнализации, генераторы огнетушащего аэрозоля, устройства, формирующие и выдающие командные импульсы, устройства звуковой и световой сигнализации и оповещения о срабатывании установки, устройства для блоки-



ровки автоматического пуска установки с индикацией заблокированного состояния при открывании дверей в защищаемое помещение.

**Автономные установки пожаротушения** — это установки, автоматически осуществляющие обнаружение и тушение очагов пожара независимо от внешних источников питания и систем управления и одновременно выполняющие функции оповещения о пожаре или срабатывании установки пожаротушения. По виду огнетушащего вещества они подразделяются на аэрозольные, водяные, пенные, газовые, порошковые и комбинированные. В их состав входят: устройства, выполняющие функции хранения и подачи огнетушащего вещества, устройства обнаружения очагов пожара, устройства, обеспечивающие автоматический пуск, средства, выдающие сигнал о пожаре или срабатывании установки.

В настоящее время стали применяться **роботизированные установки пожаротушения и автоматические установки сдерживания пожара**. Первые должны обеспечивать: обнаружение и ликвидацию или ограничение распространения пожара за пределы очага без непосредственного присутствия человека в зоне работы установки; возможность дистанционного управления установкой и передачи оператору информации с места работы установки; возможность выполнения установкой своих функций в условиях воздействия опасных факторов пожара или взрыва, радиационного, химического или иного опасного для человека и окружающей среды воздействия. Вторые должны обеспечивать снижение скорости увеличения площади пожара и образования его опасных факторов. Вид огнетушащих веществ, используемых в автоматических установках сдерживания пожара, определяется особенностями объекта защиты, вида и размещения пожарной нагрузки.

## 22.5.

### СИСТЕМЫ ОПОВЕЩЕНИЯ ЛЮДЕЙ О ПОЖАРЕ

С целью своевременного оповещения о возникновении пожара, эвакуации персонала, включении систем пожаротушения, а также вызова пожарных команд действует система оповещения, пожарной сигнализации и связи СП 3.13130.2009 «Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре».

Оповещение людей о пожаре, управление эвакуацией людей и обеспечение их безопасной эвакуации при пожаре в зданиях и сооружениях должны осуществляться одним из следующих способов или комбинацией следующих способов: подача световых, звуковых и/или речевых сигналов во все помещения с постоянным или временным пребыванием людей; трансляция специально разработанных текстов о необходимости эвакуации, путях эвакуации, направлении движения и других действиях, обеспечивающих безопасность людей и предотвращение паники при пожаре; размещение и обеспечение освещения знаков пожарной безопасности на путях эвакуации в течение нормативного времени; включение эвакуационного (аварийного) освещения; дистанционное

открывание запоров дверей эвакуационных выходов; обеспечение связью пожарного поста (диспетчерской) с зонами оповещения людей о пожаре; иные способы, обеспечивающие эвакуацию.

Система оповещения (СО) должна включать в себя систему автоматической пожарной защиты (АПЗ) в здании, выполняющую задачу обнаружения пожара и формирования управленческих сигналов для СО.

Число оповещателей, их расстановка и мощность должны обеспечивать необходимую слышимость во всех местах постоянного или временного пребывания людей.

Управление системой оповещения должно осуществляться из помещения пожарного поста, диспетчерской или другого специального помещения.

## **СРЕДСТВА ПОЖАРНОЙ И ОХРАННО-ПОЖАРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ**

**Извещатели пожарные (ПИ)** являются ключевым компонентом систем пожарной сигнализации, так как именно они выполняют функцию обнаружения возгорания. Под пожарным извещателем понимается устройство для формирования сигнала о пожаре, устанавливаются они непосредственно на защищаемом объекте и служат для передачи тревожного извещения (или отображения информации об обнаружении загораний) на приемно-контрольный пожарный прибор.

По способу приведения в действие пожарные извещатели подразделяют на автоматические и ручные, по виду контролируемого признака пожара — на тепловые; дымовые; пламени; газовые; комбинированные, по характеру реакции на контролируемый признак пожара — на максимальные; дифференциальные; максимально-дифференциальные.

По принципу действия дымовые ПИ подразделяют на ионизационные, оптические. По принципу действия дымовые ионизационные пожарные извещатели подразделяют на радиоизотопные, электроиндукционные.

По конфигурации измерительной зоны дымовые оптические пожарные извещатели подразделяют на точечные, линейные.

По конфигурации измерительной зоны тепловые пожарные извещатели подразделяют на точечные, многоточечные, линейные.

По области спектра электромагнитного излучения, воспринимаемого чувствительным элементом, пожарные извещатели пламени подразделяют на ультрафиолетового спектра излучения, инфракрасного спектра излучения, видимого спектра излучения, многодиапазонные.

По способу электропитания пожарные извещатели подразделяют на питаемые по шлейфу, питаемые по отдельному проводу, автономные.

По возможности установки адреса в пожарные извещатели их подразделяют на адресные, неадресные.

**Извещатели пожарные тепловые** используются для защиты помещений, горячая нагрузка которых обеспечивает большое тепловыделение при пожаре, а также там, где применение других типов извещателей будет неэффек-

тивно (малое дымообразование горючей нагрузки, высокий уровень запыленности, наличие оптических помех и пр.). Они реагируют на определенное значение температуры и/или скорости ее нарастания.

**Извещатели пожарные дымовые**, к которым относятся оптико-электронные (реагируют на продукты горения, способные воздействовать на поглощающую или рассеивающую способность излучения в инфракрасном, ультрафиолетовом или видимом диапазоне электромагнитного спектра) и радиоизотопные (ионизационные) извещатели (принцип действия которых основан на регистрации изменений ионизационного тока, возникающих в результате воздействия на него продуктов горения).

**Извещатели пожарные пламени** — это приборы, реагирующие на электромагнитное излучение пламени или тлеющего очага. Широко применяются в тех отраслях промышленности, где используются взрывчатые материалы, легковоспламеняющиеся жидкости, горючие газы.

**Извещатели пожарные газовые** представляют собой приборы, реагирующие на газы, выделяющиеся при тлении или горении материалов.

**Извещатели пожарные автономные** предназначены для применения в качестве автоматических средств обнаружения пожара и сигнализации о пожаре в помещениях зданий и сооружений различного назначения (в том числе жилых) самостоятельно или в составе автономной системы пожарной сигнализации. Под автономным понимается пожарный извещатель, реагирующий на определенный уровень концентрации аэрозольных продуктов горения (пиролиза) веществ и материалов и других факторов пожара, в корпусе которого конструктивно объединены автономный источник питания и все компоненты, необходимые для обнаружения пожара и непосредственного оповещения о нем.

**Извещатели пожарные ручные** являются обязательным компонентом любой системы пожарной сигнализации. Их назначение — подача сигнала о пожаре при его обнаружении персоналом здания. Он представляет собой устройство для ручного включения сигнала пожарной тревоги в системах пожарной сигнализации и пожаротушения. Извещатель снабжен приводным элементом (рычаг, кнопка, хрупкий элемент или иное приспособление), предназначенным для перевода извещателя при помощи механического воздействия из дежурного режима в режим выдачи тревожного извещения.

Для приема сигналов от пожарных извещателей, обеспечения электропитанием активных (токопотребляющих) пожарных извещателей, выдачи информации на световые, звуковые оповещатели и пульта централизованного наблюдения, а также формирования стартового импульса запуска пожарных приборов управления предназначены специальные устройства — **пожарные приемно-контрольные приборы**. В свою очередь, пожарные приборы управления — это устройства, предназначенные для формирования сигналов управления автоматическими средствами пожаротушения, контроля их состояния, управления световыми и звуковыми оповещателями, а также различными информационными табло и мнемосхемами. Запуск пожарных приборов управления осуществляется от стартового импульса, формируемого пожарным приемно-контрольным прибором.

## **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. В чем различие поверхностного и объемного пожаротушения?
2. Что называется огнетушащим веществом? Что такое огнетушащая эффективность?
3. Преимущества и недостатки тушения водой.
4. Виды пен и их характеристика.
5. В чем особенность тушения порошками?
6. Перечислите первичные средства пожаротушения.
7. Классификация огнетушителей.
8. Опишите устройство углекислотного огнетушителя.
9. Правила безопасного размещения огнетушителей.
10. Какова цель применения автоматических и автономных установок пожаротушения?



## **Раздел VI**

# **ЗАЩИТА НАСЕЛЕНИЯ И ТЕРРИТОРИЙ ОТ ОПАСНОСТЕЙ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ**

## Глава 23

# ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ МИРНОГО ВРЕМЕНИ И ВОЕННОГО ХАРАКТЕРА

### 23.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Согласно Федеральному закону от 21.12.1994 «О защите населения и территорий от ЧС природного и техногенного характера» **под чрезвычайной ситуацией (ЧС)** понимается обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

Чрезвычайные ситуации как таковые не возникают сами по себе, а являются производными таких явлений техногенного или природного характера, как аварии, катастрофы, стихийные бедствия и другие подобные события. **Под аварией** понимается опасное происшествие на промышленном объекте или на транспорте, создающее угрозу жизни и здоровью людей и приводящее к разрушению производственных помещений и сооружений, повреждению или уничтожению оборудования, механизмов, транспортных средств, сырья и готовой продукции, к нарушению производственного процесса и нанесению ущерба окружающей среде.

**Под стихийным бедствием** понимается разрушительное природное и/или природно-техногенное явление, в результате которого может возникнуть или возникает угроза жизни и здоровью людей, происходит разрушение или уничтожение материальных ценностей и элементов окружающей среды.

**Под катастрофой** понимается крупная авария (стихийное бедствие), повлекшая за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей, разрушение или уничтожение объектов и других материальных ценностей в значительных размерах, а также приведшая к серьезному ущербу окружающей среде.

Природа исходного события влечет за собой, как правило, чрезвычайную ситуацию соответствующего вида (характера). Так, например, техногенная авария может привести и к ЧС техногенного характера.

Проявление какого-либо исходного события (явления) и на их основе ЧС определяется по известным критериям, позволяющим судить, что данное событие имеет место. Например, наличие такого события, как авария или происшествие определенного уровня с выбросом радиоактивных веществ (РВ) на радиационно опасном объекте, определяется критерием величины выброса в соответствующих единицах измерения. Наличие обильных осадков определяется такими критериями, как количество выпавших осадков и временем, за которое это событие произошло, и т. д. Не всякое исходное явление природного или техногенного характера можно считать чрезвычайной ситуацией.

Основой системы критериев, определяющих наличие ЧС и характеризующих их по масштабу и степени ущерба, является принцип фиксации количества пострадавших либо наличия того или иного материального ущерба, а также масштаба зоны бедствия данного события (Постановление Правительства РФ № 304 от 21.05.2007).

Выявление возможного количества пострадавшего населения и величины материального ущерба в показанной системе оценок ЧС может определяться методом прогнозирования с последующим уточнением фактических данных либо путем оценки фактической обстановки, если событие уже произошло.

## 23.2.

### КЛАССИФИКАЦИЯ И СТАДИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Каждая ЧС, наряду с присущими всем аналогичным ЧС характеристиками, имеет свойственные только ей причины возникновения, сценарий развития, особенности воздействия на человека и среду его обитания, масштабы и тяжесть последствий. Отсюда следует, что все ЧС можно классифицировать по большому количеству признаков, описывающих эти сложные явления с разных сторон (рис. 23.1).

По сфере возникновения ЧС классифицируются как техногенные, природные и экологические (рис. 23.2).

По *скорости распространения* ЧС можно разделить на внезапные (землетрясения, взрывы, транспортные аварии и т. д.); стремительные (пожары, гидродинамические аварии, аварии с выбросом ОХВ, применение химического оружия и т. п.); умеренные (паводковые, аварии с выбросом радиоактивных веществ и т. д.); плавные (засухи, аварии на промышленных очистных сооружениях, загрязнение почвы и воды вредными веществами).

При классификации ЧС по *масштабу* учитывают величину площади поражения, материальный ущерб и тяжесть последствий и различают локальные, муниципальные, межмуниципальные, региональные, межрегиональные и федеральные ЧС (табл. 23.1).



Таблица 23.1

## Классификация чрезвычайных ситуаций по масштабу

Чрезвычайные ситуации	Число пострадавших, чел.	Материальный ущерб, руб.	Распространение зоны ЧС
Локальные	< 10	< 100 тыс	В пределах территории объекта
Муниципальные	10–50	1–5 млн	В пределах одного поселения
Межмуниципальные	10–50	1–5 млн	В пределах двух и более поселений
Региональные	50–500	5–500 млн	Два субъекта РФ
Межрегиональные	50–500	> 500 млн	Более двух субъектов РФ
Федеральные	> 500	> 500 млн	—



Рис. 23.1

Основные признаки классификации чрезвычайных ситуаций  
невоенного характера



**Рис. 23.2**  
Типы и виды чрезвычайных ситуаций

Какими бы различными ни были ЧС, в своем развитии они все проходят четыре характерные стадии: зарождение, инициирование, кульминация и затухание.

Рассмотрим содержание каждой из стадий на примере техногенной ЧС.

На *стадии зарождения* создаются предпосылки будущей ЧС: активизируются неблагоприятные природные процессы, накапливаются технологические неполадки и проектно-производственные дефекты, происходят сбои в эксплуатации оборудования, работе инженерно-технического персонала и т. д. К их числу также относятся большие объемы хранения и переработки материалов (огнеопасных, горючих, нестабильных, коррозионных (едких), высокореактивных, токсичных, пылевидных, инертных и других веществ) и экстремальные физические условия производственного процесса (высокие и низкие темпера-

туры, высокое давление, вакуум, циклические изменения температуры и давления, гидравлические удары и т. п.).

Продолжительность стадии зарождения может быть определена весьма приблизительно, с использованием методологии теории надежности технических систем, теории риска, теории катастроф, теории регулярной статистики отказов, теории «локальных» аварий и т. д.

На *стадии инициирования* ЧС возникают технологические нарушения, связанные с выходом параметров процесса (давления, температуры, концентрации, скорости реакции, расхода вещества и т. д.) за критические значения. Происходят спонтанные реакции, разгерметизация трубопроводов, резервуаров, возможен отказ прокладок, коррозионное повреждение стенок. Возможно нарушение работы оборудования (насосов, клапанов, измерительных приборов, датчиков, блокировок). Обнаруживается неисправность систем обеспечения (электрической, водоснабжения, охлаждения, теплообмена, вентиляции и т. п.). Нельзя исключать внешние события, к числу которых следует отнести экстремальные погодные условия, стихийные бедствия, акты вандализма, диверсии и т. п. Наиболее существенным является человеческий фактор, поскольку более 60% аварий происходит из-за ошибок при проектировании, в процессе строительства и эксплуатации, при техническом обслуживании.

На *стадии кульминации* высвобождаются большие количества энергии и массы, причем даже небольшое иницирующее событие может привести в действие цепной механизм аварий с многократным увеличением мощности и масштабов (эффект домино). На этой стадии очень важно предсказать сценарий развития аварии, что позволит принять действенные меры защиты, избежать человеческих жертв или уменьшить их число, а также сократить наносимый ущерб.

*Стадия затухания* ЧС продолжается от момента устранения источника опасности до полной ликвидации последствий аварии, что может продолжаться годы и даже десятилетия (например, чернобыльская катастрофа).

Знание причинно-следственной цепи формирования ЧС в конкретных условиях уменьшит риск возникновения такой ситуации в будущем и, следовательно, повысит безопасность в ЧС.

Обеспечение безопасности жизнедеятельности в ЧС представляет собой комплекс организационных, инженерно-технических мероприятий и средств, направленных на сохранение жизни и здоровья человека во всех сферах его деятельности.

Основными направлениями в решении задач обеспечения безопасности жизнедеятельности в ЧС являются:

- прогнозирование и оценка возможных последствий ЧС;
- планирование мероприятий по предотвращению или уменьшению вероятности возникновения ЧС, а также масштабов их последствий;
- обеспечение устойчивой работы объектов народного хозяйства в ЧС;
- обучение персонала и населения специальным действиям в ЧС;
- ликвидация последствий ЧС.

### 23.3.

## **ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРА**

Опасные ситуации могут возникать на основе событий техногенного характера вследствие конструктивных недостатков объекта (сооружения, комплекса, системы, агрегата и т. д.), изношенности оборудования, низкой квалификации персонала, нарушения техники безопасности в ходе эксплуатации объекта и др.

ЧС техногенного характера могут протекать с загрязнением или без загрязнения окружающей среды.

Загрязнение окружающей среды может происходить при авариях на промышленных предприятиях с выбросом радиоактивных, химически опасных, биологически опасных веществ. К авариям с выбросом или угрозой выброса радиоактивных веществ (РВ) относятся аварии, происходящие на атомных станциях, ядерных научно-исследовательских реакторах, предприятиях ядерно-топливного цикла, атомных судах, при падении летательных аппаратов с ядерными энергетическими установками на борту, а также на предприятиях ядерно-оружейного комплекса. В результате таких аварий может возникнуть сильное радиоактивное загрязнение местности или акватории.

В качестве примеров ЧС данной группы можно привести аварии с выбросом РВ и загрязнением окружающей среды на ПО «Маяк» (1957), приведшую к гибели людей и загрязнению больших территорий, и на 4-м энергоблоке ЧАЭС (1986), не имевшую себе равных по количеству жертв, площади радиоактивного загрязнения и по продолжительности ее воздействия на окружающую среду.

Под авариями с выбросом (угрозой выброса) химически опасных веществ подразумеваются аварии на химически опасных объектах (ХОО) в сфере экономики, повлекшие за собой групповое поражение персонала объекта и населения, а также химическое заражение территории.

### **Аварии с выбросом аварийно химически опасных веществ (АХОВ).**

АХОВ — это опасное химическое вещество, применяемое в промышленности и сельском хозяйстве, при аварийном выбросе (разливе) которого может произойти заражение окружающей среды, приводящее к поражению людей и живой природы. В зависимости от путей поступления в организм человека и животных АХОВ подразделяются на ингаляционного (при поступлении через органы дыхания), перорального (при поступлении через желудочно-кишечный тракт) и кожно-резорбтивного (при поступлении через кожные покровы) действия. На многих объектах экономики АХОВ являются исходным сырьем, промежуточным и конечным продуктом либо побочной продукцией. Все запасы этих веществ хранятся в резервуарах базисных и расходных складов, содержатся в технологической аппаратуре, транспортных средствах (в трубопроводах, железнодорожных цистернах, контейнерах).

В зависимости от термодинамического состояния жидкости в емкости, находящейся при хранении, возможны три варианта протекания процесса при разгерметизации:

1) при больших перегревах жидкость может полностью переходить во взвешенное мелкодисперсное и парообразное состояние с образованием токсичных, вредных и пожароопасных смесей;

2) при низких энергетических параметрах жидкости происходит ее пролив на твердую поверхность, а испарение осуществляется путем теплоотдачи от твердой поверхности;

3) промежуточный режим, когда в начальный момент происходит резкое вскипание жидкости с образованием мелкодисперсной фракции, а затем наступает режим свободного испарения с относительно низкими скоростями.

Используемые в настоящее время в промышленности АХОВ можно подразделить на три типа: нейтральные (азот, гелий и др.), окислители (кислород, сероуглерод и др.), горючие (водород, метан). При выбросе в атмосферу каждого из них в зоне выброса создаются свои специфические опасности. Аварии с выбросом (угрозой выброса) АХОВ возможны: при их производстве, переработке, хранении (захоронении); аварии на транспорте при транспортировке АХОВ; аварии с химическими боеприпасами при их утилизации; утрате химических опасных веществ.

К авариям с выбросом (угрозой выброса) биологически опасных веществ относят аварии, повлекшие заражение обширных территорий биологически опасными веществами при выбросе их из исследовательских учреждений и производств, осуществляющих разработку, изготовление, переработку и транспортировку бактериальных средств.

К ЧС без загрязнения окружающей среды относят аварии, сопровождаемые взрывами, пожарами, обрушением зданий (сооружений), нарушением систем жизнеобеспечения, разрушением гидротехнических систем, нарушением транспортных коммуникаций и т. п.

**Пожар на промышленном объекте** — процесс неконтролируемого горения, сопровождающийся уничтожением материальных ценностей и создающий опасность для жизни людей. Причины возникновения пожаров на промышленных объектах можно разделить на две группы. Первая — это нарушение противопожарного режима или неосторожное обращение с огнем, вторая — нарушение пожарной безопасности при проектировании и строительстве зданий. Пожары могут возникнуть при взрыве в помещениях или производственных аппаратах при утечках и аварийных выбросах пожаровзрывоопасных сред в объемы производственных помещений. При пожарах существует несколько различных опасных факторов. Первый из них — это повышенные температуры в зоне горения. Они могут привести к тепловым ожогам поверхности кожи и внутренних органов людей, а также вызвать потерю несущей способности строительных конструкций зданий и сооружений. Вторым фактором является поступление в воздух рабочей зоны значительного количества вредных продуктов сгорания, в большинстве случаев приводящее к острым отравлениям людей.

**Аварии на гидротехнических сооружениях.** Опасность возникновения затопления низких районов происходит при разрушении плотин, дамб и гидрозловов. Непосредственную опасность представляет стремительный мощный поток воды, вызывающий поражения, затопления и разрушения зданий и соору-

жений. Жертвы среди населения и различные разрушения происходят из-за большой скорости и все сметающего на своем пути огромного количества бегущей воды. Высота и скорость волны прорыва колеблется от 3 до 25 км/ч, в горных местностях доходит до 100 км/ч. Значительные участки местности через 15–30 мин оказываются затопленными слоем воды толщиной от 0,5 до 10 м и более. Время, в течение которого территории могут находиться под водой, колеблется от нескольких часов до нескольких суток. По каждому гидроузлу имеются схемы и карты, где показаны границы зон затопления и дается характеристика волн прорыва. В этих зонах запрещено строительство жилья и объектов экономики.

В случае прорыва плотины для оповещения населения используют все средства: сирены, телевидение, телефон и средства громкоговорящей связи. Получив сигнал оповещения, надо немедленно эвакуироваться на ближайший возвышенный участок.

## **23.4.**

### **ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ ПРИРОДНОГО ХАРАКТЕРА**

Природные ЧС возникают, как правило, в результате стихийных бедствий и других природных явлений, вызванных как внешними, так и внутренними причинами воздействия различных сил природы на биосферу.

Несмотря на развитие науки и техники, человек по-прежнему незащищен перед силами природы, как и на заре своего появления. Особенно ярко это проявляется во времена бедствий, когда стихия врывается в наш привычный, устойчивый образ жизни и полностью его меняет. Чрезвычайные ситуации природного характера в последние годы имеют тенденцию к росту и становятся более разрушительными. Всего на территории нашей страны бывает около 30 природных явлений, представляющих потенциальную угрозу для людей. Наибольшей разрушительной силой из них обладают штормы, ураганы и смерчи. Ливни, землетрясения, оползни и снежные лавины представляют особую опасность в горных районах. А с лесными пожарами приходится вести ежегодную борьбу в таежных массивах. Из-за пока недостаточно развитой системы оповещения многие из описанных выше явлений становятся еще более опасными.

По статистике, чаще всего у нас встречаются ЧС атмосферного происхождения (28%), на втором месте находятся землетрясения (24%) и третью строчку занимают сезонные наводнения (19%). При этом около 28% всей территории России считаются полноценными сейсмоопасными зонами. Известно, что землетрясение — одно из самых страшных ЧС природного характера, спрогнозировать которое бывает очень сложно. В большинстве случаев сделать это не удастся. Ситуация осложняется тем, что в этих районах расположены некоторые крупные радиационно и химически опасные объекты.

Более того, быстрое развитие производительных сил, освоение, часто бесконтрольное, районов с трудными климатическими условиями, где сохраняется постоянная опасность возникновения природных катаклизмов, увеличивает степень риска и масштабы потерь и ущерба для населения и экономики.

Нередко эти грозные явления природы становятся прямой или косвенной причиной аварий и катастроф техногенного характера.

Территория России, подверженная землетрясениям с интенсивностью 7 баллов, составляет 20%, 8–9 баллов — 6% (Камчатка, Сахалин, Северный Кавказ, Прибайкалье и Якутия). Более 20 млн россиян проживают в зонах возможных разрушительных землетрясений. Почти за полвека на территории бывшего СССР произошло несколько крупных землетрясений: в 1948 г. в Ашхабаде погибло 110 тыс. человек; в 1966 г. в Ташкенте — город разрушен, было много погибших и раненых; в 1988 г. в Армении погибло более 25 тыс. человек, ранено 55 тыс. человек; землетрясение в мае 1995 г. на севере Сахалинской области унесло жизни 1841 человека из 3000 жителей полностью разрушенного города Нефтегорска.

**Землетрясения** — это подземные толчки и колебания земной поверхности, возникающие в результате внезапных смещений и разрывов в земной коре или верхней части мантии Земли и передающиеся на большие расстояния в виде упругих колебаний. По данным статистики, землетрясениям принадлежит первое место по причиняемому экономическому ущербу и одно из первых мест — по числу человеческих жертв.

Основные параметры, характеризующие землетрясения, — их интенсивность и глубина очага. Интенсивность землетрясений, согласно Международной сейсмической шкале MSK-64, классифицируется по 12-балльной системе: 1 балл — незаметное, 2 балла — очень слабое, 3 балла — слабое, 4 балла — умеренное, 5 баллов — довольно сильное, 6 баллов — сильное; 7 баллов — очень сильное, 8 баллов — разрушительное, 9 баллов — опустошительное, 10 баллов — уничтожающее, 11 баллов — катастрофа, 12 баллов — сильная катастрофа.

При землетрясениях характер поражения людей зависит от вида и плотности застройки населенного пункта, а также от времени возникновения землетрясения (днем или ночью).

При кирпичной и каменной застройке преобладает следующий характер поражения людей: травмы головы, позвоночника и конечностей, сдавливания грудной клетки, синдром сдавливания мягких тканей, а также травмы груди и живота с повреждением внутренних органов.

При землетрясениях в районах малоэтажной каменной или деревянной застройки люди в меньшей степени подвержены поражению. Возникающие травмы носят более легкий характер. При землетрясениях у большей части населения возникают психические расстройства — люди утрачивают самообладание, становятся подверженными панике.

**Вулкан** — геологическое образование, возникающее над каналами или трещинами в земной коре, по которым на поверхность Земли и в атмосферу извергаются раскаленная лава, пепел, горячие газы, пары воды, обломки горных

пород. Чаще всего вулканы образуются в местах соединения тектонических плит Земли. Они могут возникать не только на суше, но и на морском дне. При этом нередко образуются острова.

Вулканы бывают потухшими, уснувшими, действующими. Всего на суше насчитывается почти 1000 «спящих» и 522 действующих вулкана.

В опасной близости от активных вулканов проживает около 7% населения Земли. В результате извержения вулканов в XX в. погибло свыше 40 тыс. человек.

В местах выхода магмы и газов на поверхность Земли образуется одно или несколько отверстий — кратеров. Основными поражающими факторами при извержении вулкана являются раскаленная лава, газы, дым, пар, горячая вода, пепел, обломки горных пород, взрывная волна и грязекаменные потоки.

**Лава** — это раскаленная жидкая или очень вязкая масса, изливающаяся на поверхность Земли при извержении вулканов. Температура лавы может достигать 1200°C и более. Лава образует лавовые потоки с высокой текучестью. Потоки раскаленной лавы достигают толщины 4–5 м, скорость их движения может достигать от нескольких метров до 50–80 км/ч. Лава может растекаться на десятки километров от вулкана (20–80 км), поражая площадь в сотни квадратных километров.

Вместе с лавой выбрасываются газы и вулканический пепел на высоту 15–20 км и на расстояние до 40 км и более.

Характерной особенностью вулканов являются их повторные многократные извержения. Вулканическая деятельность в России наблюдается лишь в малонаселенных и труднодоступных районах Камчатки и Курильских островов.

К **геологическим опасным явлениям** относятся обвалы, сели, осыпи, лавины и т. п. Такие природные явления, как селевые потоки и лавины, наиболее часто возникают в районах Урала и Восточной Сибири и на Кавказе.

*Стихийные бедствия, связанные с метеорологическими и агрометеорологическими опасными явлениями*, подразделяются на бедствия, вызываемые ветром: бури, ураганы, шквалы и смерчи; сильным дождем (при количестве осадков 50 мм в течение 12 ч и менее); крупным градом (при диаметре градин 20 мм и более); сильными снегопадами (при количестве осадков 20 мм и более за 12 ч и менее); сильными метелями (при скорости ветра 15 м/с и более); сильным гололедом; заморозками и суховеями.

Все природные явления, кроме смерчей, шквалов и градобитий, относятся к чрезвычайным ситуациям, если их воздействию подвергается не менее 1/3 площади субъекта Российской Федерации, крупного города, порта либо акватории моря и их продолжительность составляет не менее 6 ч.

**Ураган** — это ветер разрушительной силы и значительной продолжительности. Ураган возникает внезапно в областях с резким перепадом атмосферного давления. Скорость урагана достигает 30 м/с и более. По своему пагубному воздействию ураган может сравниться с землетрясением. Это объясняется тем, что ураганы несут в себе колоссальную энергию, ее количество, выделяемое средним по мощности ураганом в течение одного часа, можно сравнить с энергией ядерного взрыва в 36 Мгт.



Ураган может захватить территорию в диаметре до нескольких сотен километров и способен перемещаться на тысячи километров. Средняя продолжительность урагана — 9–12 дней. При этом ураганный ветер разрушает прочные и сносит легкие строения, опустошает засеянные поля, обрывает провода и валит столбы линий электропередачи и связи, повреждает транспортные магистрали и мосты, ломает и вырывает с корнями деревья, повреждает и топит суда, вызывает аварии на коммунально-энергетических сетях. Бывали случаи, когда ураганный ветер сбрасывал с рельсов поезда и валил фабричные трубы. Часто ураганы сопровождаются ливневыми дождями, которые вызывают наводнения.

**Буря** — разновидность урагана. Скорость ветра при буре немного меньше скорости урагана (до 25–30 м/с). Убытки и разрушения от бурь существенно меньше, чем от ураганов. Иногда сильную бурю называют штормом.

**Смерч** — это сильный маломасштабный атмосферный вихрь диаметром до 1000 м, в котором воздух вращается со скоростью до 100 м/с, обладающий большой разрушительной силой (в США носит название торнадо).

Смерч — восходящий вихрь, состоящий из чрезвычайно быстро вращающегося воздуха, смешанного с частицами влаги, песка, пыли и других взвесей. На местности он передвигается в виде темного столба крутящегося воздуха диаметром от нескольких десятков до нескольких сотен метров.

Во внутренней полости смерча давление всегда пониженное, поэтому туда засасываются любые предметы, оказавшиеся на его пути. Средняя скорость движения смерча 50–60 км/ч, при его приближении слышится оглушительный гул.

Сильные смерчи проходят десятки километров и срывают крыши, вырывают с корнями деревья, поднимают на воздух автомобили, разбрасывают телеграфные столбы, разрушают дома. Оповещение об угрозе осуществляется путем подачи сигнала «Внимание всем» сиреной и последующей речевой информацией.

В России смерчи чаще всего происходят в центральных областях, Поволжье, на Урале, в Сибири, на побережье и акваториях Азовского, Черного, Каспийского и Балтийского морей.

**Снежная буря** — одна из разновидностей урагана, характеризуется значительными скоростями ветра, что способствует перемещению по воздуху огромных масс снега, имеет сравнительно узкую полосу действия (до нескольких десятков километров). Во время бури резко ухудшается видимость, может прерываться транспортное сообщение как внутригородское, так и междугородное. Продолжительность бури колеблется от нескольких часов до нескольких суток.

Пурга, метель, выюга сопровождаются резкими перепадами температур и снегопадом с сильными порывами ветра. Перепад температур, выпадение снега с дождем при пониженной температуре и сильном ветре создает условия для обледенения. Линии электропередачи, линии связи, кровли зданий, различного рода опоры и конструкции, дороги и мосты покрываются льдом или мокрым снегом, что нередко вызывает их обрушение. Гололедные образования на дорогах затрудняют, а иногда и совсем препятствуют работе автомобильного транспорта. Передвижение пешеходов затрудняется.

Снежные заносы возникают в результате обильных снегопадов и метелей, которые могут продолжаться от нескольких часов до нескольких суток. Они вызывают нарушение транспортного сообщения, повреждение линий связи и электропередачи, негативно влияют на хозяйственную деятельность. Особенно опасны снежные заносы при сходе снежных лавин с гор. Основным поражающим фактором таких стихийных бедствий является воздействие низкой температуры на организм человека, вызывающее обморожение и замерзание.

*Стихийные бедствия гидрологического характера* подразделяются на бедствия, вызываемые сильным волнением на морях — при высоте волн, особо опасных для мореплавания и береговых сооружений; цунами (при затоплении населенных пунктов и объектов экономики); высокими уровнями воды (наводнениями); низким уровнем воды на судоходных реках; селями, образующимися при прорыве запруд, завальных и мореных озер и угрожающими населенным пунктам и другим важным объектам.

**Наводнения** — это значительные затопления местности, возникающие в результате подъема уровня воды в реке, в водохранилище или в озере. Причинами наводнений являются обильные осадки, интенсивное таяние снега, прорыв или разрушение дамб и плотин. Наводнения сопровождаются человеческими жертвами и значительным материальным ущербом.

По повторяемости и площади распространения наводнения занимают первое место в ряду стихийных бедствий, по количеству человеческих жертв и материальному ущербу наводнения занимают второе место после землетрясений. Ни в настоящем, ни в ближайшем будущем предотвратить их полностью не представляется возможным. Наводнения можно только ослабить или локализовать.

При угрозе наводнения проводят предупредительные мероприятия. В первую очередь это информирование населения о возникновении угрозы наводнения, усиление наблюдения за уровнем воды, приведение в готовность сил и средств, предназначенных для борьбы со стихией и для эвакуации населения. Проверяется состояние дамб, плотин, мостов и устраняются выявленные недостатки. Возводятся дополнительные насыпи, роются водоотводные каналы, готовятся гидротехнические сооружения.

При нарастании угрозы наводнения работа предприятий, организаций и учреждений прекращается, людей отправляют по домам или эвакуируют в безопасные районы.

Угроза наводнения как одного из самых опасных природных явлений на территории России существует более чем в 40 крупных городах и нескольких тысячах других населенных пунктах. Наводнения на реках Дальнего Востока и Сибири: Амуре, Зее, Буре, Уссури и Лене — подчас принимают характер национального бедствия.

Селевые сходы на территории Российской Федерации наиболее часто возможны на Кавказе.

**Паводок** — фаза водного режима реки, которая может многократно повторяться в различные сезоны года, характеризующаяся интенсивным, обычно кратковременным, увеличением расходов и уровней воды и вызываемая дож-

дями или снеготаянием во время оттепелей. Следующие один за другим паводки могут вызвать половодье. Значительный паводок может вызвать наводнение. Паводки носят нерегулярный характер. Значительное возрастание скорости и расхода водного потока во время паводка сопровождается увеличением мутности воды, переформированием русла, а при благоприятных условиях приводит к зарождению селя путем срыва отмостки и глубинной эрозии русла.

**Катастрофический паводок** — значительный паводок, возникающий в результате интенсивного таяния снега, ледников, а также обильных дождей, образующий сильное наводнение, в результате которого произошла массовая гибель населения, сельскохозяйственных животных и растений, повреждение или уничтожение материальных ценностей, а также был нанесен ущерб окружающей среде. Термин «паводок катастрофический» применяют также к половодью, вызывающему такие же последствия.

**Цунами** — гигантские морские волны, возникающие в результате сдвига вверх или вниз протяженных участков морского дна при сильных подводных и прибрежных землетрясениях. Скорость распространения цунами — от 50 до 1000 км/ч; высота в области возникновения — от 0,1 до 5 м, у побережья — от 5 до 20 м, иногда достигает до 40 м.

Известно около 1000 случаев цунами, из них более 100 — с катастрофическими последствиями, вызвавших полное уничтожение, смыв сооружений и почвенно-растительного покрова (например, в 1933 г. — у берегов Японии, 1952 г. — на Камчатке и др.). 80% цунами возникают на периферии Тихого океана, включая западный склон Курило-Камчатского желоба. Исходя из закономерностей возникновения и распространения цунами, проводится районирование побережья по степени угрозы цунами.

Мероприятия по частичной защите от цунами: создание искусственных береговых сооружений (волнорезов, молов и насыпей), посадка лесных полос вдоль берегов океана. В США, Японии и России созданы службы предупреждения населения о приближении цунами, основанные на опережающей регистрации землетрясений береговыми сейсмографами.

**Природный пожар** — неконтролируемый процесс горения, стихийно возникающий и распространяющийся в природной среде.

Природные пожары подразделяются на лесные и степные пожары.

**Лесной пожар** — самопроизвольное или спровоцированное человеком возгорание в лесных экосистемах.

На территории лесного фонда России ежегодно регистрируется от 10 до 30 тыс. лесных пожаров, нередко принимающих характер стихийных бедствий. Основная часть пройденной огнем площади приходится на районы Сибири и Дальнего Востока. В этих районах лесной пожар является лесообразовательным фактором, определяющим структуру и динамику лесного фонда.

Важнейшей характеристикой лесного пожара является скорость его распространения, которая определяется скоростью продвижения его кромки, т. е. полосы горения по контуру пожара.

Лесные пожары, в зависимости от сферы распространения огня, подразделяются на низовые, верховые и подземные (торфяные).

Низовой пожар — пожар, распространяющийся по земле и по нижним ярусам лесной растительности.

При низовом пожаре горят лесная подстилка, травяно-кустарничковый покров, подрост и подлесок.

Низовой пожар чаще всего возникает в лиственных лесах, при этом высота пламени достигает до 1,5–2 м, а скорость распространения обычно не превышает 1–3 м в минуту, температура огня в зоне пожара составляет 400–900°C. Низовые пожары наиболее часты и составляет до 95% общего числа загораний.

Верховой пожар наиболее опасен. Он начинается при сильном ветре и охватывает кроны деревьев. Огонь продвигается по кронам деревьев, скорость его распространения в безветренную погоду может достигать 3–4 км/ч, в ветреную — 25–30 км/ч и более.

Источником горения при верховых пожарах служит слой хвои, листвы и ветвей кронового пространства. Температура в зоне огня повышается до 1100°C. Ветер разносит горящие искры, которые создают новые очаги пожара за несколько десятков, а то и сотен метров от основного очага.

Подземный (торфяной) пожар представляет собой пожар, при котором горит торфяной слой заболоченных и болотных почв. Он характеризуется низкой скоростью продвижения (около 0,5 м/мин). Отличительной особенностью торфяных пожаров является беспламенное горение торфа с накоплением большого количества тепла. Торфяные пожары характерны тем, что их очень трудно тушить. Причина возникновения (возгорания) торфяного пожара — перегрев поверхности торфяного болота, осушенного или естественного, лучами солнца или в результате небрежного обращения людей с огнем.

Причинами пожаров степных и хлебных массивов могут быть грозы, аварии наземного и воздушного транспорта, аварии хлебоуборочной техники, террористические акты и небрежное обращение с открытым огнем. Наиболее пожароопасная обстановка складывается в конце весны и в начале лета, когда стоит сухая и жаркая погода.

К **ЧС экологического характера** можно отнести интенсивную деградацию почвы и ее загрязнение тяжелыми металлами (кадмий, свинец, ртуть, хром и др.), загрязнение атмосферы (разрушение озонового слоя, кислотные дожди, температурные инверсии над промышленными городами (смог)), загрязнение и истощение водных ресурсов, ухудшение качества питьевой воды и т. п., что не только ухудшает условия жизни людей, но и угрожает их здоровью.

Неблагоприятные изменения в состоянии суши могут приводить к деградации почв, потере полезных площадей и истощению невозобновляемых запасов полезных ископаемых.

Деятельность человека вызывает отрицательные изменения и в биосфере — происходит исчезновение многих видов животных и растений, гибель растительности на обширной территории, нарушение способности биосферы к воспроизводству возобновляемых ресурсов (например, лесов).

*Причиной ЧС могут быть социально-политические конфликты, связанные с применением современных средств поражения, террористических актов, падением воспроизводства населения, массовыми беспорядками среди насе-*

ния и т. п. при разрешении межгосударственных и межнациональных противоречий.

## 23.5.

### ВОЕННЫЕ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ

ЧС военного времени характеризуются применением современных средств массового поражения, к которым относятся ядерное, химическое, биологическое оружие и современные виды обычного вооружения.

**Обычные средства поражения (ОСП)** представляют собой боеприпасы следующего вида действия: ударного действия, фугасные, осколочные, кумулятивные, зажигательного (огневого) действия, объемно-детонирующие (вакуумные). По своим конструктивным особенностям они подразделяются на ракеты, бомбы, снаряды, мины, торпеды, боевые блоки, баки, кассеты, гранаты, патроны, пули, заряды, фугасы, артиллерийские выстрелы и др.

Для применения ОСП используется, как правило, комплекс (система) вооружения. Основными элементами современной системы вооружения являются используемые средства поражения, средства их доставки к цели, а также средства управления.

Следует выделить и одно из важных свойств ОСП: они могут быть неуправляемыми, управляемыми и самонаводящимися с различными методами управления — с командной системой наведения, с автономной системой наведения, самонаводящееся и с комбинированной системой наведения.

В зависимости от принципа работы системы наведения включают: телевизионную, тепловизионную, инфракрасную, лазерную, радиолокационную, корреляционную, спутниковую и др. ОСП применяются в авиации, сухопутных войсках, военно-морском флоте.

Неуправляемые и управляемые боеприпасы могут доставляться в районы их пуска (сброса) различными носителями, в том числе стратегической и тактической авиацией, кораблями и подводными лодками.

Отдельное место в составе обычных средств поражения занимают боеприпасы, относящиеся к высокоточному оружию. Под **высокоточным оружием** понимается такой вид управляемого и самонаводящегося обычного оружия, вероятность поражения которым с первого пуска малоразмерных (точечных) целей, находящихся даже на межконтинентальной дальности, близка к единице в любых условиях обстановки и при активном противодействии противника. Разведовательно-ударные боевые системы высокоточного оружия представляют собой органическое сочетание высокоэффективных средств развития управления, доставки, поражения и документирования результатов.

**Зажигательное оружие** — это оружие, поражающее действие которого на людей, технику и другие объекты обуславливается в первую очередь воздействием тепловой энергии, дыма и токсичных для человека продуктов горения. Человек получает ожоги кожных покровов тела. Оно включает в себя зажигательные вещества и смеси и средства их применения. Зажигательные вещества и смеси делятся на следующие основные группы: зажигательные смеси на ос-

нове нефтепродуктов (напалмы); самовоспламеняющиеся смеси (триэтилен-алюминий и др.); металлизированные смеси на основе нефтепродуктов (пирогели); термиты и термитные составы; обычный и пластифицированный белый фосфор; сплав типа «электрон» и др.

Наиболее эффективной огнесмесью считается *напалм*. Его основу составляет бензин (90–97%) и порошок-загуститель. Он способен создавать высоко-температурный очаг (1000–1200°C) с длительностью горения 5–10 мин.

*Термитные составы* — спрессованный порошок оксида железа и алюминия с добавками магния и серы в виде брикетов. Горящий термит разогревается до температуры более 3000°C. При такой температуре растрескивается кирпич и бетон, горят железо и сталь. Воспламеняются термитные сплавы специальными зажигательными устройствами.

*Пирогель* — тестообразная липкая масса серого цвета. Огнемасса создается путем добавления в напалм порошка магния, жидкого асфальта и тяжелых масел. Пирогель горит около 3–4 мин с температурой более 1600°C и способен прожигать тонкие слои металла.

*Белый фосфор* — твердое ядовитое вещество с желтым оттенком, похожее на воск. На воздухе самовоспламеняется при 34–35°C, температура горения достигает 1200°C.

По мере развития науки и техники, опыта боевого применения ОСП стали приобретать более разрушительные и поражающие свойства.

**Современные обычные средства** поражения обладают повышенной разрушительной силой, приближающей их к ядерным боеприпасам малой мощности, и большой дальностью применения. К таким средствам можно отнести *боеприпасы объемного взрыва (вакуумные)*, которые предназначены для поражения воздушной ударной волной и огнем зданий, сооружений, техники и живой силы противника. Принцип действия этих боеприпасов заключается в распылении в воздухе аэрозолей с последующим подрывом образовавшегося взрывоопасного облака. В результате взрыва в очаге поражения возникает избыточное давление до 3000 кПа, а температура в зоне детонации за несколько десятков микросекунд может достигать 2500–3000°C. Защита людей обеспечивается укрытием в защитных сооружениях с режимом полной изоляции.

К современным боеприпасам относятся также *шариковые бомбы*, которые сбрасываются с самолетов в специальных упаковках (кассетах), содержащих 96–640 бомб. От действия вышибного заряда кассета над землей разрушается, а разлетающиеся шариковые бомбы взрываются на площади до 250 тыс. м<sup>2</sup>. Для защиты от осколочных и шариковых бомб используются естественные укрытия и любые защитные сооружения.

**Ядерное оружие** основано на использовании внутренней энергии, выделяющейся при цепных реакциях деления тяжелых ядер или при термоядерных реакциях синтеза. Ядерное оружие включает в себя ядерные боеприпасы, средства доставки их к цели, а также средства разведки и наведения этих средств на цели. В качестве средств доставки ядерных боеприпасов к целям могут использоваться самолеты, несущие на себе ядерные бомбы, либо крылатые ракеты, за-

пускаемые со значительных расстояний до цели, различного рода ракеты, в том числе межконтинентальные, а также мины, торпеды, артиллерийские системы и т. д. Различают следующие виды ядерного оружия:

- *атомная бомба* (выделение энергии в результате цепной реакции деления изотопов урана или плутония). Критическая масса образуется после соединения изолированных частей изотопов взрывным устройством. Критическая масса для урана-235 составляет 24 кг, для плутония — 8 кг;

- *водородная бомба* (термоядерный боеприпас) основана на высвобождении энергии вследствие реакции соединения (синтезе) ядер легких элементов, например дейтерия и трития, с образованием атома гелия и мощного потока нейтронов и гамма-квантов. Для начала реакции требуется температура 10 млн °С, достигаемая при взрыве обычной атомной бомбы;

- *нейтронное оружие* — повышенное нейтронное излучение достигается за счет большего расхода энергии (примерно в 5–10 раз по сравнению с атомной бомбой) на создание проникающей радиации.

В зависимости от высоты подрыва ядерного устройства относительно уровня земной (водной) поверхности ядерные взрывы по внешней картине подразделяются на высотные, воздушные, наземные (надводные), подземные (подводные).

Внешняя картина ядерного воздушного взрыва выглядит так: ослепительно яркая вспышка; огненный шар; клубящееся облако; грибовидное облако.

Поражающих факторов ядерного взрыва пять, из них важнейшим определяющим характер и размеры очага ядерного поражения является ударная волна. Кроме ударной волны, на объекты и людей воздействуют проникающая радиация, световое излучение, радиоактивное заражение местности и электромагнитный импульс.

Распределение энергии между поражающими факторами зависит от вида взрыва и условий, в которых он происходит. При взрыве в атмосфере примерно 50% энергии взрыва расходуется на образование ударной волны, 35% — на световое излучение, 5% — на проникающую радиацию и электромагнитный импульс, 10% — на радиоактивное заражение.

**Химическое оружие** — оружие массового поражения, действие которого основано на токсичных свойствах боевых токсических химических веществ (БТХВ). Главными компонентами химического оружия являются БТХВ и средства их применения, а также носители, приборы и устройства управления, используемые для доставки химических боеприпасов к целям. Оно может быть использовано для уничтожения, подавления и изнурения войск и населения, заражения местности (акватории), военной техники, материальных средств, продуктов питания, водоисточников, уничтожения животных, посевов, лесов. Химическое оружие обладает большим диапазоном воздействия как по характеру и степени поражения, так и по длительности его действия (заражение от нескольких минут до нескольких суток и недель). Химическое оружие значительно усложняет защиту войск и населения в силу трудности своевременного обнаружения БТХВ, их способности проникать в военную технику, укрытия (здания) и образовывать застой зараженного воздуха на местности и в сооруже-

ях. При неограниченном применении химического оружия возможно нанесение серьезного ущерба окружающей среде. При взрыве химических боеприпасов часть отравляющих веществ оседает на местности в виде капель и при испарении образует вторичное облако зараженного облака, которое, перемещаясь по ветру, создает обширную зону распространения паров отравляющих веществ. Такое облако сохраняет способность поражать незащищенных людей в течение всего времени испарения отравляющего вещества с зараженной территории.

По токсическому действию на организм отравляющие вещества подразделяются на следующие группы.

- *Нервно-паралитические* БТХВ, поражающие нервную систему, представляют группу жидких фосфорорганических химических веществ, без запаха, хорошо растворимые в воде (V-газы, зарин, зоман). В организм человека проникают через органы дыхания и через кожные покровы. Хорошо адсорбируются материалами одежды. Первые признаки поражения человека: миоз (сужение зрачков глаз), светобоязнь, затруднение дыхания, боль в груди. Первая помощь — укол шприц-тюбиком из аптечки индивидуальной АИ-2. Надеть противогаз и вынести пораженного из зоны заражения. При длительной транспортировке необходимо на пораженного надеть средства защиты кожи.

- *Кожно-нарывные* БТХВ (иприт, люизит). Иприт известен с 1914 г. Темно-маслянистая жидкость с характерным запахом чеснока или горчицы. Температура кипения 273°C. Температура замерзания 7°C. На человека воздействует через органы дыхания и кожные покровы. Имеет период скрытого действия 6–8 ч. Признак поражения кожи — покраснение (через 2–6 ч после контакта с ипритом), затем образование пузырей и язв в зависимости от степени поражения.

- *Общедовитого действия*, вызывающие общее отравление организма (синильная кислота, хлорциан).

- *Удушающего действия*, поражающие органы дыхания (фосген, дифосген).

- БТХВ *психотропного действия* имеют широкий спектр агрегатного состояния от газов до твердых веществ под шифром BZ, LSD. Воздействуют на людей через органы дыхания, вызывая различные симптомы: от жжения и боли до различного рода галлюцинаций (страх, смех, угнетение и др.). Защита от них — противогаз.

Основной защитой от химического оружия являются средства индивидуальной защиты органов дыхания и кожи.

**Биологическое оружие** — оружие массового поражения, действие которого основано на использовании болезнетворных свойств микроорганизмов, способных вызвать различные массовые заболевания людей, животных и растений. Биологические средства — живые организмы (и инфекционные материалы, извлекаемые из них), которые способны размножаться в организме пораженных ими объектов. К биологическим средствам относятся патогенные (болезнетворные) микроорганизмы: вирусы (микроорганизмы, живущие в живых клетках), бактерии (одноклеточные микроорганизмы растительной природы), риккетсии (микроорганизмы, занимающие промежуточное положение между бактериями и вирусами), грибки (одно- или многоклеточные микроорга-



низмы растительного происхождения), а также простейшие. Биологическими средствами, поражающими людей, могут быть возбудители чумы, холеры, сибирской язвы, туляремии, бруцеллеза, сапа, мелиоидоза, желтой и других видов лихорадки, натуральной оспы, пситтакоза (орнитоза), энцефаломиелитов лошадей, сыпного и брюшного тифа, гриппа, малярии, дизентерии и др. Для поражения животных наряду с возбудителями сибирской язвы и сапа возможно применение вирусов ящура, чумы рогатого скота и птиц, холеры свиней и др. Имеется также ряд возбудителей заболеваний растений (ржавчина зерновых, бласт риса, фитофтороз картофеля и др.). Тяжелые отравления у человека могут наступить в результате действия микробных токсинов, т. е. продуктов жизнедеятельности некоторых видов бактерий.

Кроме биологических средств и токсинов, могут использоваться и насекомые (саранча, колорадский жук, гессенская муха), которые наносят значительный материальный урон, уничтожая урожай на большой территории.

Эффективность биологического оружия зависит от поражающих свойств биологических средств и правильного выбора способа их применения. Способы боевого применения биологических средств базируются на способности патогенных микроорганизмов и токсинов в естественных условиях проникать в организм человека следующими путями:

- с воздухом — через органы дыхания;
- с пищей и водой — через желудочно-кишечный тракт;
- через слизистые оболочки рта, носа, глаз, кожные покровы;
- в результате укусов зараженных кровососущих членистоногих (клещей) и насекомых (комаров, блох и др.);
- через неповрежденную кожу.

В связи с этим массовые поражения личного состава войск, населения, сельскохозяйственных животных и растений возможны аэрозольным, трансмиссивным и диверсионным способами применения биологических средств.

## **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Что называется чрезвычайной ситуацией?
2. Что понимают под аварией, катастрофой, стихийным бедствием?
3. Перечислите основные принципы классификации ЧС.
4. Классификация ЧС по масштабу.
5. Назовите стадии развития ЧС.
6. ЧС техногенного характера и их краткая характеристика.
7. Перечислите ЧС природного характера. Их краткая характеристика.
8. Какие регионы России наиболее подвержены воздействию стихийных бедствий?
9. Как классифицируются землетрясения по их интенсивности?
10. Ураган, буря, смерч, их характеристика и опасность.
11. ЧС военного времени и их краткая характеристика.
12. Характеристика обычных средств поражения.
13. Оружие массового поражения и его характеристика.

## Глава 24

# ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОБСТАНОВКИ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

### 24.1.

## ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ

С целью определения влияния поражающих факторов источников чрезвычайных ситуаций на жизнедеятельность населения, работу объектов экономики и действия сил ликвидации чрезвычайных ситуаций, обоснования и принятия мер защиты осуществляется *выявление и оценка обстановки*, складывающейся при ЧС.

Под выявлением обстановки понимается сбор и обработка исходных данных о чрезвычайных ситуациях, определение размеров зон чрезвычайных ситуаций и нанесение их на карту (план).

Под оценкой обстановки понимается решение основных задач по определению влияния поражающих факторов источников ЧС на работу объектов экономики, жизнедеятельность населения и действия сил ликвидации чрезвычайных ситуаций. Оценка обстановки включает решение основных задач по выбору оптимальных действий сил ликвидации чрезвычайных ситуаций, работы объектов экономики и жизнедеятельности населения, анализ полученных результатов и выбор наиболее целесообразных вариантов действий, которые обеспечивают минимальные потери (исключают потери) при условии выполнения поставленных задач.

Выявление и оценка обстановки осуществляются в три этапа.

*I этап* состоит в заблаговременном выявлении и оценке обстановки по прогнозу, по оценочным параметрам ЧС с учетом преобладающих среднегодовых метеоусловий.

Основанием для заблаговременного выявления и оценки обстановки являются сведения, полученные от соответствующих министерств, ведомств и органов гидрометеослужбы. Полученные результаты необходимы для планирования мероприятий по защите населения и территорий.

*II этап* состоит в выявлении и оценке обстановки по прогнозу после ЧС.

Основанием для прогнозирования служат данные, поступившие от вышестоящих, нижестоящих и взаимодействующих органов управления ГОЧС, объектов экономики и подчиненных сил разведки, наблюдения и контроля с учетом реальных метеоданных.

Полученные результаты необходимы для принятия решения соответствующими председателями комиссий по предупреждению и ликвидации ЧС и обеспечению пожарной безопасности по защите населения и территорий, а также для уточнения задач органам разведки и проведения неотложных мероприятий по защите.

*III этап* состоит в выявлении и оценке фактической обстановки (по данным разведки). Основанием для этого являются данные, полученные от органов разведки, наблюдения и контроля. Полученные данные необходимы для уточнения ранее принятых решений по защите населения и проведения работ по ликвидации чрезвычайных ситуаций.

Прогнозированием обстановки при чрезвычайных ситуациях принято называть выявление и оценку обстановки по прогнозу.

## 24.2. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОБСТАНОВКИ ПРИ АВАРИЯХ НА ХИМИЧЕСКИ ОПАСНЫХ ОБЪЕКТАХ

Из большого числа вредных веществ, в том числе производимых и используемых в промышленности, лишь сравнительно небольшая часть может быть отнесена к опасным и тем более к тем, которые могут привести к ЧС различного масштаба.

**Опасное химическое вещество (ОХВ)** — химическое вещество, прямое или опосредственное действие которого на человека может вызвать острые и хронические заболевания людей или их гибель.

**Аварийно химически опасное вещество (АХОВ)** — ОХВ, применяемое в промышленности и сельском хозяйстве, при аварийном выбросе (выливе) которого может произойти заражение окружающей среды в поражающих живой организм концентрациях (токсодозах).

Из всех ОХВ, используемых в настоящее время в промышленности, только немногим более 100 можно отнести к аварийно химически опасным веществам (АХОВ), 34 из которых получили наибольшее распространение.

Для оценки токсичности АХОВ используют ряд характеристик, основные из которых: концентрация и токсическая доза.

**Токсическая доза** — это количество вещества, вызывающее определенный токсический эффект. При ингаляционном воздействии она принимается равной произведению средней по времени концентрации АХОВ в воздухе на время ингаляционного воздействия. Измеряется в мг·мин/м<sup>3</sup>, мг·мин/л и т. д.

К АХОВ отнесены:

- аммиак, оксиды азота, диметиламин, сероводород, сероуглерод, сернистый ангидрид, соляная кислота, синильная кислота, формальдегид, фосген, фтор, хлор, хлорпикрин, оксид этилена, метилизоцианат, диоксин, метиловый спирт, фенол, бензол, анилин, металлическая ртуть и др.;
- компоненты ракетных топлив: несимметричный диметилгидразин, жидкая четырехокись азота и др.;
- отравляющие вещества боевого применения: иприт, люизит, зарин, зоман, Ви-газы (Vx) и др.

Крупными запасами АХОВ располагают предприятия химической, целлюлозно-бумажной, нефтехимической, металлургической промышленности, предприятия по производству минеральных удобрений, предприятия агропромышленного комплекса, жилищно-коммунальные хозяйства.

**Химически опасным объектом (ХОО)** называется объект, при аварии или разрушении которого могут произойти массовые поражения людей и загрязнения окружающей среды аварийно химически опасными веществами. Из числа АХОВ, используемых на химически опасных объектах в больших количествах, наиболее распространены хлор, аммиак, сероводород, сероуглерод, сернистый ангидрид, диметиламин, азотная и серная кислоты и др. Их ежемоментные запасы на отдельном ХОО могут составлять десятки, сотни и тысячи тонн. Развитие аварийных процессов на ХОО и масштабы возможных ЧС в большой мере зависят от способа хранения АХОВ. Такие вещества, как хлор, аммиак, сероводород, фтор и целый ряд других, имеют низкие температуры кипения, в силу чего при нормальных условиях находятся в газообразном агрегатном состоянии. Поскольку в таком состоянии они занимают большие объемы, неприемлемые в производственных условиях, то для их хранения и транспортировки используются способы хранения, позволяющие сократить объем резервуаров.

Наиболее эффективным способом хранения является сжижение газов, при котором объем хранения уменьшается в 800–1000 раз. Для хранения веществ в виде жидкости используются два основных способа. Первый способ — хранение под давлением, при котором температура кипения вещества повышается выше температуры окружающей среды. (Например,  $t_{\text{кип}}$  аммиака при нормальном давлении составляет  $-33,4^{\circ}\text{C}$ , при давлении 10 атм —  $28^{\circ}\text{C}$ , при давлении 20 атм —  $50^{\circ}\text{C}$ .) Недостатком способа является то, что низкокипящие жидкости при высоких температурах находятся в перегретом состоянии и при разгерметизации емкости начинают бурно кипеть. В зависимости от энергии перегрева содержимое резервуара в течение 1–3 мин может выкипеть полностью, образуя в окружающем пространстве *первичное* зараженное облако. При недостатке энергии для выкипания всего вещества остающаяся жидкость растекается по подстилающей поверхности и испаряется более медленно, образуя *вторичное* зараженное облако.

Вторым способом хранения вещества в сжиженном состоянии является изотермическое хранение при температурах на  $0,1\text{--}0,2^{\circ}\text{C}$  ниже температуры кипения вещества при нормальном давлении. Хранение осуществляется в дву-

стенных резервуарах с теплоизоляцией. Недостатком способа является необходимость создания систем понижения температуры или использования испарившегося вещества. При разгерметизации изотермического хранилища в первичное облако переходит незначительное количество вещества.

Оба способа сжижения используются для хранения веществ с температурами кипения до  $-40$ – $-50^{\circ}\text{C}$ . Для веществ с более низкими температурами кипения (сероводород —  $-60,3^{\circ}\text{C}$ , фтор —  $-188,2^{\circ}\text{C}$  и др.) затруднительно создать резервуары с необходимыми параметрами, поэтому при их хранении ограничиваются частичным сжатием, при котором вещество хранится в виде газа, но занимает меньший объем. При разгерметизации емкости с веществом, хранящимся в виде газа под давлением, образуется только первичное облако.

Возможность образования при аварии на ХОО первичного и/или вторичного облака учитывается при определении категории опасности ХОО.

При авариях на ХОО поражение людей химическими веществами происходит в основном при вдыхании зараженного воздуха (ингаляционно), при попадании АХОВ на кожу (кожно-резорбтивное), при употреблении в пищу зараженных продуктов и воды (пероральное), поэтому АХОВ в зависимости от способа проникновения в организм человека подразделяются на вещества ингаляционного, перорального и кожно-резорбтивного действия. Степень и характер нарушений жизнедеятельности человека (степень поражения) при воздействии АХОВ зависят от токсичности АХОВ, его агрегатного состояния, концентрации в воздухе (воде), продолжительности воздействия, путей проникновения в организм и индивидуальных особенностей организма человека.

В практических целях рассматривают три качественных нарушения состояния человека (токсические эффекты): 1) дискомфортное состояние, при котором обнаруживаются начальные проявления токсического действия (пороговые эффекты); 2) состояние, не позволяющее выполнять возложенные на человека функции или обязанности (эффект выведения из строя); 3) состояние, приводящее к смертельному исходу (летальный эффект).

Дозы АХОВ, проникающие в организм и вызывающие токсический эффект, называются токсодозами. Соответственно различают пороговую, выводящую из строя, и смертельную токсодозы (средние или абсолютные). Средняя пороговая ингаляционная токсодоза является критерием при определении внешних границ зон заражения и зон ЧС.

Прогнозирование масштабов заражения АХОВ осуществляется по методике (РД 52.04.253-90) и СП165.1325800.2014, которая предназначена для заблаговременного и оперативного прогнозирования масштабов заражения на случай выбросов АХОВ в окружающую среду при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах.

При заблаговременном прогнозировании масштабов заражения на случай производственных аварий рекомендуется принимать: выброс АХОВ в максимальной по объему единичной емкости, метеорологические условия — инверсия, скорость ветра 3 м/с.

Для прогноза масштабов заражения непосредственно после аварии должны браться конкретные данные о количестве выброшенного АХОВ и реальные

метеоусловия. Внешние границы зоны заражения АХОВ рассчитываются по пороговой токсодозе при ингаляционном воздействии на организм человека.

В зоне химического заражения могут быть выделены составные зоны — зона смертельных токсодоз (зона чрезвычайно опасного заражения), зона поражающих токсодоз (зона опасного заражения) и зона дискомфорта (пороговая зона, зона заражения). На внешней границе зоны смертельных токсодоз 50% людей могут получить смертельную токсодозу. На внешней границе поражающих токсодоз 50% людей получают поражающую токсодозу. На внешней границе дискомфортной зоны люди испытывают дискомфорт, начинается обострение хронических заболеваний или появляются первые признаки интоксикации.

#### **Основные допущения и ограничения.**

1. Емкости, содержащие АХОВ, разрушаются полностью.

2. Толщина слоя жидкостей АХОВ ( $h$ ), разлившихся свободно, принимается равной 0,05 м, а для АХОВ, разлившихся в поддон или обвалование, по следующим формулам:

- для жидкостей, имеющих самостоятельный поддон (обвалование):

$$h = H - 0,2,$$

где  $H$  — высота обвалования, м;

- для емкостей, имеющих общий поддон (обвалование) на группу:

$$h = Q_0 / (Fd),$$

где  $d$  — плотность АХОВ, т/м<sup>3</sup>;  $F$  — реальная площадь разлива в поддон, м<sup>2</sup>;  $Q_0$  — количество выброшенного (разлившегося) при аварии АХОВ, т.

3. Предельная продолжительность сохранения метеоусловий составляет 4 ч.

4. Расчеты ведутся по эквивалентным количествам АХОВ. Под *эквивалентным количеством АХОВ* понимается такое количество хлора, масштаб заражения которым при инверсии эквивалентен масштабу заражения при данной степени вертикальной устойчивости воздуха количеством данного АХОВ, перешедшим в первичное (вторичное) облако.

*Основные исходные данные.* При проведении расчетов используют следующие данные:

- общее количество АХОВ на объекте экономики;
- количество АХОВ, выброшенное в окружающую среду, и характер разлива;
- высота обвалования;
- метеорологические условия (температура воздуха, почвы, скорость ветра в приземном слое (на высоте 10 м, степень вертикальной устойчивости воздуха);
- плотность (количество) населения в зоне возможного химического заражения и степень его защиты.

*Порядок проведения расчетов.* Расчет проводят в определенной последовательности.

1. Вычисляют эквивалентное количество АХОВ, перешедшее в первичное облако ( $Q_{э1}$ , т), по формуле

$$Q_{э1} = K_1 K_3 K_5 K_7 Q_0,$$

где  $Q_0$  — количество выброшенного (разлившегося) при аварии АХОВ, т;  $K_1$  — коэффициент, зависящий от условий хранения АХОВ (приложение 3 РД);  $K_3$  — коэффициент, равный отношению пороговой токсодозы хлора к пороговой токсодозе АХОВ (приложение 3 РД);  $K_5$  — коэффициент, учитывающий степень вертикальной устойчивости воздуха и равный: 1 — для инверсии, 0,23 — для изотермии, 0,08 — для конвекции;  $K_7$  — коэффициент, учитывающий влияние температуры воздуха на скорость образования первичного облака (приложение 3 РД).

2. Определяют эквивалентное количество АХОВ, перешедшее во вторичное облако ( $Q_{э2}$ , т), по формуле

$$Q_{э2} = (1 - K_1) K_2 K_3 K_4 K_5 K_6 K_7 Q_0 / (hd),$$

где  $K_2$  — коэффициент, зависящий от физико-химических свойств АХОВ;  $K_4$  — коэффициент, учитывающий скорость ветра;  $K_7$  — коэффициент, учитывающий влияние температуры окружающего воздуха на скорость образования вторичного облака;  $K_6$  — коэффициент, зависящий от времени, прошедшего после начала аварии ( $N$ , ч), и определяемый из условий:

$$K_6 = N^{0,8} \text{ при } N < T \quad \text{или} \quad T^{0,8} \text{ при } N > T,$$

где  $T$  — время испарения АХОВ с площади разлива, ч.

3. Зона заражения характеризуется формой, глубиной заражения  $\Gamma$ , км, и площадью фактического заражения  $S$ , км<sup>2</sup>. По данным приложения 2 РД, в зависимости от скорости ветра  $v$ , м/с, и величины  $Q_{э}$  определяют глубину распространения первичного ( $\Gamma_1$ ) и вторичного ( $\Gamma_2$ ) облаков АХОВ. Общую глубину распространения зараженного воздуха вычисляют по формуле

$$\Gamma_{\text{зар}} = \Gamma_1 + 0,5\Gamma_2, \quad \text{если } \Gamma_1 > \Gamma_2$$

и

$$\Gamma_{\text{зар}} = \Gamma_2 + 0,5\Gamma_1, \quad \text{если } \Gamma_1 < \Gamma_2.$$

4. Предельно возможное значение глубины переноса воздушных масс ( $\Gamma_{\text{пред}}$ , км) равно

$$\Gamma_{\text{пред}} = NV,$$

где  $V$  — скорость переноса переднего фронта облака зараженного воздуха, км/ч (приложение 5 РД);  $N$  — время от начала аварии, ч.

За истинную глубину зоны заражения принимают величину

$$\Gamma = \min \{ \Gamma_{\text{зар}} \Gamma_{\text{пред}} \}.$$

5. Вычисляют площадь зоны фактического заражения АХОВ ( $S_{\text{ф}}$ , км<sup>2</sup>), находящейся внутри зоны возможного заражения по формуле

$$S_{\Phi} = K_8 \Gamma^2 N^{0,2}, \text{ км}^2,$$

где  $K_8$  — коэффициент, который зависит от степени вертикальной устойчивости воздуха и принимается равным: 0,081 — для инверсии, 0,133 — для изотермии, 0,235 — для конвекции.

6. Вычисляют продолжительность поражающего действия АХОВ (время испарения АХОВ с площади разлива) по формуле

$$T = hd/K_2 K_4 K_7.$$

7. Вычисляют время ( $\tau$ , ч) подхода облака зараженного воздуха к заданному объекту:

$$\tau = x/V,$$

где  $x$  — расстояние от источника заражения до заданного объекта, км.

**Прогнозирование количества пострадавших среди персонала и населения, оказавшегося в зоне фактического заражения.** Количество населения, попавшего в зону заражения  $N$ , чел., рассчитывается по формуле

$$N = PS_{\Phi},$$

где  $P$  — средняя плотность населения, чел./км<sup>2</sup>;  $S_{\Phi}$  — площадь зоны фактического заражения, км<sup>2</sup>.

Распределение людей по степеням поражения приближенно оценивается следующим образом:

Степень поражения	Смертельная	Средняя	Легкая	Пороговая
Доля	0,10	0,15	0,20	0,55

Глубины зон с разной степенью поражения можно принять: зоны смертельного поражения  $\Gamma_{\text{см}} = 0,3 \text{ Г}$ ; зоны поражения средней степени тяжести  $\Gamma_{\text{ср}} = 0,5 \text{ Г}$ ; зона поражения легкой степени тяжести  $\Gamma_{\text{лег}} = 0,7 \text{ Г}$ .

При аварии (разрушении) объектов с АХОВ условные обозначения наносятся на карту (план, схему) в следующей последовательности:

- точкой синего цвета отмечается место аварии и проводится ось в направлении распространения облака зараженного воздуха;
- на оси следа откладывают величину глубины зоны возможного заражения АХОВ;
- синим цветом наносится зона возможного заражения АХОВ в виде окружности, полуокружности или сектора, в зависимости от скорости ветра в приземном слое воздуха (табл. 24.1);
- зона возможного химического заражения штрихуется желтым цветом;
- возле места аварии синим цветом делается поясняющая надпись. В числителе — тип и количество выброшенного АХОВ ( $\tau$ ), в знаменателе — время и дата аварии.

Схема площади зоны возможного химического заражения приведена на рисунке 24.1.



## Отображение зон возможного заражения (ВХЗ) АХОВ на картах (схемах)

Скорость ветра, $v$ , м/с	Угловые размеры зоны ВХЗ, $\phi$ , град	Вид зоны ВХЗ	Поясняющая надпись *
0,5 и менее	360	Окружность	Хлор — 10 т; 06.00; 01.07
0,6–1,0	180	Полуокружность	Хлор — 5 т; 07.00; 01.08
1,1–2,0	90	Сектор	Хлор — 8 т; 05.00; 03.06
Более 2,0	45	Сектор	Аммиак — 10 т; 04.00; 05.03

\* Масса вещества; время возникновения аварии; дата.

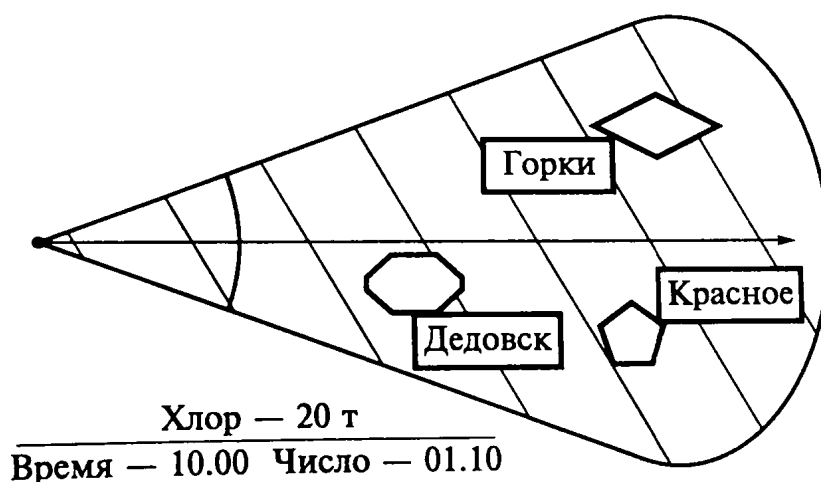


Рис. 24.1

Схема зоны возможного химического заражения

Населенные пункты в зоне возможного химического заражения с находящимися в них людьми, сельскохозяйственными животными и растениями составляют очаг возможного химического поражения.

Безопасность населения в случае химической аварии обеспечивается своевременным оповещением, умелым использованием средств индивидуальной и коллективной защиты, укрытием населения в жилых и производственных зданиях, а также эвакуацией людей из зон возможного заражения.

**Рекомендации по индивидуальной защите от АХОВ.** Эффективным способом защиты является применение СИЗОД. Если средств индивидуальной защиты нет и выйти из района аварии невозможно, оставайтесь в помещении. При этом нужно знать, что при выбросах тяжелых веществ целесообразно занимать верхние этажи, а при выбросе легких АХОВ — нижние. Тяжелее возду-

ха хлор, сернистый ангидрид, оксиды азота, фосген, а легче воздуха аммиак, акрилонитрил, синильная кислота. Уменьшите возможность проникновения АХОВ (паров, аэрозолей) в помещения: плотно закройте окна и двери, дымоходы, вентиляционные люки, щели в рамах окон и дверей заклейте, т.е. проведите герметизацию помещения, одновременно готовьтесь к возможной эвакуации из района химического заражения (средства защиты кожи, документы, ценные вещи, продукты на 2–3 сут и др.). Желательно температуру в помещении поднять на 2–4°C выше, чем на улице. Включите радио (телевизор) и ждите указаний о дальнейших действиях;

- при эвакуации, оставляя помещения (квартиру, дом), наденьте средства индивидуальной защиты. Простейшие средства защиты органов дыхания: предварительно смочите водой или 2%-ным раствором питьевой соды в случае загрязнения воздуха хлором, а в случае загрязнения воздуха аммиаком — водой или 5%-ным раствором лимонной кислоты. При оставлении помещения следует выключить электричество, перекрыть газ и воду, закрыть балконы и лоджии;

- выходите из зоны химического заражения в сторону, перпендикулярную направлению ветра, и обходите туннели, овраги, лощины;

- нельзя трогать местные предметы, поднимать пыль и наступать на разливы жидкости и россыпи порошка;

- нельзя пить и принимать пищу;

- не разрешается снимать средства индивидуальной защиты, обнаружив ядовитые вещества на коже, одежде и средствах защиты их надо удалить бумажным тампоном или ветошью;

- при подозрении на поражение АХОВ избегайте физических нагрузок, пейте больше жидкости (чай, молоко, сок, воду) и обратитесь в медицинское учреждение;

- выйдя из зоны заражения, снимите верхнюю одежду, тщательно вымойте глаза, нос, прополощите рот, примите душ.

### **24.3.**

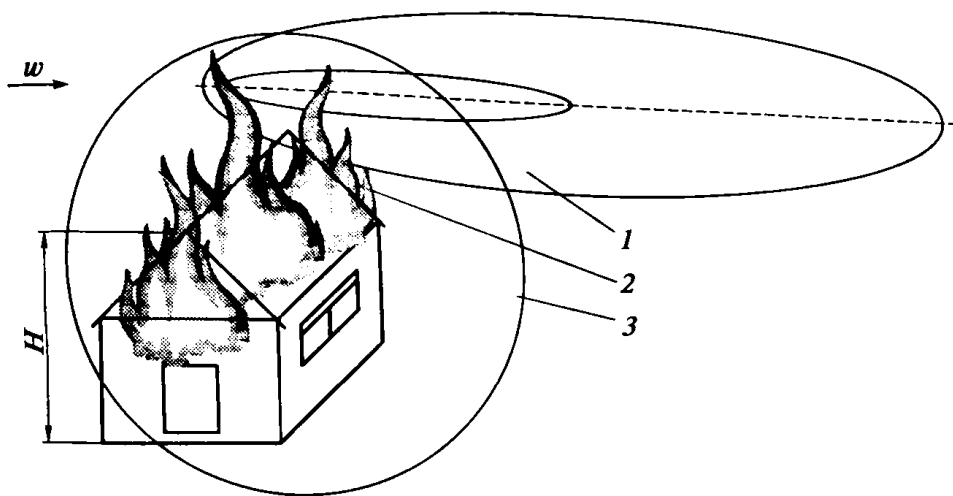
## **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИЙ, СВЯЗАННЫХ С ПОЖАРАМИ**

В пространстве, где развивается пожар, можно выделить три зоны: горения, теплового воздействия, где нельзя находиться без специальной тепловой защиты, и задымления с опасностью для жизни и здоровья (рис. 24.2). Интенсивность горения при пожаре зависит от скорости поступления в зону горения кислорода из окружающей среды. Размер зоны горения фиксируется той частью здания или сооружения, где образуется пламя. Температура в зоне горения внутри здания достигает величин 800–900°C.

Основным поражающим фактором пожаров является термическое воздействие продуктов горения. Человек ощущает сильную (едва переносимую) боль, когда температура верхнего слоя кожного покрова повышается до 45°C.

Время достижения «порога боли»  $\tau$ , с, связано с плотностью теплового потока  $q$ , кВт/м<sup>2</sup>, соотношением

$$\tau = (35/q)^{1,33}.$$



**Рис. 24.2**

Развитие пожара в пространстве:

1 — зона задымления; 2 — зона горения; 3 — зона термического воздействия.

При плотности теплового потока менее 1,7 кВт/м<sup>2</sup> боль не ощущается даже при длительном тепловом воздействии. Степень термического воздействия зависит от величины теплового потока и длительности теплового излучения. Виды термических ожогов и их характеристика, а также влияние токсичных продуктов горения на человека подробно описаны в разделе 5.

*Термическое воздействие на легковоспламеняющиеся материалы* (например, вследствие пожара, ядерного взрыва и т. п.) может вызвать дальнейшее распространение аварии и переход ее в стадию каскадного развития.

Для каждого материала существует критическое значение плотности теплового потока  $q_{кр}$ , при котором воспламенение не происходит даже при длительном тепловом воздействии. При увеличении плотности теплового потока время до начала воспламенения материала уменьшается. В общем случае зависимость времени воспламенения от величины плотности теплового потока имеет вид

$$\tau = A/(q - q_{кр})^n,$$

где  $A$  и  $n$  — константы для конкретного вещества (например, для древесины  $A = 4360$ ,  $n = 1,61$ ).

Плотность теплового потока, равная 4,0 кВт/м<sup>2</sup>, является безопасной для объектов.

**Пожар разлития.** При нарушении герметичности сосуда, содержащего сжиженный горючий газ или жидкость, часть жидкости может заполнить поддон или обваловку, растечься по поверхности грунта или заполнить какую-либо естественную впадину.

Если поддон или обваловка имеют размеры  $a, b$  (радиус  $r_{\text{под}}$ ), то глубину заполнения ( $h$ , м) можно найти по формуле

$$h = m_{\text{ж}} / (\rho_{\text{ж}} F_{\text{под}}),$$

где  $m_{\text{ж}}, \rho_{\text{ж}}$  — масса и плотность разлившейся жидкости, кг и кг/м<sup>3</sup> соответственно;  $F_{\text{под}}$  — площадь поддона, м<sup>2</sup>.

При авариях в системах, не имеющих защитных ограждений, происходит растекание жидкости по грунту и/или заполнение естественных впадин. Обычно при растекании на грунт площадь разлива ограничена естественными и искусственно созданными границами (дороги, дренажные каналы и т. п.), а если такая информация отсутствует, то принимают толщину разлившегося слоя равной  $h = 0,05$  м и определяют площадь разлива ( $F_{\text{раз}}$ , м<sup>2</sup>) по формуле

$$F_{\text{раз}} = m_{\text{ж}} / (h \rho_{\text{ж}}).$$

Отличительной чертой пожаров разлития является «накрытие» с подветренной стороны. Это покрытие может составлять 25–50% диаметра обвалования.

Пламя пожара разлития при расчете представляют в виде наклонного по направлению ветра цилиндра конечного размера, причем угол наклона  $\Theta$  зависит от безразмерной скорости ветра  $W_{\text{в}}$ :

$$\cos \Theta = 0,75 (W_{\text{в}})^{0,49}.$$

Геометрические параметры факела пожара разлития, а также степень термического воздействия пожара разлития (плотность теплового потока, падающего на элементарную площадку) определяют по формулам, приведенным в специальной литературе.

**Горение зданий и промышленных объектов.** Расчет протяженности зон теплового воздействия, м, при горении зданий и промышленных объектов производится по формуле

$$R = 0,282 R^* (q_{\text{соб}} / q_{\text{кр}})^{0,5},$$

где  $q_{\text{соб}}$  — плотность потока собственного излучения пламени пожара, кВт/м<sup>2</sup> (табл. 24.2);  $q_{\text{кр}}$  — критическая плотность потока излучения пламени пожара, падающего на облучаемую поверхность, кВт/м<sup>2</sup> (табл. 24.3);  $R^*$  — приведенный размер очага горения, м, равный  $(lh)^{0,5}$  — для горящих зданий;  $(1,75-2,0)lh$  — для штабеля пиленого леса;  $0,8D_{\text{рез}}$  — для горения нефтепродуктов в резервуаре ( $l$  — длина объекта горения, м;  $h$  — высота объекта горения, м;  $D_{\text{рез}}$  — диаметр резервуара, м).

Задавая ту или иную степень поражения человека, сооружений и других объектов, можно определить искомое расстояние от очага пожара.

Образующиеся при пожаре продукты горения распространяются по направлению ветра, образуя зону задымления (заражения).

Таблица 24.2

**Теплотехнические характеристики материалов и веществ**

	<b>Массовая скорость выгорания, <math>V_{\text{выг}}</math>, кг/(м<sup>2</sup>·с)</b>		
Ацетон	0,047	28 400	1200
Бензол	0,08	30 500	2500
Бензин	0,05	44 000	1780–2200
Керосин	0,05	43 000	1520
Мазут	0,013	40 000	1300
Нефть	0,02	43 700	874
Древесина	0,015	19 000	260
Каучук натуральный	0,013	42 000	460
Пиломатериалы	0,017	14 000	150

Таблица 24.3

**Критические значения плотности потока падающего излучения**

	<b>Время воздействия теплового излучения до появления критических состояний, с</b>				
	<b>Ожоги у человека</b>		<b>Возгорание</b>		
	<b>I степень</b>	<b>II степень</b>	<b>ГЖ</b>	<b>ЛВЖ</b>	<b>Древесины</b>
40,0	< 1,0	< 1,0	180	—	—
35,0	< 1,0	< 1,0	—	180	—
30,0	1,0	2,0	—	—	240
20	2,0	3,0	—	—	600
15	4,0	5,0	—	—	—
10	6,0	9,0	—	—	—
5	16,0	25,0	—	—	—
4,2	20,0	40,0	—	—	—
1,5	Безопасно	Безопасно	—	—	—

*Примечание.* Прочерк означает отсутствие данных.

Глубина зоны задымления  $\Gamma$ , м, определяется по формуле

$$\Gamma = \frac{34,2}{k_1} \left( \frac{M}{k_2 w D} \right)^{2/3},$$

где  $M$  — масса токсичных продуктов, кг;  $D$  — пороговая или летальная токсодоза, мг·мин/л (табл. 24.4);  $w$  — скорость ветра, м/с;  $k_1$  — коэффициент шероховатости подстилающей поверхности, равный: 1 — для открытой поверхности; 2 — для степной растительности и сельскохозяйственных угодий; 2,5 —

для кустарников; 3,3 — для леса и городской застройки;  $k_2$  — коэффициент степени вертикальной устойчивости атмосферы, равный: 1 — для инверсии; 1,5 — для изотермии; 2 — для конвекции.

Таблица 24.4

#### Значение токсодоз некоторых ОХВ

ОХВ	Токсодоза, мг·мин/л	
	Летальная $D_{\text{лет}}$	Пороговая $D_{\text{пор}}$
Аммиак	150	15
Угарный газ CO	60	25
Оксид азота NO <sub>x</sub>	3	1,5
Диоксид серы SO <sub>2</sub>	70	1,8
Фосген	6	0,2
Хлор	6	0,6
Соляная кислота	200	2,0

#### 24.4.

### ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИЙ, ВЫЗВАННЫХ ВЗРЫВАМИ

Процесс горения со стремительным высвобождением энергии и образованием при этом избыточного давления называется **взрывным горением**.

Наиболее часто встречаются взрывы конденсированных взрывчатых веществ (ВВ), парогазовоздушных смесей и сосудов под давлением. Взрывы многих конденсированных взрывчатых веществ протекают в режиме детонации, при котором взрывная волна распространяется с постоянной скоростью. Значения скоростей детонации находятся в пределах от 1,5 (для некоторых промышленных ВВ) до 8 км/с (для мощных ВВ — тротил, гексоген, октоген и др.), при этом давление взрывов достигает 20–38 ГПа.

Различают два принципиально разных режима взрывного горения: дефлаграционный и детонационный.

При скорости распространения пламени, не превышающей скорости звука, возникает дефлаграционное горение, при котором продукты сгорания нагреваются до температур 1500–3000°C и генерируются ударные волны с максимальным давлением 20–100 кПа. В ударную волну переходит около 40% энергии взрыва.

Режим дефлаграционного горения может переходить в режим детонационного горения, при котором скорость распространения пламени достигает 1–5 км/с. Избыточное давление в пределах детонационного облака может достигать 2 МПа. Такому переходу способствует турбулизация процесса горения при встрече фронта пламени с препятствиями. При этом поверхность фронта

пламени становится неровной, а толщина пламени увеличивается — все это вызывает рост скорости распространения пламени.

В режиме детонационного горения нагрузки значительно возрастают. Поэтому этот режим горения принят за расчетный случай для прогнозирования обстановки при авариях со взрывом.

При взрыве газозвушных смесей различают две зоны действия: детонационной волны — в пределах облака ГВС и воздушной ударной волны — за пределами облака ГВС. В зоне облака действует детонационная волна, избыточное давление во фронте которой принимается постоянным в пределах облака ГВС и приблизительно равным  $\Delta P_d = 17 \text{ кгс/см}^2$  (1,7 МПа).

В расчетах принимают, что зона действия детонационной волны ограничена радиусом  $r_0$ , который определяется из допущения, что ГВС после разрушения емкости образует в открытом пространстве полусферическое облако.

Объем полусферического облака может быть определен по формуле

$$V = 2/3 \pi r_0^3,$$

где  $\pi = 3,14$ .

Учитывая, что 1 кмоль идеального газа при нормальных условиях занимает  $22,4 \text{ м}^3$ , объем образовавшейся ГВС при аварийной ситуации составит

$$V = 22,4 \cdot k \cdot Q \cdot 100 / (m_k \cdot C),$$

где  $k$  — коэффициент, учитывающий долю активного газа (долю продукта, участвующего во взрыве);  $Q$  — количество сжиженных углеводородных газов в хранилище до взрыва, кг;  $C$  — стехиометрическая концентрация газа, об.% (справочные данные);  $m_k$  — молярная масса газа, кг/кмоль.

Из условия равенства полусферы и объема образовавшейся смеси получим

$$r_0 \approx 10 \cdot \sqrt[3]{\frac{Qk}{m_k C}}.$$

Эта формула получила широкое распространение при проведении расчетов по определению последствий взрывов для углеводородных газов.

Значение коэффициента  $k$  принимают в зависимости от способа хранения продукта:

$k = 1$  — для резервуаров с газообразным веществом;

$k = 0,6$  — для газов, сжиженных под давлением;

$k = 0,1$  — для газов, сжиженных охлаждением (хранящихся в изотермических емкостях);

$k = 0,05$  — при аварийном разливе легковоспламеняющихся жидкостей.

Зона действия воздушной ударной волны (ВУВ) начинается сразу за внешней границей облака ГВС. Давление во фронте ударной волны  $\Delta P_\phi$  зависит от расстояния до центра взрыва и определяется по таблице 24.5 исходя из соотношения

$$\Delta P_\phi = f(r/r_0),$$

где  $r$  — расстояние от центра взрыва до рассматриваемой точки.

Таблица 24.5

**Давление во фронте ударной волны  $\Delta P_{\text{ф}}$  при удалении от центра взрыва**

$r/r_0$	$\Delta P_{\text{ф}}, \text{кПа}$	$r/r_0$	$\Delta P_{\text{ф}}, \text{кПа}$
0–1	1700	3	80
1,01	1232	4	50
1,04	814	5	40
1,08	568	6	30
1,2	400	8	20
1,4	300	12	10
1,8	200	50	5
2,7	100		

Таблица составлена путем аппроксимации значений, полученных с помощью формул, характеризующих зависимость давления от расстояния до центра взрыва.

*Взрывы газозвудушных и пылевоздушных смесей в производственных помещениях* характеризуются тем, что нагрузка воздействует на объект изнутри. Возникающие нагрузки зависят от многих факторов: типа горючего вещества, его массы, полноты заполнения внутреннего объема помещения горючим веществом, его местоположения во внутреннем объеме. Полное определение параметров взрыва является сложной задачей, с ней можно познакомиться в специальной литературе. Ориентировочно оценку возможных последствий взрывов внутри помещения можно производить по величине избыточного давления, возникающего в объеме производственного помещения, в соответствии с СП 12.13130.2009 по формулам, представленным в главе 19.

Таблица 24.6

**Действие избыточного давления  $\Delta P_{\text{ф}}$  ударной волны на человека**

Степень поражения человека	$\Delta P_{\text{ф}}, \text{кПа}$
Безопасно для человека	< 10
Легкое поражение (ушибы, вывихи, временная потеря слуха, общая контузия)	20–40
Среднее поражение (контузия головного мозга, повреждение органов слуха, разрыв барабанных перепонок, кровотечение из носа и ушей)	40–60
Сильное поражение (сильная контузия всего организма, потеря сознания, переломы конечностей, повреждения внутренних органов)	60–100
Порог смертельного поражения	100
Летальный исход в 50% случаев	250–300
Безусловное смертельное поражение	> 300



Поражение людей при взрыве может явиться результатом как прямого, так и косвенного воздействия ударной волны. Травмы и контузии при взрыве могут носить характер крайне тяжелых, тяжелых, средней тяжести и легких поражений. В таблице 24.6 приведена общая характеристика *барического воздействия взрыва на человека*, кПа.

- слабые разрушения — повреждение или разрушение крыш, оконных и дверных проемов. Ущерб 10–15% от стоимости здания;
- средние разрушения — разрушения крыш, окон, перегородок, чердачных перекрытий, верхних этажей. Ущерб 30–40%;
- сильные разрушения — разрушение несущих конструкций и перекрытий. Ущерб 50%. Ремонт нецелесообразен;
- полное разрушение — обрушение зданий, сооружений.

В таблице 24.7 приведены интервалы давлений, вызывающих ту или иную степень разрушения жилых, общественных и производственных зданий при взрывах ВВ и горючих смесей.

## Степени разрушения зданий от избыточного давления при взрывах горючих смесей


Сравнение воздействия ударной волны на людей и строения показывает, что человек, защищенный от воздействия вторичных поражающих факторов взрыва, способен выжить там, где прочные здания разрушаются полностью.

При любом виде взрыва с большой вероятностью следует ожидать поражения людей, среди которых могут быть как погибшие (безвозвратные потери), так и раненые (санитарные потери).

Для ориентировочного определения безвозвратных потерь  $N^{\text{безв}}$  (чел.) населения (персонала) вне зданий и убежищ можно использовать уравнение

$$N^{\text{безв}} = P m_{\text{ТНТ}}^{2/3},$$

где  $P$  — плотность населения (персонала), тыс. чел./км<sup>2</sup>;  $m_{\text{ТНТ}}$  — тротильный эквивалент, т.

Санитарные потери  $N^{\text{сан}}$  (чел.) принимаются равными

$$N^{\text{сан}} = (3-4)N^{\text{безв}},$$

а общие потери  $N^{\text{общ}}$  (чел.) равны

$$N^{\text{общ}} = N^{\text{безв}} + N^{\text{сан}}.$$

Тротильный эквивалент взрывоопасной газопаровоздушной смеси определяется по формуле

$$m_{\text{ТНТ}}^{\text{газ}} = k(Q_{\text{вгаз}} / Q_{\text{вТНТ}})m_{\text{газ}},$$

где  $m_{\text{газ}}$  — масса горючего газа, кг;  $Q_{\text{вТНТ}}$  — энергия взрыва тротила,  $Q_{\text{вТНТ}} = 4520$  кДж/кг;  $Q_{\text{вгаз}}$  — энергия взрыва газа, кДж/кг;  $k$  — коэффициент, зависящий от способа хранения горючего вещества (1 — для газа; 0,6 — для сжиженного газа под давлением; 0,1 — для сжиженного газа при пониженной температуре (изотермическое хранение); 0,06 — аварийный разлив ЛВЖ).

**Взрыв конденсированного взрывчатого вещества.** Избыточное давление  $\Delta P_{\text{ф}}$ , кПа, на фронте свободно распространяющейся сферической воздуш-

ной ударной волны при взрыве конденсированных ВВ определяется по формуле М. А. Садовского:

$$\Delta P_{\phi} = 95\sqrt[3]{m_{\text{ТНТ}} / R} + 390\sqrt[3]{m_{\text{ТНТ}}^2 / R^2} + 1300\sqrt[3]{m_{\text{ТНТ}} / R^3},$$

где  $R$  — расстояние от эпицентра взрыва, м;  $m_{\text{ТНТ}}$  — тротиловый эквивалент, кг.

Тротиловый эквивалент определяется по формуле

$$m_{\text{ТНТ}} = mQ_{\nu} / Q_{\text{ТНТ}},$$

где  $Q_{\nu}$ ,  $Q_{\text{ТНТ}}$  — энергия взрыва, кДж/кг, данного вещества и тротила соответственно.

## 24.5. ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ, ВЫЗВАННЫЕ ВЫБРОСОМ РАДИОАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

**Радиационная авария** — это потеря управления источником ионизирующего излучения, вызванная неисправностью оборудования, неправильными действиями работников (персонала), стихийными бедствиями или иными причинами, которые могли привести или привели к облучению людей выше установленных норм или к радиоактивному загрязнению окружающей среды.

К радиационно опасным относятся следующие объекты:

- предприятия ядерного топливного цикла урановой и радиохимической промышленности, места переработки и захоронения радиоактивных отходов;
- атомные станции: атомные электрические станции, атомные теплоэлектроцентрали, атомные установки теплоснабжения;
- объекты с ядерными энергетическими установками (ЯЭУ) (корабельные и космические ЯЭУ, войсковые атомные электростанции);
- ядерные боеприпасы и склады для их хранения.

Аварии на радиационно опасных объектах подразделяют на проектные и запроектные.

К *проектным* относят аварии, в отношении которых проектом определены исходные и конечные состояния и предусмотрены системы безопасности, обеспечивающие ограниченные последствия аварии, как правило, с частичной разгерметизацией, но без оплавления активной зоны.

К *запроектным* относят радиационные аварии, вызываемые не учитываемыми для проектных аварий исходными состояниями и сопровождающиеся дополнительными (по сравнению с проектными авариями) отказами систем безопасности и реализацией ошибочных решений персонала, приводящих к тяжелым последствиям с частичным или полным расплавлением активной зоны.

При авариях на радиационно опасных объектах с выбросами радиоактивных веществ образуются зоны радиоактивного загрязнения, характеризующиеся уровнем радиации, дозой облучения, площадью зоны заражения и т. п. (табл. 24.8).

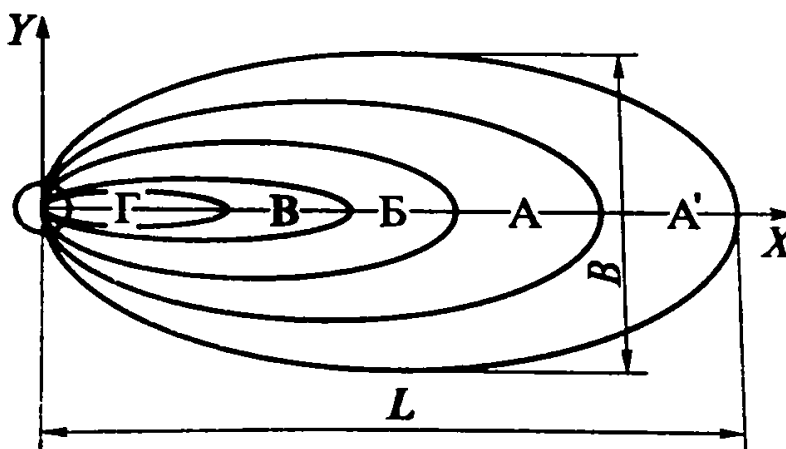
**Характеристика зон радиоактивного заражения  
при авариях с выбросами радиоактивных веществ**


*Примечание.* 1 Гр = 100 рад;  $L$  и  $B$  — соответственно длина и ширина зоны заражения, км.

**Расчет параметров зоны радиационного загрязнения при радиационной аварии.** Геометрические размеры (длина  $L$  и ширина  $B$ , км) зон загрязнения (рис. 24.3) для запроектных аварий на атомных электростанциях рассчитывают по формулам:

$$L^1 = L \sqrt{m^1 V^1 / (mV)}; \quad B^1 = B \sqrt{m^1 V^1 / (mV)},$$

где  $L$  и  $B$  — известные значения соответственно длины и ширины зон загрязнения для реакторов РБМК-1000 и ВВЗР-440 при скорости ветра ( $V$ ) 5 м/с и  $m = 3,5; 10$  и 50 т;  $m^1$  — масса радиоактивного выброса, кг;  $V^1$  — скорость ветра, м/с.



**Рис. 24.3**

Зона радиоактивного загрязнения (А, Б, В, Г, А') при радиационной аварии

Время подхода радиоактивного облака к объекту ( $\tau_{\text{подх}}$ , ч) определяют по формуле

$$\tau_{\text{подх}} = CR/V,$$

где  $C$  — коэффициент, зависящий от степени вертикальной устойчивости атмосферы, равный: 0,13 — при инверсии, 0,23 — при изотермии и 0,24 — при конвекции;  $R$  — расстояние от объекта до эпицентра выброса, км;  $V$  — скорость движения воздуха на высоте 10 м, км/ч.

**Прогнозирование количества пораженного персонала и населения, оказавшегося в зоне радиационного загрязнения.** Расчет уровней радиации ( $P_1$ , Гр/ч) и доз внешнего облучения ( $D$ , Гр) производится в зависимости от времени, прошедшего после аварии по формулам:

$$P_1 = P_{\text{изм}}/(\tau/\tau_{\text{изм}})^n;$$

$$D = K(P_{\text{кон}}\tau_{\text{кон}} - P_{\text{нач}}\tau_{\text{нач}}),$$

где  $P_{\text{изм}}$  — измеренный (рассчитанный) уровень радиации в момент времени  $\tau_{\text{изм}}$ , Гр/ч;  $n$  — коэффициент, равный 0,25 для промежутка времени до 1 мес. после аварии и 0,5 — от 1 до 3 мес.  $P_{\text{нач}}$ ,  $P_{\text{кон}}$  — уровень радиации соответственно на время начала облучения ( $\tau_{\text{нач}}$ ) и на время окончания облучения ( $\tau_{\text{кон}}$ ), Гр/ч;  $K$  — коэффициент, равный 1,33 до 1 мес. после аварии и 2 — от 1 до 3 мес.

При нахождении человека в помещении (дом, защитное сооружение и т. п.) доза облучения будет меньше в  $K_{\text{осл}}$  раз. Коэффициент  $K_{\text{осл}}$  называется коэффициентом ослабления, и его значения приведены в таблице 24.9.

На основании результатов прогноза радиационной обстановки принимается решение о выполнении защитных мероприятий (табл. 24.10).

Таким образом, прогнозирование в большинстве случаев является основой противодействия ЧС природного и техногенного характера, организации и выполнения мероприятий по защите населения и территорий от поражающих факторов источников ЧС.

Таблица 24.9

**Средние величины коэффициента ослабления  $K_{\text{осл}}$**

Наименование помещения	$K_{\text{осл}}$	Наименование помещения	$K_{\text{осл}}$
Открытые траншеи, щели	3	Производственные здания	7
Перекрытые щели	50	Административные здания	8
Автомобили	2	В среднем для населения:	
Пассажирские вагоны	3	городского	8
		сельского	4

**Критерии для принятия решений в начальном периоде аварии**

Защитные меры	Дозовые критерии (за первые 10 сут), мГр			
	Все тело		Отдельные органы	
	нижний уровень	верхний уровень	нижний уровень	верхний уровень
Укрытие в защитных сооружениях	5	50	50	500
Йодная профилактика:				
взрослые	—	—	250*	2500*
дети	—	—	100*	1000*
Эвакуация	50	500	500	5000

\* Только для щитовидной железы.

**Действия при оповещении о радиационной аварии.** Находясь на улице, немедленно защитите органы дыхания платком (шарфом) и поспешите укрыться в помещении. Важно знать, что стены деревянного дома ослабляют ионизирующее излучение в 2 раза, кирпичного — в 7 раз. Подвалы с деревянным покрытием ослабляют дозу излучения в 7 раз, с кирпичными или бетонными стенами — в 40–100 раз. Оказавшись в укрытии, снимите верхнюю одежду и обувь, поместите их в пластиковый пакет и примите душ. Закройте двери, окна. Включите телевизор и радиоприемник для получения дополнительной информации об аварии и указаний местных властей. Загерметизируйте вентиляционные отверстия, щели на окнах (дверях) и не подходите к ним без необходимости. Сделайте запас воды в герметичных емкостях. Открытые продукты заверните в полиэтиленовую пленку и поместите в холодильник (шкаф).

Для защиты органов дыхания используйте респиратор, ватно-марлевую повязку или подручные изделия из ткани, смоченные водой для повышения их фильтрующих свойств.

При получении указаний через СМИ проведите йодную профилактику, принимая в течение 7 дней по одной таблетке (0,125 г) йодистого калия, а для детей до 2-х лет — 1/4 часть таблетки (0,04 г). При отсутствии йодистого калия используйте йодистый раствор: три-пять капель 5%-ного раствора йода на стакан воды, детям до 2-х лет — одну-две капли.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Основные способы хранения АХОВ.
2. Влияние степени вертикальной устойчивости воздуха на распространение токсичного выброса.
3. Причины образования первичного и вторичного облаков при разгерметизации емкости с АХОВ.

4. Общие положения методики прогнозирования масштабов заражения АХОВ при авариях на ХОО и транспорте.
5. Прогнозирование глубины зоны заражения АХОВ.
6. Порядок нанесения зон заражения на топографические карты и схемы.
7. Какими параметрами характеризуется зона химического заражения?
8. Перечислите основные поражающие факторы аварий, связанные с пожарами и взрывами.
9. Какие теплотехнические характеристики материалов и веществ существуют?
10. Какие степени разрушения зданий при воздействии на них воздушной ударной волны существуют?
11. Охарактеризуйте зону радиоактивного заражения при авариях на РОО.
12. В чем заключается йодная профилактика?

## **Глава 25**

# **УСТОЙЧИВОСТЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ЭКОНОМИКИ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ**

### **25.1.**

#### **ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ**

**Под устойчивостью функционирования объекта экономики** понимают его способность в ЧС выпускать продукцию в запланированном объеме и номенклатуре (для непроеизводственных объектов выполнять свои функции в соответствии с предназначением), а в случае аварии (повреждения) восстанавливать производство в минимально короткие сроки.

Так как современный объект экономики (ОЭ) представляет собой сложный инженерно-экономический комплекс, то его устойчивость будет напрямую зависеть от устойчивости составляющих элементов.

К основным из них относятся: здания и сооружения производственных цехов; производственный персонал и защитные сооружения для укрытия рабочих и служащих; элементы системы обеспечения (сырье, топливо, комплектующие изделия, электроэнергия, газ, тепло и т. п.); элементы системы управления производством.

Вышедшими из строя считаются промышленные здания, имеющие сильные разрушения, жилые здания со средней степенью разрушения, рабочие и служащие, получившие поражения средней тяжести.

Степень и характер поражения объектов зависят от параметров поражающих факторов источника чрезвычайной ситуации, расстояния от объекта до эпицентра формирования поражающих факторов, технической характеристики зданий, сооружений и оборудования, планировки объекта, сложившихся метеорологических условий.

Для проведения оценки устойчивости ОЭ необходимо подготовить следующие данные:

- анализ вероятных явлений, по причине которых на объекте экономики может возникнуть ЧС (стихийное бедствие, авария техногенного характера, применение противником современных средств поражения), с определением наиболее вероятной;



- вероятные параметры поражающих факторов источников чрезвычайных ситуаций, которые будут влиять на устойчивость объектов экономики (интенсивность землетрясения, избыточное давление во фронте воздушной ударной волны, плотность теплового потока, высота волны прорыва, максимальная скорость волны прорыва, площадь и длительность затопления, давление гидравлического потока, доза радиоактивного облучения, ПДК опасных химических веществ);

- параметры вторичных поражающих факторов, возникающих при воздействии основных источников чрезвычайных ситуаций;

- зоны воздействия поражающих факторов;

- принципиальная схема функционирования производственного объекта с обозначением элементов, влияющих на функционирование предприятия;

- значение критического параметра (максимальная величина параметра поражающего фактора, при которой функционирование объекта не нарушается);

- величина критического радиуса (минимальное расстояние от центра формирования источника поражающих факторов, на котором функционирование объекта не нарушается).

Кроме того, должны быть собраны данные по характеристике непосредственно самого объекта (количество зданий и сооружений, плотность застройки, наибольшая работающая смена, обеспеченность защитными сооружениями, конструкции зданий и сооружений, характеристика оборудования, коммунально-энергетических сетей, местности).

Повышение устойчивости ОЭ достигается путем заблаговременного проведения мероприятий, направленных на снижение возможных потерь и разрушений от поражающих факторов источников ЧС, создание условий для ликвидации чрезвычайных ситуаций и осуществления в сжатые сроки работ по восстановлению объекта экономики. Мероприятия в этой области осуществляются заблаговременно в мирное время (период повседневной деятельности), в угрожаемый период, а также в условиях военного времени (ЧС).

Основными *направлениями* повышения устойчивости объектов экономики являются: обеспечение защиты рабочего персонала; рациональное размещение и защита производительных сил; подготовка объектов экономики к работе в условиях ЧС; подготовка к выполнению работ по восстановлению объекта экономики в условиях ЧС; подготовка системы управления объекта экономики в условиях ЧС.

## **25.2.**

### **МЕРОПРИЯТИЯ, НАПРАВЛЕННЫЕ НА ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ЭКОНОМИКИ**

Разработка и осуществление мероприятий по повышению устойчивости функционирования объектов экономики (ПУФ ОЭ) в чрезвычайных ситуациях,

как правило, проводится заблаговременно, за исключением мероприятий, исполнение которых предусмотрено в режиме ЧС. Они планируются в режиме повседневной деятельности, а выполняются в условиях угрозы и после введения *режима* ЧС (нападения противника).

При выработке мероприятий по повышению устойчивости необходимо всесторонне оценивать их техническую и экономическую целесообразность. Мероприятия будут считаться экономически обоснованными в том случае, если они максимально увязаны с задачами, решаемыми в безопасный период для обеспечения безаварийной работы объекта, улучшения условий труда, совершенствования производственного процесса.

Повышение устойчивости работы объектов экономики в ЧС достигается заблаговременным проведением комплекса организационных, инженерно-технических и технологических мероприятий, направленных на максимальное снижение воздействия поражающих факторов при ЧС мирного и военного времени.

*Организационные мероприятия* предусматривают планирование действий руководящего, командно-начальствующего состава, органов управления РСЧС и ГО, служб и формирований по защите рабочих и служащих предприятий, проведению аварийно-спасательных и других неотложных работ (АСДНР), восстановлению производства, а также по выпуску продукции на сохранившемся оборудовании.

*Инженерно-технические мероприятия* осуществляют заблаговременно. Обычно они включают в себя комплекс работ, обеспечивающих повышение устойчивости производственных зданий и сооружений, оборудования, коммунально-энергетических систем к воздействию поражающих факторов источников ЧС.

*Технологическими мероприятиями* предусматривается изменение технологического процесса, способствующее упрощению производства продукции и исключающее возможность образования вторичных поражающих факторов.

Перечисленные выше мероприятия включают:

- рациональное размещение объектов экономики, их зданий и сооружений;
- обеспечение надежной защиты рабочих и служащих;
- повышение надежности инженерно-технического комплекса;
- исключение или ограничение поражения вторичными факторами;
- обеспечение надежности и оперативности управления производством;
- организацию надежных производственных связей и повышение надежности системы энергоснабжения;
- подготовку объектов к переводу на аварийный режим работы;
- подготовку к восстановлению нарушенного производства.

Рассмотрим содержание основных путей и способов ПУФ ОЭ в чрезвычайных ситуациях.

**Рациональное размещение объектов, зданий и сооружений.** Размещение объекта и отдельных его элементов должно обеспечивать уменьшение степени их поражения при применении современных средств поражения, воздей-

ствия вторичных факторов поражения при стихийных бедствиях, возникновения крупных производственных аварий и катастроф. При размещении объекта следует учитывать также необходимость обеспечения надежных производственных связей по кооперации, предусматривать развитие предприятий-дублеров или филиалов предприятия в загородной зоне. Кроме того, необходимо учитывать возможность образования зон катастрофического затопления в результате разрушения плотин и дамб.

Места размещения материально-технических резервов следует выбирать с таким расчетом, чтобы они не оказались уничтоженными при ядерном взрыве или при ЧС природного или техногенного характера. В то же время их целесообразно располагать как можно ближе к объекту.

**Обеспечение надежной защиты рабочих и служащих.** Одной из основных задач повышения устойчивости работы объектов в ЧС является заблаговременное принятие мер по обеспечению защиты рабочих, служащих и членов их семей.

К путям и способам их защиты можно отнести следующие мероприятия:

- заблаговременное строительство убежищ на предприятиях, где находятся в обращении взрывоопасные и радиоактивные вещества, а также используются в производственных целях АХОВ;
- планирование и подготовка к эвакуации населения из районов, подверженных катастрофическим затоплениям, землетрясениям, селевым потокам, радиоактивному и химическому заражению (загрязнению);
- разработка мер защиты рабочих и служащих в условиях заражения местности радиоактивными и химически опасными веществами;
- обучение личного состава объекта выполнению работ по ликвидации очагов радиоактивного и химического заражения;
- обеспечение всех рабочих и служащих объекта средствами индивидуальной защиты, хранение и поддержание их в состоянии готовности;
- обучение рабочих, служащих и членов их семей способам защиты при радиоактивном заражении, выбросе АХОВ;
- организация и поддержание в постоянной готовности системы оповещения рабочих и служащих объекта и проживающего вблизи объекта населения об опасности поражения АХОВ и радиоактивными веществами;
- исключение возможности скопления на территории объекта большего, чем позволяет вместимость имеющихся убежищ, количества людей.

**Повышение надежности инженерно-технического комплекса.** К числу мероприятий, повышающих устойчивость и механическую прочность зданий, сооружений, оборудования и их конструкций, относятся:

- проектирование и строительство сооружений с жестким каркасом (металлическим или железобетонным);
- применение при строительстве каркасных зданий облегченных конструкций стенового заполнения и увеличение световых проемов путем использования стекла, легких панелей из пластиков и других легко разрушающихся материалов. Эти материалы и панели, разрушаясь, уменьшают воздействие ударной волны на сооружение, а их обломки наносят меньший ущерб оборудованию;

- применение легких, огнестойких кровельных материалов;
- дополнительное крепление воздушных линий связи, электропередачи, наружных трубопроводов на высоких эстакадах в целях защиты от повреждений при ураганах, взрывах и наводнениях, а также при скоростном напоре воздуха ударной волны.

**Организация надежных производственных связей и повышение надежности системы энергоснабжения.** Устойчивая работа предприятия во время производственных аварий, стихийных бедствий и в военное время зависит от бесперебойного снабжения электроэнергией, водой, газом, надежности производственных связей (наличия сырья и полуфабрикатов, которые поставляются предприятиями-поставщиками).

С этой целью на объектах необходимо проводить следующие основные мероприятия:

- подготовку запасных вариантов производственных связей с предприятиями, находящимися в пределах не только одного экономического или административного района;
- дублирование железнодорожного транспорта автомобильным или речным для доставки технологического сырья и вывоза готовой продукции;
- хранение на заблаговременно подготовленных базах готовой продукции;
- определение необходимых запасов сырья, топлива и других материалов, необходимых для выпуска запланированной продукции в течение заданного времени и хранение этих запасов на территории предприятия.

Современные промышленные предприятия характеризуются большой потребностью производства в электроэнергии и воде. Это требует создания резервных источников электро- и водоснабжения.

**Подготовка объектов к переводу на аварийный режим работы.** В случае возникновения крупной производственной аварии или с началом стихийного бедствия предприятие необходимо перевести на заранее запланированный аварийный режим работ, обеспечивающий максимальное снижение возможных потерь и разрушений.

При подготовке перевода объекта на аварийный режим предусматриваются следующие мероприятия:

- организация защиты рабочих, служащих и членов их семей (обеспечение СИЗ, проведение специальных профилактических мероприятий);
- повышение надежности работы предприятий в условиях аварий, стихийных бедствий (подготовка к безаварийной остановке производства по установленным сигналам);
- обеспечение предприятия электроэнергией, водой и т. п. в случае нарушения централизованного снабжения; защита уникального оборудования и технической документации; выполнение мероприятий по исключению и ограничению возможности возникновения вторичных поражающих факторов; защита материалов, сырья, готовой продукции; частичная герметизация производственных зданий и других мероприятий при угрозе заражения АХОВ;
- разработка графиков работы производственного персонала с учетом специфики ЧС.

**Подготовка к восстановлению нарушенного производства.** При анализе уязвимости промышленного объекта и оценке надежности его работы в случае возникновения аварии или стихийного бедствия учитывают один из важнейших критериев устойчивости — готовность объекта к восстановлению при получении им разрушений слабой и средней степени и, в частности, готовность персонала объекта к восстановительным работам, наличие восстановительных материалов, оборудования, проектов восстановления.

В целях сокращения времени на ведение работ по первоочередному восстановлению поврежденного при авариях или стихийных бедствиях инженерно-технического комплекса на объекте заблаговременно должны проводиться следующие мероприятия:

- разработка планов и проектов первоочередного восстановления ИТК по различным вариантам возможного разрушения;
- создание и подготовка ремонтно-восстановительных бригад;
- создание запасов восстановительных материалов и конструкций.

Первоочередное восстановление производства организуется после проведения АСДНР, а в отдельных случаях — одновременно с этими работами.

Следует отметить, что первоочередные восстановительные работы в основном будут выполняться рабочими и служащими объекта. Поэтому в планах восстановления производства предусматривается создание ремонтно-восстановительных бригад из специалистов и квалифицированных рабочих объекта.

## **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Какие исходные данные необходимо иметь для проведения оценки устойчивости функционирования ОЭ в ЧС?
2. Назовите основные направления повышения устойчивости функционирования объектов экономики.
3. Как достигается обеспечение надежной защиты рабочих и служащих?
4. Как обеспечивают надежность управления, материально-технического снабжения, подготовки объекта к восстановлению?
5. Как обеспечивается подготовка объектов к переводу на аварийный режим работы?

## **Глава 26**

# **ЗАЩИТА НАСЕЛЕНИЯ И ТЕРРИТОРИЙ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ**

### **26.1.**

## **ЕДИНАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ (РСЧС)**

Во исполнение Федерального закона от 21.12.1994 «О защите населения и территорий от ЧС природного и техногенного характера» создана Единая государственная система предупреждения и ликвидации ЧС (РСЧС), основной целью которой является координация усилий органов государственного управления всех уровней для решения задач защиты населения и территорий от ЧС природного и техногенного характера в мирное время.

Основные задачи РСЧС:

- разработка и реализация правовых и экономических норм, связанных с обеспечением защиты населения и территорий от ЧС;
- осуществление целевых и научно-технических программ, направленных на предупреждение чрезвычайных ситуаций и повышение устойчивости функционирования предприятий, учреждений и организаций, независимо от их организационно-правовых форм, а также подведомственных им объектов производственного и социального назначения в ЧС;
- обеспечение готовности к действиям органов управления, сил и средств, предназначенных для предупреждения и ликвидации ЧС;
- сбор, обработка, обмен и выдача информации в области защиты населения и территорий от ЧС;
- подготовка населения к действиям при ЧС;
- прогнозирование и оценка социально-экономических последствий ЧС;
- создание резервов финансовых и материальных ресурсов для ликвидации ЧС;
- осуществление государственной экспертизы, надзора и контроля в области защиты населения и территорий от ЧС;
- ликвидация ЧС;

- осуществление мероприятий по социальной защите населения, пострадавшего от ЧС, проведение гуманитарных акций;
- реализация прав и обязанностей населения в области защиты от ЧС, в том числе лиц, непосредственно участвующих в их ликвидации;
- международное сотрудничество в области защиты населения и территорий от ЧС.

**Структура РСЧС.** РСЧС объединяет органы управления, силы и средства федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления и организаций, в полномочия которых входит решение вопросов в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций. Единая система, состоящая из функциональных и территориальных подсистем, действует на федеральном, межрегиональном, региональном, муниципальном и объектовом уровнях.

*Функциональные подсистемы* РСЧС создаются федеральными органами исполнительной власти для организации работы в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций в сфере деятельности этих органов и порученных им отраслей экономики (18 ведомств создают 44 функциональные подсистемы).

*Территориальные подсистемы* единой системы создаются в субъектах Российской Федерации для предупреждения и ликвидации ЧС в пределах их территорий и состоят из звеньев, соответствующих административно-территориальному делению этих территорий.

На каждом уровне единой системы создаются координационные органы, постоянно действующие органы управления, органы повседневного управления, силы и средства, резервы финансовых и материальных ресурсов, системы связи, оповещения и информационного обеспечения.

Координационными органами единой системы являются:

- на *федеральном* уровне — Правительственная комиссия по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций и обеспечению пожарной безопасности, комиссии по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций и обеспечению пожарной безопасности (КЧСиПБ) федеральных органов исполнительной власти;
- на *региональном* уровне (в пределах территории субъекта Российской Федерации) — КЧСиПБ органа исполнительной власти субъекта РФ;
- на *муниципальном* уровне (в пределах территории муниципального образования) — КЧСиПБ органа местного самоуправления;
- на *объектовом* уровне — КЧСиПБ организации.

КЧСиПБ федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов РФ, органов местного самоуправления и организаций возглавляются руководителями указанных органов и организаций или их заместителями.

Основные задачи КЧСиПБ в соответствии с их полномочиями:

- разработка предложений по реализации единой государственной политики в области предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций и обеспечения пожарной безопасности;

- координация деятельности органов управления и сил единой системы;
- обеспечение согласованности действий федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов РФ, органов местного самоуправления и организаций при решении вопросов в области предупреждения и ликвидации ЧС и обеспечения пожарной безопасности, а также восстановления и строительства жилых домов, объектов жилищно-коммунального хозяйства, социальной сферы, производственной и инженерной инфраструктуры, поврежденных и разрушенных в результате ЧС.

**Органы управления РСЧС.** Постоянно действующие органы управления единой системы:

- на *федеральном* уровне — Министерство РФ по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, структурные подразделения федеральных органов исполнительной власти, специально уполномоченные решать задачи в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций;

- на *межрегиональном* уровне — региональные центры по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий МЧС России (далее — региональные центры);

- на *региональном* и *муниципальном* уровнях — Главные управления МЧС России по субъектам РФ и органы управления по делам ГО и ЧС на территориях муниципальных образований;

- на *объектовом* уровне — структурные подразделения организаций, специально уполномоченные решать задачи в области защиты населения и территорий от ЧС и/или гражданской обороны.

Органами повседневного управления единой системы являются:

- национальный центр управления в кризисных ситуациях МЧС России, центры управления в кризисных ситуациях (ЦУКС), информационные центры, дежурно-диспетчерские службы (ДДС) федеральных органов исполнительной власти;

- ЦУКС региональных центров;

- ЦУКС главных управлений МЧС России по субъектам РФ, информационные центры, ДДС органов исполнительной власти субъектов РФ;

- единые дежурно-диспетчерские службы муниципальных образований;

- дежурно-диспетчерские службы организаций (объектов).

Для приема сообщений о ЧС, в том числе вызванных пожарами, в телефонных сетях населенных пунктов устанавливается единый номер — 01, 101 и 112.

**Режимы функционирования РСЧС.** При отсутствии угрозы возникновения чрезвычайных ситуаций на объектах, территориях или акваториях органы управления и силы единой системы функционируют в *режиме повседневной деятельности*.

Решениями руководителей федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов РФ, органов местного самоуправления и организаций, на территории которых могут возникнуть или возникли ЧС либо к полномочиям которых отнесена ликвидация ЧС, для соответствующих



органов управления и сил единой системы может устанавливаться один из следующих режимов функционирования:

- режим повышенной готовности — при угрозе возникновения и ликвидации чрезвычайных ситуаций;
- режим чрезвычайной ситуации — при возникновении и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

В *режиме повседневной деятельности* органами управления и силами РСЧС должны осуществляться следующие мероприятия:

- изучение состояния окружающей среды и прогнозирование ЧС;
- сбор, обработка и обмен в установленном порядке информацией в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций и обеспечения пожарной безопасности;
- разработка и реализация целевых и научно-технических программ и мер по предупреждению ЧС и обеспечению пожарной безопасности;
- планирование действий органов управления и сил единой системы, организация подготовки и обеспечения их деятельности;
- подготовка населения к действиям в чрезвычайных ситуациях;
- пропаганда знаний в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций и обеспечения пожарной безопасности;
- руководство созданием, размещением, хранением и восполнением резервов материальных ресурсов для ликвидации ЧС;
- проведение в пределах своих полномочий государственной экспертизы, надзора и контроля в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций и обеспечения пожарной безопасности;
- осуществление в пределах своих полномочий необходимых видов страхования;
- проведение мероприятий по подготовке к эвакуации населения, материальных и культурных ценностей в безопасные районы, их размещению и возвращению соответственно в места постоянного проживания либо хранения, а также жизнеобеспечению населения в ЧС;
- ведение статистической отчетности о ЧС, участие в расследовании причин аварий, катастроф, а также выработке мер по устранению причин их возникновения.

В *режиме повышенной готовности* должны быть проведены следующие мероприятия:

- усиление контроля за состоянием окружающей среды, прогнозирования возникновения ЧС и их последствий;
- введение при необходимости круглосуточного дежурства руководителей и должностных лиц органов управления и сил единой системы на стационарных пунктах управления;
- непрерывный сбор, обработка и передача органам управления и силам единой системы данных о прогнозируемых ЧС, информирование населения о приемах и способах защиты от них;
- принятие оперативных мер по предупреждению возникновения и развития ЧС, снижению размеров ущерба и потерь в случае их возникновения,

а также повышению устойчивости и безопасности функционирования организаций в ЧС;

- уточнение планов действий (взаимодействия) по предупреждению и ликвидации ЧС и иных документов;

- приведение при необходимости сил и средств единой системы в готовность к реагированию на ЧС, формирование оперативных групп и организация выдвижения их в предполагаемые районы действий;

- проведение при необходимости эвакуационных мероприятий.

*В режиме чрезвычайной ситуации необходимо осуществление:*

- непрерывного контроля за состоянием окружающей среды, прогнозирование развития возникших ЧС и их последствий;

- проведения мероприятий по защите населения и территорий от ЧС;

- работ по ликвидации ЧС и всестороннему обеспечению действий сил и средств единой системы, поддержания общественного порядка в ходе их проведения, а также привлечения при необходимости в установленном порядке общественных организаций и населения к ликвидации возникших ЧС;

- непрерывного сбора, анализа и обмена информацией об обстановке в зоне ЧС и в ходе проведения работ по ее ликвидации;

- организации и поддержания непрерывного взаимодействия федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов РФ, органов местного самоуправления и организаций по вопросам ликвидации ЧС и их последствий;

- проведения мероприятий по жизнеобеспечению населения в ЧС.

**Силы и средства РСЧС.** К силам и средствам единой системы относятся специально подготовленные силы и средства федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов РФ, органов местного самоуправления, организаций и общественных объединений, предназначенные и выделяемые (привлекаемые) для предупреждения и ликвидации ЧС. Состав сил и средств единой системы определяется Правительством Российской Федерации.

В состав сил и средств каждого уровня единой системы входят силы и средства постоянной готовности, предназначенные для оперативного реагирования на чрезвычайные ситуации и проведения работ по их ликвидации (далее — силы постоянной готовности).

Основу сил постоянной готовности составляют аварийно-спасательные службы, аварийно-спасательные формирования, иные службы и формирования, оснащенные специальной техникой, оборудованием, снаряжением, инструментом, материалами с учетом обеспечения проведения АСДНР в зоне ЧС в течение не менее 3 сут.

Специально подготовленные силы и средства Вооруженных сил РФ, других войск, воинских формирований и органов, выполняющих задачи в области обороны, привлекаются для ликвидации ЧС в порядке, определяемом Президентом Российской Федерации.

Силы и средства органов внутренних дел РФ, включая территориальные органы, применяются при ликвидации чрезвычайных ситуаций в соответствии

с задачами, возложенными на них законами и иными нормативными правовыми актами РФ.

Решениями руководителей организаций и объектов на базе существующих специализированных организаций, служб и подразделений (строительных, медицинских, химических, ремонтных и др.) могут создаваться нештатные аварийно-спасательные формирования, предназначенные для проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ (АСиДНР) при ЧС.

## **26.2.**

### **ГРАЖДАНСКАЯ ОБОРОНА**

Принятый в 1998 г. Федеральный закон № 122 «О гражданской обороне» с изменениями и дополнениями от 22.08.2004 определяет ее как систему мероприятий по подготовке к защите и по защите населения, материальных и культурных ценностей на территории РФ от опасностей, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий, а также при возникновении ЧС природного и техногенного характера.

Основные задачи гражданской обороны:

- обучение населения способам защиты от опасностей, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий;
- оповещение населения об опасностях, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий;
- эвакуация населения, материальных и культурных ценностей в безопасные районы;
- предоставление населению убежищ и средств индивидуальной защиты;
- проведение мероприятий по световой и другим видам маскировки;
- проведение аварийно-спасательных работ в случае возникновения опасностей для населения при ведении военных действий или вследствие этих действий, а также вследствие ЧС природного и техногенного характера;
- первоочередное обеспечение населения, пострадавшего при ведении военных действий или вследствие этих действий, в том числе медицинское обслуживание, включая оказание первой медицинской помощи, срочное предоставление жилья и принятие других необходимых мер;
- борьба с пожарами, возникшими при ведении военных действий или вследствие этих действий;
- обнаружение и обозначение районов, подвергшихся радиоактивному, химическому, биологическому и иному заражению;
- обеззараживание населения, техники, зданий, территорий и проведение других необходимых мероприятий;
- восстановление и поддержание порядка в районах, пострадавших при ведении военных действий или вследствие этих действий, а также вследствие ЧС природного и техногенного характера;
- срочное восстановление функционирования необходимых коммунальных служб в военное время;

- разработка и осуществление мер, направленных на сохранение объектов, существенно необходимых для устойчивого функционирования экономики и выживания населения в военное время;

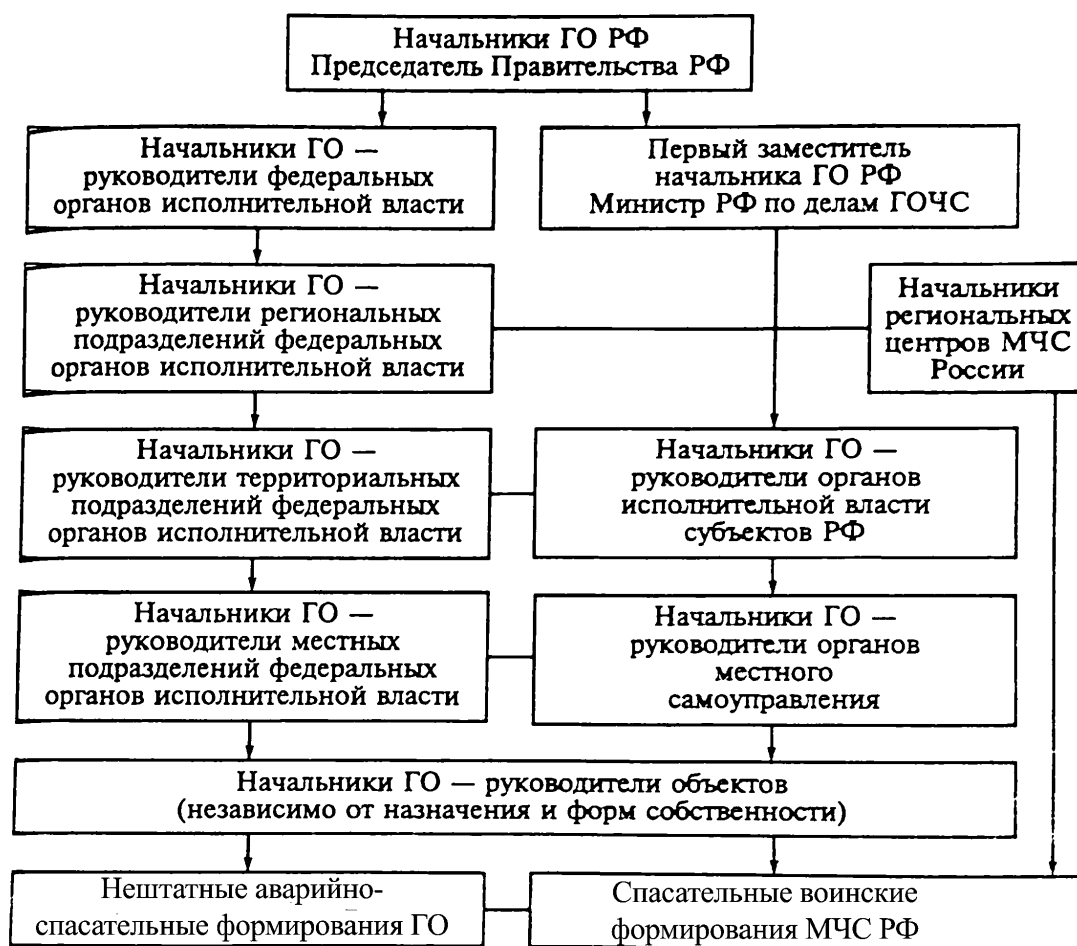
- обеспечение постоянной готовности сил и средств ГО.

**Структура гражданской обороны.** Гражданская оборона организуется по территориальному и производственному принципам по всей территории РФ с учетом особенностей регионов, районов, населенных пунктов, учреждений и организаций.

*Территориальный принцип* заключается в организации гражданской обороны на территории субъектов РФ, городов, районов и населенных пунктов в соответствии с административно-территориальным делением РФ.

*Производственный принцип* заключается в организации гражданской обороны в министерстве (ведомстве), учреждении, на объекте и т. д.

Общее руководство осуществляет Председатель Правительства РФ, первым заместителем которого является министр по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий РФ (рис. 26.1).



**Рис. 26.1**

Структура гражданской обороны РФ: руководство — взаимодействие

Руководство гражданской обороной на территориях субъектов РФ и муниципальных образований осуществляют соответственно главы органов исполнительной власти субъектов РФ и руководители органов местного самоуправления, являющиеся по должности начальниками ГО.

Руководство гражданской обороной в министерстве, ведомстве, учреждении и предприятии, независимо от форм собственности, осуществляют их руководители, которые по должности являются начальниками ГО. Они несут персональную ответственность за организацию и проведение мероприятий по гражданской обороне в федеральных органах исполнительной власти, на соответствующих территориях и в организациях.

Органы, осуществляющие управление ГО:

- федеральный орган исполнительной власти, специально уполномоченный на решение задач в области гражданской обороны (МЧС России), и его территориальные органы, созданные в установленном порядке;
- структурные подразделения федеральных органов исполнительной власти и органов местного самоуправления, уполномоченные для решения задач в области гражданской обороны (штабы, отделы, управления по ГО и ЧС);
- структурные подразделения (работники) организаций, специально уполномоченные для решения задач в области гражданской обороны, создаваемые (назначаемые) в порядке, установленном Правительством РФ.

На МЧС России Правительством РФ возложено осуществление соответствующего нормативного регулирования, а также специальные, разрешительные, надзорные и контрольные функции в области ГО.

Для непосредственного выполнения мероприятий ГО создаются федеральные, региональные, муниципальные и объектовые службы ГО, а также силы и средства ГО, включающие военизированные и невоенизированные формирования различного уровня.

Для решения задач, возлагаемых на ГО, на объектах, располагающих соответствующей базой, создаются службы оповещения и связи, охраны общественного порядка, противопожарная, медицинская, аварийно-техническая, убежищ и укрытий, энергетики и светомаскировки, радиационной и химической защиты, материально-технического снабжения и др.

## **СИЛЫ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ**

К силам гражданской обороны относятся:

- спасательные воинские формирования федерального органа исполнительной власти, уполномоченного на решение задач в области гражданской обороны, подразделения Государственной противопожарной службы, аварийно-спасательные формирования и спасательные службы, нештатные формирования по обеспечению выполнения мероприятий по гражданской обороне, а также создаваемые на военное время в целях решения задач в области гражданской обороны специальные формирования;
- Вооруженные силы Российской Федерации, другие войска и воинские формирования выполняют задачи в области гражданской обороны в соответствии с законодательством Российской Федерации.

Для решения задач в области гражданской обороны воинские части и подразделения Вооруженных сил Российской Федерации, других войск и воинских формирований привлекаются в порядке, определенном Президентом Российской Федерации;

- аварийно-спасательные службы и аварийно-спасательные формирования привлекаются для решения задач в области гражданской обороны в соответствии с законодательством Российской Федерации;

- нештатные аварийно-спасательные формирования (НАСФ) привлекаются для ликвидации чрезвычайных ситуаций в соответствии с установленным порядком действий при возникновении и развитии чрезвычайных ситуаций, а также для решения задач в области гражданской обороны в соответствии с планами гражданской обороны и защиты населения по решению должностного лица, осуществляющего руководство гражданской обороной на соответствующей территории;

- нештатные формирования по обеспечению выполнения мероприятий по гражданской обороне привлекаются для решения задач в области гражданской обороны в соответствии с планами гражданской обороны и защиты населения по решению должностного лица, осуществляющего руководство гражданской обороной на соответствующей территории.

Спасательные воинские формирования — соединения, части, подразделения и организации, укомплектованные военными служащими, которые подчинены МЧС России и предназначены для решения задач ГО. Они являются составной частью сил обеспечения безопасности государства и привлекаются к выполнению работ по защите населения и территорий при угрозе возникновения ЧС не только в военное, но и в мирное время.

Спасательные воинские формирования могут решать задачи как самостоятельно, так и во взаимодействии с воинскими формированиями Вооруженных сил, МВД, ФСБ, воинскими формированиями и силами других министерств и ведомств, а также территориальными и объектовыми формированиями ГО.

## **ГРАЖДАНСКАЯ ОБОРОНА НА ОБЪЕКТАХ ЭКОНОМИКИ**

Организации в пределах своих полномочий и в порядке, установленном федеральными законами и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации, планируют и организуют проведение мероприятий по гражданской обороне, проводят мероприятия по поддержанию своего устойчивого функционирования в военное время, осуществляют подготовку своих работников в области гражданской обороны, создают и содержат в целях гражданской обороны запасы материально-технических, продовольственных, медицинских и иных средств.

Организации, отнесенные в установленном порядке к категориям по гражданской обороне, создают и поддерживают в состоянии готовности нештатные формирования по обеспечению выполнения мероприятий по гражданской

обороне. Организации, эксплуатирующие опасные производственные объекты I и II классов опасности, особо радиационно опасные и ядерно опасные производства и объекты, гидротехнические сооружения чрезвычайно высокой опасности и гидротехнические сооружения высокой опасности, а также организации, эксплуатирующие опасные производственные объекты III класса опасности, отнесенные в установленном порядке к категориям по гражданской обороне, создают и поддерживают в состоянии готовности нештатные аварийно-спасательные формирования.

Организации, эксплуатирующие опасные производственные объекты I и II классов опасности, особо радиационно опасные и ядерно опасные производства и объекты, гидротехнические сооружения чрезвычайно высокой опасности и гидротехнические сооружения высокой опасности, создают и поддерживают в состоянии готовности локальные системы оповещения.

На каждом объекте должны быть обеспечены: защита людей от различных ЧС; устойчивость его функционирования и проведение в случае необходимости аварийно-спасательных и других неотложных работ. Руководитель объекта является начальником ГО.

**Нештатные аварийно-спасательные формирования.** Самая массовая часть сил ГО. Они представляют собой самостоятельные структуры, созданные на нештатной основе, оснащенные специальной техникой, оборудованием, снаряжением, материалами и инструментами, подготовленные для проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ в очагах поражения и зонах ЧС.

Нештатные аварийно-спасательные формирования подразделяются по:

- подчиненности — на территориальные и принадлежащие организациям;
- составу — исходя из возможностей по созданию, комплектованию специальными техникой, снаряжением, оборудованием, инструментами и материалами и аттестации: посты, группы, звенья, команды;
- предназначению — радиационного, химического, биологического (бактериологического) наблюдения и разведки, инженерной разведки и разграбления, разбора завалов, спасательные, аварийно-технические, противопожарные, радиационной, химической, биологической (бактериологической) защиты.

Личный состав НАСФ комплектуется за счет работников организаций. Основной состав руководителей и специалистов НАСФ, предназначенных для непосредственного выполнения аварийно-спасательных работ, комплектуется в первую очередь аттестованными спасателями, а также специалистами существующих аварийно-восстановительных, медицинских и других подразделений.

НАСФ обеспечивается специальной техникой, оборудованием, снаряжением, материалами и инструментами за счет техники и имущества, имеющихся в организациях для обеспечения производственной деятельности.

Финансирование мероприятий по созданию, подготовке, оснащению и применению НАСФ осуществляется за счет финансовых средств организаций, создающих эти формирования.

Обучение личного состава НАСФ в организации включает базовую и специальную подготовку и проводится в рабочее время. Особое внимание при

обучении обращается на безопасную эксплуатацию и обслуживание гидравлического и электрофицированного аварийно-спасательного инструментария, электроустановок, компрессоров, работу в средствах защиты органов дыхания и кожи, а также применение других технологий и специального снаряжения.

### 26.3.

## ЗАЩИТА НАСЕЛЕНИЯ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Для защиты населения в чрезвычайных ситуациях используют целый комплекс мероприятий: обучение населения способам защиты; предоставление населению защитных сооружений, индивидуальных и медицинских средств защиты; обеспечение населения мерами безопасности при их вынужденном нахождении на зараженной (пораженной) местности; эвакуация населения из опасных районов (зон); проведение аварийно-спасательных работ и т. д.

**Обучение населения способам защиты.** Подготовка в области защиты от чрезвычайных ситуаций предусматривает:

- для работающего населения — проведение занятий по месту работы согласно рекомендуемым программам и самостоятельное изучение порядка действий в чрезвычайных ситуациях с последующим закреплением полученных знаний и навыков на учениях и тренировках;
- для неработающего населения — проведение бесед, лекций, просмотр учебных фильмов, привлечение на учения и тренировки по месту жительства, а также самостоятельное изучение пособий, памяток, листовок и буклетов, прослушивание радиопередач и просмотр телепрограмм по вопросам защиты от чрезвычайных ситуаций;
- для обучающихся — проведение занятий в учебное время по соответствующим программам в рамках курса «Основы безопасности жизнедеятельности» и дисциплины «Безопасность жизнедеятельности».

Основными задачами обучения населения в области гражданской защиты являются: изучение способов защиты от опасностей, возникающих при чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера, а также от ЧС военных действий; совершенствование навыков по организации и проведению мероприятий по гражданской защите в сложных условиях чрезвычайных ситуаций; выработка умений и навыков для проведения ликвидации последствий ЧС в мирное и военное время.

**Оповещение населения об опасности.** Оповещение населения об опасности — процесс, обеспечивающий оперативное доведение заранее установленных сигналов и речевых сообщений до органов управления Единой государственной системы ГО и ЧС, должностных лиц объектов экономики и населения, проживающего вблизи территории, которая может подвергнуться поражению (заражению).

Оповещение и информирование населения вблизи объекта экономики являются самыми эффективными способами защиты. Оповещенный персонал и



население вблизи объекта могут своевременно, до воздействия поражающих факторов чрезвычайной ситуации, принять меры своей защиты.

Оповестить население — значит предупредить его о надвигающемся наводнении, пожаре, землетрясении или другом стихийном бедствии, передать информацию о случившейся аварии или катастрофе, угрозе теракта или начала военных действий. Для этой цели используются все средства проводной, радио- и телевизионной связи.

В целях оповещения и информирования населения используются:

- городские сети связи (радио, телевидение, телефон, в том числе мобильные сети);
- силы и средства Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

Подавляющее большинство объектов экономики имеют свои местные радиоузлы. Дополняются они мощной системой телевизионных центров и ретрансляторов, широкоэмитательных и местных радиостанций. Вся эта система дополняется развитой сетью электрических сирен производственных объектов и крупных городов.

Современная система оповещения включает следующую информацию и сигналы:

- сигнал **«Внимание всем!»**, как правило, передается воем сирен объектов экономики. Услышав этот сигнал, необходимо включить телевизор, радиоприемник, репродуктор радиотрансляционной сети и слушать сообщение районной (городской) подсистемы Управления гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций;

- сигнал **«Воздушная тревога»** подается с целью предупреждения персонала и населения о непосредственно возникшей опасности нападения противника. Услышав этот сигнал, необходимо взять СИЗ, документы, запас продуктов и воды, быстро занять места в защитном сооружении;

- сигнал **«Отбой воздушной тревоги»** подается с целью разрешения персоналу и населению покинуть защитные сооружения;

- сигнал **«Радиационная опасность»** подается при начале радиоактивного заражения (загрязнения) данной территории. Он доводится до населения в целях принятия мер безопасности. При нахождении дома житель обязан: закрыть окна, двери; надеть респиратор (противогаз) и приступить к герметизации жилища;

- сигнал **«Химическая тревога»** подается при появлении признаков химического (биологического) заражения или обнаружении аварии на химически опасном объекте. Внимательно слушайте сигналы оповещения и инструкцию по действию по ним от штаба Комиссии по делам ГО и ЧС города (района). Инструкция по действию населения имеет целью максимально оказать помощь населению по уменьшению поражений от той или иной опасности;

- сигнал **«Отбой химической тревоги»** подается в тех случаях, когда опасность для жизни населения полностью миновала. Обычно в тех случаях, когда ликвидация последствий химического заражения проведена полностью;

• сигнал «Угроза катастрофического затопления» подается с целью предупреждения персонала и населения о случившемся стихийном бедствии.

## ПРЕДОСТАВЛЕНИЕ НАСЕЛЕНИЮ ЗАЩИТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Защитные сооружения подразделяются на убежища, противорадиационные укрытия (ПРУ) и простейшие укрытия.

**Убежище** — защитное сооружение, обеспечивающее в течение определенного времени защиту укрываемых от воздействия поражающих факторов обычных средств поражения, ядерного оружия, биологических средств и боевых токсических химических веществ, а также при необходимости от катастрофического затопления, аварийно химических опасных веществ, радиоактивных веществ при разрушении ядерных энергетических установок, высоких температур и продуктов горения при пожарах.

Убежища классифицируются по ряду свойств и признаков. *По защитным свойствам* выделяют пять классов убежищ (А-1, А-2, А-3, А-4, А-5). Для каждого класса убежищ установлены технические требования к их защитным свойствам по избыточному давлению во фронте ударной волны и кратности ослабления ионизирующего излучения.

*По времени возведения убежища* делятся: на заблаговременно возводимые, строящиеся в основном в мирное время, и быстровозводимые (с упрощенным оборудованием), на свободных площадках. *По месту расположения* убежища подразделяются: на отдельно стоящие, строящиеся вне зданий и сооружений; встроенные, расположенные в подвалах и на первых этажах зданий и сооружений; оборудуемые в горных выработках (угольных, рудных, соляных, известковых, гипсовых) и естественных полостях. *По материалу конструкций* и конструктивным решениям убежища могут быть: из лесоматериалов; комплексные; с каменными (блочными) стенами; тканевые и тканекаркасные; металлические и железобетонные; из конструкций заводского изготовления; из местных материалов.

*По вместимости* убежища подразделяются: малой (до 150 человек), средней (150–600 человек), большой (600–5000 человек) вместимости.

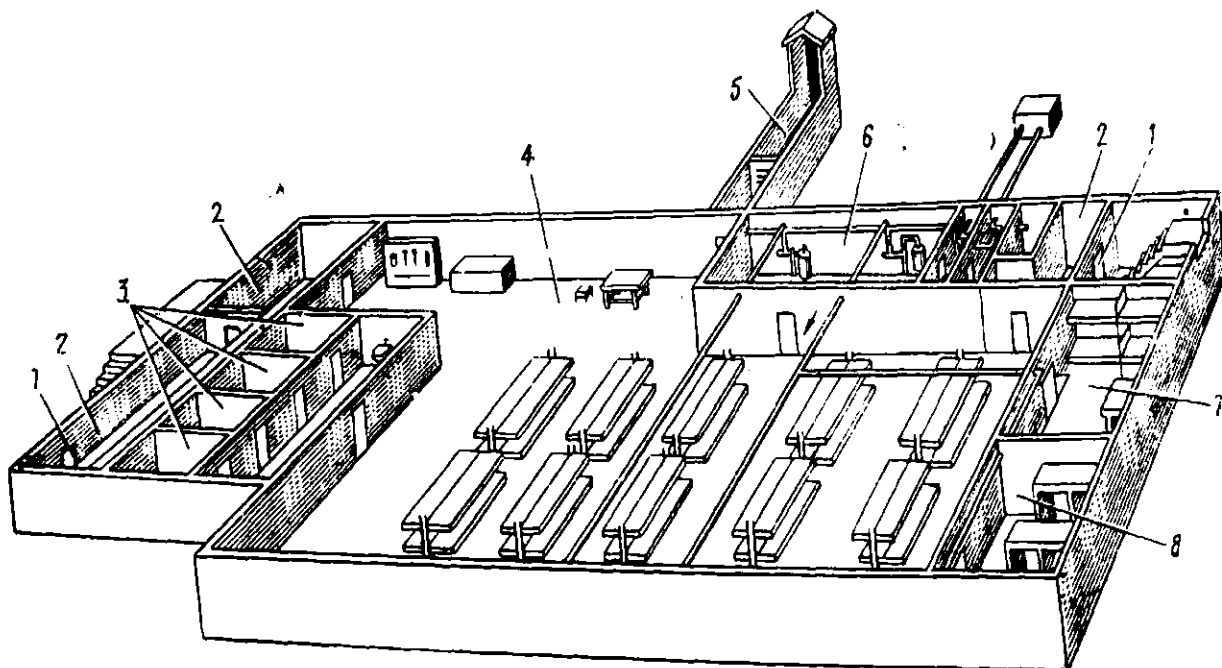
По обеспечению фильтровентиляционным оборудованием убежища делятся: на убежища с фильтровентиляционным оборудованием промышленного изготовления (на два и три режима вентиляции) и убежища с упрощенным фильтровентиляционным оборудованием.

Убежища характеризуются наличием прочных стен, перекрытий и дверей, оборудуются фильтровентиляционными агрегатами (комплектами). Все это позволяет осуществить защиту от избыточного давления и импульса фазы сжатия ударной волны ядерного взрыва, ослабить проникающую радиацию (в 1000 раз), а также позволяет персоналу объекта находиться внутри сооружения без индивидуальных средств защиты в течение 2-х сут.

Вместимость убежища определяется суммой мест для сидения и лежания (второй и третий ярусы). Помещения убежища подразделяются на основные и вспомогательные.

К *основным помещениям* относятся помещения для укрываемых, пункты управления, медицинские пункты, а в убежищах лечебных учреждений — операционно-перевязочные (рис. 26.2).

К *вспомогательным помещениям* относятся фильтровентиляционные помещения, санитарные узлы, помещения для дизельных электростанций, электрощитовые, помещения для хранения продовольствия, станции перекачки, баллонные, тамбур-шлюзы, тамбуры (рис. 26.2). В помещениях убежищ обеспечивается герметичность. Вход и выход осуществляются через защищенные входы, имеющие лестничный спуск, пандус, предтамбур, тамбур-шлюз, двухкамерный шлюз, защитно-герметические и герметические двери. Фильтровентиляционная установка (ФВУ) предназначена для очистки атмосферного воздуха от вредных примесей в виде аэрозолей, паров, газов и подачи его в обитаемое помещение с созданием избыточного давления (подпора), препятствующего проникновению наружного загрязнения (заражения) в убежище.



**Рис. 26.2**

План убежища:

- 1 — защитные герметические двери; 2 — шлюзовые камеры;
- 3 — помещение санитарного узла; 4 — основное помещение;
- 5 — галерея и оголовок аварийного выхода; 6 — фильтровентиляционные агрегаты (комплекты); 7 — медицинская комната; 8 — кладовка.

В убежище должны обеспечиваться необходимые санитарно-гигиенические условия: содержание углекислого газа в воздухе — не более 1%, влажность — не более 70%, температура — не выше 25°C.

Убежища химически опасных объектов оборудуются системой изоляции и регенерации (восстановление газового состава воздуха, как это делается на подводных лодках).

В убежищах оборудуются системы водоснабжения, канализации, отопления и освещения; устанавливаются радио и телефон. В основном помещении находятся скамьи для сидения и нары для лежания. Каждое убежище обеспечивается комплектом приборов для ведения радиационной и химической разведки (ДП-5В, ИМД-1, ВПХР) на зараженной местности, знаками ограждения (КЗО-1), соответствующим инвентарем (в том числе и для проведения аварийно-спасательных работ) и средствами аварийного освещения.

Как правило, защитные сооружения для рабочих и служащих объектов экономики создаются на территории этих объектов или поблизости. Заблаговременно (в мирное время) создается фонд защитных сооружений путем приспособления под защитные сооружения подвальных и цокольных этажей производственных и административных зданий, планирование и постепенное строительство новых защитных сооружений для потребности укрытия персонала объекта.

**Противорадиационное укрытие (ПРУ)** предназначено для защиты населения от внешнего ионизирующего излучения при радиоактивном заражении (загрязнении) местности и непосредственного попадания радиоактивной пыли в органы дыхания, на кожу и одежду, а также от светового излучения ядерного взрыва. При соответствующей прочности конструкции ПРУ может частично защитить персонал от воздействия ударной и взрывной волны, обломков разрушающихся зданий, а также от непосредственного попадания на кожу и одежду капель отравляющих веществ и биологических аэрозолей. Размещают ПРУ в помещениях, расположенных в подвальных и цокольных этажах зданий, а также на первых этажах кирпичных зданий.

В составе ПРУ предусматривают основные помещения для размещения укрываемых и вспомогательные помещения для санузла, вентиляционной, хранения загрязненной верхней одежды.

**Простейшие укрытия** предназначены для массового укрытия людей от поражающих факторов источников ЧС. К ним относятся открытые и перекрытые щели, котлованные и насыпные укрытия.

Простейшие укрытия обеспечивают частичную защиту персонала от воздушной ударной волны, светового излучения ядерного взрыва и летящих обломков разрушаемых зданий, снижают воздействие ионизирующих излучений на радиоактивно загрязненной местности (открытые — в 1,5–3 раза, перекрытые — от 3 до 10 по ударной волне и до 300 раз по проникающей радиации).

## **ЭВАКУАЦИЯ И РАССРЕДОТОЧЕНИЕ**

**Эвакуация** — один из эффективных способов защиты населения, материальных и культурных ценностей от опасностей, возникающих при чрезвычайных ситуациях любого характера. Сущность эвакуации заключается в организованном перемещении населения, материальных и культурных ценностей в безопасные районы.

**Эвакуация** — комплекс мероприятий по организованному выводу (вывозу) населения из зон чрезвычайных ситуаций любого характера, а также жизнеобеспечение эвакуированных в районе размещения.

**Рассредоточение** — комплекс мероприятий по организованному выводу (вывозу) из городов и размещению в загородной зоне для проживания и отдыха рабочих и служащих объектов экономики, продолжающих свою деятельность в условиях ЧС, в том числе в военное время.

Эвакуации подлежат: работники расположенных в населенных пунктах организаций, переносящих производственную деятельность в военное время в загородную зону, а также неработающие члены семей указанных работников; нетрудоспособное и не занятое в производстве население; материальные и культурные ценности. В зависимости от масштабов, особенностей возникновения и развития конкретной обстановки при чрезвычайной ситуации возможно проведение следующих видов эвакуации населения:

- *общая эвакуация* предполагает вывоз (вывод) всех категорий населения, за исключением нетранспортабельных больных, обслуживающего их персонала и лиц, имеющих мобилизационное предписание;

- *частичная эвакуация* проводится до начала общей эвакуации при угрозе воздействия современных средств поражения потенциального противника без нарушения действующего графика работы транспорта. При частичной эвакуации вывозится нетрудоспособное и незанятое в производстве и в сфере обслуживания население (студенты, учащиеся школ-интернатов и профессионально-технических училищ, воспитанники детских домов, ведомственных детских домов, ведомственных детских садов и других детских учреждений, пенсионеры, содержащиеся в домах инвалидов и престарелых, совместно с преподавателями, обслуживающим персоналом и членами их семей).

Эвакуационные мероприятия осуществляются по решению Президента Российской Федерации или Председателя Правительства Российской Федерации, а в отдельных случаях, требующих принятия немедленного решения, по решению руководителей субъектов Российской Федерации с последующим докладом по подчиненности.

Эвакуация и рассредоточение людей планируются и осуществляются по следующим принципам:

- *производственному* — вывоз персонала ОЭ с членами семей по предприятиям силами и средствами ОЭ;

- *территориальному* — вывоз силами и средствами администрации города. Часть населения, в основном граждане, не занятые на производстве, эвакуируется местными жилищными органами.

Эвакуация может проводиться пешим порядком, на транспорте и комбинированным способом.

Наиболее часто эвакуация населения планируется и осуществляется комбинированным способом, при котором массовый вывод населения в загородную зону пешим порядком сочетается с вывозом ряда категорий населения всеми видами транспорта. Численность населения, вывозимого транспортом, определяется эвакуационными комиссиями в зависимости от наличия транс-

порта, состояния дорожной сети, ее пропускной способности и других местных условий. В первую очередь вывозятся медицинские учреждения, инвалиды, беременные женщины, женщины с детьми до 14 лет, пожилые люди, а также рабочие и служащие свободных смен ОЭ, продолжающих работу в военное время.

Эвакуируемое население обязано взять с собой документы, личные вещи (ручную кладь) с расчетом на длительное пребывание в загородной зоне (не более 50 кг на одного взрослого человека), продукты питания на 2–3 сут и прибыть на сборный эвакуационный пункт (СЭП), номер СЭП укажет представитель эвакуируемой организации или ЖЭК (ДЭЗ по месту жительства). Продолжительность пребывания на СЭП ограничивается временем, необходимым для регистрации и инструктажа о порядке дальнейшего следования в загородную зону. Эвакуированному населению выдается эвакуационное удостоверение и контрольный талон. На СЭП эвакуируемое население распределяется по средствам транспорта и по формированиям пеших колонн.

Пешие колонны формируются численностью от 500 до 1000 человек каждая. Для удобства управления колонна разбивается на группы по 50–100 человек в каждой. Во главе группы назначаются старшие, которые обязаны проверять численность наличного состава, не допускать нахождения в группах посторонних лиц, следить за отстающими. Скорость движения пеших колонн на маршруте должна выдерживаться не менее 3–4 км/ч, дистанция между колоннами до 500 м. Суточный переход, совершаемый колоннами за 10–12 ч движения, составляет порядка 30–40 км. Через каждые 1–1,5 ч движения на маршруте назначаются малые привалы продолжительностью не более 15–20 мин, а в начале второй половины суточного перехода назначается большой привал на 1,5–2 ч, как правило, за пределами зон возможных разрушений.

На малых привалах проверяется состав колонн (групп), оказывается медицинская помощь. На больших привалах организуется прием горячей пищи. Районы малых и больших привалов назначаются с учетом использования защитных свойств местности (оврагов, балок, лесных массивов и др.), не допуская скученности колонн.

По сигналу «Воздушная тревога!» личный состав пеших колонн укрывается в складках местности или в ближайших защитных сооружениях гражданской обороны. Находящиеся на пути движения пеших колонн районы радиоактивного загрязнения, химического или биологического заражения по возможности обходят с наветренной стороны. В случае, когда обхода нет, эти районы преодолеваются в быстром темпе в средствах индивидуальной защиты.

Каждому объекту экономики заблаговременно (в мирное время) определяется база и назначается район размещения в загородной зоне. Прибыв на приемный эвакуационный пункт (ПЭП) в загородную зону, эвакуируемое население размещается в общественных и административных зданиях (санаториях, пансионатах, домах отдыха, детских оздоровительных лагерях и т. д.), жилых домах, независимо от форм собственности и ведомственной подчиненности, в отапливаемых домах дачных кооперативов и садоводческих товариществ на основании ордеров, выдаваемых органами местного самоуправления.

*Индивидуальные и медицинские средства защиты* предназначены для защиты человека от воздействия ОВ, ОХВ, РВ и бактериальных аэрозолей, находящихся в воздухе, на местности и различных объектах. Подробное описание этих средств защиты дано в главе 9.

## **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Перечислите основные задачи РСЧС и ГО.
2. Какова структура РСЧС и ГО?
3. Назовите режимы функционирования РСЧС.
4. Какие органы управления РСЧС существуют?
5. Какими средствами и силами располагает РСЧС?
6. Какими силами располагает гражданская оборона?
7. Как подразделяются и комплектуются нештатные аварийно-спасательные формирования?
8. Назовите мероприятия по защите населения в ЧС.
9. Какие существуют защитные сооружения? Их краткая характеристика.
10. Какие сигналы оповещения населения существуют?
11. Перечислите виды эвакуации в зависимости от времени ее проведения и масштабов ЧС.
12. Правила эвакуации пешим порядком.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В учебнике изложены ключевые направления безопасности жизнедеятельности в химической промышленности:

- техносфера и безопасность — общие вопросы устойчивого развития; риск как меры опасности; вопросы управления безопасностью, законодательная и нормативная базы;
- производственная санитария — обеспечение безопасных и комфортных условий труда, идентификация и защита рабочих от опасностей; экологическая безопасность;
- инженерные основы промышленной безопасности — безопасность производственных процессов и оборудования; электро- и радиационная безопасность;
- основы пожарной безопасности — рассмотрены основы процессов горения и взрыва, номенклатура показателей пожаро- и взрывоопасности веществ, принципы пожарной профилактики, а также средства и методы тушения пожаров;
- защита населения и территорий от опасностей в чрезвычайных ситуациях.

Цель учебника — ознакомить обучающихся с основными комплексными подходами к созданию безопасных условий труда, принципами организации производственных процессов, особенностями оборудования химической промышленности, мероприятиями по локализации и ликвидации последствий ЧС, новыми редакциями нормативных документов. Основная задача авторов учебника — донести до студентов понимание необходимости соблюдения требований законодательных и нормативно-технических документов, как залога производственной безопасности.

Каждая глава или раздел сопровождаются списком контрольных вопросов, которые позволят обучающимся провести самоконтроль усвоенного материала. Общий библиографический список рекомендован для углубленного изучения организации безопасных условий труда.



## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

### **ЗАКОНОДАТЕЛЬНАЯ И НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА**

1. Закон РФ № 2446-1 от 05.03.1992 (ред. от 26.06.2008) «О безопасности».
2. Федеральный закон № 7-ФЗ от 10.01.2002 (ред. от 01.01.2018) «Об охране окружающей среды».
3. Экологическая доктрина РФ от 31 августа 2002 г.
4. «Стратегия национальной безопасности Российской Федерации до 2020 года» (утв. Указом Президента Российской Федерации № 537 от 12.05.2009).
5. Федеральный закон № 96-ФЗ от 04.05.1999 (ред. от 13.07.2015) «Об охране атмосферного воздуха».
6. Водный кодекс Российской Федерации.
7. Федеральный закон № 89-ФЗ от 24.06.1998 «Об отходах производства и потребления».
8. Федеральный закон № 52-ФЗ от 30.03.1999 «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения».
9. Федеральный закон № 426-ФЗ от 28.12.2013 (ред. от 01.05.2016) «О специальной оценке условий труда».
10. Федеральный закон № 68-ФЗ от 21.12.1994 (ред. от 23.06.2016) «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера».
11. Федеральный закон № 116-ФЗ от 21.07.1997 (ред. от 07.03.2017) «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».
12. Федеральный закон № 184-ФЗ от 27.12.2002 (ред. от 29.07.2017) «О техническом регулировании».
13. Федеральный закон № 69-ФЗ от 21.12.1994 (ред. от 29.07.2017) «О пожарной безопасности».
14. Федеральный закон № 123-ФЗ от 22.07.2008 (ред. от 29.07.2017) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

15. Федеральный закон № 125-ФЗ от 24.07.1998 (ред. от 29.07.2017) «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний».

16. Федеральный закон № 179-ФЗ от 22.12.2005 (с изм. от 31.12.2017) «О страховых тарифах на обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний».

17. Федеральный закон № 3-ФЗ от 09.01.1996 (ред. от 19.07.2011) «О радиационной безопасности населения».

18. Постановление Правительства РФ № 390 от 25.04.2012 «Правила противопожарного режима в Российской Федерации». Последние изменения внесены Постановлением № 1393 от 18.11.2017.

19. Постановление Правительства РФ № 304 от 21.05.2007 «О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера».

20. Постановление Правительства РФ № 547 от 04.09.2003 «О подготовке населения в области защиты от ЧС природного и техногенного характера».

21. Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору № 116 от 25.03.2014 «Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности “Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением”».

22. Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору № 631 от 31.12.2014 «Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности “Требования к технологическим регламентам химико-технологических производств”».

23. Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору № 784 от 27.12.2012 «Рекомендации по устройству и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов».

24. Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору № 485 от 20.11.2017 «Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности “Правила безопасного ведения газоопасных, огневых и ремонтных работ”».

25. Приказ Минтруда России № 33н от 24.01.2014 (ред. от 14.11.2016) «Об утверждении Методики проведения специальной оценки условий труда, Классификатора вредных и/или опасных производственных факторов, формы отчета о проведении специальной оценки условий труда и инструкции по ее заполнению».

26. Приказ Минздравсоцразвития РФ № 906Н от 11.08.2011 «Об утверждении Типовых отраслевых норм бесплатной выдачи специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты работникам химических производств, занятым на работах с вредными и/или опасными условиями труда, а также на работах, выполняемых в особых температурных условиях или связанных с загрязнением».

27. Трудовой Кодекс России от 03.08.2018 (с изм. и поправками от 14.08.2018).

28. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 019/2011 «О безопасности средств индивидуальной защиты».

29. Примерная программа курсового обучения работающего населения в области гражданской обороны и защиты от ЧС № 2-4-71-8-14, утв. МЧС России 22.02.2017.

## **ГОСУДАРСТВЕННЫЕ СТАНДАРТЫ (ГОСТ)**

ГОСТ Р 12.0.001-2013 «Национальный стандарт Российской Федерации. Система стандартов безопасности труда. Основные положения».

ГОСТ 12.0.004-2015. «Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Организация обучения безопасности труда. Общие положения».

ГОСТ 12.1.004-91 «Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования». Актуализация на 2017 г.

ГОСТ 12.1.004-91\* «ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования».

ГОСТ 12.1.010-76 «Система стандартов безопасности труда. Взрывобезопасность. Общие требования». Актуализация на 2017 г.

ГОСТ 12.1.011-78 «Система стандартов безопасности труда. Смеси взрывоопасные. Классификация и методы». Актуализация на 2017 г.

ГОСТ 12.1.017-80 ССБТ. «Пожаровзрывоопасность нефтепродуктов и химических органических продуктов. Номенклатура показателей».

ГОСТ 12.1.018-93 «Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывобезопасность статического электричества. Общие требования».

ГОСТ 12.1.019-2009 «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты».

ГОСТ 12.1.041-83 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожаровзрывобезопасность горючих пылей. Общие требования» (с изм. № 1, 2). Актуализация на 2017 г.

ГОСТ 12.2.003-91 «Оборудование производственное. Общие требования безопасности».

ГОСТ 12.2.063-2015 «Арматура трубопроводная. Общие требования безопасности».

ГОСТ 12.3.002-2014 «Процессы производственные. Общие требования безопасности».

ГОСТ 12.3.047-98 «Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля».

ГОСТ 12.4.026-2015 «Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная».

ГОСТ 12.4.124-83 «Система стандартов безопасности труда. Средства защиты от статического электричества. Общие технические требования».

ГОСТ 14202-69 «Трубопроводы промышленных предприятий. Опознавательная окраска, предупреждающие знаки и маркировочные щитки».

ГОСТ 12.0.002-2014 «Система стандартов безопасности труда. Термины и определения».

ГОСТ 12.1.007-76 «Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности».

ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».

ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».

ГОСТ 12.1.003-2014 «Шум. Общие требования безопасности».

ГОСТ 17187-2010 «Шумомеры. Часть 1. Технические требования».

ГОСТ ИСО 8041-2006 «Вибрация. Воздействие вибрации на человека. Средства измерений».

ГОСТ 12.4.011-89 «ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация».

ГН 2.2.5.1313-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны».

СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009» (утв. постановлением Главного государственного санитарного врача РФ № 47 от 07.07.2009).

СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах».

СН 2.2.4/2.1.8.566-96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий».

## **СВОДЫ ПРАВИЛ**

СП 1.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы».

СП 112.13330.2011 (СНиП 21-01-97\*) «Пожарная безопасность зданий и сооружений» (с изм. № 1 и 2).

СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности».

СП 2.13130.2012 «Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты».

СП 2.6.1.2612-10 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ 99/2010) (утв. постановлением Главного государственного санитарного врача РФ № 40 от 26.04.2010).

СП 3.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности».

СП 3.13130.2009 «Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре».

СП 4.13130.201 «Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожаров на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям».

СП 5.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования».

СП 5.13130.2009 «Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические».

СП 56.13330.2011 «Производственные здания», актуализированная редакция СНиП 31-03-2001 (с изм. № 1 от 18.08.2016).

СП 6.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Электрооборудование. Требования пожарной безопасности».

СП 6.13130.2009 «Электрооборудование».

СП 60.13330.2016 «Отопление, вентиляция и кондиционирование».

СП 9.13130.2009 «Техника пожарная. Огнетушители. Требования к эксплуатации».

Правила пожарной безопасности в Российской Федерации (ППБ 01-03).

ПБ 03-581-03 «Правила устройства и безопасной эксплуатации стационарных компрессорных установок, воздухопроводов и газопроводов».

ПБ 03-582-03 «Правила устройства и безопасной эксплуатации установок с поршневыми компрессорами, работающими на взрывоопасных и вредных газах».

ПУЭ. Правила устройства электроустановок (7-е изд.).

ТОИ Р-112-17-95 «Типовая инструкция безопасного проведения газоопасных работ», «Инструкции по общим правилам охраны труда и пожарной безопасности».

ТОИ Р-112-15-95 «Типовая инструкция по общим правилам безопасности при проведении огневых работ на предприятиях нефтепродуктообеспечения».

OHSAS-18001 «Национальный стандарт Российской Федерации системы менеджмента безопасности труда и охраны здоровья».

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

*Акинин, Н. И.* Защита населения в чрезвычайных ситуациях : учеб. пособие / Н. И. Акинин, Л. К. Маринина, А. Я. Васин [и др.]. — М. : РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2017. — 188 с.

*Бабайцев, И. В.* Безопасность жизнедеятельности : учебник для вузов / И. В. Бабайцев, Б. С. Мاستрюков, В. Т. Медведев [и др.] ; под ред. Б. С. Мاستрюкова. — 3-е изд., стер. — М. : Издат. центр «Академия», 2014. — 304 с.

Гигиена труда : учебник / под ред. Н. Ф. Измерова, В. Ф. Кириллова. — М. : ГЭОТАР-Медиа, 2010. — 592 с.

*Косарев, В. В.* Профессиональные болезни : учеб. пособие / В. В. Косарев, С. А. Бабанов. — М. : Вузовский учебник : ИНФРА-М, 2011. — 252 с.

Средства защиты от опасных и вредных производственных факторов : метод. указ. / сост. Г. И. Ковалёв. — Томск : Изд-во Томск. гос. архит.-строит. ун-та, 2010. — 43 с.

*Тарасов, А. Ю.* Основы токсикологии : учеб. пособие для студ. / А. Ю. Тарасов, С. Б. Белогоров, Д. В. Марченко ; ГБОУ ВПО ИГМУ Минздрава России, кафедра мобилизационной подготовки здравоохранения и медицины катастроф. — Иркутск : ИГМУ, 2015. — 56 с.

*Белов, С. В.* Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность) : учебник для бакалавров. — 4-е изд., перераб. и доп. — М. : Юрайт : ИД Юрайт, 2013. — 682 с.

Примерная программа курсового обучения работающего населения в области гражданской обороны и защиты от ЧС № 2-4-71-8-14: утв. МЧС России 22.02.2017.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Введение</b> .....	3
<b>Раздел I. Техносфера и безопасность</b> .....	5
<b>Глава 1. Устойчивое развитие и безопасность</b> .....	6
1.1. Опасности и их источники. Основные опасности химических производств .....	6
1.2. Риск — количественная мера опасностей. Виды риска. Управление риском .....	10
1.3. Эволюция опасностей и человека .....	16
1.4. Устойчивое развитие. Взаимосвязь устойчивого развития и безопасности .....	18
1.5. Современные системы защиты и безопасности .....	23
<b>Глава 2. Управление безопасностью жизнедеятельности</b> .....	25
2.1. Нормативные и законодательные основы управления безопасностью жизнедеятельности .....	25
2.2. Законодательные основы безопасности труда .....	29
2.3. Законодательные основы безопасности в чрезвычайных ситуациях в Российской Федерации .....	30
2.4. Законодательные основы промышленной безопасности в Российской Федерации .....	32
2.5. Законодательные основы пожарной безопасности в Российской Федерации .....	33
2.6. Экономические основы управления безопасностью жизнедеятельности .....	34
2.7. Страхование рисков .....	37
2.8. Государственное управление безопасностью жизнедеятельности. Государственное управление охраной труда .....	39
2.9. Менеджмент охраны труда и безопасности здоровья .....	43
<b>Раздел II. Общие вопросы охраны труда</b> .....	47
<b>Глава 3. Условия труда</b> .....	48
3.1. Условия труда. Термины и определения .....	48
3.2. Специальная оценка условий труда .....	50
<b>Глава 4. Правовые и нормативные основы охраны труда</b> .....	55
4.1. Обязанности работника и работодателя, отраженные в трудовом договоре. Ответственность за нарушение законодательства об охране труда .....	55

4.2. Опасные производственные объекты .....	60
4.3. Нормативно-техническая документация по охране труда .....	63
<b>Глава 5. Обеспечение охраны труда .....</b>	<b>66</b>
5.1. Виды надзора и контроля за соблюдением законодательства об охране труда .....	66
5.2. Организация службы охраны труда на предприятии, в учреждении и организации .....	70
5.3. Организация обучения и проверки знаний по охране труда руководителей и специалистов. Инструктаж по охране труда, порядок проведения и оформления .....	72
<b>Глава 6. Травматизм и заболеваемость на производстве .....</b>	<b>76</b>
6.1. Расследование несчастных случаев и профессиональных заболеваний на производстве .....	76
6.2. Показатели производственного травматизма и профессиональных заболеваний на производстве .....	79
<b>Раздел III. Производственная санитария в химической промышленности .....</b>	<b>83</b>
<b>Глава 7. Идентификация и воздействие на человека факторов производственной среды .....</b>	<b>85</b>
7.1. Вредные вещества .....	85
7.2. Микроклимат производственных помещений .....	93
7.3. Производственное освещение .....	97
7.4. Акустические колебания и вибрации .....	101
7.5. Электромагнитные поля и излучения (неионизирующие излучения) .....	110
7.6. Вещества, загрязняющие окружающую среду, и их источники .....	111
<b>Глава 8. Защита персонала от вредных и опасных производственных факторов .....</b>	<b>115</b>
8.1. Защита от воздействия вредных веществ .....	116
8.2. Защита от неблагоприятных микроклиматических условий .....	123
8.3. Способы рационального освещения производственных помещений .....	126
8.4. Защита от шума и вибрации .....	129
8.5. Защита от электромагнитных полей .....	133
8.6. Снижение и предотвращение воздействия загрязняющих веществ на окружающую среду .....	135
<b>Глава 9. Средства защиты работающих и населения .....</b>	<b>139</b>
9.1. Классификация средств защиты .....	140
9.2. Средства индивидуальной защиты работающих .....	140
9.3. Средства индивидуальной защиты населения .....	146
<b>Раздел IV. Инженерные основы промышленной безопасности .....</b>	<b>151</b>
<b>Глава 10. Техника безопасности производственных процессов .....</b>	<b>152</b>
10.1. Безопасность технологических процессов. Потенциально опасные технологические процессы .....	152



10.2. Требования безопасности, предъявляемые к технологическим процессам .....	153
10.3. Технологический регламент .....	156
10.4. Инженерно-технические средства безопасности .....	166
<b>Глава 11. Безопасность производственного оборудования .....</b>	<b>170</b>
11.1. Общие требования безопасности и надежности производственного оборудования .....	170
11.2. Требования безопасности к рабочим местам, системе управления, средствам защиты и сигнальным устройствам .....	175
<b>Глава 12. Безопасность эксплуатации оборудования, работающего под давлением .....</b>	<b>178</b>
12.1. Сосуды, работающие под давлением .....	179
12.2. Баллоны для сжатых, сжиженных и растворенных газов .....	186
12.3. Компрессоры .....	192
12.4. Газгольдеры .....	196
12.5. Трубопроводы .....	202
<b>Глава 13. Безопасность при проведении ремонтных и очистных работ .....</b>	<b>212</b>
13.1. Общая характеристика ремонтных работ. Подготовка, организация и проведение ремонтных работ. Безопасность проведения газоопасных работ .....	212
13.2. Безопасность при работе в закрытых аппаратах и емкостях .....	220
13.3. Безопасность при огневых работах .....	222
<b>Глава 14. Электробезопасность .....</b>	<b>228</b>
14.1. Действие электрического тока на человека .....	228
14.2. Факторы, определяющие опасность поражения электрическим током .....	230
14.3. Анализ условий поражения электрическим током .....	236
14.4. Технические способы и средства защиты .....	240
14.5. Первая помощь при поражении электрическим током .....	247
14.6. Защита от статического электричества .....	248
<b>Глава 15. Основы радиационной безопасности .....</b>	<b>255</b>
15.1. Основные характеристики ионизирующих излучений .....	255
15.2. Биологическое действие ионизирующих излучений .....	257
15.3. Дозиметрические величины и единицы их измерения .....	258
15.4. Обеспечение радиационной безопасности .....	261
15.5. Организация работы с радиоактивными веществами и источниками излучений .....	263
<b>Раздел V. Основы пожарной безопасности .....</b>	<b>277</b>
<b>Глава 16. Правовые и организационные основы обеспечения пожарной безопасности .....</b>	<b>278</b>
16.1. Основные положения законодательства и нормативно-правовое регулирование в области пожарной безопасности .....	278
16.2. Виды и основные задачи пожарной охраны .....	281

<b>Глава 17. Процессы горения. Пожаровзрывоопасные свойства веществ и материалов</b>	284
17.1. Общие сведения о горении. Горение. Взрыв. Особенности их возникновения и развития	284
17.2. Пожарная опасность технологических сред. Номенклатура показателей	290
17.3. Самовозгорание	298
<b>Глава 18. Системы пожарной безопасности. Пожарная профилактика</b>	305
18.1. Классификация пожаров и опасные факторы пожара	305
18.2. Система обеспечения пожарной безопасности объекта	309
18.3. Пожарная безопасность технологических процессов	311
<b>Глава 19. Пожарная безопасность зданий и сооружений</b>	316
19.1. Категорирование помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности	316
19.2. Пожарная опасность строительных материалов и огнестойкость строительных конструкций	321
19.3. Предотвращение распространения пожара и безопасная эвакуация людей	324
<b>Глава 20. Пожаро- и взрывозащита оборудования</b>	331
20.1. Активные способы защиты	331
20.2. Пассивные способы защиты	336
<b>Глава 21. Электрооборудование во взрыво- и пожароопасных зонах</b>	343
21.1. Классификация взрыво- и пожароопасных зон	343
21.2. Классификация электрооборудования по пожаровзрывоопасности и пожарной опасности	345
<b>Глава 22. Средства и методы тушения пожаров</b>	348
22.1. Общие сведения о пожаротушении	348
22.2. Современные огнетушащие средства	349
22.3. Первичные средства пожаротушения	354
22.4. Установки пожаротушения	358
22.5. Системы оповещения людей о пожаре	364
<b>Раздел VI. Защита населения и территорий от опасностей в чрезвычайных ситуациях</b>	369
<b>Глава 23. Чрезвычайные ситуации мирного времени и военного характера</b>	370
23.1. Общие сведения о чрезвычайных ситуациях	370
23.2. Классификация и стадии чрезвычайных ситуаций	371
23.3. Чрезвычайные ситуации техногенного характера	375
23.4. Чрезвычайные ситуации природного характера	377
23.5. Военные чрезвычайные ситуации	384
<b>Глава 24. Прогнозирование обстановки при чрезвычайных ситуациях</b>	389
24.1. Оценка состояния при чрезвычайной ситуации	389

24.2. Прогнозирование обстановки при авариях на химически опасных объектах . . . . .	390
24.3. Прогнозирование последствий аварий, связанных с пожарами . . . . .	397
24.4. Прогнозирование последствий аварий, вызванных взрывами . . . . .	401
24.5. Чрезвычайные ситуации, вызванные выбросами радиоактивных веществ . . . . .	406
<b>Глава 25. Устойчивость функционирования объектов экономики в чрезвычайных ситуациях . . . . .</b>	<b>411</b>
25.1. Основные понятия и определения . . . . .	411
25.2. Мероприятия, направленные на повышение устойчивости функционирования объектов экономики . . . . .	412
<b>Глава 26. Защита населения и территорий в чрезвычайных ситуациях . . . . .</b>	<b>417</b>
26.1. Единая государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС) . . . . .	417
26.2. Гражданская оборона . . . . .	422
26.3. Защита населения в чрезвычайных ситуациях . . . . .	427
Заключение . . . . .	435
<b>Библиографический список . . . . .</b>	<b>436</b>

*Николай Иванович АКИНИН,  
Людмила Константиновна МАРИНИНА,  
Алексей Яковлевич ВАСИН,  
Мария Дмитриевна ЧЕРНЕЦКАЯ,  
Евгения Борисовна АНОСОВА,  
Гарун Гамзатович ГАДЖИЕВ*

## **БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

*У ч е б н и к*

Под общей редакцией  
**Н. И. Акинина**

Зав. редакцией  
инженерно-технической литературы *Е. В. Баженова*  
Ответственный редактор *Т. С. Спирина*  
Редактор *Е. В. Копасова (РХТУ)*  
Технический редактор *М. Д. Чернецкая*  
Подготовка макета *Е. Е. Егорова*  
Корректор *Т. А. Кошелева*  
Выпускающий *Н. А. Крылова*

ЛР № 065466 от 21.10.97  
Гигиенический сертификат 78.01.10.953.П.1028  
от 14.04.2016 г., выдан ЦГСЭН в СПб

Издательство «ЛАНЬ»  
lan@lanbook.ru; www.lanbook.com  
196105, Санкт-Петербург, пр. Юрия Гагарина, д. 1, лит. А  
Тел./факс: (812) 336-25-09, 412-92-72  
Бесплатный звонок по России: 8-800-700-40-71

Подписано в печать 04.03.19.  
Бумага офсетная. Гарнитура Школьная. Формат 70×100<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Печать офсетная. Усл. п. л. 36,40. Тираж 100 экз.

Заказ № 207-19.

Отпечатано в полном соответствии с качеством  
предоставленного оригинал-макета в АО «Т8 Издательские Технологии».  
109316, г. Москва, Волгоградский пр., д. 42, к. 5.