

**Министерство образования и науки Российской Федерации**

---

***САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ПЕТРА ВЕЛИКОГО***

---

**ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

**ЧАСТЬ 3  
ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

**Санкт-Петербург  
2018**

Авторы:

Бурлуцкий Виктор Степанович  
Бушнев Геннадий Васильевич  
Ефремов Сергей Владимирович  
Мазур Андрей Семенович  
Малаян Карпуш Рубенович  
Монашков Виктор Владимирович  
Пелех Михаил Теодозиевич  
Украинцева Татьяна Васильевна  
Улыбин Вячеслав Борисович  
Хорошилов Олег Анатольевич  
Янковский Иван Григорьевич

## Содержание

7. Основы пожарной безопасности .....	6
7.1. Физико-химические основы процессов горения и взрыва .....	6
7.2. Показатели взрывопожароопасности горючих веществ .....	10
7.3. Мероприятия по предупреждению взрывов и уменьшению их последствий..	12
8. Пожарная безопасность технологических процессов .....	12
8.1. Основы обеспечения пожарной безопасности технологических процессов ...	13
8.1.1. Требования по обеспечению пожарной безопасности системы предотвращения пожара .....	13
8.1.2. Требования к обеспечению пожарной безопасности системы противопожарной защиты .....	14
8.1.3. Организационно-технические мероприятия по обеспечению пожарной безопасности.....	14
8.2. Пожарная безопасность процессов нагревания и охлаждения веществ и материалов.....	15
8.2.1. Пожарная опасность при нагреве веществ водяным паром .....	17
8.2.2. Основные противопожарные мероприятия и технические решения при нагреве веществ водяным паром .....	18
8.2.3. Установки для нагрева веществ высокотемпературными органическими теплоносителями. ....	19
8.2.4. Пожарная опасность при нагреве веществ высокотемпературными органическими теплоносителями.....	23
8.2.5. Основные противопожарные мероприятия и технические решения при нагреве веществ высокотемпературными органическими теплоносителями .....	26
8.2.6. Особенности пожарной опасности и основные противопожарные мероприятия при нагреве веществ пламенем и топочными газами. ....	30
8.2.7. Пожарная опасность при нагреве веществ пламенем и топочными газами .	32
8.2.8. Два режима возникновения горения в трубчатых печах и меры пожарной безопасности.....	36
8.2.9. Основные противопожарные мероприятия и технические решения при нагреве веществ пламенем и топочными газами.....	37
8.3. Пожарная безопасность процесса ректификации.....	44
8.3.1. Ректификационные колонны, их устройство и принцип работы.....	45
8.3.2. Особенности пожарной опасности ректификационных установок. Основные противопожарные меры при их проектировании и эксплуатации .....	49
8.4. Пожарная безопасность процессов сорбции.....	51
8.4.1. Физическая сущность процесса абсорбции. Основные меры пожарной безопасности.....	51
8.4.2. Физическая сущность процесса адсорбции. Основные меры пожарной безопасности.....	53
8.5. Пожарная безопасность процесса окраски .....	58
8.5.1. Физико-химическая сущность процесса формирования лакокрасочных покрытий.....	63
8.5.2. Особенности пожарной опасности и основные противопожарные мероприятия при проведении процессов окраски.....	69

8.6. Пожарная безопасность процесса сушки.....	73
8.7. Пожарная безопасность химических процессов.....	77
8.8. Мероприятия по взрывозащите технологического оборудования .....	88
9. Системы и средства обеспечения пожарной безопасности .....	102
9.1.1. Характеристика и классификация пожарных извещателей .....	102
9.1.2. Классификация и условное обозначение пожарных извещателей .....	104
9.1.3. Приёмно-контрольные приборы.....	107
9.1.4. Общие сведения о пожаротушении .....	111
9.1.5. Огнетушащие вещества.....	114
9.1.6. Первичные средства тушения пожаров.....	117
9.2. Установки, машины и аппараты для пожаротушения.....	119
9.2.1. Автоматические установки пожаротушения .....	119
9.2.1.1. Классификация и структура построения автоматических установок пожаротушения. ....	120
9.2.1.2. Условные обозначения узлов и деталей для установок водяного пожаротушения .....	124
9.2.1.3. Установки тонкораспыленной воды.....	131
9.2.1.4. Установки газового пожаротушения.....	132
9.2.1.5. Назначение, область применения установок порошкового пожаротушения .....	136
9.2.1.6. Классификация установок порошкового пожаротушения.....	137
9.2.1.7. Установки парового пожаротушения .....	139
9.2.1.8. Установки аэрозольного пожаротушения .....	139
9.2.2. Машины и аппараты для пожаротушения. ....	142
9.3. Противопожарное водоснабжение .....	146
9.3.1. Классификация системы водоснабжения.....	147
9.3.2. Схема водоснабжения населённых пунктов. ....	149
9.3.3. Схемы водоснабжения промышленных предприятий .....	153
9.3.4. Особенности водоснабжения агропромышленного комплекса.....	155
9.4. Система эвакуации людей при пожарах .....	156
9.4.1. Обеспечение безопасности людей в зданиях на случай пожара.....	168
9.4.2. Особенности движения людей при эвакуации. Параметры движения людских потоков .....	171
9.4.3. Расчетное время эвакуации. Необходимое время эвакуации. ....	174
9.4.4. Нормирование необходимого времени эвакуации .....	178
10. Организация обеспечения пожарной безопасности .....	179
10.1 Организация службы пожарной охраны .....	179
10.1.1. Назначение и задачи гарнизонной службы пожарной охраны .....	182
10.1.2. Должностные лица гарнизона пожарной охраны. Нештатные службы гарнизона пожарной охраны: назначение, задачи.....	185
10.1.3. Назначение и основные задачи караульной службы пожарной охраны ...	188
10.1.4. Организация караульной службы. Должностные лица караула, их права и обязанности .....	189
10.1.5. Виды службы в карауле .....	191

10.1.6. Внутренний распорядок и допуск в служебные помещения подразделения пожарной охраны .....	194
10.1.7. Цели и задачи профессиональной подготовки личного состава федеральной противопожарной службы.....	196
10.1.8. Основные виды обучения, их характеристика и содержание .....	199
10.2. Тактика тушения пожаров .....	202
Заключение .....	215
Контрольные вопросы .....	216
Литература.....	217
Содержание Части 1 .....	220
Содержание части 2 .....	221

## 7. Основы пожарной безопасности

### 7.1. Физико-химические основы процессов горения и взрыва

Пламя возникает в результате сложного взаимодействия химических и физических процессов.

В литературе нет общепринятого определения пламени.

Фрисом определяет пламя как реакцию горения, которая может распространяться в пространстве с дозвуковой скоростью.

Ксандопуло Г. Н. отмечает, что не все процессы горения сопровождаются возникновением пламени и не все пламена являются результатом горения. Он выделяет пламена рекомбинации атомов или экзотермических реакций распада вещества (распад озона, ацетилена, гидразина и т.п.). Протекание экзотермических реакций — не единственное условие горения и возникновения пламени.

Хитрин Л. Н. определяет пламя как быструю, самоподдерживающуюся химическую реакцию, протекающую в пространственно ограниченной реакционной зоне.

Мальцев В. М. под пламенем понимает газообразную среду, в которой происходят физико-химические превращения компонентов.

Усманов И. Ф. дает следующее определение пламени: «Пламя — это определенный объем газовой среды, в котором протекают гомогенные или гетерогенные процессы горения». Внутри пламени всегда организуются потоки. Это могут быть потоки продуктов горения, исходных компонентов, воздуха и т. п. Следовательно, пламя можно определить как излучающую струю, в которой протекают реакции горения.

Хацринов А. Н. дает следующее определение пламени. Пламя — это излучающая струя, в которой протекают реакции горения.

Кутуев Р. Х. характеризует пламя как часть газового пространства, где протекают все физико-химические процессы, собственно горения.

На наш взгляд, с точки зрения специалистов противопожарной службы, наиболее подходят следующие определения пламени.

**Пламя — самоподдерживающийся режим распространения зоны химического превращения в пространстве либо пламя можно охарактеризовать как определенный объем газового пространства, в котором протекают все физико-химические процессы горения.**

Как уже отмечалось выше, возникновение пламени характерно для гомогенного горения.

Различают два режима гомогенного горения: **кинетический и диффузионный.**

При гомогенном горении горючие газы или пары могут быть предварительно перемешаны с воздухом перед входом в зону горения (как, например, в горелке Бунзена). Предварительно перемешанная смесь называется **однородной**. Горение однородной смеси протекает **во всем объеме пламени**, а скорость горения определяется только кинетикой окислительно-восстановительной реакции. Такой режим горения называется **кинетическим**. При горении однородных смесей при

достаточном количестве окислителя происходит, как правило, полное сгорание горючего газа или пара с образованием летучих продуктов горения  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  и др.

В большинстве случаев на реальных пожарах горючее и окислитель предварительно не перемешаны. В этом случае окислитель (кислород воздуха) из окружающей среды и горючие газы поступают в зону непосредственного взаимодействия преимущественно за счет процесса диффузии.

Непосредственно химическая окислительно-восстановительная реакция протекает в тонком поверхностном слое, ограничивающем пламя, называемом **фронтом пламени**. Толщина фронта пламени невелика, она зависит от газодинамических параметров и механизма распространения пламени (дефлаграционный или детонационный) и может составлять от десятых долей миллиметра до нескольких сантиметров. Внутри пламени практически весь объем занимают горючие газы (ГГ) и пары. Во фронте пламени находятся продукты горения (ПГ). В окружающей среде находится окислитель.

**Диффузионное горение** — это процесс горения неоднородной (предварительно не перемешанной) горючей смеси, в котором существенную роль играют процессы диффузии горючих газов и паров и окислителя во фронт пламени.

При диффузионном горении возможно неполное сгорание горючего газа или пара с образованием продуктов горения  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{C}$  и др.

**По газодинамическим параметрам различают** ламинарное и турбулентное горение.

**Ламинарным** (от лат. *lamina* — слой, пластина) называется спокойное, безвихревое пламя устойчивой геометрической формы.

**Турбулентным** (от лат. *turbulenz* — вихрь) называется беспокойное, закрученное вихрями пламя постоянно меняющейся формы.

Газодинамический режим горения зависит от линейной скорости горючего вещества или смеси и характеризуется **критерием Рейнольдса** (мера отношения сил инерции и внутреннего трения в потоке):

$$Re = \frac{vd\rho}{\mu},$$

где  $v$  — линейная скорость газового потока, м/с;  $d$  — характерный размер потока, м;  $\rho$  — плотность газа,  $\text{кг/м}^3$ ;  $\mu$  — динамический коэффициент вязкости,  $\text{Н}\cdot\text{с/м}^2$ .

Ламинарный режим наблюдается при  $Re < 2300$ , при  $2300 < Re < 10000$  режим переходный, а при  $Re > 10000$  — турбулентный. Во всех случаях толщина  $\delta$  зоны горения (фронта) пламени  $\delta_{\text{лам}} < \delta_{\text{перех}} < \delta_{\text{тур}}$ .

Область пламени, следующая за фронтом пламени, называется внешним конусом. **Зона максимальных температур** расположена на 5 – 10 мм выше светящегося конуса.

Диффузионное пламя возникает при горении, когда процессы горения и смешения протекают одновременно.

Главное отличие диффузионного горения от горения заранее перемешанных горючих смесей состоит в том, что скорость химического превращения при диффузионном горении лимитируется процессом смешения окислителя и горючего,

даже если скорость химической реакции очень велика, интенсивность горения ограничена условиями смешения.

**К химическим процессам в пламени относятся:**

**на подходе к зоне горения** термическое разложение исходных веществ с образованием более легких продуктов (водорода, оксидов углерода, простейших углеводородов, воды и т. д.);

**во фронте пламени:**

– термоокислительные превращения с выделением теплоты и образованием продуктов полного (диоксида углерода и воды) и неполного горения (оксида углерода, сажи, копоти, смол и др.);

– диссоциация продуктов горения,

– ионизация продуктов горения.

**К физическим процессам в пламени относятся:**

– тепломассоперенос во фронте пламени;

– процессы, связанные с испарением и доставкой летучих горючих

веществ в зону горения.

Скорость переноса (диффузии) веществ имеет решающее значение, например, в неоднородных системах, где она гораздо меньше скорости химических реакций окисления. Соотношение скорости химических превращений и физических процессов определяет режим процесса горения.

***Дефлаграционный механизм распространения пламени.***

Скорость распространения пламени является одной из важнейших характеристик пожаровзрывоопасности веществ и материалов.

Взрыв является следствием быстропотекающих физических или химических процессов, сопровождающихся переходом внутренней энергии системы в работу расширяющихся продуктов взрыва.

В зависимости от механизма протекающих при этом процессов различают физический и химический взрыв.

Физический взрыв протекает без химических превращений и подчиняется физическим, в основном, газодинамическим законам. К физическим взрывам относятся взрывы паровых котлов и сосудов с высоким внутренним давлением.

Химический взрыв возникает результатом быстропотекающих химических реакций.

Однако при реальных пожарах горение в газовой фазе является наиболее важным видом горения, так как касается не только горения горючих газов, но и горения горючих жидкостей и твердых веществ, которые перед непосредственным вступлением в реакцию окисления испаряются или термически разлагаются с образованием газообразных горючих продуктов, рассмотрим подробнее распространение пламени в газовой фазе.

Распространение пламени по горючей среде, при котором зона реакции горения движется вследствие послойного разогрева по механизму теплопроводности, называется **нормальным или дефлаграционным горением**. Механизм дефлаграционного горения был изучен одним из основоположников теории горения В. А. Михельсоном.



Дефлаграцию можно рассматривать как переходный режим от горения к взрыву.

**Взрыв и детонация.** Распространение пламени может происходить не только по механизму дефлаграции. При определенных условиях дефлаграция может перейти во взрыв.

*Взрыв* — это такой режим химических реакций, при котором скорости химических превращений лежат за пределами дефлаграции и составляют от 2000 м/с до 10000 – 12000 м/с.

При наличии возмущающих факторов (например, при вынужденном движении горючей среды, за счет силы тяжести и трения) форма пламени будет искривляться, при этом величина поверхности фронта пламени будет резко возрастать, что приводит к резкому возрастанию суммарной скорости горения. Искривление поверхности пламени является следствием турбулизации сгорающего газа. При сильной турбулизации малые элементарные участки горючей смеси перемешаны с горячими продуктами горения и фронт пламени уже не разделяет горящую и холодную горючую смесь. Послойное распространение зоны горения происходит нагреванием последующих слоев горючей смеси за счет быстрого адиабатического сжатия, приводящего к возникновению ударной волны. Такой механизм горения называется взрывом.

Если дефлаграционное пламя распространяется с небольшой скоростью, порядка нескольких метров или десятков метров в секунду, то скорость детонационного горения значительно выше — сотни метров в секунду и может достигать скорости звука. Создаются условия для возникновения *взрыва*.

**Взрыв** — это режим горения, при котором фронт пламени распространяется за счет самовоспламенения горючей смеси во фронте бегущей впереди ударной волной.

Подробно о возникновении ударных волн и детонации мы рассмотрим в разделе 3 нашего курса.

Сейчас рассмотрим лишь некоторые отличия в распространении пламени при дефлаграции и детонации. При взрыве газообразных горючих смесей толщина слоя, в котором происходят химические превращения, значительно шире, чем при дефлаграционном режиме горения и измеряется величиной от нескольких миллиметров до нескольких сантиметров. В то же время в газовых смесях детонационный фронт не является гладким. Негладкость фронта в газах является результатом неоднородностей и турбулентностей, возникающих в зоне химической реакции, что приводит к пульсирующему режиму распространения детонационного фронта.

Скорость распространения пламени при взрыве целиком и полностью будет определяться скоростью распространения ударной волны  $D$ :

Скорость распространения ударной волны в реальных горючих газовых системах может превышать 1 км/с. Опыт показывает, что для водорода, например,  $D = 2820$  м/с.

Огромный профессиональный интерес для пожарных специалистов представляет явление самопроизвольного возникновения взрыва. Оно становится возможным при скорости распространения пламени порядка тысяч метров в секунду.

Как и дефлаграция, детонация газовых систем возможна только в определенной области концентраций горючего и окислителя, причем всегда в области воспламенения (об этом подробно в следующих лекциях).

Количество горючих веществ, способных образовывать взрывоопасные смеси, достаточно велико, причем способность их к взрыву повышается в смесях с кислородом. Последствия взрыва всегда катастрофичны.

## 7.2. Показатели взрывопожароопасности горючих веществ

**Пожаровзрывоопасность веществ и материалов** — совокупность свойств, характеризующих их способность к возникновению и распространению горения. Следствием горения в зависимости от его скорости и условий протекания, могут быть пожар или взрыв.

Вещества или материалы, свойства которых каким-либо образом благоприятствуют возникновению горения с последующим взрывом или пожаром, относят к пожаровзрывоопасным. В большинстве случаев это вещества, самые различные по своему происхождению и химической природе (растительные, минеральные, синтетические, неорганические, органические и т. д.).

В каждой стране существуют национальные системы стандартов по обеспечению пожаровзрывобезопасности.

Быстрый рост международной торговли, возрастание темпов международного разделения труда вызвали необходимость согласования между собой национальных стандартов на производство веществ и материалов, оборудования, приборов, машин, механизмов, товаров широкого потребления и т. д. Такая работа ведется Международной организацией по стандартизации (ИСО), Международной электротехнической комиссией (МЭК) и Международной морской организацией (ИМО).

В настоящее время практически все промышленно развитые страны разработали и приняли национальные системы стандартов по обеспечению пожарной безопасности. В нашей стране принята система оценки пожарной опасности веществ и материалов, регламентированная ГОСТом 12.1.044 "ССБТ. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения". Этот ГОСТ согласован с международными стандартами, в частности с МС ИСО 4589. В стандарте описаны основные показатели, которые определяются при общей оценке пожаровзрывоопасности вещества, указаны области применения каждого показателя и рекомендуемые методы его определения. Там же сформулированы основные условия пожарной безопасности при проектировании и эксплуатации различных объектов.

Выбор показателей для оценки пожаровзрывобезопасности различных материалов определяется его агрегатным состоянием и условиями применения.

Строительные материалы характеризуются только пожарной опасностью. Пожарно-техническая классификация строительных материалов определяется в соответствии со строительными нормами и правилами РФ СНиП 21-01-97 «Пожарная безопасность зданий и сооружений», разработанном в соответствии с требованиями и рекомендациями международных организаций по стандартизации.

Оценка пожаровзрывоопасности веществ и материалов в соответствии с

ГОСТ 12.1.044 заключается в определении комплекса показателей, род и число которых зависят от агрегатного состояния вещества.

Для оценки пожаровзрывоопасности все вещества и материалы подразделяют на 4 группы по агрегатному состоянию: газы, жидкости, твердые и пыли (которые выделены в самостоятельную группу в связи со спецификой процессов их горения)

Принципы разделения веществ по агрегатному состоянию следующие:

– **газы** — вещества, давление насыщенных паров которых при температуре 25 °С и давлении 101,3 кПа превышает 101,3 кПа;

– **жидкости** — вещества, давление насыщенных паров которых при температуре 25 °С и давлении 101,3 кПа меньше 101,3 кПа. К жидкостям относят также твердые плавящиеся вещества, температура плавления или каплепадения которых ниже 50 °С;

– **твердые** вещества и материалы — индивидуальные вещества и их смеси с температурой плавления или каплепадения выше 50 °С, а также вещества, не имеющие температуру плавления (например, древесина, ткани и пр.);

– **пыли** — диспергированные (измельченные) твердые вещества и материалы с размером частиц менее 850 мкм.

Для полной оценки пожаровзрывоопасности вещества необходимо знать его физико-химические свойства, а также поведение вещества при его производстве, применении, хранении и транспортировке. Особенно важно учитывать это при контакте исследуемого вещества с активными веществами, при длительном нагреве, облучении и других внешних воздействиях, в результате которых с течением времени могут измениться его физико-химические свойства. После этого для вещества определяются показатели пожаровзрывоопасности.

Число показателей, необходимых и достаточных для характеристики пожаровзрывоопасности веществ и материалов в условиях производства, переработки, транспортирования и хранения определяет разработчик системы обеспечения пожаровзрывобезопасности объекта или разработчик стандарта и технических условий на вещество (материал).

Ответственность за своевременную оценку пожаровзрывоопасности возлагается на организацию, которая разработала технологию получения и рекомендует данное вещество или материал для использования.

Работу по оценке пожаровзрывоопасности веществ и материалов в настоящее время проводят Испытательные пожарные лаборатории (ИПЛ), которые созданы при всех Главных управлениях МЧС России по субъектам Российской Федерации. Кроме них допускается оценка пожаровзрывоопасности веществ и материалов по специальным лицензиям отраслевыми институтами и лабораториями, но только на стандартных экспериментальных установках.

Обязательной оценке на пожаровзрывоопасность подлежат следующие вещества и материалы:

– **индивидуальные химические вещества**, выпускаемые по стандарту или техническим условиям;

- **смеси индивидуальных химических веществ**, выпускаемые в соответствии со стандартами или техническими условиями;
- **природные, искусственные и синтетические материалы** неизвестного, неопределенного химического строения, на которые имеются утвержденные стандарты или технические условия;
- **технические промежуточные и побочные продукты, а также отходы производства**, которые выделяются и накапливаются в количествах, создающих пожарную опасность.

Проектировать объекты хозяйства можно только при наличии данных о пожаровзрывоопасности применяемых в строительстве и обращающихся веществ и материалов.

### **7.3. Мероприятия по предупреждению взрывов и уменьшению их последствий**

Мероприятия по предупреждению взрывов и уменьшению их последствий связаны с исследованием возможности снижения пожарной опасности помещения.

**Ограничением объемов хранения.** Определяется максимальный объем сосуда (аппарата) с жидкостью в рассматриваемом помещении, при котором избыточное давление взрыва не превышает 5 кПа. Возможность снижения избыточного давления взрыва до 5 кПа уменьшением объема аппарата до найденного значения подтвердить проверочным расчетом избыточного давления взрыва.

**Ограничением площади разлива жидкости.** Определяется максимальная площадь и высота обвалования вокруг аппарата, в рассматриваемом помещении, которых развивается избыточное давление взрыва не более 5 кПа. При определении высоты обвалования, учесть, что фактическая высота должна быть не менее чем на 0,2 м больше расчетной. Возможность снижения избыточного давления взрыва до 5 кПа уменьшением площади разлива до найденного значения подтвердить проверочным расчетом избыточного давления взрыва.

**Устройством аварийной вытяжной вентиляции в помещении.** Определить кратность аварийной вентиляции в помещении, при которой избыточное давление взрыва не превышает 5 кПа. Возможность снижения избыточного давления взрыва до 5 кПа устройством аварийной вентиляции подтвердить проверочным расчетом избыточного давления взрыва. Учесть, что при работе аварийной вентиляции скорость воздушных потоков в помещении может увеличиться, что приведет к увеличению интенсивности испарения. Скорость воздушного потока в помещении при работе аварийной вентиляции определять по формуле:

$$v = \frac{2 \cdot l \cdot n}{3600},$$

где  $l$  — длина помещения, м;  $n$  — кратность воздухообмена ч<sup>-1</sup>.

## **8. Пожарная безопасность технологических процессов**

Пожарная профилактика включает в себя комплекс организационных и технических мероприятий, направленных на обеспечение безопасности людей, предотвращение пожара и ограничение его распространения, а также создание

условий для успешного тушения пожара.

### **8.1. Основы обеспечения пожарной безопасности технологических процессов**

В ГОСТ Р 12.3.047-98 установлены общие требования пожарной безопасности к технологическим процессам различного назначения для всех отраслей экономики страны и предприятий любых форм собственности на стадии проектирования, строительства и реконструкции при вводе, эксплуатации и прекращении эксплуатации, разработке и изменении норм технологического проектирования и других нормативных документов, регулирующих мероприятия по обеспечению пожарной безопасности производственных объектов, при разработке технологии проекта и технологического регламента.

Пожарная опасность технологических процессов определяется на основе изучения:

- технологического регламента;
- технологической схемы;
- показателей пожаровзрывоопасности веществ и материалов;
- конструктивных особенностей оборудования;
- схемы расположения опасного оборудования.

После проведения анализа документации разрабатывают систему мер по предотвращению пожара и противопожарной защите технологических процессов в соответствии с требованиями действующих нормативных документов.

#### **8.1.1. Требования по обеспечению пожарной безопасности системы предотвращения пожара**

Для предотвращения пожара следует предусмотреть меры по исключению образования горючей среды и источников воспламенения.

Предотвращение образования горючей среды можно обеспечить за счёт:

- применения негорючих и трудногорючих материалов;
- ограничения массы или объёма горючих материалов;
- изоляции горючей среды;
- поддержания безопасной концентрации среды;
- поддержания концентрации флегматизатора в паровоздушной среде защищаемого объекта;
- поддержания температуры и давления среды, исключающие распространение пламени;
- максимальной механизации и автоматизации технологических процессов;
- установки пожароопасного оборудования в изолированных помещениях;
- применения устройств защиты оборудования от повреждений и аварий.

Предотвращение образования в горючей среде источников воспламенения осуществляется благодаря применению:

- машин, механизмов, оборудования и устройств, при эксплуатации которых не образуются источники воспламенения;

- электрооборудования соответствующего пожароопасной и взрывоопасной зонам, группе и категории в соответствии с требованиями Правил устройств электроустановок;
- быстродействующих средств защитного отключения;
- технологического процесса и оборудования, удовлетворяющего требованиям электростатической искробезопасности;
- устройства молниезащиты зданий, сооружений и оборудования;
- поддержания температуры нагрева поверхности машин составляющей 80 % от минимальной температуры самовоспламенения горючего материала;
- применение неискрящих инструментов;
- ликвидация условий возникновения теплового, химического микробиологического самовозгорания;
- устранения контакта с воздухом пирофорных соединений;
- устройства аварийного слива пожароопасных жидкостей и аварийного стравливания горючих газов;
- устройство на технологическом оборудовании систем противовзрывной защиты;
- проведение периодической очистки от горючих отходов и отложений пыли;
- замена ЛВЖ и ГЖ на пожаробезопасные технические моющие средства.

### **8.1.2. Требования к обеспечению пожарной безопасности системы противопожарной защиты**

Противопожарная защита может быть обеспечена за счёт применения:

- средств пожаротушения и соответствующих видов пожарной техники;
- автоматических установок пожарной сигнализации и пожаротушения;
- основных строительных материалов с нормированными показателями пожарной опасности;
- технических средств оповещающих о пожаре и способствующих эвакуации людей;
- средств противодымной защиты.

Ограничение распространения пожара за пределы очага может быть достигнуто благодаря:

- устройству противопожарных преград;
- устройству аварийного отключения аппаратов и установок;
- применение средств, ограничивающих разлив и растекание жидкостей при пожаре;
- применение огнепреграждающих устройств.

### **8.1.3. Организационно-технические мероприятия по обеспечению пожарной безопасности**

Для обеспечения пожарной безопасности должны быть проведены следующие организационно-технические мероприятия:

- организация пожарной охраны и ведомственных служб пожарной без-

опасности в соответствии с действующим законодательством;

- паспортизация веществ, материалов, изделий, технологических процессов, зданий и сооружений с целью обеспечения их пожарной безопасности;
- привлечение общественности к вопросам обеспечения пожарной безопасности;
- организация обучения персонала правилам пожарной безопасности;
- разработка и реализация норм и правил пожарной безопасности;
- изготовление и применение средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности;
- установление порядка хранения веществ и материалов в соответствии с их физико-химическими и пожароопасными свойствами;
- нормирование численности людей на объекте по условиям безопасности при пожаре;
- разработка плана действия администрации, рабочих и служащих, а также населения в случае возникновения пожара и организация эвакуации людей;
- установление основных видов и количество пожарной техники в соответствии с требованиями размещения и обслуживания.

## **8.2. Пожарная безопасность процессов нагревания и охлаждения веществ и материалов**

Технологические процессы, скорость протекания которых определяется скоростью подвода или отвода тепла, называются тепловыми процессами, а аппаратура, предназначенная для проведения этих процессов, теплообменной. К тепловым процессам относятся нагревание, охлаждение, испарение и конденсация; первые два процесса протекают без изменения агрегатного состояния вещества, два других с изменением агрегатного состояния вещества.

Тепловые явления, как правило, сопутствуют химическим превращениям и физическим изменениям веществ. Ускорение многих химических реакций осуществляется путем нагревания реагирующих веществ. Нагревание осуществляется при проведении процессов перегонки, выпаривания, плавления, уменьшения вязкости, ректификации, сушки. Поэтому в любой отрасли промышленности специалист пожарной охраны обязательно встретится с тепловыми процессами и аппаратурой, в которой они осуществляются.

В тепловых процессах взаимодействует не менее двух сред (с различными температурами), которые называют теплоносителями. Наиболее нагретую среду называют горячим теплоносителем или нагревающим агентом, менее нагретую холодным теплоносителем или охлаждающим агентом (хладагентом).

Теплоносители, применяемые для нагревания, классифицируют следующим образом:

- прямые источники тепла (пламя и топочные газы, образующиеся при сжигании в топках печей твердого, жидкого или газообразного топлива; электрический ток);
- промежуточные теплоносители (водяной пар, горячая вода, нагретый воздух);

- высокотемпературные теплоносители (органические жидкости, расплавленные соли, жидкие металлы, минеральные масла и др.);
- горячие продукты производства (полупродукты, конечные продукты и отходы производства, отводимые из аппаратов с достаточно высокой температурой).

Для охлаждения веществ до температур 10...30 °С чаще всего используют воду и воздух, как наиболее доступные и дешевые охлаждающие агенты. Охлаждение до более низких температур производят путем применения льда и специальных холодильных агентов, представляющих собой пары низкокипящих жидкостей (например, аммиака), сжиженные газы (углекислый газ, этан и др.) и холодильные рассолы. Многие хладагенты являются горючими веществами и отличаются пожароопасностью.

При определении пожарной опасности технологических процессов нагревания горючих веществ должны учитываться: пожаровзрывоопасные свойства нагреваемых веществ, величина их рабочей температуры, способы нагревания.

Основные способы нагревания горючих веществ: нагревание водяным паром и горячими продуктами производства, нагревание пламенем и топочными газами, нагревание высокотемпературными теплоносителями.

Нагрев веществ водяным паром нашел наиболее широкое распространение в различных технологиях, поскольку он достаточно удобен и экономически выгоден в производственном отношении. Такой способ нагрева применяют в тех случаях, когда вещества необходимо подогреть до температур не более 180 °С.

Водяной пар относится к числу промежуточных теплоносителей, поскольку его предварительно получают в установках огневого или электрического нагрева. В зависимости от способа передачи теплоты от пара к нагреваемому веществу различают нагрев острым (открытым) паром и нагрев глухим паром.

**Нагрев острым паром** — это такой способ нагрева, при котором насыщенный пар подается непосредственно в нагреваемую среду и смешивается с ней. В процессе перемешивания пар конденсируется и сообщает определенное количество теплоты нагреваемому продукту. Подача пара в аппараты осуществляется через систему перфорированных труб, расположенных у их днища. Такие трубы называют барботерами.

Основным недостатком систем обогрева веществ острым паром является необходимость удаления в дальнейшем воды из обводненного продукта. Поэтому острый пар используют, в основном, в тех случаях, когда по технологическим соображениям допустимо смешивание нагреваемой среды с конденсатом. Наиболее часто острый пар применяют для продувки аппаратов с целью освобождения их от остатков горючей жидкости и ее паров.

**Нагрев глухим паром** — это такой способ нагрева, при котором передача теплоты от пара к среде производится через разделяющую их стенку. Нагрев веществ глухим паром осуществляется в теплообменных аппаратах. Основные конструкции теплообменных аппаратов были рассмотрены на предыдущей лекции.

Глухой пар используется в промышленности гораздо чаще, чем острый, поскольку позволяет осуществлять нагрев веществ без непосредственного контакта



с ними и исключает возможность их обводнения при отсутствии повреждений в теплообменной поверхности.

На рис. 7.1 показана принципиальная схема нагрева веществ глухим паром. Греющий пар из генератора пара (парового котла 1) направляется в теплообменник 2, где жидкость (или газ) нагревается паром через разделяющую их стенку. Пар, соприкасаясь с более холодной стенкой, конденсируется на ней, и пленка конденсата стекает по поверхности стенки. Для того чтобы облегчить удаление конденсата, пар вводят в верхнюю часть аппарата, а конденсат отводят из нижней его части.

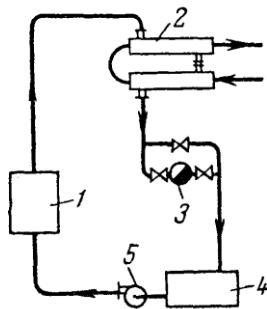


Рис. 7.1. Принципиальная схема нагрева глухим паром: 1 — паровой котел; 2 — теплообменник; 3 — конденсатоотводчик; 4 — промежуточная емкость; 5 — центробежный насос

### 8.2.1. Пожарная опасность при нагреве веществ водяным паром

Пожарная опасность при нагреве веществ водяным паром возникает главным образом в тех случаях, когда нагреваемые вещества являются горючими. Основными факторами пожарной опасности при нагреве горючих веществ острым паром являются:

- возможность образования горючей среды в аппаратах;
- возможность попадания нагреваемой жидкости в паровую линию;
- возможность выхода горючих веществ из аппаратов при возникновении неплотностей и повреждений.

**Горючая среда** в аппаратах для нагрева веществ острым паром может образоваться в тех случаях, когда температура нагрева жидкости будет находиться между нижним и верхним температурными пределами распространения пламени. При этом необходимо учитывать, что значения НТПР и ВТПР будут отличаться от справочных значений, поскольку в аппаратах находятся не чистые жидкости, а их смесь с конденсатом.

При эксплуатации аппаратов нагрева острым паром существует опасность попадания горючих веществ в паровую линию. Такие ситуации могут создаваться при понижении давления в паровой линии ниже величины давления в аппарате. При этом нагреваемая жидкость будет передавливаться в линию подачи пара, падать в парогенераторные установки и создавать там пожаровзрывоопасные ситуации.

Опасность образования горючей среды может возникнуть также при образовании в аппаратах неплотностей и повреждений. Основными причинами повре-

ждений главным образом могут стать повышенное давление, коррозия, эрозия и вибрации.

Повышенное давление в аппаратах нагрева острым паром может создаваться при перегреве жидкостей или подаче водяного пара более высокого давления. Кроме этого, давление в аппарате может значительно повыситься в тех случаях, когда увеличивается гидравлическое сопротивление в линиях, отводящих из него продукт. Такие ситуации возможны при образовании на внутренних поверхностях трубопроводов отложений и возникновении пробок.

Условия работы аппаратов нагревания веществ острым паром таковы, что в них постоянно протекает процесс электрохимической коррозии. Это обусловлено, прежде всего, постоянным наличием в объеме аппаратов водяного конденсата. Кроме этого разрушению стенок аппаратов способствует протекание процессов абразивной эрозии. Абразивная эрозия внутренних поверхностей может усиливаться с увеличением количества твердых примесей в нагреваемом продукте.

Пожарная опасность при нагреве веществ глухим паром возникает главным образом при образовании неплотностей и повреждений в теплообменных аппаратах. Ситуации, приводящие к созданию пожаровзрывоопасной обстановки могут возникать при:

- попадании водяного пара в нагреваемый продукт;
- попадании нагреваемого продукта в теплоноситель;
- выходе нагреваемых веществ из аппаратов и образовании горючей среды;
- пропитке горючим продуктом теплоизоляции и ее самовозгорании.

### **8.2.2. Основные противопожарные мероприятия и технические решения при нагреве веществ водяным паром**

С целью обеспечения пожарной безопасности установок нагрева горючих веществ острым паром при их проектировании необходимо предусматривать следующие технические решения:

1. Установку обратного клапана на паровой линии для исключения попадания в нее горючего продукта.
2. Установку автоматических регуляторов расхода пара в зависимости от температуры нагреваемого продукта и давления в аппарате.
3. Установку приборов контроля за величиной давления в паровой линии и аппарате.
4. Установку приборов контроля за температурой жидкости в аппарате.
5. Устройство систем световой и звуковой сигнализации, оповещающей обслуживающий персонал о повышении давления и температуры в аппарате сверх допустимых значений. В противном случае необходимо устанавливать периодичность снятия показаний контрольно-измерительных приборов.
6. Устройство систем отвода конденсата из паровой линии перед пуском пара в аппарат.

На рис. 7.2 показан один из вариантов защиты аппаратов нагрева горючих веществ острым паром от возникновения пожаровзрывоопасных ситуаций.

При эксплуатации установок нагрева острым паром необходимо вести контроль за состоянием внутренних поверхностей аппаратов и отводящих трубопроводов. В случае образования на поверхности отложений необходимо производить качественную очистку от них. Для защиты от электрохимической коррозии необходимо обеспечивать рациональный выбор коррозионностойких металлов в зависимости от химической активности обрабатываемых веществ, предусматривать защиту внутренних поверхностей аппаратов антикоррозионными покрытиями, а также применять установки катодной и протекторной защиты. Для защиты от эрозионного износа необходимо подбирать устойчивый к эрозии материал аппаратов и производить предварительную очистку веществ от механических примесей.

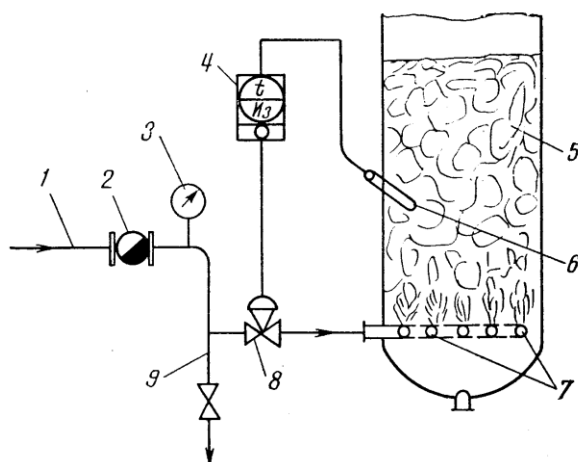


Рис. 7.2. Принципиальная схема подогрева веществ острым водяным паром:

- 1 — линия водяного пара; 2 — обратный клапан; 3 — манометр;  
 4 — регулятор температуры; 5 — обогреваемая жидкость; 6 — термобаллон (датчик);  
 7 — барботер; 8 — регулятор расхода; 9 — линия спуска конденсата.

Для защиты от опасных воздействий вибраций необходимо под вибрирующими агрегатами, находящимися вблизи с аппаратами парового нагрева, устанавливать мощные фундаменты или предусматривать пружины, эластичные прокладки и т. п. Особенно подвержены повреждениям от коррозии, эрозии и вибраций сварные швы в местах ввода барботеров в аппарат. Поэтому в процессе эксплуатации необходимо вести тщательный контроль за их целостностью.

### 8.2.3. Установки для нагрева веществ высокотемпературными органическими теплоносителями.

Нагрев веществ высокотемпературными органическими теплоносителями (ВОТ) используется в тех случаях, когда требуется нагреть вещества до температур 250 – 350 °С, а применение других способов недопустимо по условиям технологии или с точки зрения пожарной безопасности.

Нагрев веществ обычно осуществляется жидкими теплоносителями, но иногда для этих целей используются пары дифенильной смеси, которые позволяют достигать температур 380 – 400 °С. Все ВОТ так же, как и водяной пар, относятся

к числу промежуточных теплоносителей, так как они предварительно подогреваются в установках огневого или электрического нагрева.

Установки для обогрева веществ высокотемпературными органическими теплоносителями представляют собой замкнутые системы, аналогичные системам центрального отопления зданий. Циркуляция теплоносителя в установках может быть естественной и принудительной.

На рис. 7.3,а показана принципиальная схема установки обогрева ВОТ с **естественной циркуляцией** теплоносителя. Установка состоит из печи со змеевиком 1, теплоиспользующего аппарата 2, подъемного трубопровода 3 и опускного трубопровода 4. Нагретая в змеевике жидкость поднимается по трубопроводу 3, отдает тепло среде, нагреваемой в аппарате 2, и охлаждается. При этом ее плотность возрастает, и жидкость возвращается в печь по трубопроводу 4 для последующего нагрева в змеевике 1. Таким образом, движение жидкости в замкнутом циркуляционном контуре происходит под действием разности плотностей нагретой и охладившейся жидкости.

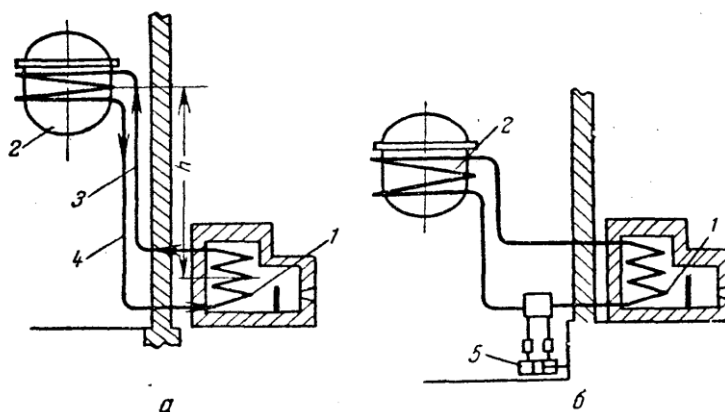


Рис. 7.3. Принципиальные схемы установок с естественной (а) и принудительной (б) циркуляцией ВОТ: 1 — печь со змеевиком; 2 — теплоиспользующий аппарат;

3 — подъемный трубопровод; 4 — опускной трубопровод; 5 — циркуляционный насос.

В установке с **принудительной циркуляцией** (рис. 7.3,б) движение горячей жидкости между печью 1 и теплоиспользующим аппаратом 2 осуществляется при помощи циркуляционного насоса 5. Применение принудительной циркуляции позволяет значительно увеличить скорость движения теплоносителя (до 2 – 2,5 м/с и более) и соответственно повысить интенсивность теплообмена. При обогреве с принудительной циркуляцией отпадает необходимость в подъеме теплообменного аппарата над печью. Кроме того, одна печь может обслуживать одновременно несколько аппаратов. Однако использование насоса увеличивает стоимость установки и эксплуатационные расходы.

Обогрев высокотемпературными теплоносителями может осуществляться по одноконтурной и двухконтурной схеме. На рис. 7.4 показана принципиальная схема **одноконтурной системы** обогрева ВОТ. Жидкий высокотемпературный органический теплоноситель центробежным насосом 1 через котел с электронагревом подается в рубашку обогреваемого аппарата 3. Вследствие того, что

объем теплоносителя при нагреве увеличивается, за теплоиспользующим аппаратом 3 установлен расширительный бачок 4. После того, как теплоноситель отдает свое тепло и охлаждается, он вновь подается центробежным насосом на обогрев в котел 2. Заполнение системы и ее подпитка для компенсации потерь производится из емкости 5.

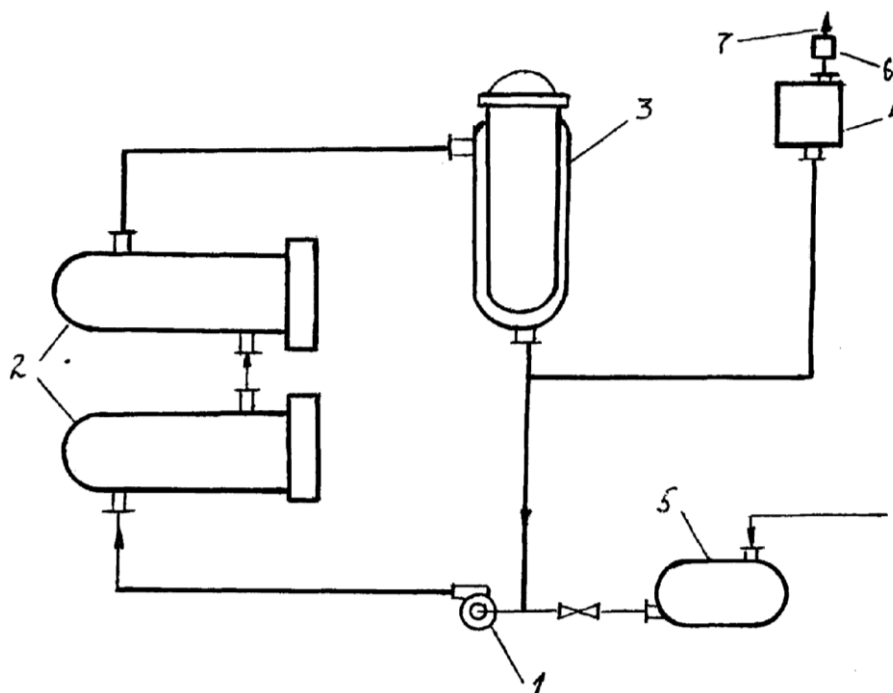


Рис. 7.4. Принципиальная схема одноконтурной системы обогрева ВОТ:  
 1 — центробежный насос; 2 — котел с электрообогревом; 3 — теплоиспользующий аппарат;  
 4 — расширительный бачок; 5 — приемная емкость; 6 — предохранительный клапан;  
 7 — линия выброса паров в атмосферу.

На рис. 7.5 показана принципиальная схема **двухконтурной системы** обогрева ВОТ. Она отличается от одноконтурной тем, что к замкнутому контуру нагревательной печи подключена сеть, непосредственно питающая потребителей (второй контур). Во второй контур может быть подключено несколько теплоиспользующих аппаратов. Преимущество двухконтурной системы обогрева состоит в том, что даже при уменьшении расхода во втором контуре, обеспечивается необходимая скорость циркуляции теплоносителя в змеевике печи.

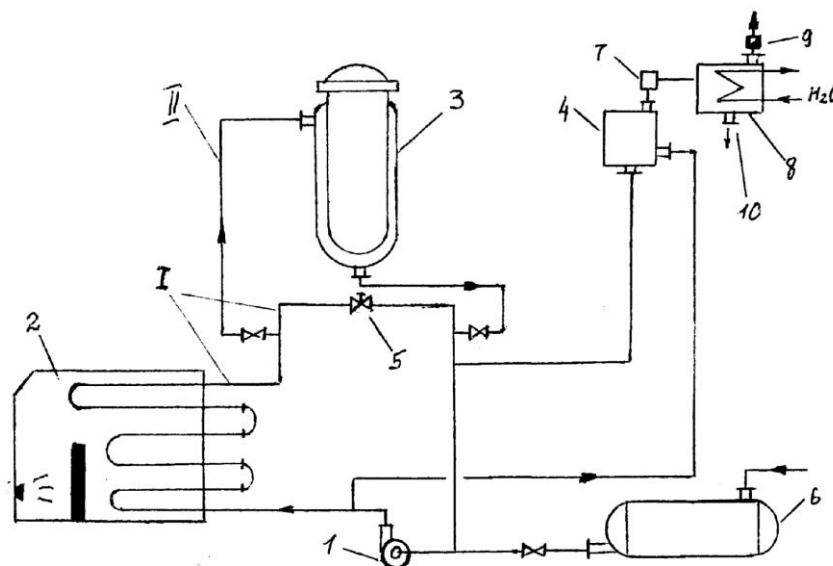


Рис. 7.5. Принципиальная схема двухконтурной системы обогрева ВОТ:  
 I — первый контур циркуляции; II — второй контур циркуляции; 1 — центробежный насос;  
 2 — печь для нагревания ВОТ; 3 — теплоиспользующий аппарат; 4 — расширительный бак; 5 — редукционный клапан; 6 — приемная емкость; 7 — предохранительный клапан;  
 8 — конденсатор для улавливания паров, стравливаемых в атмосферу; 9 — линия выброса паров в атмосферу; 10 — отвод конденсата в сборную емкость.

Более сложны по устройству системы обогрева парами ВОТ. Схема нагревания аппаратов парами дифенильной смеси показана на рис. 7.6. Пары дифенильной смеси из котла 1 с электрообогревом поступают в рубашки теплоиспользующих аппаратов 2, где производится нагрев продукта. Пары отдают свое тепло и конденсируются. Конденсат через конденсатоотводчики 3 самотеком возвращается на последующее испарение в котел 1. Пары, стравливаемые из котла предохранительным клапаном 8, охлаждаются и конденсируются в конденсаторе 5. Сконденсировавшаяся дифенильная смесь из конденсатора возвращается обратно в систему. Для очистки дифенильной смеси от продуктов осмоления часть паров из котла 1 поступает в межтрубное пространство теплообменника-регенератора 4. В трубное пространство теплообменника-регенератора подается жидкий теплоноситель. В трубках ВОТ кипит, от него отделяются смолистые примеси, и пары чистого теплоносителя направляются в конденсатор 5. Конденсат из конденсатора 5 самотеком стекает в емкость 6. Продукты осмоления собираются в нижней части регенератора 4 и периодически из него удаляются. При пуске установки, а также для восполнения потерь жидкий теплоноситель из емкости 6 насосом 8 подается в котел с электрообогревом (парогенератор) 1.

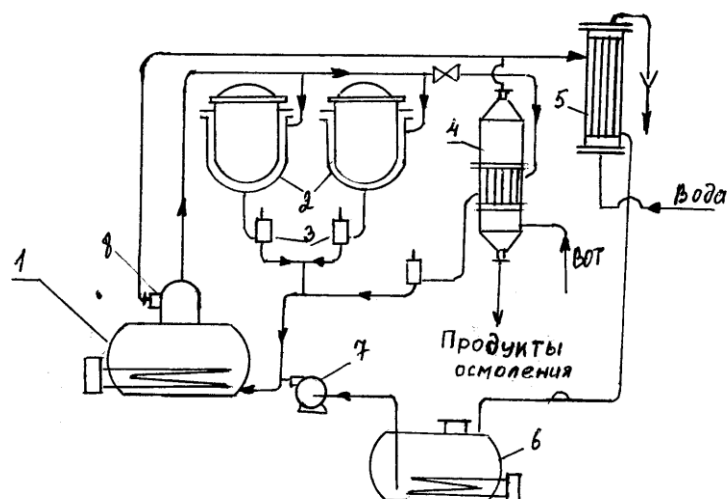


Рис. 7.6. Схема обогрева парами дифенильной смеси:

- 1 — котел с электрообогревом; 2 — теплоиспользующие аппараты;  
 3 — конденсатоотводчики; 4 — теплообменник-регенератор; 5 — конденса-  
 тор;  
 6 — емкость для очищенного ВОТ; 7 — насос; 8 — предохранительный  
 клапан.

Система обогрева парами ВОТ работает по принципу естественной циркуляции. В связи с этим, для обеспечения интенсивной циркуляции теплоносителя, теплоиспользующие аппараты необходимо размещать значительно выше котла-парогенератора. Кроме того, в связи с более высокой температурой теплоносителя и соответственно — более интенсивными окислением и смолообразованием в схеме, как было показано, предусмотрены дополнительные устройства для очистки ВОТ. При паровом обогреве по схеме, представленной на рис. 7.6, отпадает необходимость в специальном и сложном в эксплуатации циркуляционном насосе, который требуется при обогреве жидкой смесью.

#### 8.2.4. Пожарная опасность при нагреве веществ высокотемпературными органическими теплоносителями

Пожарная опасность при нагреве веществ высокотемпературными органическими теплоносителями характеризуется следующими факторами:

- наличием большого количества горючих веществ;
- возможностью разложения теплоносителей с образованием более опасных в пожарном отношении веществ;
- возможностью утечки ВОТ из системы при образовании в ней неплотностей и повреждений;
- возможностью взрыва в котлах с огневым или электрическим подогревом ВОТ;
- возможностью попадания в систему примесей из теплоиспользующих аппаратов при повреждениях теплообменной поверхности.

Все применяемые в промышленности ВОТ являются горючими жидкостями с высокой температурой кипения и высокой температурой вспышки паров.

В условиях эксплуатации ВОТ нагреваются значительно выше температуры вспышки, но ниже температуры самовоспламенения.

**Горючая среда** в установках для нагрева веществ высокотемпературными органическими теплоносителями может образоваться главным образом в период их пуска и остановки. При пуске установок в эксплуатацию горючая среда будет образовываться в тех случаях, если не обеспечено полное удаление из аппаратов и трубопроводов воздуха. При этом система будет выходить на заданный рабочий режим, концентрация горючих веществ будет увеличиваться и может стать горючей, если  $\varphi_{\text{раб}} \geq \varphi_{\text{н}}$ . Непосредственными причинами образования взрывоопасных концентраций в период остановки системы могут стать неполное удаление горючих веществ и негерметичное отключение трубопроводов, подводящих теплоноситель к системе.

Если в период пуска обеспечено полное удаление из аппаратов и трубопроводов воздуха, то при установившемся режиме работы весь внутренний объем системы полностью заполнен жидкостью или ее парами. Рабочее давление в системах обогрева ВОТ всегда выше атмосферного, поэтому горючие концентрации образоваться не могут. Исключения составляют емкости для подпитки систем теплоносителем, расширительные бачки и конденсаторы для улавливания паров, внутренний объем которых сообщается с атмосферой. Поскольку рабочая температура теплоносителей практически всегда находится между нижним и верхним температурными пределами распространения пламени, то в этих аппаратах постоянно создаются условия для образования горючей среды.

Значительная пожарная опасность может возникнуть при образовании в системе неплотностей и повреждений. Наличие большого количества теплоносителя может привести при повреждениях к разливу его на большой площади, образованию местных взрывоопасных концентраций, а при воспламенении — к взрыву и пожару. Причинами возникновения неплотностей и повреждений чаще всего являются образование повышенных давлений, температурные воздействия, износ сальниковых уплотнений центробежных насосов, эрозия материала трубопроводов, а также вибрации.

Повышенное давление в системах обогрева ВОТ может образоваться главным образом в результате перегрева теплоносителя. Поскольку жидкие ВОТ являются практически несжимаемыми, то в результате перегрева будет происходить их объемное расширение, и давление в системе может превысить допустимые значения. Опасность повышения давления может значительно увеличиться при попадании в теплоноситель воды либо другой низкокипящей жидкости во время пуска установки или в периоды подпитки системы. Любая низкокипящая жидкость при контакте с теплообменной поверхностью (в установках для нагрева теплоносителя) будет мгновенно расширяться, и создавать опасные давления, приводящие к повреждениям.

Перегрев ВОТ вызывает образование большого количества газообразных и твердых продуктов термического разложения. Наличие твердых продуктов разложения приводит к образованию в линиях отложений, пробок, что также опасно возможностью повышения в системе давления. Кроме того, наличие на внутренних поверхностях отложений может привести к прогару в трубах змеевика (при



нагреве теплоносителя пламенем и топочными газами) и выходу теплоносителя в топочное пространство.

Термическая стойкость теплоносителя является одним из самых важных показателей, влияющих на безопасность его эксплуатации. Более опасен тот теплоноситель, который обладает малой термической стойкостью, так как в результате разложения образуется большое количество газообразных и твердых продуктов, что приводит к изменению физико-химических и пожароопасных свойств теплоносителя.

Среди всех ВОТ наибольшей термической стойкостью обладает дифенильная смесь, которая до температуры  $400\text{ }^{\circ}\text{C}$  не разлагается. При более высоких температурах наблюдается заметное разложение смеси, скорость которого возрастает с увеличением температуры перегрева. При температуре  $450\text{ }^{\circ}\text{C}$  смесь темнеет, в продуктах разложения находится большое количество газов, паров бензола, фенола, образуются асфальтовые продукты и кокс. Газы и перегретые пары повышают давление в системе и ухудшают условия теплообмена. Опасный перегрев дифенильной смеси наблюдается при уменьшении скорости движения и увеличении пограничного слоя жидкости в трубах.

Значительно меньшей термической стойкостью обладают масла АМТ-300 и мобилтерм-600. Это обусловлено тем, что эти вещества представляют собой сложную взаиморастворимую смесь большого количества углеводородов с различным молекулярным весом. Такие смеси не имеют постоянной точки кипения, так как состав жидкой фазы при испарении все время меняется в сторону обогащения тяжелыми углеводородами.

Практика эксплуатации установок с АМТ-300 и мобилтерм-600 показала, что длительный нагрев теплоносителей до температуры выше  $180\text{ }^{\circ}\text{C}$  приводит к их термическому разложению, при котором выделяется значительное количество газов (метан, этан, пропан, этилен, пропилен, водород и др.), паров (бензол, толуол, фенол и др.), а также смолистых продуктов и кокса. Следствием этого является существенное снижение температуры вспышки и температуры самовоспламенения. При длительной эксплуатации без удаления продуктов разложения температура вспышки масла АМТ-300 и мобилтерма-600 может снизиться до  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а температура самовоспламенения до  $230\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Таким образом, вещества из разряда ГЖ переходят в разряд ЛВЖ, а их  $T_{ce}$  становится ниже рабочей температуры системы. В случае возникновения в установках повреждений вещества будут выходить наружу, смешиваться с воздухом и самовоспламеняться.

Следует иметь в виду, что при повреждении систем, работающих на масле АМТ-300 и мобилтерме-600, существует возможность образования “масляного тумана” (мелкодисперсного масляного аэрозоля) при смешивании паров этих жидкостей с воздухом. Аэрозоль образуется за счет распыления масла находящимися в нем газообразными продуктами термического разложения в момент резкого снижения давления при выходе вещества наружу. Нижний концентрационный предел распространения пламени для масляного тумана составляет  $40\text{ г/м}^3$ . Для сравнения отметим, что паровоздушная смесь масла АМТ-300 имеет концентрационные пределы распространения пламени  $140\text{ г/м}^3$ .

Повышенное давление в системах обогрева ВОТ может возникать в результате образования кристаллогидратных отложений и пробок. Это характерно для тех систем, в которых обращаются теплоносители с достаточно высокой температурой кристаллизации. Так, дифенильная смесь кристаллизуется уже при температуре +12 °С. Это значит, что при остановке системы жидкость, находящаяся в наружных трубопроводах, а также в трубопроводах, проходящих через неотопляемые помещения, при низкой температуре окружающей среды застынет. При последующем пуске установки это приведет к отсутствию циркуляции ВОТ, перегреву жидкости в котле, ее разложению и повышению давления.

Большинство теплоносителей не обладают коррозионными свойствами, поэтому опасность повреждения трубопроводов по этой причине невелика. Однако не исключена возможность возникновения в системе повреждений вследствие эрозии. Особенно подвержены эрозионному износу места изгибов труб, швы, разъемные соединения.

Следует отметить, что дифенильная смесь по сравнению с другими органическими теплоносителями обладает большой диффузионной способностью, поэтому легко может проникать наружу через малейшие неплотности в прокладочных и уплотняющих сальники материалах.

Выход теплоносителя из системы возможен также при образовании неплотностей во фланцевых соединениях и повреждении швов вследствие вибрации. Причинами вибрации может стать систематическое изменение внутреннего давления в системе, а также воздействие приводов различных машин и агрегатов.

**Источниками зажигания** горючих смесей при эксплуатации установок обогрева ВОТ могут явиться:

- пламя или высоконагретые конструктивные элементы аппаратов с огневым или электрическим обогревом;
- искровые разряды статического электричества;
- теплота перегрева подшипников и сальников насосов;
- теплота самовозгорания отложений;
- тепловые проявления (искры, дуги, перегрев и т.п.), возникающие при аварийных режимах работы силового и осветительного электрооборудования, а также при несоответствии эксплуатируемого электрооборудования требованиям Правил устройства электроустановок;
- искры и открытое пламя при проведении огневых работ;
- искры механического происхождения при ремонте или производстве очистных работ.

#### **8.2.5. Основные противопожарные мероприятия и технические решения при нагреве веществ высокотемпературными органическими теплоносителями**

**Предупреждение образования горючей среды.** Для предупреждения образования горючей среды при проектировании установок для нагрева веществ высокотемпературными органическими теплоносителями необходимо предусматривать:

– системы автоматического регулирования температуры ВОТ. Для установок огневого нагрева целесообразно обеспечивать автоматическое регулирование температуры ВОТ путем изменения количества сжигаемого топлива с коррекцией по температуре отходящих топочных газов. При использовании установок с электронагревом теплоносителя автоматическое регулирование может быть обеспечено путем изменения силы тока, подаваемого к нагревательным элементам;

– приборы контроля за величиной давления и температуры теплоносителя на входе и выходе его из котлоагрегата;

– системы световой и звуковой сигнализации, оповещающие обслуживающий персонал об отклонении давления и температуры от режимных параметров;

– установку расширительного бачка в системах обогрева жидкими ВОТ. Расширительный бачок служит для приема избытка теплоносителя при его нагревании до рабочей температуры в период пуска, для удаления воздуха в момент заполнения труб теплоносителем, а также для удаления газообразных продуктов разложения в период установившейся работы. Чтобы при удалении из системы газов избежать потерь теплоносителя, за расширительным бачком необходимо предусматривать установку конденсатора;

– вакуумную линию для удаления воздуха и неконденсирующихся продуктов из аппаратов второго контура. Линия должна соединяться через конденсатор с атмосферой;

– систему продувки внутреннего объема аппаратов и трубопроводов инертным газом;

– линии подачи инертного газа в расширительный бачок и холодильник для предупреждения контакта теплоносителя с воздухом в режиме установившейся работы;

– прокладку трубопроводов системы обогрева ВОТ с наклоном в сторону котла. Это позволит обеспечить полный слив жидкости из системы в период ее остановки и предупредит образование отложений или пробок вследствие замерзания ВОТ. Там, где невозможно осуществить необходимый уклон труб, следует предусматривать спускные пробки;

– применение насосов с торцевыми уплотнениями или с гидравлическим уплотнением сальников, а вентили и задвижки с усиленными сальниковыми или сильфонными уплотнениями.

Установку резервного насоса для обеспечения нормальной циркуляции теплоносителя и предупреждения перегрева ВОТ при остановке основного насоса или снижении его производительности. Включение резервного насоса должно осуществляться автоматически.

При эксплуатации установок обогрева ВОТ необходимо строго соблюдать требования технологического регламента и технологических инструкций. Перед пуском установок все аппараты и трубопроводы, входящие в систему обогрева ВОТ, должны быть в обязательном порядке продуты инертным газом. Чтобы исключить возможность образования горючей среды внутри емкостей, подпитывающих систему теплоносителем, необходимо поддерживать рабочую температуру в них ниже НТПР на  $10^{\circ}\text{C}$  либо выше ВТПР на  $15^{\circ}\text{C}$ . Для предупреждения обра-

зования горючих концентраций в расширительных бачках и конденсаторах, они должны находиться под защитой инертного газа.

В процессе эксплуатации установок необходимо вести постоянный контроль за изменением температуры вспышки и температуры самовоспламенения теплоносителей. Периодичность взятия проб на испытания определяется технологическим регламентом. Так, для ароматизированного масла АМТ-300 анализ на  $T_{всп}$  необходимо производить не реже одного раза в два дня, а на  $T_{св}$  — не реже одного раза в месяц. Масло считается пригодным для использования в качестве теплоносителя, если температура вспышки находится в пределах 130 °С, а его температура самовоспламенения равна 330 °С.

Для обеспечения нормальной циркуляции теплоносителя в системе обогрева ВОТ в процессе пуска необходимо следить за полнотой ее заполнения. Заполнение системы контролируют по уровню теплоносителя в расширительном бачке. При нормальном заполнении жидкость должна доходить до 1/4 объема бака.

Чтобы уменьшить опасность перегрева теплоносителя, образования повышенного давления и прогара труб, необходимо обеспечивать плавный нагрев ВОТ в период пуска системы. Если котлоагрегат представляет собой змеевиковую огневую печь, то теплоноситель необходимо подавать в зону наименьшей температуры конвективной части, а затем уже в радиантные трубы. Скорость нарастания температуры не должна превышать 12 °С/ч. Радиантные трубы в печах огневого обогрева необходимо располагать так, чтобы факелы пламени горелок или форсунок не омывали их.

Для исключения перегрева теплоносителя в котлах с огневым обогревом и с электрообогревом необходимо поддерживать установленный уровень жидкости, не допуская его понижения. При прекращении циркуляции ВОТ в системе необходимо прекращать подачу топлива к горелочным устройствам или останавливать работу электронагревателей.

Чтобы исключить возможность повышения давления в системе вследствие попадания в ВОТ воды, необходимо перед пуском установок обеспечивать ее удаление из емкостей и трубопроводов, испарять оставшуюся часть влаги, а подпитку котлов осуществлять через специальные обогреваемые емкости для осушки теплоносителя от влаги путем его предварительного подогрева до температуры 200 °С.

Учитывая большую диффузионную способность дифинильной смеси и возможность ее легкого выхода наружу через малейшие неплотности, соединения труб в системе обогрева необходимо производить сваркой. В тех монтажных местах, где наличие фланцевых соединений неизбежно, для уплотнения следует применять термостойкие и плотные прокладочные материалы (паронит-56, паронит графитизированный и др.).

Для предупреждения снижения скорости циркуляции теплоносителя и его перегрева необходимо исключать образование в трубопроводах твердых пробок. Поэтому, с целью улавливания попадающих в ВОТ твердых продуктов разложения теплоносителя, на линии перед циркуляционными насосами необходимо устанавливать фильтры и в предусмотренные регламентом сроки производить их очистку. Установка фильтров обеспечит также очистку теплоносителя от механи-

ческих примесей, оказывающих эрозионное воздействие на материал трубопроводов.

Чтобы исключить возможность образования в трубопроводах горючей среды и отложения кристаллогидратов в период остановки системы обогрева ВОТ, необходимо обеспечивать полное удаление из нее теплоносителя. Для выдавливания теплоносителя и последующей продувки аппаратов и трубопроводов необходимо использовать инертный газ. С целью снижения температурных напряжений в трубопроводах, транспортирующих ВОТ, и исключения возможности образования кристаллогидратов в период остановки системы, необходимо обеспечивать их защиту теплоизоляцией.

Для предупреждения прогаров теплообменную поверхность котлов, змеевиковых труб и нагревательных электрических элементов необходимо в установленные регламентом сроки очищать от отложений.

Чтобы предотвратить появление неплотностей и повреждений вследствие вибраций технологического оборудования необходимо предусматривать установку вибрирующих агрегатов на массивных фундаментах, пружинах или эластичных прокладках, обеспечивающих гашение механических колебаний. Кроме этого необходимо вести постоянный контроль за герметичностью фланцевых соединений и сварных швов. В случае обнаружения утечек теплоносителя необходимо в установленном регламентом порядке их устранять.

Для предупреждения образования горючей среды в помещениях, где эксплуатируются установки для нагрева ВОТ, необходимо обеспечивать вывод дыхательных линий подпиточных емкостей, расширительных бачков или конденсаторов за пределы помещений. Все помещения должны быть оборудованы системами общеобменной и аварийной вентиляции. В тех случаях, когда используются насосы с сальниковыми уплотнениями, в местах их установки необходимо предусматривать местные отсосы.

**Предупреждение появления источников зажигания.** При эксплуатации установок для нагрева веществ высокотемпературными органическими теплоносителями неизбежными источниками зажигания могут стать высоконагретые конструктивные элементы котлов с электрообогревом и котлов с огневым обогревом, а также открытое пламя последних. Эти источники зажигания присутствуют постоянно, так как обусловлены необходимостью нагрева теплоносителя. Чтобы предупредить возникновение от них пожара, необходимо обеспечить надежную защиту от образования горючей среды.

При эксплуатации насосов и электродвигателей могут возникать ситуации, приводящие к перегреву подшипников. К увеличению сил трения, а следовательно, и количества выделяющегося тепла могут привести нарушение качества смазки, применение масла не того сорта, чрезмерная затяжка подшипников, перекосы и перегрузки валов. Для предупреждения перегрева подшипников необходимо производить их систематическую смазку, не допускать использования других сортов смазочных материалов, очищать поверхности подшипников от загрязнений, исключать их перетяжку и перекосы валов, а также предусматривать системы автоматического контроля за температурой подшипников.

Чтобы предупредить возникновение разрядов статического электричества, необходимо предусматривать заземление трубопроводов и емкостей.

Для предотвращения самовозгорания отложений необходимо производить своевременную очистку от них внутренних поверхностей трубопроводов и емкостей.

Перед проведением огневых и ремонтных работ установки для нагрева ВОТ должны быть приведены в пожаровзрывобезопасное состояние путем охлаждения, полного удаления горючих веществ, продувки и зачистки от остатков продукта и грязи. При ремонте и очистке аппаратов с горючими веществами необходимо пользоваться только искробезопасным инструментом, выполненным из бронзы, латуни, бериллия и некоторых других металлов.

Предупредить опасные тепловые проявления электрической энергии можно путем правильного выбора электрооборудования, устройства аппаратов защиты от коротких замыканий и перегрузок, а также путем своевременного проведения замеров сопротивления изоляции электросетей и электрических машин.

**Предупреждение от распространения пожара.** Чтобы уменьшить количество выходящей наружу жидкости при авариях или пожарах на установках обогрева ВОТ, необходимо оборудовать установки системами аварийного слива теплоносителя за пределы котельной. В процессе эксплуатации необходимо контролировать исправность системы аварийного слива, не допускать засорения трубопроводов отложениями и предупреждать образование пробок.

Для предотвращения распространения пожара по поверхности разлившейся жидкости в соседние помещения, необходимо в дверных проемах предусматривать пороги с пандусами высотой не менее 0,15 метров.

Чтобы исключить возможность распространения пожара в систему обогрева ВОТ через воздушные линии, на выходе из них необходимо предусматривать установку сухих огнепреградителей. В местах прохода воздухопроводов систем вентиляции через противопожарные преграды следует обеспечивать установку огнезадерживающих клапанов.

Помещения, в которых эксплуатируются установки для обогрева веществ высокотемпературными органическими теплоносителями, должны быть оборудованы автоматическими системами пожаротушения. В качестве огнетушащего вещества целесообразно использовать пену или порошки.

Для обеспечения безопасной эксплуатации установок для обогрева ВОТ необходимо также выполнять требования, предъявляемые к котлам огневого и электрического обогрева, а также к теплообменным аппаратам, входящим в состав установки.

#### **8.2.6. Особенности пожарной опасности и основные противопожарные мероприятия при нагреве веществ пламенем и топочными газами.**

Нагрев веществ пламенем и топочными газами относится к числу наиболее известных и давно применяемых способов нагрева. Этот способ используется в тех случаях, когда вещества необходимо нагреть до температур 400 – 800 °С или когда другие способы использовать экономически невыгодно. Нагрев пламенем и топочными газами широко применяется на ТЭС, ТЭЦ, в котельных, кормокухнях

и кормоцехах, в металлургической, металлообрабатывающей, химической, нефтехимической, нефтеперерабатывающей и других отраслях промышленности. Наиболее часто используется этот способ для нагрева промежуточных теплоносителей, которые впоследствии используются в теплообменной аппаратуре, а также для непосредственного нагрева горючих веществ.

Нагрев пламенем и топочными газами может осуществляться в теплогенерирующих установках (теплогенераторах, парогенераторах, воздухоподогревателях) и в специальных сооружениях, называемых печами. На промышленных предприятиях для сжигания чаще всего используется жидкое и газообразное топливо, реже твердое. Это обусловлено прежде всего тем, что жидкое и газообразное топливо имеет высокую теплоту горения, обеспечивает малые потери при сжигании и простоту розжига. Теплота, получаемая при сжигании топлива, передается теплообменной поверхности излучением и конвекцией.

В промышленности нагрев пламенем и топочными газами чаще всего производится в печах. Большая часть предприятий использует в своих технологиях печи непрерывного действия, так как они более экономичны и сравнительно безопасны в эксплуатации. Печи периодического действия используются главным образом на предприятиях сельскохозяйственного типа. Промышленные печи весьма разнообразны по своему конструктивному исполнению. Однако наибольшее распространение получили печи, в которых теплообменная поверхность выполнена в виде пучков труб, соединенных коллекторами, или в виде непрерывного змеевика. Такие печи носят название трубчатых.

**Трубчатые печи.** Все трубчатые печи имеют принципиально одинаковое устройство (рис. 7.7). Основными элементами любой трубчатой печи являются металлический каркас 1, воспринимающий на себя всю нагрузку от конструктивных элементов; кирпичная кладка 2; устройства для сжигания топлива 3 (форсунки или горелки); теплообменные трубы 4, соединенные в змеевик; двойники (ретурбенды) 5 для соединения труб змеевика; перевальная стена 6 и боров 7 для отвода продуктов сгорания в дымовую трубу.

Внутреннее пространство трубчатой печи разделяется перевальной стеной на две камеры — радиантную и конвективную. В радиантной камере производится сжигание топлива. Передача теплоты трубам змеевика здесь осуществляется главным образом радиацией за счет теплового излучения пламени, горячих продуктов горения и раскаленных поверхностей стенок печи. Через конвективную камеру производится удаление продуктов горения в борова. Передача теплоты в пространстве конвективной камеры осуществляется от топочных газов конвекцией.

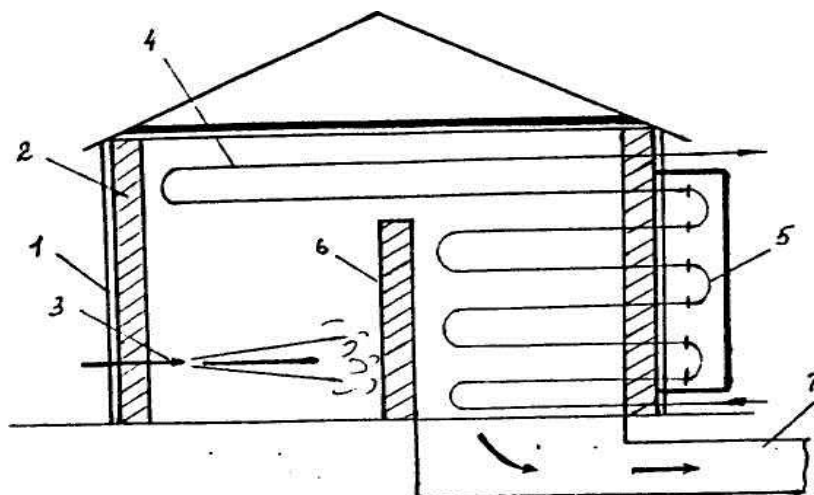


Рис. 7.7. Принципиальная схема трубчатой печи:

- 1 — каркас; 2 — кирпичная кладка; 3 — форсунки (горелки); 4 — змеевик;  
5 — двойники (ретурбенды); 6 — перевальная стена; 7 — боров.

Работает трубчатая печь следующим образом. Топливо по системе топливоподачи поступает к горелкам или форсункам, смешивается с воздухом и поджигается запальным устройством. Теплота сгорания топлива используется для нагрева продукта, циркулирующего по трубам змеевика. Продукт изначально подается в конвективную камеру с целью обеспечения его постепенного нагрева, а затем по змеевику поступает в радиантную часть печи, достигает максимальной температуры и выводится из печи для дальнейшего использования в различных технологических установках. Продукты сгорания, отдав теплоту трубам змеевика, выводятся из трубчатой печи через борова в дымовую трубу и выбрасываются в атмосферу.

### 8.2.7. Пожарная опасность при нагреве веществ пламенем и топочными газами

Пожарная опасность при нагреве веществ открытым пламенем и топочными газами характеризуется следующими факторами:

- наличием большого количества сжигаемого топлива;
- высокой температурой в топочном пространстве, превышающей температуру самовоспламенения большинства горючих веществ;
- возможностью взрыва в топочном пространстве и системах удаления продуктов сгорания;
- высокой вероятностью возникновения прогаров в теплообменной поверхности;
- высокой коррозионной активностью продуктов сгорания;
- постоянным наличием источников зажигания при установившемся режиме работы установок.

**Горючая среда** в установках нагрева пламенем и топочными газами может образоваться при любом режиме, в котором они могут находиться (в режиме отстоя, пуска в эксплуатацию, установившейся работы и остановки).

1. В тех случаях, когда установка временно не эксплуатируется, горючая среда может образоваться вследствие подтекания топлива из форсунок (горелок) и



системы топливоподачи. Для трубчатых печей опасность образования горючей среды обуславливается также возможностью выхода горючего продукта из змеевиков. Такие ситуации могут возникать прежде всего из-за не герметичности топливопроводов и змеевиков; неплотного перекрытия трубопроводов системы топливоподачи и трубопроводов, подводящих горючий продукт к змеевику; а также в случае нарушения технологической инструкции, которая должна предусматривать освобождение змеевиков от находящегося в них продукта и продувку инертным газом или водяным паром перед остановкой трубчатой печи.

2. При пуске установок в эксплуатацию горючая среда может образоваться главным образом из-за неисправности системы розжига, наличия в системе топливоподачи воздушных пробок, использования обводненного топлива, негерметичности топливопроводов и змеевиков, а также нарушения технологической инструкции.

При наличии в системе топливоподачи воздушных пробок горючая смесь, подаваемая из форсунки, изначально может не воспламениться или гореть с хлопками. После удаления из системы воздуха зажигание может оказаться не включенным, и топливо станет распыляться, не сгорая. Аналогичная ситуация может произойти в том случае, если для сжигания в установках используется обводненное топливо.

В случае неисправности системы розжига, загрязнения электродов свечей зажигания, образования на них нагара и т. п. может возникнуть ситуация, когда при подаче горючей смеси из форсунок (горелок) не появится искра. Это также приведет к тому, что топливо будет поступать в топочное пространство, не сгорая, и образовывать там, в смеси с воздухом взрывоопасные концентрации.

Опасность образования горючей среды в период пуска установок в эксплуатацию неизбежна, если обслуживающий персонал нарушает последовательность операций при розжиге. Такие ситуации возможны при подаче топлива в форсунки или горелки до включения зажигания или внесения запального устройства. Обстановка может значительно осложниться опять же при неисправности системы розжига. В этом случае в топочном пространстве может образоваться взрывоопасная концентрация и при наличии источника зажигания произойти взрыв.

При пуске в эксплуатацию трубчатых печей могут возникнуть значительные температурные напряжения в трубах змеевиков, если они не были предварительно прогреты водяным паром. В результате возникновения температурных напряжений возникает опасность повреждения теплообменных труб, и при подаче продукта в змеевики может произойти его утечка с образованием горючей среды в топочном пространстве.

3. В режиме установившейся работы установок горючая среда может образоваться при плохом распылении топлива и его неполном сжигании, при обрыве пламени, а также при возникновении неплотностей и повреждений в топливопроводах и змеевиках.

Плохой распыл топлива может возникать из-за неисправности форсунки, неправильной ее регулировки, засорении коксом, сажой; из-за применения неочищенного топлива и топлива повышенной вязкости; а также из-за снижения давления в системе топливоподачи. Во всех этих случаях капельки топлива будут скап-

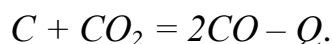
ливаться на дне камеры сгорания, испаряться и образовывать взрывоопасные концентрации. Особенно опасно применение топлив повышенной вязкости. Использование таких топлив приводит не только к плохому распилу в камере сгорания, но и увеличивает вероятность образования продуктов уплотнения (кокса, сажи и т. п.), которыми засоряется форсунка. Вязкость топлив значительно увеличивается в зимний период.

Обрыв пламени в установках нагрева пламенем и топочными газами может происходить при попадании в систему топливоподачи воды; засорении топливопроводов, топливных фильтров и форсунок; а также при временном прекращении подачи топлива. Вода в систему топливоподачи может попасть главным образом при использовании обводненного топлива. В некоторых установках перед тем, как топливо поступает на сжигание, производят его подогрев водяным паром в теплообменных аппаратах. В таких случаях вероятность попадания воды в систему топливоподачи увеличивается из-за возможности повреждения теплообменной поверхности. При использовании газообразного топлива обрыв пламени может произойти из-за образования конденсата в топливных линиях.

Засорения в системах топливоподачи чаще всего возникают вследствие применения неочищенного топлива. Временные перебои в подаче топлива к форсункам могут возникать из-за нарушения нормального режима работы насосов, неисправности электроприводов и т.п. Топливо, поступающее в топку после погасания пламени, будет испаряться, и образовывать в смеси с воздухом взрывоопасные концентрации.

При неправильной регулировке форсунок и горелок могут возникать ситуации, связанные с неполным сгоранием топлива. Продукты неполного сгорания (окись углерода  $CO$ , водород  $H_2$  и другие горючие вещества), нагретые до высоких температур, при смешивании их с воздухом могут самовоспламениться со взрывом. В частности, имелись случаи взрывов в боровах трубчатых печей. Температура дымовых газов в боровах составляет  $500 - 700$  °С, что гораздо выше температуры самовоспламенения многих горючих веществ. По справочным данным для водорода  $T_{св} = 510$  °С, для окиси углерода  $T_{св} = 605$  °С. Однако следует учесть, что эти значения температур самовоспламенения были определены по методике ГОСТ для одного литра газа. В реальных условиях с увеличением объема газов значения температур самовоспламенения значительно уменьшаются. Воздух в борова может подсасываться через неплотности в кирпичной кладке. Практика показала, что в дымовые каналы может подсасываться до 20 % свежего воздуха. При этом создаются все условия для возникновения взрывного горения.

Кроме этого в системах удаления дымовых газов на поверхностях может откладываться сажа, которая также образуется при неполном сгорании топлива. Сажа опасна склонностью к самовозгоранию и возможностью взаимодействовать с углекислым газом. В результате взаимодействия сажи с углекислым газом образуется оксид углерода, который, как указывалось выше, представляет значительную пожарную опасность. Реакция взаимодействия сажи с углекислым газом записывается следующим образом:



Как видно, реакция эндотермическая, то есть происходит с поглощением теплоты. Поэтому чем выше температура в системах удаления дымовых газов, тем больше вероятность возникновения взрыва.

В трубчатых печах в режиме установившейся работы горючая среда может образоваться при возникновении неплотностей и повреждений в змеевиках, заполненных горючим продуктом. Основными причинами повреждений теплообменных труб являются прогары, коррозия и эрозия материала стенок, а также возникновение повышенного давления.

Повышенное давление внутри змеевиков может возникнуть в результате резкого повышения температуры в печи, приводящего к перегреву продукта; увеличения гидравлического сопротивления труб при образовании отложений и возникновении пробок; а также в результате нарушения нормального режима работы насосов.

Прогары представляют собой вспучивание и разрыв металла в результате сильного перегрева отдельных участков теплообменной поверхности. Условия для перегрева труб змеевиков создаются при наличии малотеплопроводных отложений (кокса, солей и т. п.) на их внутренних поверхностях. В таких случаях стенка трубы оказывается изолированной от продукта, не охлаждается им и перегревается.

Вероятность прогара увеличивается при активизации процессов коррозии и эрозии материала труб. Наружная поверхность труб змеевика подвергается химической коррозии под действием кислорода воздуха и сернистых соединений, содержащихся в продуктах сгорания. Внутренняя поверхность подвергается коррозии под действием нагреваемого продукта и находящихся в нем примесей. Наличие в продукте механических примесей способствует сильному эрозионному износу внутренних стенок теплообменных труб.

При эксплуатации установок огневого нагрева горючая среда может образоваться не только в топочном пространстве и системах удаления продуктов горения. Выход горючих веществ возможен при разгерметизации насосов, трубопроводов и другого оборудования системы топливоподачи.

Для трубчатой печи опасность образования горючей среды возникает при выходе нагреваемого в змеевиках продукта через двойники, вынесенные за кладку печи. Выход продукта наружу через двойники наблюдается при неплотном прилегании пробки к корпусу двойника, выбросе пробки, нарушении герметичности соединения труб с корпусом двойника и при повреждениях корпуса.

4. В режиме остановки установок нагрева пламенем и топочными газами горючая среда может образоваться главным образом при неплотном перекрытии трубопроводов системы топливоподачи. Во время эксплуатации рабочие части задвижек и вентилях (клапаны, тарелки, плашки и т. п.) изнашиваются, деформируются, места сопряжений подвижных частей с корпусом задвижек могут быть загрязнены твердыми отложениями. Все это приводит к тому, что и в закрытом состоянии такие задвижки способны пропускать жидкость, газы и пары. Просачиваясь через задвижки, они могут образовывать в топочном пространстве взрывоопасные концентрации. А если учесть, что в режиме остановки температура конструктивных элементов установок еще достаточно велика (гораздо выше темпера-

туры самовоспламенения большинства горючих веществ), то вероятность взрыва очень велика.

В трубчатых печах опасность образования горючей среды увеличивается в режиме аварийной остановки, то есть при наличии повреждений в змеевиках. Если своевременно не обеспечена подача пара в змеевик и топочное пространство, то также могут возникать ситуации, приводящие к взрыву и пожару.

**Источниками зажигания** (инициаторами горения) при эксплуатации установок нагрева пламенем и топочными газами могут явиться:

- открытое пламя запальных устройств, факелов, форсунок или горелок;
- искры и нагревательные спирали систем электророзжига;
- высоконагретые конструктивные элементы установок;
- искровые разряды статического электричества;
- теплота самовозгорания отложений кокса, сажи и т.п.;
- искровые разряды молнии и ее вторичные проявления (для наружных установок);
- искры и открытое пламя при проведении огневых работ;
- искры механического происхождения при ремонте или производстве очистных работ;
- тепловые проявления (искры, дуги, перегрев и т.п.), возникающие при аварийных режимах работы силового, осветительного электрооборудования, сетей автоматического контроля, а также при несоответствии эксплуатируемого электрооборудования требованиям Правил устройства электроустановок.

### **8.2.8. Два режима возникновения горения в трубчатых печах и меры пожарной безопасности**

При эксплуатации трубчатых печей горение, ведущее к пожару и взрыву, может возникать в двух режимах: в режиме самопроизвольного возникновения горения и в режиме вынужденного зажигания.

Печи работают в жестком температурном режиме: средняя теплонапряженность поверхности труб составляет  $15 - 25 \text{ кВт/м}^2$ , а при использовании беспламенных горелок теплонапряженность достигает  $40 \text{ кВт/м}^2$ . Тепловой поток такой мощности превосходит минимальную мощность, необходимую для зажигания любых горючих веществ и материалов. Поэтому, при контакте с пламенем или с нагретыми поверхностями горелочных устройств топлива, нагреваемой жидкости, образующихся при неполном горении топлива газов, а также посторонних горючих смесей, проникших внутрь печи, возникновение горения неизбежно. В теплообменных трубках жидкости нагревают до температур  $400 - 800 \text{ }^\circ\text{C}$ . Эти температуры значительно выше минимальных температур зажигания. Поэтому, при выходе из труб жидкостей, нагретых до температур выше температур зажигания, с неизбежностью будет возникать samozажигание с возникновением устойчивого факельного горения. Потушить такой факел водой не только не возможно, но и опасно. Если струёй воды сбить пламя, то, выходящая жидкость или газ будут samozажигаться, и горение будет восстанавливаться. Одновременно, при попадании воды на разогретую металлическую поверхность произойдет местное сжатие, вы-

званное охлаждением, что может привести к разрушению трубы с увеличением излива samozажигающейся жидкости. В результате этого область горения резко возрастет. Поэтому подавать воду для тушения факелов в печах недопустимо.

На различных участках трубок нагреваемая жидкость имеет различную температуру. Она может иметь температуру ниже температуры зажигания, а в начале потока даже ниже температуры самовоспламенения и вспышки. При вытекании из трубок горючая жидкость будет испаряться и поджигаться. Задержка в зажигании будет сопровождаться небольшими хлопками не представляющими большой опасности для разрушения печи.

При эксплуатации трубчатой печи горение, ведущее к пожару и взрыву, может возникать также в режиме самопроизвольного возникновения. Как уже отмечалось, это возможно при самовозгорании сажи, а также при самовоспламенении паровоздушных и газоздушных смесей, возникающих при утечке жидкостей из труб, когда температура дымовых газов становится ниже температуры зажигания, но выше температуры вспышки, или при неполном горении топлива. В этом случае вытекающая из труб жидкость (нагреваемый продукт или топливо, например мазут) будут испаряться, и образовывать парогазовую смесь. Возможность самовоспламенения этой смеси будет определяться не только температурой, но и концентрацией кислорода в смеси. При установившемся режиме работы печи в дымовых газах концентрация кислорода недостаточная для поддержания горения. Поэтому, если нет подсоса воздуха в дымовые газы, то нет и условий для самовоспламенения парогазовых и газовых смесей. Взрывоопасные смеси, как это уже было отмечено, могут образоваться при выводе печи на рабочий режим и при останове печи. Взрывоопасное парогазовое или газовое облако может возникнуть на других установках и проникнуть в печь. В этом случае трубчатая печь оказывается мощным запальником (поджигающим устройством). Горение по горючей среде шлейфом переносится к месту ее возникновения и поджигает аварийную установку. Поджечь стороннюю горючую среду могут и наружные участки работающих печей, если они, вследствие недостаточной или поврежденной изоляции, окажутся нагретыми до температур самовоспламенения.

### **8.2.9. Основные противопожарные мероприятия и технические решения при нагреве веществ пламенем и топочными газами.**

Пожарная безопасность установок нагрева пламенем и топочными газами может быть обеспечена путем проектирования технических средств предупреждения пожара, технических средств противопожарной защиты, а также посредством строгого выполнения требований технологического регламента при эксплуатации.

**Предупреждение образования горючей среды.** Для предупреждения образования горючей среды при проектировании установок необходимо предусматривать следующие технические решения:

1. Системы автоматического регулирования подачи топлива и воздуха на горение, обеспечивающие их перемешивание и сжигание в строго определенном соотношении.

2. Приборы контроля за наличием пламени у форсунок или горелок (фоторезисторы и т. п.).

3. Электромагнитные отсечные клапаны для перекрытия топливопроводов при обрыве пламени. Клапаны включаются в электрическую цепь управления с фотоэлементом и работают по принципу соленоидной катушки (рис. 7.8). Когда катушка включена в электрическую цепь и находится под напряжением, ее сердечник под влиянием электромагнитной индукции поднимается, открывая путь топливу по топливопроводу в сторону форсунки или горелки. При погасании пламени электрическое сопротивление фоторезистора резко возрастает, что вызывает снижение силы тока в цепи катушки. В результате этого сердечник электромагнитного клапана опускается под действием силы своей тяжести и перекрывает канал топливопровода. Аналогичная ситуация происходит при отключении электрической энергии.

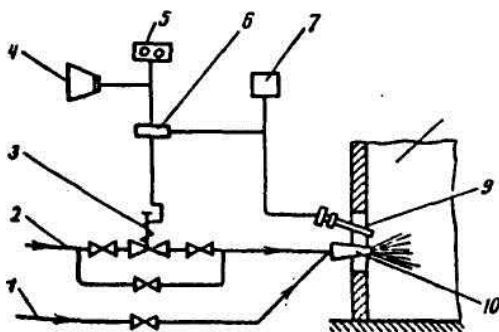


Рис. 7.8. Схема отключения подачи топлива при угасании факела пламени:

- 1 — линия подачи воздуха; 2 — линия подачи топлива; 3 — электромагнитный клапан;  
4 — звуковой сигнал; 5 — световой сигнал; 6 — реле; 7 — прибор контроля угасания пламени; 8 — топочное пространство; 9 — фотоэлемент с защитой;  
10 — форсунка (горелка).

4. Системы продувки топочного пространства воздухом, инертным газом или водяным паром.

5. Газоанализаторы для контроля за полнотой сжигания топлива. Процесс горения считается нормальным, если в топочных газах имеется максимальное содержание двуокиси углерода и отсутствуют оксид углерода и водород.

6. Установку не менее двух задвижек на линии топливоподачи для надежного перекрытия топливного трубопровода. Для трубчатых печей первая задвижка устанавливается перед каждой форсункой или горелкой, а вторая на расстоянии 10 м от печи и обеспечивает одновременное прекращение подачи топлива ко всем горелочным устройствам. Для теплогенерирующих установок предусматривается установка задвижек или вентилях сразу же после топливного бака и перед форсункой.

7. Приборы автоматического регулирования и контроля за давлением в топливопроводе, а также системы звуковой и световой сигнализации, срабатывающие при изменении установленного режима давления.

8. Системы продувки топливных линий инертным газом на свечу или в факельную линию (для установок, работающих на газообразном топливе).

9. Правильный выбор материала камеры сгорания и теплообменных труб змеевиков. Для изготовления камер сгорания и труб змеевиков необходимо использовать жаропрочные стали марок X25T, X23H13, X23H18, X20H14C2, X25H20C2 и др.

10. Системы продувки змеевиков трубчатых печей паром или инертным газом. При этом на паропроводах и трубопроводах подачи инертного газа необходимо устанавливать обратные клапаны для исключения попадания в них горючего продукта;

11. Приборы контроля за величиной давления продукта на входе в змеевик и выходе из него; а также системы звуковой и световой сигнализации, оповещающие обслуживающий персонал о повышении давления продукта на входе и снижении его на выходе из печи.

Перед пуском установок в эксплуатацию необходимо убедиться в отсутствии каких-либо предметов, оставшихся после ремонта в камере сгорания, дымоходах, боровых; проверить состояние всех узлов, оборудования и приборов; удалить подтеки топлива и смазки. Все люки и лазы установки в период розжига должны быть закрыты.

Перед зажиганием форсунок и горелок необходимо проверить плотность закрытия рабочих и контрольных вентилях; проверить отглушены ли неработающие горелочные устройства; спустить конденсат из линии подачи газа и продуть ее инертным газом на свечу или факельную линию. Если отсутствует система автоматической регулировки подачи воздуха на сжигание, то воздушную заслонку необходимо отрегулировать вручную.

Топочное пространство установок перед пуском в эксплуатацию должно быть в обязательном порядке продуто водяным паром, инертным газом или провентилировано. Продолжительность продувки для каждой установки указывается в технологических инструкциях и регламенте. После продувки необходимо произвести газовый анализ среды в топочном пространстве. Если концентрация горючих веществ превышает допустимые значения (обычно  $0,05\varphi_n$ ), то продувка продолжается.

При использовании систем электророзжига перед подачей топлива необходимо убедиться в наличии искры между электродами свечей зажигания. Если розжиг производится горелкой-запальником или факелом, то необходимо строго соблюдать последовательность операций, предусмотренную технологической инструкцией. Вначале необходимо подготовить факел или запальник, зажечь его и поднести к форсунке или горелке. Убедившись через смотровое стекло, что запальник (факел) горит и находится вблизи горелочного устройства, только после этого можно медленно открывать вентиль на топливной линии. Запальник или факел можно вынимать из камеры сгорания только после того, как установилось устойчивое горение топлива.

При неудачной попытке зажечь горючую смесь в камере сгорания с первого раза необходимо немедленно перекрыть подачу топлива к форсунке, продуть камеру сгорания, произвести газовый анализ среды и произвести повторное зажигание горючей смеси.

При зажигании форсунок или горелок ручным факелом нельзя пропитывать ткань факела легковоспламеняющимися жидкостями. Для этого необходимо применять дизельное топливо, масла и другие горючие жидкости. Тушение факела, используемого для растопки, необходимо производить в ящике или ведре с сухим песком.

В трубчатой печи очередность зажигания форсунок или горелок должна обеспечивать равномерный обогрев змеевика. Зажигать горелочные устройства от пламени соседних нельзя. За печью после розжига устанавливают непрерывный контроль до тех пор, пока внутренняя футеровка ее не нагреется до температуры, превышающей температуру самовоспламенения топлива.

Топливо перед подачей на сжигание должно быть очищено от воды и механических примесей. В процессе розжига топки необходимо следить за давлением топлива в топливной линии. При падении давления в топливной линии ниже допустимого необходимо прекратить розжиг, закрыть все вентили и выяснить причину понижения давления.

В процессе установившейся работы установок нагрева пламенем и топочными газами необходимо осуществлять постоянный контроль за состоянием пламени и качеством распыла топлива. Для снижения вязкости топлива (особенно в зимних условиях) и обеспечения его хорошего распыла необходимо предусматривать предварительный подогрев топлива в теплообменных аппаратах перед сжиганием.

Во избежание попадания топливного газа в воздухопроводы и взрыва в них необходимо регулировать подачу газа, не допуская повышения его давления или резкого снижения нагрузки горелки.

Для исключения засорения форсунок коксом, сажей, частичками примесей, находящихся в топливе, необходимо в установленные регламентом сроки производить очистку распылителя форсунок.

При обрыве факела пламени необходимо немедленно перекрыть топливные линии, выяснить причину этого явления и произвести необходимые мероприятия, исключающие возможность повторного обрыва. После этого необходимо произвести пуск установки в изложенном выше порядке. Запрещается зажигать потухшие горелки или форсунки от раскаленных поверхностей установки.

Большое значение имеет поддержание правильной длины факелов горящего топлива. Длина факелов форсунок и горелок должна быть отрегулирована так, чтобы верхняя часть пламени не доходила до теплообменных поверхностей. Длинные и ширококорассеянные факелы жидкостных форсунок, касающиеся теплообменных поверхностей, создают местные перегревы. Из-за этого происходит пережог металла с образованием окалины, активизируется процесс образования отложений в трубах змеевиков и увеличивается вероятность прогара.

Во избежание прогара змеевиков при работе трубчатой печи необходимо осуществлять постоянный контроль за состоянием теплообменной поверхности. Работа печи при отдулинах и свищах на трубах, а также при превышении допустимых пределов износа труб запрещается. Контроль за состоянием труб ведут визуально и с помощью приборов. Визуально перегретые участки труб можно определить по светлой отличительной окраске.



Для уменьшения скорости коксообразования необходимо обеспечивать скорость движения продукта по змеевику не менее 2 м/с, соблюдать установленный температурный режим в печи, а также рационально размещать змеевики и горелки, исключая возможность перегрева теплообменных труб. При опасности прогара необходимо как можно быстрее снизить температурный режим обогрева в печи.

Одним из основных мероприятий, снижающих вероятность прогара теплообменных труб и образование в них пробок, является очистка внутренних поверхностей от кокса и других отложений в установленные регламентом сроки. Кроме этого необходимо производить внешний осмотр теплообменной поверхности с целью выявления деформаций, отдулин, трещин и т. п.

Для снижения вредного воздействия коррозии необходимо: поддерживать оптимальный коэффициент избытка воздуха при сжигании топлива, очищать его от сернистых примесей; очищать от коррозионных примесей подаваемый в змеевики продукт; вводить в нагреваемый продукт ингибиторы коррозии (если это допустимо); а также исключать возможность касания пламенем теплообменных поверхностей. Предупреждение эрозионного износа внутренних поверхностей теплообменных труб сводится к очистке нагреваемого продукта от твердых примесей.

Чтобы исключить возможность образования горючей среды в системах удаления топочных газов, необходимо следить за герметичностью дымовых труб, целостностью кладки боровов трубчатых печей, исключая возможность подсоса воздуха в дымовые каналы. В системах удаления топочных газов необходимо устанавливать газоанализаторы, включенные в электрическую цепь регулирования работы форсунок или горелок. При повышении в топочных газах концентрации  $CO$  и  $H_2$  система автоматического регулирования должна обеспечить увеличение подачи воздуха на горение и тем самым исключить недожог топлива.

В процессе эксплуатации установок нагрева пламенем и топочными газами необходимо следить за герметичностью систем топливоподачи. При разрыве или нарушении плотности топливопровода поврежденный участок должен быть немедленно отключен путем перекрытия задвижек со стороны поступления топлива. В помещениях, где эксплуатируются установки, необходимо предусматривать системы общеобменной и аварийной вентиляции.

Для предупреждения выхода нагреваемого в трубчатых печах продукта через двойники необходимо обеспечивать плотное прижатие пробки нажимным болтом, подгонку пробки по отверстию, очистку конусных поверхностей от кокса, контроль качества изготовления корпуса двойника и развальцовки труб, а также проводить гидравлические испытания змеевиков в установленные сроки.

Перед остановкой трубчатой печи на ремонт или профилактический осмотр необходимо в первую очередь освободить от нагреваемого продукта змеевик. Это осуществляется путем подачи в него инертного газа или водяного пара. Подачу газа или пара в змеевик допускается производить только после снижения в нем давления продукта. Перед подачей пара в змеевик необходимо спустить из паропровода конденсат.

После освобождения змеевика от продукта перекрываются задвижки и вентили на системе топливоподачи, и установка переводится в режим отстоя. На линиях подачи топлива к форсункам или горелкам необходимо устанавливать заглушки. Это исключит возможность утечки топлива в топочное пространство. Газопроводы после остановки печи должны быть продуты инертным газом на свечу или факельную линию. Перед продувкой газопроводов необходимо убедиться, что на всех горелках надежно закрыты задвижки. Все топливные задвижки и вентили должны своевременно проверяться на герметичность. Эксплуатируемые запорные устройства должны исключать утечку топлива.

Перед проведением ремонта, очистных работ или профилактического осмотра установок огневого нагрева необходимо в обязательном порядке производить газовый анализ среды и при необходимости обеспечить их продувку.

**Предупреждение появления источников зажигания (инициаторов горения).** При эксплуатации установок нагрева пламенем и топочными газами неизбежными источниками зажигания могут явиться открытое пламя, искры и нагревательные спирали систем электророзжига, а также высоконагретые конструктивные элементы установок. Появление этих источников зажигания обусловлено условиями эксплуатации. Поэтому исключить возникновение пожара от них можно только путем предупреждения образования горючей среды. Для защиты от проявления остальных источников зажигания необходимо предусматривать соответствующие мероприятия и технические решения.

Чтобы исключить возникновение искровых разрядов статического электричества в период пуска установок в эксплуатацию, а в трубчатых печах и при выходе веществ из змеевиков, необходимо предусматривать заземление топливопроводов, форсунок, труб змеевиков, двойников и металлических корпусов установок. Кроме этого на топливопроводах можно предусматривать установку релаксационных емкостей, игольчатых и струнных нейтрализаторов для отвода зарядов статического электричества.

Предупредить самовозгорание отложений сажи, кокса и т. п. в топочном пространстве и системах удаления дымовых газов можно путем проведения в установленные сроки очистки внутренних поверхностей. Конструкция камеры сгорания и дымовых каналов должна исключать возможность образования застойных зон и накопления различного рода отложений.

Защиту установок от воздействия прямых ударов молнии и ее вторичных проявлений необходимо производить в соответствии с Инструкцией по устройству молниезащиты зданий и сооружений.

При проведении на установках ремонтных и огневых работ они должны быть приведены в пожаробезопасное состояние путем продувки внутреннего объема и очистки конструкций от отложений. Перед началом проведения работ необходимо в обязательном порядке производить газовый анализ среды внутри установок. Для предупреждения опасного проявления искр удара и трения при проведении ремонтных и очистных работ необходимо применять искробезопасный инструмент, выполненный из бронзы, латуни, бериллия, алюминиевого сплава АКМ-5, дюралей с ограниченным содержанием магния (1,2 – 1,8 %) и некоторых других

металлов. Применение омедненного инструмента нежелательно вследствие быстрого истирания мягкого слоя меди.

Предупредить опасные тепловые проявления электрической энергии можно путем правильного выбора электрооборудования, устройства аппаратов защиты от коротких замыканий и перегрузок, а также путем своевременного проведения замеров сопротивления изоляции электросетей, сетей автоматики и электрических машин.

Для того чтобы наружные установки огневого нагрева не послужили источниками зажигания горючих смесей при авариях на соседних технологических аппаратах, необходимо предусматривать следующие мероприятия и технические решения:

- размещать установки огневого нагрева с наветренной стороны по отношению к аппаратам с потенциальным выбросом горючих веществ;
- предусматривать противопожарные разрывы между установками аппаратами с горючими веществами (по расчету, но не менее нормативных значений);
- устраивать между установками и газопароопасными аппаратами защитные экраны в виде стен. В качестве защитных экранов могут также выступать закрытые здания с неопасной технологией;
- защищать теплоизоляцией высоконагретые наружные элементы установок огневого нагрева, чтобы их температура не превышала 80 % от наименьшей температуры самовоспламенения веществ, применяемых в соседних аппаратах;
- предусматривать устройство паровых завес по периметру установок, которые обеспечат не только экранирование, но и флегматизацию горючей среды водяным паром.

**Предупреждение распространения пожара.** Для предупреждения распространения пожара в трубчатой печи при проектировании необходимо предусматривать следующие технические решения:

- систему выдавливания продукта из змеевика в аварийную емкость;
- систему аварийного слива продукта из камер двойников при возникновении в них неплотностей и повреждений;
- систему пожаротушения. В качестве огнетушащего вещества рациональнее всего применять водяной пар. Подачу пара для тушения необходимо предусматривать в радиантную камеру, камеру двойников, в борова и к основанию дымовой трубы;
- устройство в стенках радиантной камеры предохранительных клапанов шарнирно-откидного типа, а в боровах мембранного типа для исключения разрушения кладки печи при взрыве.

Выдавливание продукта из змеевика трубчатой печи в аварийную емкость производят при возникновении прогара в теплообменных трубах, а также в случае взрыва или пожара в печи. Для выдавливания необходимо предусматривать подачу в змеевик водяного пара или инертного газа. На паропроводе или трубопроводе инертного газа необходимо предусматривать установку обратного клапана для предотвращения попадания в них горючего продукта. Трубопровод подачи водяного пара должен постоянно находиться в нагретом состоянии и освобождаться от

конденсата для предотвращения его попадания в змеевик. В случае дистанционного управления системой выдавливания продукта и продувки змеевика пост управления задвижкой необходимо располагать на расстоянии не менее 5 м от печи, рядом с арматурой системы пожаротушения.

Система должна обеспечивать возможность выдавливания продукта как по ходу его движения, так и против хода. При возникновении в печи аварийной ситуации, пожара или взрыва подачу продукта в змеевик необходимо немедленно прекратить и обеспечить подачу водяного пара или инертного газа. При этом необходимо проследить, чтобы давление в змеевике было ниже давления газа или пара. Выбор направления подачи пара или газа в змеевик должен проводиться с учетом того, чтобы в топку попало как можно меньше продукта. Аварийная емкость перед спуском в нее горючей жидкости должна быть освобождена от остатков воды и обводненного продукта.

Теплогенерирующие установки, также как и трубчатая печь, должны быть оборудованы предохранительными клапанами для предупреждения их разрушения при возможном взрыве. Кроме этого, для предотвращения распространения пожара в сушильный агрегат или отапливаемое помещение, на выходе из теплогенераторов и воздухоподогревателей теплоносителя необходимо предусматривать установку огнезадерживающего клапана или заслонки.

### **8.3. Пожарная безопасность процесса ректификации**

*Ректификация* — это метод разделения смеси на чистые компоненты, осуществляемый путем многократного чередования процессов испарения жидкой фазы и конденсации паров.

**Физическая сущность процесса** заключается в двустороннем массо- и теплообмене между неравновесными потоками пара и жидкости при высокой турбулизации поверхности контактирующих фаз. В результате массообмена пар обогащается низкокипящими, а жидкость — высококипящими компонентами. При определенном числе контактов можно получить пары, состоящие в основном из низкокипящих компонентов и жидкость, состоящую в основном из высококипящих компонентов.

Процесс ректификации можно проводить, в простейшем случае, в многоступенчатой установке. В первой ступени такой установки испаряется исходная смесь. На вторую ступень поступает на испарение жидкость, оставшаяся после отделения паров первой ступени. В третьей ступени испаряется жидкость, поступившая из второй ступени (после отбора из последней паров). Аналогично может быть организован процесс многократной конденсации, при котором на каждую следующую ступень поступают для конденсации пары, оставшиеся после отделения от них жидкости (конденсата) в предыдущей ступени.

При достаточно большом числе ступеней таким путем можно получить жидкую или паровую фазу с достаточно высокой концентрацией компонента, которым она обогащается. Однако выход этой фазы будет достаточно мал по отношению к ее количеству в исходной смеси. Кроме того, такие установки громоздки и их эксплуатация сопровождается большими потерями тепла в окружающую среду.

Значительно более экономичное, полное и четкое разделение смесей на компоненты достигается путем проведения процессов ректификации в более компактных аппаратах — *ректификационных колоннах*.

### 8.3.1. Ректификационные колонны, их устройство и принцип работы.

Работа ректификационных колонн основана на создании двух встречных потоков — поднимающихся паров и стекающих навстречу им жидкости. Контакт между ними происходит на горизонтальных тарелках, причем пар, подходящий к тарелкам, имеет температуру несколько более высокую, чем жидкость, находящаяся в них. Внутренний объем колонны условно разбивается на три части — эвапорационной, укрепляющей, исчерпывающей. В первом объеме происходит испарение подаваемой жидкости. Подача производится в среднюю часть колонны, так как в этой части состав флегмы примерно равен составу раствора подлежащего ректификации. Подогретая смесь поступает в питающую тарелку колонны и частично испаряется. Паровая фаза движется вверх, а неиспарившаяся смешивается с флегмой и стекает вниз. Часть колонны, расположенная выше ввода начальной смеси называется укрепляющей, так как в ней паровая фаза укрепляется легкими фракциями. Часть колонны, находящаяся ниже ввода начальной смеси называется исчерпывающей, так как в ней из стекающей вниз флегмы отгоняются (исчерпываются) оставшиеся легкие фракции.

Для обеспечения нормальной работы ректификационной колонны необходимо постоянное наличие восходящего потока пара и нисходящего потока флегмы. Для получения пара в нижней части колонны предусмотрена система обогрева. Процесс ректификации может осуществляться при атмосферном давлении, под вакуумом, под избыточным давлением при пониженной температуре. В основном процесс ректификации осуществляется при давлении близком к атмосферному. Вакуумной ректификации подвергают смеси веществ склонных к термическому распаду или полимеризации при высоких температурах. Низкотемпературная ректификация применяется для разделения растворов, имеющих низкую температуру кипения.

Рассмотрим *принцип действия ректификационной колонны*, входящей в состав ректификационной установки непрерывного действия, предназначенной для разделения бинарных смесей (см. рис. 7.9).

Ректификационная колонна представляет собой вертикальный цилиндрический аппарат со сварным или сборным корпусом *1*. Исходная смесь предварительно нагревается в подогревателе *5* и подается в среднюю часть колонны. В нижней части колонны обеспечивается подогрев жидкости до температуры кипения. Образующиеся при этом пары поднимаются вверх по колонне и создают *восходящий поток*. В верхней части колонны пары отбираются и поступают в дефлегматор *3*, где происходит их частичная конденсация. Смесь флегмы (жидкости, полученной в результате частичной конденсации пара) и несконденсировавшегося пара из дефлегматора подается в сепаратор *4* на разделение. Пар из сепаратора поступает в конденсатор-холодильник *б* на полную конденсацию и там же происходит охлаждение дистиллята (ректификата), а флегма направляется обратно в колонну и создает в ней *нисходящий поток*.

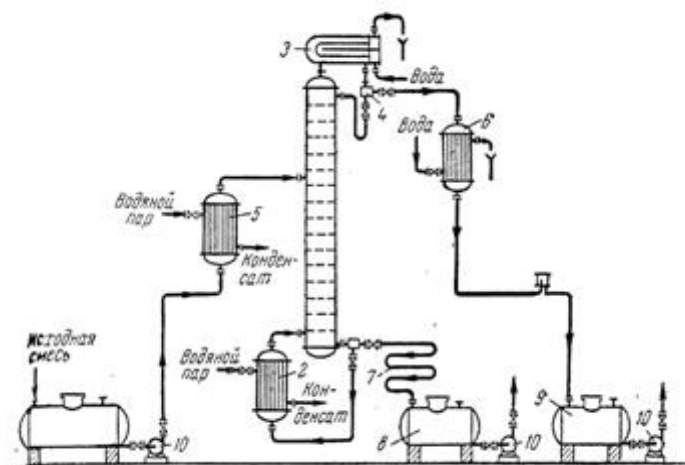


Рис. 7.9. Схема непрерывно действующей ректификационной установки:  
 1 — ректификационная колонна, 2 — кипятильник, 3 — дефлегматор,  
 4 — сепаратор, 5 — подогреватель исходной смеси, 6 — холодильник ди-  
 стиллята  
 (или холодильник-конденсатор), 7 — холодильник остатка, 8,9 — сборники,  
 10 — насосы.

Таким образом, в ректификационной колонне создаются два встречных потока — поток поднимающихся вверх паров и поток стекающей навстречу им жидкости. Контакт между ними происходит на специальных *теплообменных устройствах*, расположенных по высоте колонны с определенным шагом. Такие устройства выполняются в виде горизонтальных тарелок или насадок (см. рис. 7.10).

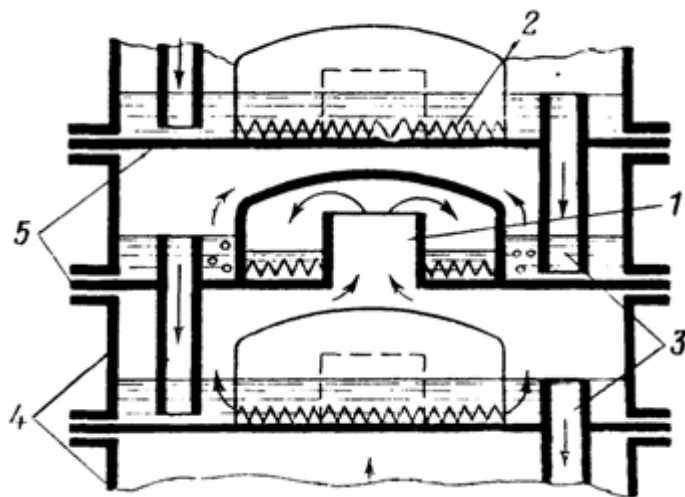


Рис. 7.10. Схема сборной колпачковой колонны:  
 1 — патрубок, 2 — прорези колпачков, 3 — переливные трубки,  
 4 — царги, 5 — тарелки.

*Сущность теплообменных процессов.* В колпачковой колонне каждая тарелка имеет несколько отверстий с невысокими патрубками 3, предназначенными для пропускания паров, поднимающихся снизу. На тарелках колонны всегда имеется слой флегмы. Сверху каждого парового патрубка монтируется колпачок 2,

нижние края которого погружены в жидкость. Колпачки у основания имеют зубчатые прорезы для дробления пара на мелкие струйки. Тем самым увеличивается площадь контакта между парами и жидкостью. Так как флегма несколько холоднее паров, последние, барботируя через слой жидкости, охлаждаются и частично конденсируются. В процессе конденсации паров выделяется некоторое количество теплоты. Кроме того, дно каждой тарелки обогревается парами нижележащей тарелки. За счет этого тепла флегма нагревается и кипит. Уровень флегмы на каждой тарелке поддерживается с помощью переливных труб 4, которые связывают между собой все тарелки.

Таким образом, на тарелках происходит обогащение флегмы высококипящим компонентом (за счет частичной конденсации паров), а восходящие потоки пара обогащаются низкокипящим компонентом. Поскольку пары по мере продвижения снизу вверх все больше обогащаются низкокипящим компонентом, температура кипения жидкости на тарелках (снизу вверх) становится все ниже и ниже. При этом флегма, стекающая с тарелки на тарелку все больше обогащается высококипящим компонентом, и поэтому на нижних тарелках температура кипения максимальна. В результате многократного протекания процесса теплообмена пар, отводимый из верхней части колонны, представляет собой почти чистый низкокипящий компонент, а остаток в нижней части колонны — чистый высококипящий компонент.

Из вышесказанного следует, что для **нормальной работы любой ректификационной колонны необходимо**: чтобы исходный продукт был предварительно нагрет, непрерывно происходило орошение верхней части колонны, и подогрев нижней части.

Следует обратить внимание на то, что в промышленности чаще всего разделяют не бинарные, а многокомпонентные смеси. В этом случае для разделения смесей на три и более фракций применяют несколько последовательно работающих простых колонн или специальные сложные колонны, состоящие из нескольких простых.

В идеальном случае на каждой тарелке колонны паровая фаза и флегма находятся в состоянии фазового равновесия и, следовательно, каждой тарелке соответствует одна из точек, лежащей на кривой равновесия (рассматривали в начале лекции). В действительности полное равновесие фаз на тарелках ректификационной колонны не достигается. Это учитывается путем введения коэффициента полезного действия.

Для приближения к фазовому равновесию действительных концентраций жидкости и пара разработаны различные конструкции тарелок и насадок. Тарелки или насадки являются наиболее важным конструктивным элементом ректификационных колонн. Именно на них происходит процесс тепломассообмена между восходящим потоком пара и флегмой.

Ректификационные колонны в которых тепломассообменные устройства выполнены в виде тарелок называют **барботажными**, так как пар барботируется через слой флегмы. Если тепломассообменные устройства выполнены в виде различных насадок, то колонны называют **насадочными**.

*Барботажные* ректификационные колонны могут иметь тарелки со сливными устройствами или без них. *Тарелки со сливными устройствами.* К ним относятся колпачковые, ситчатые и клапанные.

Для разделения растворов используют *колпачковые тарелки*. Это связано с тем, что данный тип обеспечивает хороший контакт между паром и флегмой на тарелках. Смесь паров, поднимаясь, проходит патрубки и, ударяясь о колпачки, барботирует сквозь слой флегмы на тарелках. Колпачки имеют отверстия или зубчатые прорезы для дробления пара на мелкие струи. Приток и отток жидкости регулируют с помощью переливных трубок.

*Ситчатые тарелки*, имеют большое количество мелких (от 0,8 до 3 мм) отверстий. Пар проходит сквозь отверстия тарелки и распределяется в жидкости в виде мелких струек и пузырьков. Важным требованием является постоянная скорость движения пара и его давление, достаточное для преодоления давления слоя жидкости на тарелке и предотвращающее ее стекание через отверстия.

*Ситчатые тарелки* отличаются простотой устройства, легкостью монтажа, осмотра и ремонта. Но они чувствительны к наличию примесей, которые забивают отверстия тарелок и создают условия для образования повышенных давлений. В случае значительного снижения давления пара вся жидкость с ситчатых тарелок сливается вниз и для возобновления процесса приходится запускать колонну вновь. Указанное накладывает существенные ограничения на использование данного типа тарелок.

*Клапанные тарелки.* Имеют отверстия перекрывающиеся специальными клапанами, которые поднимаются в зависимости от величины давления пара. При подъеме клапана образуется зазор, через который проходит пар барботирующийся через слой жидкости. С изменением давления клапан закрывается под действием силы собственной тяжести. Высота подъема клапана не превышает 8 мм. Достоинством таких тарелок является сравнительно высокая пропускная способность по пару, высокая эффективность в широком интервале нагрузок. *Недостаток* — повышенное гидравлическое сопротивление, обусловленное весом клапана.

*Тарелки без сливных устройств.* Их особенностью является то, что пар и флегма проходят через одни и те же отверстия или щели. На тарелках одновременно с взаимодействием флегмы и пара путем барботажа происходит сток части жидкости на нижерасположенную тарелку. Жидкость «проваливается». Выделяют дырчатые тарелки, решетчатые, трубчатые, волнистые.

*Насадочные колонны.* Тепломассообмен между паром и флегмой протекает в объеме насадок, выполненных из твердых тел различной формы (таблица с типами насадок). Принцип действия колонн. Пар из исчерпывающей части движется вверх по колонне навстречу стекающей жидкости. Распределяясь по большой поверхности насадочных тел пар интенсивно контактирует с жидкостью и теряет при этом часть высококипящего компонента и обогащается легкокипящим. Требования к насадкам — большая поверхность в единице объема, хорошая смачиваемость флегмой и равномерное ее распределение по всей насадке, малое гидравлическое сопротивление, химическая инертность, механическая прочность.



### 8.3.2. Особенности пожарной опасности ректификационных установок. Основные противопожарные меры при их проектировании и эксплуатации

При установившемся режиме работы возможность образования горючих смесей внутри ректификационных установок практически исключена., так как весь объем заполнен и образование паровоздушной смеси затруднено. Кроме того, в ректификационных колоннах флегма находится при температуре кипения, а это значит, что рабочая температура в колоннах всегда превышает значение верхнего температурного предела воспламенения, а температура во всех точках по высоте колонны равна температуре кипения флегмы, поэтому рабочее давление создают только пары кипящей жидкости. Следовательно, воздуха в колонне не должно быть и паровоздушная смесь не должна образовываться.

Опасность образования горючей среды внутри колонн и других аппаратов ректификационных установок может возникать в периоды их остановки и пуска в эксплуатацию. Например, в колпачковых и клапанных колоннах после прекращения их работы на тарелках всегда остается слой флегмы, соответствующий высоте сливных патрубков, в нижней части колонны находится большое количество высококипящего остатка. Это все негативные факторы, кроме того горючая смесь может образовываться из-за неполного удаления из системы воздуха.

Наиболее вероятна возможность самовоспламенения смеси при выходе из нижней части колонны. В процессе эксплуатации ректификационных колонн могут возникать неплотности в местах соединения отдельных конструктивных элементов. Небольшие утечки через образующиеся неплотности в корпусе часто трудно обнаружить, так как колонна имеет теплоизоляцию. Выходящий наружу продукт постепенно впитывается, пропитывает теплоизоляцию и создает все условия для самовозгорания теплоизоляции. В целом все причины повреждений ректификационных колонн можно классифицировать следующим образом.

*Основные причины повреждений* — это механические воздействия, температурные воздействия и химические воздействия.

К механическим воздействиям относятся повышенное давление, вибрация, эрозионный износ.

*Температурные воздействия* — температурные напряжения, воздействия высоких и низких температур.

*Химические воздействия* — химическая коррозия, электрохимическая коррозия.

В целом можно сказать, что пожарная опасность ректификационных установок определяется пожароопасными свойствами веществ, образующимися на установке, их количеством, а также режимом работы ректификационных колонн (давление, температура).

*Нарушение материального баланса.* Может произойти в результате увеличения подачи начальной смеси и флегмы или в результате уменьшения отбора из колонны паровой фазы и остатка. При этом будет образовываться избыточное количество паров легкокипящих компонентов, неизрасходованная теплота парообразования вызовет повышение температуры в колонне и повысится давление насыщенных паров. Увеличение подачи исходной смеси и флегмы в колонну мо-

жет произойти из-за нарушения работы насосов, неисправностей в системе подачи. Уменьшение отбора — из-за образования на тарелках и паропроводах твердых продуктов термического разложения нефти и нефтепродуктов — коксообразных веществ. Кокс и кристаллогидраты откладываются на колпачках, паровых патрубках и отверстиях тарелок, тем самым, уменьшая их проходное сечение и увеличивая гидравлическое сопротивление колонны.

*Нарушение теплового баланса* — наблюдается при подаче исходной смеси с более высокой температурой при излишнем нагреве кубового остатка, а также при увеличении количества теплоты, подводимого с флегмой, наиболее часто причиной нарушения является уменьшение подачи хладагента в холодильник.

*Нарушение процесса конденсации* паровой фазы, поступающей из колонны в дефлегматор и конденсатор, одновременно приводит к нарушению и материального и теплового баланса. Это обусловлено уменьшением выхода паров из колонны, а, следовательно, и количества тепла, отводимого из колонны с паровой фазой. В результате происходит рост температуры, повышается давление насыщенных паров в колонне. Основные причины — уменьшение или полное прекращение подачи хладагента, поступление хладагента с более высокой начальной температурой, уменьшение коэффициента теплоотдачи от пара к хладагенту при сильном загрязнении теплообменной поверхности.

Для предупреждения образования горючей среды внутри ректификационных колонн должны быть учтены следующие особенности:

1. Ректификационные колонны должны быть обеспечены системами автоматического контроля за основными рабочими параметрами и системами автоматического регулирования.

2. Чтобы в процессе эксплуатации колонн избежать засорения коксом патрубков и отверстий тарелок, трубок теплообменников, а также коммуникаций необходимо преимущественно использовать схемы перегонки нефти с предварительным испарением. При этом твердые соединения и тяжелые смолы будут отделяться от начальной смеси в колонне-испарителе.

3. В случае обогрева нижней части ректификационных колонн острым водяным паром на паровых линиях необходимо предусматривать приспособления для спуска конденсата и оборотные клапаны, предупреждающие попадание горючей жидкости из колонны в паропроводы.

4. Ректификационные колонны должны быть оборудованы предохранительными клапанами, обеспечивающими стравливание избыточного количества паров и газов при повышении давления.

5. Чтобы не допустить вибрации колонны необходимо устанавливать на самостоятельных мощных фундаментах, не связанных с фундаментами других аппаратов.

6. Для снижения эрозионного износа в месте ввода исходной смеси необходимо устанавливать специальные рассекатели потока.

7. Для поддержания постоянного температурного режима в колоннах, уменьшения потерь в окружающую среду, во избежание образования в корпусе высоких температурных напряжений колонны необходимо защищать теплоизоля-

цией. Несущие металлические конструкции должны защищаться специальными огнезащитными покрытиями.

Пожар на ректификационных установках может быстро принимать крупные масштабы, так как значительные повреждения или аварии приводят к выходу наружу большого количества пара и жидкости, нагретой до температуры кипения. Пар, выходящий из колонны и образующийся при испарении выходящей наружу горячей флегмы, может привести к образованию опасной концентрации. Воспламенение горючей смеси паров приводит к быстрому распространению огня по всему газовому облаку и по поверхности жидкости. Локализовать пожар будет тем труднее, чем больше горючих веществ выйдет наружу, чем выше от уровня земли будет находиться поврежденный участок, чем больше аппаратов и установок окажется под воздействием высокой температуры. Поэтому необходимо еще в период разработки технологической схемы и проектирования ректификационной установки не только предусмотреть защиту аппаратов от возможных повреждений, но и обеспечить снижение количеств образующихся в производстве горючих веществ до предельно допустимой величины с учетом нормальной эксплуатации, экономики и пожаровзрывобезопасности.

#### **8.4. Пожарная безопасность процессов сорбции**

*Сорбция* (лат. «*sorbeo*» – *поглащаю, втягиваю*) — любой процесс поглощения одного вещества (*сорбтива*) другим (*сорбентом*), независимо от механизма поглощения. В зависимости от механизма сорбции различают адсорбцию, хемосорбцию и капиллярную конденсацию. Обратный процесс — процесс выделения одного вещества из другого называется *десорбцией* и используется для регенерации поглощенного вещества из поглотителя.

*Адсорбция* — изменение концентрации вещества на границе раздела фаз, происходящее на любых межфазовых поверхностях. Адсорбироваться могут любые вещества. Промышленную реализацию имеет процесс поглощения компонента газа, пара или раствора твердым пористым поглотителем. Процесс разделения характеризуется переходом вещества из газовой или жидкой фазы в твердую. Разновидностью адсорбции является ионный обмен.

*Абсорбция* — поглощения одного вещества другим во всем объеме сорбента (растворение газов в жидкостях — *газвода*). Промышленную реализацию имеет процесс поглощения компонента газа или пара жидким поглотителем. Разновидностью абсорбции является *хемосорбция* — поглощение одного вещества другим, сопровождающееся химическими реакциями (поглощение влаги и кислорода металлами с образованием оксидов и гидроксидов).

##### **8.4.1. Физическая сущность процесса абсорбции. Основные меры пожарной безопасности**

На промышленных объектах предприятий приходится осуществлять не только процессы разделения растворов на составляющие их компоненты, но и процессы разделения газовых и паровых смесей. Такое разделение чаще всего осуществляется с использованием сорбционных процессов. В их основе лежит из-

бирательная способность к поглощению отдельных компонентов смеси. Сорбционные процессы широко применяются в технологиях на химических, нефтеперерабатывающих и газоперерабатывающих предприятиях, в машиностроении, легкой промышленности.

Процесс поглощения паров или газов из газовых или парогазовых смесей по механизму абсорбции в промышленности чаще всего осуществляют жидкими поглотителями — *абсорбентами*.

Газовые смеси, поступающие на поглощение, и вещества, используемые в качестве поглотителей, весьма часто являются горючими, а сорбционные установки в этом случае будут пожаровзрывоопасными.

Процесс абсорбции является селективным, т. е. избирательным: каждый абсорбент обладает способностью селективно поглощать лучше всего лишь определенные газы и пары и не поглощать вовсе или поглощать незначительно составляющие газовых смесей. Это свойство абсорбентов дает возможность во всех случаях подобрать необходимые поглотители и осуществить разделение гомогенной смеси. Если нужно очистить природный газ, коксовый газ или другие газовые смеси от сероводорода, который вреден для человека, то подбирают такую жидкость, которая хорошо растворяла бы сероводород или давала химические соединения. Таких поглотителей несколько. Это этаноламиновые производные, мышьяково-содовый раствор, медно-аммиачный.

Движущий слой, обуславливающий растворение газа или пара в абсорбенте, является разностью концентраций его в растворе и над жидкостью. Если концентрация в газовой фазе компонента, который улавливают, больше, чем в жидкости, значит идет процесс растворения, т. е. улавливания компонента. В противном случае поглощенный компонент будет выделяться из абсорбента.

Процесс абсорбции экзотермичен. Выделяющееся тепло будет повышать температуру процесса, и условия абсорбции будут ухудшаться. С повышением давления увеличивается растворимость газов в жидкости, поэтому условия абсорбции будут улучшаться. Следовательно, процесс абсорбции целесообразно вести при пониженной температуре и повышенном давлении.

Аппараты, в которых осуществляется процесс поглощения пара или газа жидкостью называется *абсорбером* или *скруббером*.

Процесс обратного извлечения из абсорбента уловленного компонента осуществляется по-разному. Если при абсорбции получается раствор, то десорбция осуществляется путем ректификации: если же получается нестойкое соединение, то десорбция. Так, насыщенный раствор моноэтаноламина после поглощения сероводорода восстанавливается нагреванием, а насыщенный мышьяково-содовый раствор восстанавливается окислением. Абсорбент после генерации охлаждается и вновь направляется на улавливание требуемого компонента. Газовая смесь перед поступлением в абсорберы сжимается компрессором, охлаждается в водяном холодильнике и проходит последовательно все абсорберы.

При оценке пожарной опасности процесса, концентрация горючих веществ в емкостях может быть найдена как отношение суммы их парциальных давлений к общему давлению в емкости. Концентрационные пределы воспламенения испа-

ряющихся веществ в смеси с воздухом можно определить по формуле Лешателье.

Следует учитывать, что при заполнении промежуточных емкостей насыщенным абсорбентом не исключена возможность образования местных горючих концентраций в районе выброса паровоздушной смеси наружу через дыхательные трубы. Для уменьшения этой опасности емкости, в которых концентрация паров находится в пределах воспламенения и выше верхнего предела воспламенения следует оборудовать дыхательными клапанами.

**Значительная пожарная опасность возникает при понижении уровня жидкости, находящейся в нижней части абсорберов.** В этом случае газовая фаза может беспрепятственно выходить из абсорберов наружу через промежуточные емкости, а при отсутствии промежуточных емкостей газовая фаза первого абсорбера будет поступать в десорбционные колонны.

Повреждение абсорбционных аппаратов может быть вызвано повышением давления в результате увеличения сопротивления слоя насадки в скрубберах, из-за загрязнения её поверхности отложениями солей и другими твердыми примесями.

При улавливании или наличии в газовой смеси корродирующих примесей, а также при использовании поглотителей в виде водных растворов кислот и щелочей может иметь место интенсивная коррозия производственного оборудования. Если продукт коррозии обладает пирофорностью, принимают соответствующие меры осторожности при остановке аппарата: медленно окисляют их в процессе продувки водяным паром от горючих веществ или поддерживают стенки аппарата в увлажненном виде, подавая на орошение небольшое количество воды.

Необходимо отметить, что значительное снижение пожаровзрывоопасности абсорбционных установок может быть достигнуто изысканием для процесса наиболее пожаровзрывобезопасного абсорбента.

Из перечисленных выше поглотителей наиболее пожаровзрывобезопасны N-метилпирролидон как наиболее безопасная горючая жидкость и диметилформамид. Именно эти поглотители широко применяются для улавливания ацетилена при получении его из природного газа.

#### **8.4.2. Физическая сущность процесса адсорбции. Основные меры пожарной безопасности**

На практике по механизму адсорбции осуществляют процесс поглощения одного или нескольких компонентов из газовой смеси или раствора, как правило, на поверхности твердого вещества — абсорбентом. Смесь паров или газов, направляемую на адсорбцию, называют адсорбтивом, вещество, которое используют как поглотитель, называют *адсорбентом*. Адсорбируемое вещество называют *адсорбатом*. Адсорбенты обладают селективностью (избирательностью) и обратимостью. Благодаря этому имеется возможность улавливать и затем выделять адсорбируемые вещества из растворов или смесей газов и возвращать их в производство. В этом состоит сущность *рекуперации*. Рекуперация используется, в частности, для возврата в производственный цикл пожаровзрывоопасных и токсичных растворителей.

В качестве адсорбентов используются твердые пористые вещества и материалы как природные, так и искусственные, обладающие высокой пористостью. Количество вещества, поглощаемое (сорбируемое) единицей массы (или единицей объема) адсорбента называют активностью. Различают статическую и динамическую активность. Адсорбционную активность нельзя отождествлять с активностью поверхности по отношению к кислороду, т. е. с реакционной способностью. Это различные активности. Часто высокоактивный сорбент может обладать пониженной склонностью к самовозгоранию.

В промышленности в качестве адсорбентов применяют активные угли, силикагель, цеолиты и иониты.

*Активные угли* — высокопористые углеродные материалы, получаемые путем температурной карбонизации дерева, бурого угля, косточек плодов и других углеродосодержащих материалов и последующего их активирования, т. е. придания им повышенной пористости. Пористость активных углей 600...1700 м<sup>2</sup>/г. Основной недостаток активных углей — повышенная склонность к самовозгоранию. Самовозгорание в адсорберах может приводить к взрывам паровоздушных смесей. Поэтому в адсорбционных установках активный уголь стремятся заменить негорючим силикагелем.

*Силикагель* представляет собой микропористое тело, получаемое прокаливанием геля поликремниевой кислоты. Состоит из SiO<sub>2</sub>. Удельная адсорбционная поверхность 400 – 770 м<sup>2</sup>/г. Негорюч, механически прочен.

Основные недостатки силикагеля по сравнению с активным углем — его меньшая поглотительная активность и высокая гигроскопичность. По мере увлажнения силикагель свои сорбционные свойства к улавливанию растворителей теряет. Поэтому нередко случаи, когда в системах рекуперации адсорберы с силикагелем своего назначения не выполняют.

*Цеолиты* (молекулярные сита) — природные минералы или искусственные соединения (алюмосиликаты). Имеют высокую избирательную способность. Применяются для осушки и очистки газов и жидкостей.

*Иониты* неорганические — природные и синтетические алюмосиликаты, гидроокиси и соли поливалентных металлов; органические — ионообменные соли. Применяются для умягчения воды, извлечения из растворов следов металлов, очистки сахарных сиропов, лекарств и т. д.

Движущей силой процесса адсорбции является разность между рабочей концентрацией поглощаемого вещества в растворе или парогазовой смеси и концентрацией этого вещества (компонента) в условиях равновесия.

При более глубоком рассмотрении этого процесса просматривается связь адсорбционных свойств со свободной энергией поверхности сорбента. При адсорбции молекулы газа или пара удерживаются адсорбционными силами. Эти силы могут быть ионными, дисперсионными и другими ещё недостаточно изученными силами. **Адсорбция молекул на поверхности твердых материалов сопровождается выделением теплоты.** Поэтому о прочности связи сорбированных молекул с поверхностью можно судить по теплотам адсорбции.

Адсорбционные силы по сравнению с химическими являются достаточно слабыми, но их действие распространяется на несколько сорбированных молекулярных слоев. С повышением температуры кинетическая энергия адсорбированных молекул возрастает, и адсорбционные силы оказываются не в состоянии удерживать сорбированные молекулы на поверхности адсорбента. Поэтому при повышенных температурах происходит десорбция, поверхность адсорбента освобождается от сорбированного вещества.

На протекание процесса адсорбции оказывают влияние следующие факторы:

1. Свойства адсорбента, его статическая и динамическая активность. При этом под статической активностью понимают количество вещества, поглощаемое единицей массы или единицей объема адсорбента из неподвижной газовой смеси до установления состояния равновесия. Под динамической активностью понимают количество вещества, поглощаемое единицей массы (или объема) адсорбента при движении через него газовой смеси до момента “проскока”. Динамическая активность всегда меньше статической, так как в условиях движения газа не достигается равновесное состояние в системе газ — твёрдое тело.

2. Температура газовой смеси. С повышением температуры адсорбция ухудшается. Поэтому адсорбцию следует проводить при сравнительно низких температурах. При повышенных температурах извлекают поглощённое вещество из адсорбента, т. е. ведут процесс десорбции.

3. Давление газовой смеси. С повышением давления процесс адсорбции улучшается. Поэтому адсорбцию следует проводить при повышенном давлении, а десорбцию — при пониженном.

4. Свойства поглощаемых веществ. Из смеси газов и паров в первую очередь и в большем количестве поглощается компонент с более высокой температурой кипения (низком давлении насыщенного пара). Поэтому из паровоздушных смесей поглощаются пары растворителей, а не кислород и азот воздуха.

**Адсорберы.** Адсорбция осуществляется в специальных аппаратах, называемых адсорберами (см. рис. 7.11.). Адсорберы бывают непрерывного и периодического действия. В аппаратах непрерывного действия адсорбент находится в виде движущегося или «кипящего» слоя. В аппаратах периодического действия слой сорбента обычно находится в неподвижном состоянии.

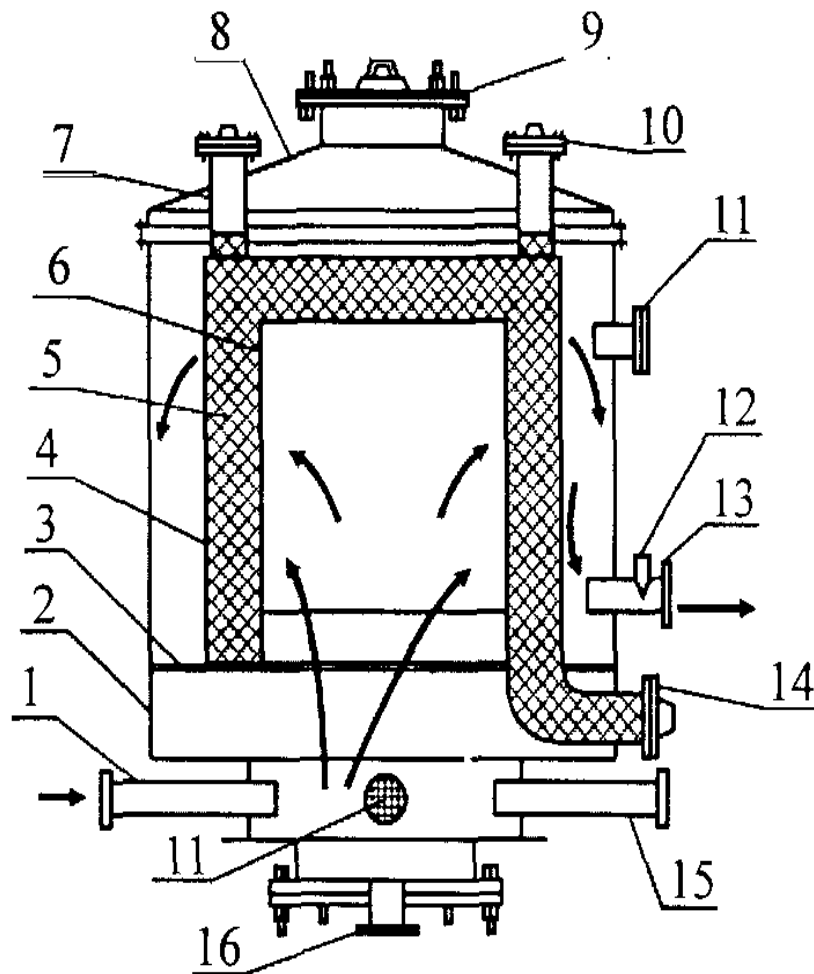


Рис.7.11. Адсорбер:

- 1 — патрубок подачи ПВС; 2 — корпус; 3 — глухое кольцо; 4, 6 — перфорированные цилиндры; 5 — сорбент; 7 — бункер компенсатор; 8 — крышка; 9 — смотровой люк;
- 10 — загрузочный люк; 11 — предохранительная мембрана; 12 — газоанализатор;
- 13 — патрубок отвода воздуха при адсорбции и подачи водяного пара при десорбции;
- 14 — разгрузочный люк; 15 — патрубок отвода пара при десорбции; 16 — патрубок слива конденсата

Принцип работы однокамерного адсорбера непрерывного действия с «кипящим» слоем заключается в следующем. Адсорбент поступает внутрь аппарата на решетку сверху, а газ на очистку снизу. Скорость подачи газа такова, что сорбент как бы кипит, что обеспечивает хороший контакт газа с поверхностью сорбента. Отработавший сорбент с уловленным его поверхностью газом или паром выводится из рабочей камеры по трубе вниз, а газ через циклонное устройство, где очищается от сорбента, через верхний штуцер выводится из аппарата. Десорбция газов или паров, уловленных сорбентом, осуществляется в отдельном аппарате. После очистки и охлаждения регенерированный сорбент возвращается снова в адсорбер.



Адсорберы периодического действия могут быть горизонтального, вертикального или кольцевого исполнения. Вертикальный адсорбер периодического действия. В корпусе на специальной решетке размещается слой адсорбента. Загрузка свежего адсорбента осуществляется через загрузочный люк в крышке адсорбера. Паровоздушная смесь подаётся в аппарат также сверху через штуцер. Отвод очищенного воздуха осуществляется через патрубок

Активный уголь выдерживает около 1000 циклов, после чего подлежит замене. Выгрузка отработавшего угля из аппарата осуществляется через люк.

Паровоздушная смесь по специальной линии подаётся в адсорбер, где проходит через слой адсорбента. Через определенное время уголь насыщается парами растворителя, и поглощение практически прекращается. Этот момент, называемый «проскоком», определяется по концентрации паров растворителя в отходящих из адсорбера газах. Процесс адсорбции прекращают. Отработавший уголь, насыщенный парами растворителя, подвергают десорбции в этом же адсорбере.

*Десорбция* (отдув) уловленных паров с поверхности адсорбента осуществляется водяным паром. Отдув можно осуществлять и нагретым воздухом, что более экономично, но такой способ отдува обладает повышенной пожаровзрывоопасностью, поэтому в нашей стране его в настоящее время не применяют. Отдув, практически везде осуществляют паром. Такой способ экономически не выгоден, но он менее пожаровзрывоопасен, поэтому он практически повсеместно вытеснил более экономичный способ отдува нагретым воздухом.

Пар для отдува адсорбированного вещества с адсорбента, в рассматриваемом случае для десорбции растворителя с поверхности активного угля, подаётся по кольцевому перфорированному трубопроводу. При прохождении водяного пара через уголь пары растворителя с поверхности угля переходят в водяной пар, и через патрубок паровоздушная смесь отводится в специальные аппараты, где пары воды и растворителя конденсируются, а затем производится их разделение.

При отдуве адсорбированного вещества с адсорбента, некоторая часть пара конденсируется, уголь увлажняется и разогревается, в результате чего становится непригодным для следующего цикла адсорбции. Его следует высушить и охладить.

Сушку угля осуществляют подогретой паровоздушной смесью. Этот период работы адсорбера является наиболее пожаровзрывоопасным, так как повышается температура угля в адсорбере и одновременно не улавливаются пары растворителя, создавая опасность образования взрывоопасной смеси.

Из вышеизложенного следует, при десорбции растворителя водяным паром полный цикл работы адсорбера периодического действия включает следующие четыре операции (фазы): адсорбцию (концентрирование паров растворителя на поверхности адсорбента), десорбцию (отдув паров растворителя с поверхности адсорбента водяным паром), сушку сорбента (угля) и его охлаждение. Следует отметить, что большинство промышленных установок работает не по четырехфазному, а двухфазному циклу: когда фазы сушки и охлаждения совмещены с фазой охлаждения. Естественно, что влажный и разогретый уголь не адсорбирует пары растворителя, поэтому в этот момент они не улавливаются в адсорбере, а выбрасываются в атмосферу. Этот период таит в себе повышенную опасность са-

мовозгорания угля и последующего взрыва паровоздушной смеси в адсорбционной установке.

### **8.5. Пожарная безопасность процесса окраски**

Под окраской в широком смысле понимается процесс нанесения лакокрасочных материалов на подготовленную поверхность какого-либо изделия. Процессы окраски в настоящее время используются в технологиях практически всех отраслей промышленности. Окраска изделий производится прежде всего с целью их защиты от негативного воздействия окружающей среды, а также с целью декоративной отделки изделий.

Лакокрасочные покрытия на сегодняшний день являются основным средством защиты металлических изделий от коррозии. Ими защищают около 80 % всех изделий, выпускаемых металлообрабатывающими и машиностроительными заводами. Деревянные изделия покрывают лакокрасочными материалами с целью их защиты от гниения. Некоторые лакокрасочные материалы используют для защиты технологического оборудования от теплового воздействия окружающей среды. Так, одним из требований к резервуарам является их окраска в светлые тона, чтобы снизить воздействие солнечной радиации, не допустить повышения рабочей температуры и тем самым сократить потери хранимого в резервуаре продукта.

Есть специальные лакокрасочные материалы, с помощью которых создают электроизоляционные, химически стойкие и термостойкие покрытия. В последнее время широко применяются огнезащитные покрытия, которые уменьшают горючесть материалов, повышают огнестойкость строительных конструкций и препятствуют распространению горения. Существуют также лакокрасочные материалы, использование которых позволяет создавать термочувствительные покрытия, способные изменять цвет при повышении или понижении температуры. При использовании таких лакокрасочных материалов можно контролировать температуру поверхностей оборудования, особенно там, где применять обычные средства измерения температуры невозможно, например, на поверхности движущихся валов, подшипников. В этом случае отпадает необходимость в установке большого количества термопар для регистрации температурных полей достаточно нанести кистью термочувствительную эмаль и по изменению цвета судить о температуре в данном месте конструкции.

Пожарная опасность процесса окраски зависит от целого ряда факторов: от вида и состава лакокрасочных материалов, от способа нанесения лакокрасочных материалов на поверхность, от конструктивных особенностей окрасочных установок, условий проведения технологического процесса и т. п. В связи с этим инженер пожарной безопасности при оценке пожарной опасности конкретного окрасочного оборудования и разработке мер безопасности должен учитывать все эти факторы.

Лакокрасочные материалы представляют собой многокомпонентные составы, способные при нанесении тонким слоем на поверхность изделий высыхать с образованием пленки, удерживаемой силами адгезии.

Исходными продуктами для получения лакокрасочных материалов являются: **пленкообразователи, растворители, пластификаторы, пигменты, наполнители, сиккативы, отвердители и другие добавки.** Ниже приводится краткая характеристика и назначение основных компонентов лакокрасочных материалов.

*Пленкообразователями* называют вещества, способные создавать на поверхности изделий тонкую и плотную защитную пленку. Пленкообразователи составляют основу всех лакокрасочных материалов, так как сообщают им способность к образованию пленки и в значительной мере определяют ее основные свойства (адгезию, механическую прочность и стойкость к физическим и химическим воздействиям внешней среды). Образующиеся пленки, как правило, прозрачны и бесцветны, но могут быть окрашены в желтый или коричневый цвет. Исключение составляют пленки битумов, отличающиеся непрозрачностью и черным цветом. По химической природе большинство пленкообразователей относится к органическим веществам. Из неорганических соединений некоторое применение в лакокрасочной промышленности находит жидкое стекло (силикат натрия). Используемые в лакокрасочной промышленности пленкообразователи могут представлять собой жидкие, высоковязкие или твердые вещества. Для нанесения на поверхность обычно используют растворы пленкообразующих в органических растворителях, водные растворы или дисперсии, а также сухие порошки, подвергаемые оплавлению после их нанесения. В зависимости от своего происхождения различают пленкообразователи природные и синтетические. К основным видам *природных пленкообразователей* относятся растительные масла, смолы, битумы, олифы и эфиры целлюлозы.

*Масла*, получаемые из семян и плодов растений, представляют собой триглицериды преимущественно неразветвленных одноосновных жирных кислот

Масла, используемые в качестве пленкообразователей, в зависимости от способности к высыханию подразделяются на три группы:

– высыхающие, к которым относятся льняное, конопляное, перилловое (из семян растения периллы), тунговое (из семян тунгового дерева) и некоторые другие масла;

– полувысыхающие (кедровое, маковое, ореховое, подсолнечное, бобовое, кукурузное);

– невысыхающие, которые высыхают только при добавлении сиккативов (оливковое, касторовое, кокосовое и хлопковое масла) свойства масел, в частности их способность к высыханию, зависят, прежде всего, от их химического состава, способа получения и степени очистки. Способность масел к высыханию определяется соотношением входящих в состав триглицеридов остатков насыщенных и ненасыщенных жирных кислот; степенью их насыщенности, характеризуемой йодным числом; а также наличием двойных связей, способствующих более быстрому высыханию.

В процессе хранения масла склонны к прогорканию, вследствие их окисления кислородом воздуха с образованием альдегидов и других продуктов окисления. Окисление масла может привести к его самовозгоранию. Природные

смолы представляют собой стекловидные вещества различной степени прозрачности и окраски (от бесцветных до темно-коричневых). К числу наиболее распространенных природных смол относятся копалы, канифоль, янтарь, шеллак.

По растворимости все **смолы разделяют на две группы**: маслорастворимые (копалы, янтарь, даммара) и спирторастворимые (шеллак, сандарак, копал манила мягкий и др.).

*Битумы* представляют собой смолообразные вещества черного цвета, состоящие из смеси асфальтитов, углеводородных смол, а также продуктов их окисления и полимеризации. К природным битумам относятся ископаемые продукты — асфальтиты. Асфальты, различные асфальтовые породы, которые в свою очередь подразделяются на виды в зависимости от места добычи. Наряду с природными битумами существуют искусственные битумы, среди которых наибольшее распространение получили нефтяные битумы и в меньшей степени сланцевые битумы. Наибольший интерес для лакокрасочной промышленности представляют окисленные битумы, так как они обладают повышенной температурой размягчения. На основе битумов изготавливают битумные лаки и эмали, различные мастики.

*Олифы* — это жидкие пленкообразующие, представляющие собой продукты переработки растительных масел или жирных алкидных смол с добавками сиккативов для ускорения высыхания. В зависимости от состава различают три группы олиф: масляные, алкидные и прочие.

В отличие от натуральных олиф комбинированные олифы содержат 30 % растворителя (уайт-спирита).

*Алкидные олифы* представляют собой растворы алкидных смол, модифицированных маслами. Они подразделяются в зависимости от типа исходной смолы на глифталевые, пентафталевые и ксифталевые. Глифталевые и пентафталевые олифы выпускают в виде 50 %-ных растворов, а ксифталевые в виде 70 %- и 50 %-ных растворов в уайт-спирите.

*К прочим олифам* относятся так называемые искусственные олифы, в том числе безмасляные олифы на основе продуктов полимеризации углеводородов нефти и сланцев, рыбьих жиров, полидиенов и др. Олифы в основном предназначаются для изготовления густотертых и готовых к употреблению масляных и алкидных красок, а также для разбавления этих красок и доведения их перед применением до рабочей вязкости. Некоторое применение олифы имеют для пропитки и грунтования деревянных поверхностей перед окраской.

*Эфиры целлюлозы* представляют собой твердые аморфные пленкообразующие, способные образовывать при температуре 18 – 22 °С из растворов в органических растворителях прочные лакокрасочные покрытия. Все эфиры целлюлозы подразделяются на простые и сложные. К простым эфирам целлюлозы относятся этилцеллюлоза, бензилцеллюлоза, метилцеллюлоза, карбоксиметилцеллюлоза. К сложным эфирам целлюлозы относятся нитрат целлюлозы, ацетат целлюлозы и смешанные эфиры ацетобутират и ацетопропионат целлюлозы.

Покрyтия на основе эфиров целлюлозы обладают высокой прочностью, которая обусловлена большой молекулярной массой эфиров целлюлозы, а также сравнительно высокой температурой размягчения.

В лакокрасочной промышленности наиболее широко применяется нитрат целлюлозы, выпускаемый под названием "лаковый коллоксилин". По внешнему виду лаковый коллоксилин твердое белое волокнистое (хлопьевидное) вещество без запаха. Лучшим растворителем коллоксилина является ацетон. Широкое применение коллоксилина обусловлено его способностью образовывать быстровысыхающие при комнатной температуре покрытия с хорошими физико-механическими и декоративными свойствами, водостойкостью и глянецом. Основными недостатками лакового коллоксилина являются горючесть, низкая термостойкость и недостаточно высокая светостойкость.

*Синтетические пленкообразователи* в настоящее время находят наибольшее применение в лакокрасочной промышленности, так как обеспечивают получение покрытий более высокого качества и с более стабильными характеристиками по сравнению с другими пленкообразователями. Синтетические пленкообразователи могут быть получены в результате реакций поликонденсации и полимеризации.

*Поликонденсационные пленкообразующие* представляют собой продукты двух и более ди- или полифункциональных соединений. Поликонденсация сопровождается обычно выделением низкомолекулярных побочных продуктов (воды, спирта и т.п.). К числу поликонденсационных пленкообразователей относят алкидные, аминокформальдегидные, фенолоальдегидные, эпоксидные и кремнийорганические смолы, полиуретаны и полиэферы.

*Полимеризационные пленкообразующие*, используемые в лакокрасочной промышленности, представляют собой продукты аддитивной гомо- или сополимеризации мономеров с реакционноспособными двойными связями олефинового типа. К наиболее широко применяемым для изготовления лаков и красок полимеризационным пленкообразующим относятся виниловые полимеры, полиакрилаты, фторопласты, эластомеры и другие пленкообразующие.

*Растворители*, вводимые в состав лакокрасочных материалов, используются для растворения пленкообразователя и разведения лакокрасочных материалов до консистенции, обеспечивающей возможность их нанесения на окрашиваемую поверхность тонким слоем. После нанесения лакокрасочного материала растворитель испаряется, а растворенные в нем вещества образуют на поверхности изделия плотную блестящую пленку.

Растворители применяют также для обезжиривания подлежащих окраске поверхностей перед нанесением лакокрасочного материала, а также для удаления старых лакокрасочных покрытий.

*Разбавителями* называют вещества, которые не способны к растворению пленкообразующего, но способны снижать вязкость лакокрасочного материала и доводить его до рабочей консистенции. По своим физико-химическим свойствам разбавители ничем не отличаются от растворителей. Так толуол и ксилол являются активными растворителями для многих синтетических полимеров, но по отношению к нитрату целлюлозы они являются разбавителями.

По химической природе **растворители и разбавители** разделяют на следующие группы: алифатические и нафтеновые углеводороды, ароматические углеводороды, терпеновые углеводороды, хлорированные углеводороды, нитропарафины, спирты, кетоны, эфиры.

Пластификаторами называют нелетучие или слаболетучие жидкие (реже твердые) вещества, вводимые в лакокрасочные материалы для придания покрытиям необходимой степени эластичности. Пластификаторы оказывают значительное влияние на свето-, атмосферо-, морозостойкость лакокрасочных покрытий, а также их адгезию.

В зависимости от химического состава все пластификаторы подразделяют на три группы:

- сложные эфиры (фталаты, фосфаты и т.п.);
- углеводороды и их производные;
- растительные масла и продукты их модификации.

По способности к растворению пластификаторы разделяют на две группы:

- желатинирующие, способные растворять пленкообразующие вещества (эфиры фталевой и фосфорной кислот);
- нежелатинирующие, не способные растворять пленкообразователи (касторовое масло, кастероль и некоторые другие малополярные соединения и смеси).

подавляющее большинство используемых в качестве пластификаторов соединений относятся к группе желатинирующих.

Лакокрасочная промышленность применяет в качестве пластификаторов в основном сложные эфиры, а также касторовое масло, хлорпарафин и некоторые другие материалы. Из сложных эфиров наибольший практический интерес представляют эфиры фталевой кислоты (фталаты), фосфорной кислоты (фосфаты) и себаценовой кислоты (себацены).

*Пигменты* представляют собой окрашенные в различные цвета порошкообразные вещества, диспергируемые в воде, органических растворителях и пленкообразующих веществах. Назначение пигментов придать лакокрасочным покрытиям цвет, а также повысить прочностные и антикоррозионные свойства покрытия.

По химическому составу все **пигменты** делятся на неорганические и органические. Большинство пигментов (около 80 % от общего количества) представляют собой неорганические соединения — оксиды, гидроксиды, соли металлов, имеющие кристаллическое строение.

Органические пигменты относятся к соединениям ароматического ряда. Современная классификация предусматривает следующие классы органических пигментов: азокрасители и азолаки; фталоцианиновые пигменты; полициклические пигменты; трифенилметановые пигменты и лаки основ; пигменты разных классов.

В последние годы органические пигменты находят все более широкое применение для пигментирования лакокрасочных материалов.

Они используются в масляных красках, различных синтетических эмалях, водоэмульсионных красках, спиртовых лаках, клеевых красках. В ряде случаев органические пигменты вытесняют неорганические.

*Наполнители* представляют собой белые или слабоокрашенные неорганические порошкообразные вещества, добавляемые в лакокрасочные материалы с целью улучшения физико-химических и технических свойств покрытий (твердость, прочность, теплопроводность, теплостойкость, стойкость к действию агрессивных сред и т. п.). Наряду с этим наполнители оказывают существенное влияние на распределение пигмента в пленкообразующем и на структурообразование лакокрасочных систем. В водных красках некоторые наполнители после улетучивания воды имеют достаточную укрывистость и могут играть роль пигментов. Они значительно дешевле большинства пигментов и часто добавляются в лакокрасочные материалы для снижения их стоимости. Наполнители с небольшой плотностью ( $2600 - 2900 \text{ кг/м}^3$ ) менее склонны к образованию плотных, трудноразмешиваемых осадков в красках при их длительном хранении. Они быстрее, чем пигменты, диспергируются в пленкообразующих веществах и вызывают меньший износ технологического оборудования.

Наиболее широкое применение в лакокрасочной промышленности находят следующие наполнители:

1. Сульфаты: природный сульфат бария (барит), бланфикс (искусственно осажденный сульфат бария), сульфат кальция.

2. Силикатные наполнители: тальк (природный силикат магния), асбест, каолин (гидратированный силикат алюминия), слюда (алюмосиликат калия), силикат кальция.

3. Кремнеземы: кристаллический кварц, аморфный диатомитовый кремнезем, кизельгур, аэросил.

4. Карбонаты: кальцит (карбонат кальция), магнезит (карбонат магния), доломит (карбонат магния и кальция), витерит (карбонат бария).

**Наполнители применяют** в лакокрасочной промышленности для изготовления грунтовок, шпатлевок, порозаполнителей, а также термостойких, огнезащитных, звукопоглощающих, водоэмульсионных и других красок.

**Сиккативы и отвердители.** *Сиккативы* представляют собой соли органических кислот, добавляемые в масляные лаки, краски и эмали для ускорения процесса их сушки. Кроме того, сиккативы выполняют функции поверхностно-активных веществ, улучшая смачивание частиц пигментов и стабильность их дисперсий.

В зависимости от состава и назначения все лакокрасочные материалы подразделяются на лаки, эмали, краски, грунтовки и шпатлевки.

Существует несколько типов грунтовок для металлов — пассивирующие, фосфатирующие, протекторные.

### **8.5.1. Физико-химическая сущность процесса формирования лакокрасочных покрытий**

Лакокрасочные материалы могут наноситься на поверхность изделий в

трех различных состояниях:

- в виде составов, содержащих летучие компоненты (органические растворители или воду);
- в виде составов, не содержащих летучие компоненты. Эти составы изготавливаются на основе жидких мономеров (многоатомных спиртов, циклических эфиров, аминокислот и др.), полимеров и наносятся на поверхность в состоянии расплавов;
- в виде порошковых составов.

Более 90 % промышленных лакокрасочных материалов содержат растворители. При нанесении таких материалов на поверхность изделий процесс формирования лакокрасочных покрытий протекает в две стадии.

**I стадия** — испарение растворителя. На начальном этапе испарение растворителя происходит с поверхности лакокрасочного материала. При этом в лакокрасочном материале возникает градиент концентраций, приводящий к переносу молекул растворителя из глубинных слоев к поверхности. Таким образом, массоперенос является движущей силой процесса испарения растворителя. Скорость испарения на начальном этапе зависит только от давления паров растворителя, температуры и влажности. Спустя некоторое время с момента нанесения лакокрасочного материала происходит его загустевание и молекулам растворителя приходится преодолевать сопротивление загустевшего слоя. Диффузия молекул растворителя к поверхности пленки при этом затрудняется.

Испарение остатков растворителя протекает еще медленнее, поскольку его молекулы удерживаются вследствие взаимодействия с молекулами пленкообразующего.

Большое влияние на скорость испарения растворителей оказывает концентрация их паров над поверхностью окрашенного изделия. Подобно тому, как медленно высыхает белье во влажную погоду, также медленно испаряется растворитель, если его молекулы, перешедшие в газообразное состояние, находятся над поверхностью пленки. Наличие паров влаги в воздухе также замедляет процесс испарения растворителей. Поэтому для ускорения сушки необходимо своевременно удалять продукты испарения с помощью вытяжной вентиляции.

**II стадия** — пленкообразование. После того, как большая часть растворителя из лакокрасочного материала улетучится, начинается стадия пленкообразования. Процесс формирования пленки зависит, прежде всего от вида пленкообразователя, используемого в лакокрасочном материале. Большинство материалов, выпускаемых лакокрасочной промышленностью, содержат пленкообразователи, которые имеют две и более кратные связи или функциональные группы (эпоксидные, фенолоформальдегидные, полиамидные, кремний органические смолы и др.). Пленкообразование для таких материалов происходит в результате протекания химических реакций полимеризации, поликонденсации или окисления, сопровождающихся выделением теплоты.



Для пленкообразователей, имеющие макромолекулы линейного строения (эфир целлюлозы, перхлорвиниловая смола, полиакрилаты, фторопласты, хлорированный каучук и др.) формирование покрытия осуществляется только за счет испарения растворителя.

Следует отметить, что наряду с пленкообразованием на второй стадии происходит дальнейшее удаление из покрытия так называемого "остаточного" растворителя, содержание которого составляет обычно 5 – 10 % от первоначального количества. Чем сложнее строение пленкообразующих веществ (разветвленность и длина молекулярной цепи), тем медленнее протекает вторая стадия и тем больше растворителя остается в покрытии. Остаточная концентрация растворителя влияет на структуру покрытия, его эксплуатационные свойства, а в случае пожара и на скорость распространения пламени по поверхности покрытия. При нанесении на изделия лакокрасочных материалов в состоянии расплавов, пленкообразование происходит, минуя стадию испарения растворителя.

Процесс формирования пленки из порошковых красок протекает несколько иначе. Порошок, нанесенный на поверхность, нагревают до заданной температуры, которая определяется природой пленкообразователя и отвердителя и находится в пределах от 130 до 200 °С.

Краска расплавляется и прилипает к окрашиваемой поверхности. Для красок на основе термопластичных полимеров (полиэтилена, поливинилхлорида, поливинилбутираля) процесс формирования покрытия на этом заканчивается. При использовании же красок на основе термореактивных полимеров (эпоксидных, акриловых, фенольных) для получения покрытия должна произойти химическая реакция, например поликонденсация эпоксидной смолы с отвердителем. На этой стадии иногда требуется нагревание в течение 20 – 30 минут.

Следовательно, наносить порошковые краски можно только на те изделия, которые могут быть подвергнуты высокотемпературной сушке. Получаемые при нанесении различных лакокрасочных материалов покрытия могут быть обратимыми и необратимыми. Обратимыми называют покрытия, которые могут растворяться в органических растворителях. Необратимыми называют покрытия, которые плохо, или совсем не растворяются в органических растворителях.

Нанесение покрытия может производиться методом пневматического распыления, безвоздушного (гидравлического) распыления, распылением в электрическом поле высокого напряжения, методом окунания, валковым методом, методом струйного облива, методом налива, методом электроосаждения, методом нанесения порошковых полимерных материалов.

*Метод пневматического распыления* получил наиболее широкое применение для окраски промышленных изделий. Более 70 % всех лакокрасочных материалов, применяемых в машиностроении, наносят этим способом.

Для пневматического распыления лакокрасочных материалов используют распылительные головки, состоящие из материального сопла и воздушной головки (см. рис. 7.12). Лакокрасочный материал подводится к отверстию материального сопла, а сжатый воздух поступает в кольцевой зазор, образованный отверстием воздушной головки и наконечником материального сопла. При распылении сжатый воздух вытекает из кольцевого зазора головки с

большой скоростью (до 450 м/с), смешивается с жидким лакокрасочным материалом и раздробляет его на множество мельчайших капель. Для пневматического распыления лакокрасочных материалов используется давление сжатого воздуха 0,2 – 0,6 МПа при вязкости лакокрасочного материала 17 – 60 с. При этом диаметр капель в факеле колеблется от 6 до 80 мкм.

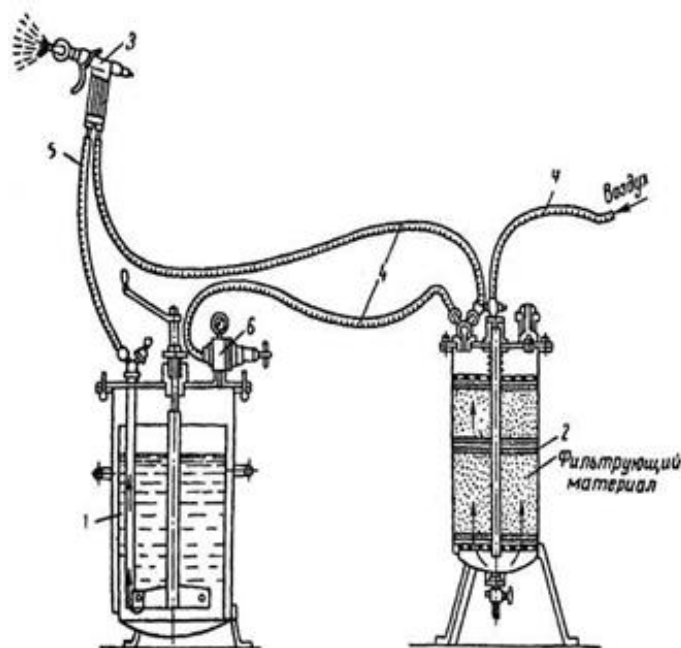


Рис. 7.12. Индивидуальная установка для окраски изделий методом пневматического распыления с использованием красконагнетательного бака:

- 1 — красконагнетательный бак, 2 — маслоразделитель, 3 — краскораспылитель,  
4 — шланг подачи воздуха, 5 — шланг подачи лакокрасочного материала, 6 — редуктор

Дисперсность распыла зависит от относительной скорости воздушной струи (давления сжатого воздуха, подаваемого на распыление), отношения расхода воздуха к расходу распыляемого лакокрасочного материала (удельного расхода воздуха), физических свойств лакокрасочного материала (вязкости, плотности, поверхностного натяжения) и геометрических размеров распылительной головки.

При окраске изделий методом **безвоздушного распыления** дробление лакокрасочного материала происходит без участия сжатого воздуха. Термин "безвоздушное распыление" — условный, под ним подразумевается распыление лакокрасочного материала под воздействием высокого гидравлического давления (до 25 МПа). Сущность метода заключается в превращении потенциальной энергии лакокрасочного материала, находящегося под давлением, в кинетическую энергию за счет резкого снижения давления при выходе материала из сопла распылителя.

Обладая кинетической энергией, капли лакокрасочного материала движутся в направлении окрашиваемой поверхности, увлекая за собой часть окружающего воздуха. Преодолевая сопротивление воздуха, капли тормозятся и мягко настилаются на поверхность, образуя лакокрасочное покрытие определенной толщины.

Метод безвоздушного распыления применяется, как правило, для окраски крупногабаритных изделий, которые не представляется возможным поместить в окрасочные камеры. Основным требованием, которое предъявляется к установкам безвоздушного распыления, является создание постоянного давления на лакокрасочный материал, обеспечивающего подачу материала (расход через сопло) в требуемом количестве.

Для более мелкого распыления лакокрасочных материалов повышенной вязкости и получения покрытия высокого качества в установках безвоздушного распыления может быть использован подогрев материалов до температуры, близкой к температуре кипения растворителей. Благодаря этому легколетучая часть растворителей при выходе лакокрасочного материала из сопла почти мгновенно испаряется, что сопровождается огромным расширением объема (в 1500 – 1800 раз) и дополнительно способствует лучшему измельчению материала.

Окраска изделий в **электрическом поле** высокого напряжения (электроокраска, электрораспыление) основана на распылении лакокрасочного материала с одновременным сообщением образующимся аэрозольным частицам электрического заряда, благодаря которому они равномерно осаждаются на противоположно заряженном изделии.

Наибольшее распространение получили два способа зарядки распыляемого материала: ионная (индукционная) зарядка и зарядка в полекоронного разряда (контактная).

*Окраска окунанием* является наиболее простым и производительным методом, с успехом применяемым как в механизированном, так и в немеханизированном производстве. Сущность метода заключается в том, что окрашиваемые изделия погружают в ванну, заполненную лакокрасочным материалом, затем извлекают из нее и выдерживают определенный промежуток времени над ванной или лотком для стока избытка лакокрасочного материала с поверхности.

При окраске *струйным обливом* лакокрасочный материал наносят на поверхность изделий ламинарными струями, подаваемыми из системы сопел. Для получения более равномерного покрытия изделия с нанесенным лакокрасочным материалом, также как и при окраске методом окунания, выдерживают в парах растворителя. При этом предотвращается возможность преждевременного схватывания лакокрасочного материала и создаются благоприятные условия для его стекания.

*Окраска методом налива* заключается в том, что лакокрасочный материал пропускается через наливную головку и наносится в виде широкой плоской струи на поверхность изделий, которые перемещаются транспортером в горизонтальной плоскости. Толщина покрытия при этом регулируется путем изменения ширины щели наливной головки. Метод налива является в настоящее время основным методом нанесения лакокрасочных материалов на деревообрабатывающих заводах и мебельных фабриках.

Сущность *метода окраски валками* заключается в подаче определенного количества лакокрасочного материала, распределении его между валками и

переносе некоторой его части на поверхность движущегося изделия. Для окраски изделий этим методом используются специальные валковые машины.

Валковая машина, как правило, состоит из двух или трех окрасочных и одного опорного валков. У трехвалковых машин имеется наносящий, регулирующий и питающий валки, у двухвалковых машин функции питающего и регулирующего валков совмещены. Регулирующий, питающий и опорный валки изготавливают из стали с последующим хромированием поверхности. Питающий валок иногда выполняют с винтовой нарезкой для увеличения захвата лакокрасочного материала. Наносящий валок обтягивается резиной или другим эластичным материалом, стойким к действию растворителей и механическим повреждениям. Эластичное покрытие наносящего валка способствует компенсации разнотолщинности поверхности окрашиваемого изделия.

**Электроосаждение** — это один из наиболее распространенных промышленных способов нанесения водоразбавляемых лакокрасочных материалов на основе водорастворимых пленкообразователей. Процесс образования покрытия при электроосаждении заключается в осаждении пленкообразующего материала из водного раствора на окрашиваемое изделие с помощью постоянного электрического тока. Окрашиваемое изделие служит электродом и связано с одним из полюсов источника постоянного тока; противоположным электродом является металлический корпус ванны или специально опущенные в нее металлические пластины. В зависимости от того, где происходит нанесение материала на аноде или на катоде, процесс электроосаждения может быть анодным или катодным. Так как при катодном электроосаждении необходима кислотостойкая аппаратура, а это связано со значительными дополнительными затратами, в промышленности применяется главным образом анодное электроосаждение.

За последние годы в мировой практике для получения покрытий начали широко применяться порошковые **полимерные материалы (сухие краски)**. Несмотря на ряд еще нерешенных проблем, связанных с технологией и техникой нанесения таких материалов, получаемые этим методом покрытия постепенно играют все большую роль среди других видов покрытий. Возможность получать покрытия из порошковых полимерных материалов позволяет:

1) исключить применение органических растворителей (и жидкостей вообще) и благодаря этому улучшить санитарно-гигиенические условия труда, снизить затраты на вентиляцию;

2) сократить технологический цикл окрашивания путем замены многослойных покрытий однослойными необходимой толщины (от 50 до 500 мкм и выше) вследствие большой скорости пленкообразования из расплавов;

3) устранить невозвратимые потери лакокрасочных материалов в процессе нанесения;

4) получить ряд качественно новых покрытий с повышенной химической стойкостью и улучшенными физико-механическими свойствами.

Основными способами нанесения порошковых полимерных материалов являются: нанесение во взвешенном слое, нанесение в электрическом поле и газопламенное напыление.

### 8.5.2. Особенности пожарной опасности и основные противопожарные мероприятия при проведении процессов окраски

Пожарная опасность процессов окраски характеризуется:

- пожаровзрывоопасными свойствами применяемых лакокрасочных материалов и их наличием в больших количествах;
- возможностью образования горючей среды внутри технологического оборудования и в производственных помещениях;
- высокой вероятностью появления источников зажигания;
- возможностью быстрого распространения пожара в окрасочных цехах.

**Пожаровзрывоопасные свойства** лакокрасочных материалов в значительной степени определяются свойствами растворителей и разбавителей, содержание которых в лакокрасочных материалах может составлять 80 % и более. В большинстве случаев растворители и разбавители представляют собой легко воспламеняющиеся жидкости с низкими значениями НКПР (от 1 до 2,6 %) и широкими температурными диапазонами воспламенения (от -36 до +60 °С). Как правило, испаряясь, эти вещества образуют сравнительно плотные пары, которые тяжелее воздуха.

**Горючая среда.** Может образовываться при всех способах окраски как в самих окрасочных камерах, так и в помещениях, емкостях с лакокрасочными материалами, а также в вентиляционных воздуховодах.

Среди всех способов окраски **наибольшую пожарную опасность** представляют способы окраски изделий путем распыления лакокрасочного материала (пневматическое, гидравлическое и электрораспыление). При этих способах создаются наиболее благоприятные условия для образования горючей среды вследствие того, что при распылении лакокрасочного материала происходит интенсивное испарение растворителей и образуется "красочный туман". С учетом этого при оценке возможности образования горючей среды необходимо знать не только пожаровзрывоопасные свойства лакокрасочных материалов и их расход, но и количество "красочного тумана", находящегося в объеме окрасочной камеры.

При окраске изделий методом налива, окунания и струйного облива "красочный туман" не образуется, однако взрывоопасные концентрации также могут иметь место. Это обусловлено, прежде всего, повышенным содержанием паров растворителей внутри окрасочных камер и паровых тоннелей. Так, испарение растворителей происходит с поверхности лакокрасочных материалов, находящихся в ваннах окунания, с поверхности окрашиваемых изделий, а также с наклонных поверхностей, по которым происходит обильное стекание избытков лакокрасочных материалов обратно в ванну или в приемную емкость.

При окраске изделий **путем нанесения порошковых полимерных материалов** внутри оборудования и в объеме помещений могут образовываться горючие пылевоздушные смеси. Порошковые полимерные материалы, как правило, относятся к группе горючих. Следствие высокой дисперсности (от 2 до 160 мкм) их следует рассматривать как пыли. Для оценки возможности образования горючей среды внутри технологического оборудования с

пылевидными материалами на практике используют значение нижнего концентрационного предела распространения пламени. Верхние концентрационные пределы для пылей настолько велики, что практического значения для оценки пожарной опасности не имеют. Кроме того, пылевоздушные смеси склонны к расслоению, поэтому в оборудовании даже при очень высоких концентрациях всегда могут образовываться локальные зоны с концентрацией ниже ВКПР.

***Потенциальными тепловыми условиями для возникновения горения паро- и пылевоздушных смесей в окрасочных цехах могут стать:***

1) теплота самовозгорания отложений лакокрасочных материалов, образующихся в окрасочных камерах, воздуховодах вытяжной вентиляции, вентиляторах. Отходы лакокрасочных материалов отлагаются на стенках оборудования в виде губчатой массы, имеющей большую активную поверхность. Опыты показали, что при нагреве отходов нитролака до 50-60 °С происходит резкое повышение температуры в образце (свыше 300 °С) с бурным разложением, обугливанием отходов, обильным выделением газообразных продуктов. Добавка к нитро лакам незначительного количества растительных масел повышает их склонность к самовозгоранию.

Следует отметить, что наряду с **самовозгоранием** отложений внутри оборудования, возможно также самовозгорание промасленных обтирочных материалов и отходов нитрокрасок при их хранении;

2) теплота химических реакций при использовании лакокрасочных материалов с отвердителями, пластификаторами и другими реактивами, ускоряющими процесс отверждения и высыхания краски в тонком слое. Значительное тепловыделение может наблюдаться на стадии пленкообразования, когда протекают процессы полимеризации, поликонденсации и окисления;

3) искровые разряды статического электричества, возникающие вследствие распыления и перемещения по трубам лакокрасочных материалов, а также при работе транспортеров, искры удара и трения, теплота трения, высоконагретые поверхности, топочные искры, открытое пламя, искры и открытое пламя при проведении огневых работ.

***Распространение пожара в окрасочных цехах может происходить:***

- по поверхности разлитых лакокрасочных материалов и растворителей;
- по отложениям лакокрасочных материалов на внутренних поверхностях окрасочных камер, воздуховодов, оборудования и конструкций;
- по воздуховодам вытяжной, рециркуляционной и приточной систем вентиляции;
- по конвейерам, загрязненным отходами лакокрасочных материалов;
- по поверхности горючих изделий, а также по поверхности окрашенных негорючих изделий. Установлено, что пленка лакокрасочных покрытий из масляных красок и эмалей становится легковозгораемой уже при толщине 0,1 мм. Нитроцеллюлозные лакокрасочные покрытия становятся горючими при гораздо меньшей толщине (40 – 50 мкм). Скорость распространения пламени по пленке нитроцеллюлозного лака составляет 0,5 м/с;

– через дверные, оконные и технологические проемы.

### ***Предотвращение образования горючей среды.***

При проведении процессов окраски необходимо избегать применения неорганических растворителей для разведения лакокрасочных материалов. Преимущество должно отдаваться водоразбавляемым материалам, порошковым краскам, а также лакокрасочным системам, полимеризуемым непосредственно на защищаемой поверхности.

Запрещается применять бензол, метанол и пиробензол в качестве растворителей и разбавителей для лакокрасочных материалов. Во всех случаях, где это возможно, следует ограничивать применение толуола и ксилола в лакокрасочных материалах (не более 15 %).

Все процессы окрашивания следует производить на специальных постах, в установках или камерах, оборудованных местной вытяжной вентиляцией.

### ***Предотвращение распространения пожара.***

Количество лакокрасочных материалов в цеховых кладовых не должно превышать сменной потребности. Для предупреждения растекания лакокрасочных материалов и растворителей под аппаратами необходимо предусматривать сплошные бортики из негорючих материалов или поддоны высотой не менее 0,15 м. В дверных проемах производственных помещений необходимо предусматривать пороги с пандусами высотой также не менее 0,15 м для предотвращения растекания жидкости из помещений наружу или в смежные помещения.

Дыхательные линии емкостей с лакокрасочными материалами, в том числе и аварийных емкостей, должны оборудоваться сухими огнепреградителями. Конструктивные элементы окрасочных камер должны изготавливаться из негорючих материалов.

Технологические проемы необходимо оборудовать устройствами, предотвращающими возможность распространения через них пожара (водяными завесами, шиберами и т.п.). Воздуховоды в местах пересечения противопожарных преград должны оборудоваться огнезадерживающими клапанами. У выходных дверей из цеха и у пультов управления необходимо предусматривать кнопки аварийной остановки конвейеров. Все окрасочные камеры должны в обязательном порядке оборудоваться автоматическими установками тушения пожара.

### ***Специфические требования пожарной безопасности при окраске изделий.***

При проведении процесса окраски методом пневматического распыления с целью уменьшения образования "красочного тумана" необходимо преимущественно использовать бестуманные распылители в которых лакокрасочный материал обжимается струей воздуха. Вентиляционные агрегаты окрасочных камер должны быть сблокированы с устройствами, подающими лакокрасочный материал или сжатый воздух к краскораспылителю, таким образом, чтобы при прекращении работы вентиляции краскоподача автоматически отключалась и конвейер останавливался.

Важное значение имеет скорость движения воздуха через рабочие проемы окрасочных кабин в сторону вентилятора. Она должна быть больше, чем скорость

диффузии паров растворителей в сторону цеха. Ванны гидрофильтров окрасочных камер необходимо очищать не реже одного раза в неделю от осевшей краски и не реже одного раза в смену от краски, плавающей на поверхности воды.

Окраску изделий методом безвоздушного распыления следует производить в окрасочных цехах с оборудованием рабочих постов и камер местной вытяжной вентиляцией. При этом воздухообмен в камерах и очистка отсасываемого воздуха организовываются также, как и при окраске изделий методом пневматического распыления.

Установки для окраски методом безвоздушного распыления с подогревом и без подогрева должны изготавливаться во взрывозащищенном исполнении. Электронагреватель установки с подогревом запрещается включать в работу до полного заполнения гидросистемы установки. В процессе работы следует контролировать и регулировать давление в системе установки с подогревом (давление не должно превышать 10 МПа).

Окрашивание изделий в электрическом поле высокого напряжения следует проводить в специальной электроокрасочной камере, оборудованной вытяжной механической вентиляцией. В случае особых требований к качеству лакокрасочных покрытий отсос воздуха необходимо возмещать подачей в камеру очищенного воздуха.

Для предупреждения искрообразования между окрашиваемой деталью и распылителем в электрической схеме установки необходимо предусматривать специальные искропредупреждающие устройства. При окраске изделий методом окунания ванны емкостью до 0,5 необходимо оборудовать бортовыми отсосами и крышками, обеспечивающими закрытие ванн на период перерыва в работе. Крышки должны быть выполнены из металла, не склонного к высечению искр, и обеспечивать плотное прилегание к ванне.

Ванны емкостью более 0,5 м (как с ручным окунанием, так и конвейерные) должны иметь специальное укрытие, оборудованное вытяжной вентиляцией. Объем удаляемого воздуха должен быть достаточен для разбавления выделяющихся паров растворителей до концентрации, не превышающей 20 % от НКПР.

При конвейерном окунании вытяжную вентиляцию следует блокировать с конвейером таким образом, чтобы в случае отключения вентиляции конвейер автоматически останавливался. Все установки струйного облива оборудуются рециркуляционной системой вентиляции с частичным выбросом воздуха в атмосферу. Производительность рециркуляционной системы следует принимать из расчета приблизительно двадцатикратного воздухообмена в час.

Окрашивание изделий порошковыми материалами методом пневмоэлектростатического распыления должно производиться в камерах, оборудованных вытяжной вентиляцией. Скорость воздуха в проемах камеры при ручном нанесении следует принимать не менее 0,5 м/с, при автоматизированном — 0,8 м/с. При нанесении порошковых лакокрасочных материалов с помощью взвешенного слоя скорость воздуха, создаваемая вытяжной вентиляцией в загрузочном отверстии установки принимается 0,3 – 0,5 м/с.



Чтобы не допустить самовозгорания порошкового материала, который может скапливаться в камерах нанесения, рекуперации и воздуховодах, в каждом конкретном случае следует определять условия возможного самовозгорания, зависящие от температуры среды в аппарате, вида порошковой композиции, температуры самовозгорания и других факторов.

Пневмотранспортные системы необходимо рассчитывать таким образом, чтобы в процессе их эксплуатации исключалась возможность осаждения транспортируемого материала.

Внутренние поверхности камер распыления, воздуховодов и оборудования систем рекуперации следует выполнять гладкими, обеспечивать плавные повороты и переходы, принимать уклон конусной части аппаратов не менее 60°, для исключения скопления осевшей пыли.

На аппаратах и трубопроводах необходимо предусматривать специальные лючки для очистки внутренних поверхностей от отложений. В аппаратах лючки рекомендуется предусматривать у мест наибольшего скопления пыли. На трубопроводах систем пневмотранспорта лючки необходимо устанавливать до и после аппаратов, в местах прохода трубопроводов через стены и перекрытия, у поворотов и тройников.

Аппараты и трубопроводы необходимо выполнять пыленепроницаемыми и обеспечивать их хорошую герметичность. Все крышки смотровых лючков и окон должны быть плотно пригнаны к своим гнездам и туго притянуты башмаками. Оставлять смотровые проемы открытыми запрещается. По периметру прилегания крышки следует уплотнять прокладками.

## **8.6. Пожарная безопасность процесса сушки.**

### ***Физическая сущность процесса сушки.***

В различных отраслях промышленности, сельском хозяйстве и быту нередко возникает необходимость удаления влаги из твердых, зернистых, порошкообразных, волокнистых и других веществ и материалов. Удаление влаги из материалов позволяет удешевить их транспортировку, придать им необходимые свойства (например, повысить механическую прочность твердых материалов, уменьшить слеживаемость удобрений, улучшить растворимость красителей), а также уменьшить коррозию аппаратуры и трубопроводов при хранении и последующей обработке этих материалов.

Сушка является одним из распространённых технологических процессов в промышленных и агропромышленных производствах.

В результате удаления влаги, обезвоженные материалы и продукты уменьшаются в весе, повышается их механическая прочность и стойкость к воздействию окружающей среды, вследствие чего увеличивается длительность хранения пищевых и кормовых продуктов, время эксплуатации конструкций и сооружений, выполненных из древесины и подверженных гниению различных материалов.

Однако сам процесс сушки представляет повышенную пожарную опасность и высушенные продукты и материалы, как правило, также пожароопасны. Поэтому для обеспечения пожарной безопасности при эксплуатации сушиль-

ных установок требуется знание физической сущности процесса сушки, причин и условий возникновения и развития пожаров при сушке и хранении высушенных материалов.

*Под сушкой* понимают процесс удаления любой жидкости из различных веществ, материалов, продуктов и изделий. Наиболее распространенным является удаление из высушиваемых материалов воды. Удаление влаги из материалов и продуктов может осуществляться механическим, физико-химическим и тепловым способами. Механические способы (прессование, фильтрование, центрифугирование, отжим и отсасывание) применяют в тех случаях, когда не требуется полное удаление влаги; физико-химический (поглощение влаги химическими реагентами и гигроскопическими веществами) — применяют, главным образом, при осушке газов. Тепловой способ является основным.

Тепловой или термической сушкой называют процесс удаления воды или другой жидкости из материалов испарением под действием температуры. При этом на испарение влаги или другой жидкости затрачивается тепловая энергия.

Термический КПД сушильных установок можно оценить по формуле:

$$\eta_{\tau} = (T - T_0) / (T - T_H),$$

где  $T$  — температура входящего воздуха;  $T_0$  — температура выходящего из сушилки воздуха;  $T_H$  — температура наружного воздуха.

Сушка является сложным тепломассообменным процессом, интенсивность которого определяется скоростью диффузии влаги из глубины высушиваемого материала и отвода её в окружающую среду. Основные положения по кинетике сушки впервые были сформулированы русскими учёными С. П. Коссовичем и А. П. Лебедевым. Большой вклад в развитие теории, технологии и техники сушки внесли советские учёные А. В. Лыков, П. Д. Лебедев, М. Ю. Лурье, Г. А. Кук, П. Г. Романков, Л. Н. Плановский, А. С. Гинзбург, Н. Е. Федоров, А. А. Долинский, М. В. Лыков и другие.

Сушка — один из наиболее распространенных технологических процессов. Важно отметить и то, что процесс сушки энергоёмкий. По оценкам многих специалистов на сушку затрачивается более 12 % тепловой энергии, получаемой при сжигании органического топлива. Естественно, что вопросы экономичности и интенсификации тепловой сушки всегда находились в центре внимания специалистов по процессам и аппаратам тепловой сушки. Поскольку интенсификация процессов термической сушки сопровождается повышением пожаро-взрывоопасности, то этими вопросами занимались как специалисты по сушке, так и по пожарной безопасности.

По способу подвода тепловой энергии к высушиваемому материалу различают следующие виды сушилок: конвективные (подвод теплоты и отвод паров жидкости осуществляется конвективными потоками газообразного сушильного агента); кондуктивные или контактные (теплота передается в основном теплопроводностью от нагретой поверхности); радиационные (теплота от нагревателя к высушиваемому материалу передается тепловым излучением); диэлектрические (материал нагревается в поле высокой частоты) и комбинированные. При произ-

водстве пищевых, кормовых, химических продуктов, при сушке окрашенных изделий и древесных материалов наибольшее распространение получили конвективные сушилки. Предпочтение конвективным сушилкам отдается потому, что они позволяют получать продукты повышенного качества, полностью механизировать и автоматизировать процесс сушки.

Механизм и кинетика сушки определяются в основном формой связи влаги с материалом и режимом сушки.

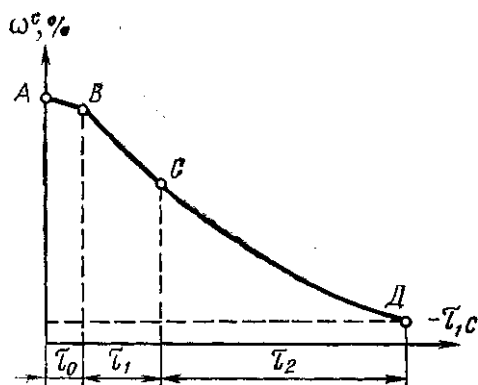
В основу классификации форм связи влаги с материалом положена схема П. А. Ребиндера. Согласно этой схеме различают физико-механическую, физико-химическую и химическую связь. При физико-механической связи влага и твёрдый материал могут находиться в произвольных (неопределённых) соотношениях. Для физико-химической связи характерно более определенное соотношение, хотя и не строгое соотношение, которое свойственно химической связи.

При сушке удаляется влага, связанная с материалом физико-механически и физико-химически. Химически связанная влага не удаляется, так как этот процесс сопровождается необратимыми изменениями, ухудшающими качество продукта.

Влагу, связанную с материалом слабыми силами, называют свободной. Она испаряется практически так же, как и влага со свободной поверхности жидкости. Парциальное давление пара  $P_p$  на поверхности жидкости равно парциальному давлению насыщенного пара ( $P_p = P_s$ ). Для влаги, связанной с материалом физико-химическими (например, адсорбционными) силами,  $P_p < P_s$ .

В процессе сушки влага перемещается из внутренних слоев к поверхности материала. Затем путем диффузии она проникает через пограничный слой и конвективными потоками рассеивается в окружающей среде. При большом влагосодержании внутри материала влага перемещается в виде жидкости. По мере уменьшения — в виде смеси жидкости с паром и, наконец, при малом содержании — в виде пара.

Процесс сушки характеризуется изменением влагосодержания и температуры высушиваемого материала. В общем случае кинетическая кривая сушки состоит из нескольких участков, соответствующих периодам сушки (рис. 7.13).



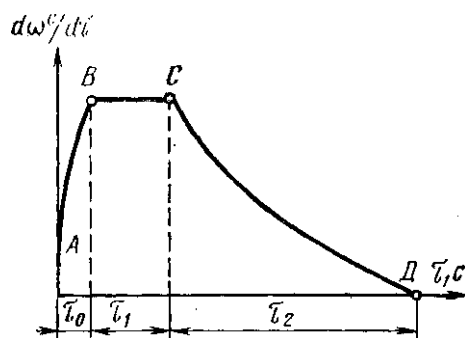


Рис.7.13. Кривые сушки:  $\tau_1$  — первый период сушки,  $\tau_2$  — второй период сушки

В начальный момент времени материал нагревается (отрезок АВ). Скорость сушки возрастает. Температура поверхности материала  $T_m$  повышается до температуры мокрого термометра  $T_{m m}$ . При этом скорость сушки достигает максимальной величины. Далее следует период постоянной скорости сушки, соответствующий участку ВС. Периодом прогрева обычно пренебрегают и период постоянной скорости сушки называют первым периодом сушки. Этот период продолжается до точки, соответствующей критическому влагосодержанию (точка С). Затем скорость сушки уменьшается. Влагосодержание материала асимптотически приближается к равновесному, и температура поверхности материала приближается к температуре окружающего сушильного агента. На этом процесс сушки прекращают и высушенный материал охлаждают. Если этого не сделать, то высушенный материал, склонный к самовозгоранию, начнет саморазогреваться, что может привести к пожару или взрыву.

Как уже было отмечено, сушка является энергоемкой и дорогостоящей технологией. Поэтому вопросы по снижению затрат на сушку и по ускорению процессов сушки всегда находились в центре внимания производителей и разработчиков процессов и аппаратов тепловой сушки. К настоящему времени определились три основных направления по интенсификации и снижению энергетических затрат:

- повышение температуры сушильного агента;
- снижение температуры отработавшего сушильного агента;
- увеличение площади контакта высушиваемого материала с сушильным агентом.

Влияние этих способов интенсификации на пожаровзрывоопасность процессов сушки различное. Наибольшую опасность представляет температурная интенсификация. В свое время разработчики сушильной техники при поддержке пожарного специалиста М. Г. Годжелло предложили при производстве сухих пищевых продуктов температуру сушильного агента ограничить так называемой “инициальной температурой загораемости”, а группа научных сотрудников ВНИИПО — “температурой тления”. Эти ограничения затормозили научно-технический прогресс в области сушки, но не уменьшили, а даже увеличили пожаровзрывоопасность. Эти ограничения были сняты разработкой теории самовозгорания, усовершенствование теории зажигания и разработка новых методов

определения условий возникновения горения. Конечный результат наших предложений таков: технико-экономические показатели существенно возросли при одновременном резком сокращении пожаров и взрывов. Теория и практика показали, что прямой зависимости горючести в сушильных установках от температуры сушильного агента нет. Пожары и взрывы возникают в основном из-за побочных факторов. Для предупреждения пожаров надо знать условия возникновения загораний и принимать своевременные меры по устранению этих условий.

### 8.7. Пожарная безопасность химических процессов.

Общие сведения о химических процессах.

**Химические процессы** — это процессы, протекающие с изменением химического состава веществ и их превращением. Они описываются законами химической кинетики.

Все химические процессы на практике можно классифицировать последующим признакам:

**По типу механизма химического превращения):**

а) *простые обратимые* (или двусторонние) — реакции, способные протекать как в прямом, так и в обратном направлении;

б) *простые необратимые* (или односторонние) — протекают только в одном направлении;

Простые процессы не осложнены побочными реакциями.

в) *сложные процессы* состоят из нескольких элементарных реакций, сюда можно отнести одновременное хлорирование бензола и толуола; *последовательные*, например, сначала получают глицерин, потом нитроглицерин, *последовательно-параллельные* для них характерно наличие общего реагента, параллельно взаимодействующего как с исходным веществом, так и с промежуточным продуктом. Например, путем проведения реакций гидрирования из ацетиленов получают этилен, а из него этан. При этом водород взаимодействует как с ацетиленом, так и с этиленом;

г) *автокаталитические* (или цепные) — это реакции, протекающие с участием радикалов. По цепному механизму протекает большинство процессов горения, галогенирования, полимеризации, крекинга. Любой цепной процесс состоит из трех последовательных элементарных стадий: зарождение цепи (образование активного центра), развитие цепи и обрыв цепи.

**По тепловому эффекту реакции** все химические процессы разделяют на экзотермические и эндотермические.

Экзотермическими называют химические процессы, которые протекают с выделением теплоты.

К экзотермическим относятся процессы хлорирования, гидрирования, гидрохлорирования, полимеризации, поликонденсации и некоторые другие процессы. Такие процессы применяются для получения сырьевых продуктов и полуфабрикатов при производстве синтетических смол, пластмасс, химических волокон, синтетических каучуков, спиртов, растворителей и других веществ.

Эндотермическими называются химические процессы, которые протекают с поглощением теплоты. Такие процессы требуют нагрева реакционной среды для

обеспечения нормального протекания химической реакции. К эндотермическим относятся процессы крекинга, пиролиза углеводородного сырья, процессы дегидрирования и некоторые другие. Они применяются при производстве масел, моторных топлив, ароматических углеводородов, а также различных мономеров.

**По агрегатному состоянию** реагентов химические процессы классифицируют на гомогенные и гетерогенные.

*Гомогенными называют процессы*, в которых реагирующие вещества находятся в одном и том же фазовом состоянии:

ГАЗ – ГАЗ — такие реакции протекают при высокой температуре и больших скоростях. В качестве примера можно привести процессы горения горючих газов, пиролиз газообразных углеводородов.

**ЖИДКОСТЬ — ЖИДКОСТЬ.** Такие реакции происходят между хорошо смешиваемыми жидкостями, например, нейтрализация водных растворов кислот щелочами.

**ТВЕРДОЕ ТЕЛО — ТВЕРДОЕ ТЕЛО.** Такие реакции распространены в основном в промышленности строительных материалов и металлургии, например процесс спекания руд.

*Гетерогенными называют процессы*, в которых реагирующие вещества находятся в различных фазовых состояниях (реакции протекают на границе раздела двух фаз):

ГАЗ — ЖИДКОСТЬ (например, окисление растворов кислородом воздуха);

ГАЗ — ТВЕРДОЕ ТЕЛО (например, обжиг серного колчедана или синтез аммиака. При этом в качестве твердой фазы выступает катализатор);

ЖИДКОСТЬ — ТВЕРДОЕ ТЕЛО (например, полимеризация в суспензиях);

ЖИДКОСТЬ — ЖИДКОСТЬ — реакции протекают между двумя несмешиваемыми жидкостями (например, нитрирование и сульфатирование органических соединений, полимеризация в эмульсиях).

**По наличию катализаторов** все химические процессы классифицируют на каталитические и некаталитические.

Каталитические процессы составляют основу большинства химических производств. Катализаторы используются для ускорения реакций, позволяют менять диапазон температур и давлений, а также относительный состав продуктов реакции.

Все химические процессы по последовательности проведения операций отличаются друг от друга незначительно. Основным аппаратом любого технологического процесса с химическим превращением веществ является реактор.

*Реакторами* называют аппараты, предназначенные для проведения химических реакций. В промышленности используется достаточно большое количество реакторов различных типов, имеющих существенные различия. Поэтому существует классификация химических реакторов по способу организации процесса, по гидродинамическому режиму (режиму движения реакционной среды), по тепловому режиму, по фазовому состоянию исходных реагентов, по конструктивному исполнению.

**По способу организации процесса все химические реакторы подразделяются на реакторы периодического действия, непрерывного действия и полунепрерывного (комбинированного) действия.**

**Пожарная опасность химических реакторов определяется следующими факторами:**

1) Пожаровзрывоопасными свойствами обращающихся веществ и количеством последних.

2) Характером реакционной среды и применяемых катализаторов (или инициаторов).

3) Основными режимными параметрами процесса (температура, давление, объемная или массовая скорости процесса, концентрация веществ).

4) Типом и конструктивными особенностями реактора. Все эти данные содержатся в пояснительной записке к технологической части проекта и в технологическом регламенте. При проведении химических процессов в производстве может обращаться большое количество горючих веществ. Так, наряду с тем, что сами реагенты могут характеризоваться значительной пожаровзрывоопасностью, в некоторых процессах пожарная нагрузка увеличивается применением горючих теплоносителей и хладагентов. К горючим теплоносителям, например, относятся минеральные масла (АМТ-300, мобилтерм-600), высокотемпературные органические теплоносители (дифенильная смесь, глицерин, этиленгликоль). В качестве хладагентов широко применяют горючие газы в сжиженном состоянии (этан, пропилен, аммиак).

В большинстве случаев химические процессы протекают в присутствии катализаторов. Применяемые в реакторах катализаторы весьма разнообразны по агрегатному состоянию и составу. Это могут быть металлы, соли, кислоты, щелочи, металлоорганические соединения, перекиси, гидроперекиси, диазосоединения и др. Некоторые катализаторы являются весьма пожаровзрывоопасными веществами. Так, металлоорганические соединения обладают большой химической активностью, способны самовоспламеняться на воздухе, а при контакте с водой и некоторыми другими веществами реагируют с взрывом. Для увеличения поверхности контакта катализатора с веществом его наносят на пористую основу-носитель, обладающую развитой поверхностью. При этом катализаторы, приготовленные на основе активированного угля, весьма пожароопасны, так как склонны к самовозгоранию. Перекиси и гидроперекиси, применяемые в качестве катализаторов или инициаторов, являются нестойкими веществами, разлагающимися с взрывом при нагреве до сравнительно невысоких температур.

**Возможность образования горючей среды в реакторе** наиболее вероятна в периоды неустановившейся их работы. К таким периодам относятся периоды пуска и остановки реакторов. Наибольшей опасностью характеризуются реакторы периодического действия, поскольку они наиболее часто останавливаются для загрузки и выгрузки веществ, замены отработанного катализатора. При этом создаются благоприятные условия для контакта горючих веществ с окислителем (воздухом), что при определенных условиях может привести к образованию горючей среды внутри как в самих реакторах, так и в помещениях, где они установлены. Для того чтобы исключить возможность образования горючей среды в периоды

пуска реакторов необходимо обеспечивать их тщательную продувку от кислорода воздуха перед подачей горючих веществ. Для этих целей чаще всего используются инертные газы и водяной пар. Окончание продувки аппаратов определяется анализом выбрасываемой смеси на присутствие кислорода. Для предупреждения образования горючей среды при остановке реакторов необходимо обеспечивать полный слив огнеопасных жидкостей и стравливание горючих газов. Для обеспечения полного слива жидкостей сливной трубопровод необходимо присоединять к самой нижней точке аппарата. Чтобы облегчить условия опорожнения аппаратов рекомендуется предусматривать конические или сферические днища, а также некоторый уклон горизонтально расположенных аппаратов и трубопроводов. Если конструкция аппарата не обеспечивает полный слив жидкости, то применяют способы промывки аппарата водой. Вода постепенно вымывает огнеопасную жидкость, замещая ее в аппарате; Для предупреждения выхода веществ наружу из реакторов необходимо максимально герметизировать загрузочные и разгрузочные устройства аппаратов. Для этого используются специальные уплотнительные прокладки, выполняемые из материалов, стойких к воздействию окружающей среды. Загрузку и разгрузку аппаратов лучше производить не открытым способом, а через специальные загрузочные и разгрузочные трубы. У периодически действующих реакторов необходимо предусматривать системы местных отсосов горючих газов, паров и пылей у мест их сосредоточенного выхода из аппаратов (открываемые крышки, люки для взятия проб и т.п.). При этом концентрация горючих веществ в воздухе непосредственно у мест отсоса и в воздухопроводах не должна превышать 50 % от НКПР. В реакторах, используемых для осуществления химических реакций между органическими веществами и окислителями (например, при хлорировании или окислении углеводов), горючая среда может образоваться при нарушении соотношения горючего вещества и окислителя. Чтобы избежать таких ситуаций, необходимо реакторы оборудовать надежными регуляторами, обеспечивающими постоянное и безопасное соотношение исходных веществ. При проведении некоторых каталитических процессов возникает необходимость регенерации (восстановления) катализатора вследствие того, что на его поверхности образуется кокс или смолистые отложения, снижающие активность. Регенерация осуществляется путем подачи в реактор горячего воздуха и выжигания отложений. При периодическом чередовании процессов контактирования веществ в реакторе и регенерации катализатора также создаются благоприятные условия для образования горючей среды. Чтобы избежать этого, необходимо перед регенерацией осуществлять продувку реакторов от горючих паров и газов, а после регенерации от воздуха. Для реакторов, работающих под вакуумом, горючая среда может образоваться вследствие подсоса воздуха через неплотности. Поэтому такие реакторы должны быть надежно герметизированы. Образование горючей среды в помещениях. В объеме помещений горючая среда может образоваться вследствие утечек горючих веществ из самих реакторов и из технологических коммуникаций, с которыми они связаны. Утечки могут происходить через прокладки, швы, разъемные соединения. Значительное количество реакторов имеют мешалки у которых валы проходят через корпус аппаратов. Зазоры между валами и корпусом аппаратов чаще всего герметизируются посредством сальни-



ковых уплотнений. Создать надежную герметичность сальников достаточно трудно, в процессе работы оборудования они изнашиваются, поэтому эксплуатация аппаратов с наличием сальниковых уплотнений всегда связана с утечками паров, газов или жидкостей.

Для предупреждения утечек горючих веществ необходимо:

- соединение коммуникаций между собой и с реакторами осуществлять преимущественно сваркой. При использовании фланцевых соединений необходимо устанавливать износостойчивые прокладочные материалы (фибру, резину, асбест, поронит и т.п.). В процессе эксплуатации необходимо осуществлять систематический контроль за герметичностью соединений;

- вместо сальниковых уплотнений необходимо преимущественно использовать торцевые уплотнения, обеспечивающие необходимую герметичность. Если нет возможности использования торцевых уплотнений, то у мест установки сальников следует предусматривать местные отсосы;

- все оборудование должно в установленные инструкциями сроки подвергаться испытаниям на герметичность.

Наибольшую опасность при эксплуатации реакторов представляют аварийные ситуации, связанные с их повреждением. Наиболее характерными для реакторов причинами повреждений являются образование повышенного давления (см. рис. 7.14), коррозия и эрозия.



Рис. 7.14. Причины образования повышенного давления в реакторах

Повышенное давление в реакторах может возникнуть главным образом из-за нарушения материального и теплового балансов. К нарушению материального баланса могут привести следующие причины. Неравнозначная замена или нарушение нормального режима работы устройств, обеспечивающих подачу горючих веществ в реакторы непрерывного действия (насосы, компрессоры). Обычно насосы и компрессоры подбираются с таким расчетом, чтобы обеспечивалась подача определенного объема веществ, успешно преодолевалось сопротивление при движении среды и создавалось необходимое давление в реакторах. Если же будет установлено оборудование с большей производительностью, то в реактор будет поступать непредусмотренное нормами технологического режима количество горючих веществ и давление в нем может превысить допустимые значения. *Учитывая это, необходимо:*

- использовать только те насосы и компрессоры, которые удовлетворяют условиям работы реакторов;
- на линии за насосом или компрессором следует устанавливать манометры для контроля величины давления;

- устанавливать автоматические счетчики-дозаторы количества поступающих в аппараты веществ;

- предусматривать автоматические регуляторы, которые при повышении давления в системе уменьшают число оборотов валов насосов, вентиляторов или снижают число ходов поршня компрессоров, а при уменьшении давления автоматически увеличивают их производительность;

- предусматривать системы автоматической блокировки, обеспечивающие прекращение подачи продукта насосами, компрессорами и т. п. при достижении опасной величины давления в аппаратах.

Увеличение сопротивления в технологических коммуникациях, по которым из реакторов непрерывного действия отводятся горючие вещества. При этом в реакторах будет накапливаться избыточное количество веществ, что неизбежно приведет к образованию повышенного давления. Сопротивление в технологических линиях может увеличиваться при образовании в них отложений или неполном открытии задвижек и вентиляй. Авария технологического оборудования становится неизбежной, когда все проходное сечение забивается отложениями (возникает пробка) или перекрывается задвижкой.

Чтобы избежать образования в технологических линиях различного рода отложений необходимо:

- производить предварительную очистку веществ от взвешенных твердых частиц и солей. Очистка жидкостей от взвешенных твердых частиц производится путем отстаивания и фильтрации, очистка от солей — химическим способом (путем введения щелочей, кислот) или токами высокого напряжения на электрообессоливающих установках (ЭЛОУ);

- для предупреждения образования полимерных отложений добавлять в продукт ингибиторы, тормозящие процесс полимеризации (древесные смолы, гидрохинон и т. п.);

- контролировать и регулировать рабочую температуру;

- ликвидировать застойные зоны;

- применять для изготовления аппаратов материалы, тормозящие процесс полимеризации;

- для исключения образования ледяных и кристаллогидратных пробок: производить предварительную осушку исходных веществ от влаги (хлористым алюминием и кальцием, силикагелем и т.п.);

- вводить (если это допустимо по условиям технологии) специальные вещества, растворяющие кристаллогидраты (например, метиловый и этиловый спирты).

Учитывая, что указанные выше мероприятия не могут полностью исключить опасность образования отложений и пробок, а лишь снижают в той или иной мере интенсивность их образования, рекомендуется через определенные периоды времени производить очистку оборудования от отложений.

Предусматривать по возможности вместо насосов и компрессоров объемного действия центробежные аппараты, которые при увеличении сопротивления в линии способны работать "на себя". Если нет возможности такой замены, то на

насосах и компрессорах объемного действия необходимо устанавливать обводные линии с перепускными клапанами. Закоксование, осмоление или спекание катализатора также могут стать причиной нарушения материального баланса и повышения давления в реакторах вследствие увеличения гидравлического сопротивления прохождению реакционной смеси. В связи с этим необходимо устанавливать приборы контроля за давлением в реакторе и периодически производить замену катализатора. Для предупреждения спекания катализатора необходимо при установлении оптимального температурного режима учитывать температуру, при которой возможно спекание катализатора, и в процессе эксплуатации реактора не допускать повышения температуры. В любом реакторе вытеснения скорость жидкости или газа у стенки реактора всегда будет меньше, чем в центральной части. Поэтому реакция у стенок протекает глубже, и в некоторых случаях до образования побочных продуктов, отлагающихся на стенках. Например, при термическом крекинге нефтепродукты могут разлагаться до образования кокса на внутренней поверхности реактора змеевикового типа. Наличие отложений не только способствует повышению давления, но и может стать причиной прогара.

Нарушению материального баланса и повышению давления может способствовать образование побочных продуктов реакции. Исходные продукты могут реагировать между собой по различным схемам, поэтому, кроме главного продукта, возможно образование побочных. Побочные реакции могут возникать за счет примесей, поэтому при составлении материального баланса необходимо учитывать возможные побочные реакции и продукты, оказывающие влияние на режим работы реакторов. Материальный баланс составляют обычно из расчета исходных реагентов и получения побочных веществ на единицу основного продукта. Переполнение реакторов является частным случаем нарушения в них материального баланса. В реакторах периодического действия ни одно из веществ не вводят и не выводят во время реакции. В случае переполнения таких реакторов повышенное давление может возникнуть за счет перемешивания, вспенивания или вскипания веществ. Поэтому в реакторах всегда необходимо иметь свободное пространство для пено- и парообразования, а также образования воронки при перемешивании. Реакторы необходимо оборудовать системами контроля за уровнем продуктов в реакторе, системами автоматического регулирования уровня, а также системами сигнализации, оповещающими обслуживающий персонал об отклонениях.

Нарушению материального баланса и повышению давления может способствовать образование побочных продуктов реакции. Исходные продукты могут реагировать между собой по различным схемам, поэтому, кроме главного продукта, возможно образование побочных. Побочные реакции могут возникать за счет примесей, поэтому при составлении материального баланса необходимо учитывать возможные побочные реакции и продукты, оказывающие влияние на режим работы реакторов. Материальный баланс составляют обычно из расчета исходных реагентов и получения побочных веществ на единицу основного продукта. Переполнение реакторов является частным случаем нарушения в них материального баланса. В реакторах периодического действия ни одно из веществ не вводят и не выводят во время реакции. В случае переполнения таких реакторов повышенное давление может возникнуть за счет перемешивания, вспенивания или вскипания

веществ. Поэтому в реакторах всегда необходимо иметь свободное пространство для пено- и парообразования, а также образования воронки при перемешивании. Реакторы необходимо оборудовать системами контроля за уровнем продуктов в реакторе, системами автоматического регулирования уровня, а также системами сигнализации, оповещающими обслуживающий персонал об отклонениях.

**Причинами нарушения теплового баланса могут стать:**

– нарушение режима обогрева или охлаждения реакторов. При нарушении режима обогрева или охлаждения аппаратов с газами и жидкостями температура в них может значительно повышаться. Повышение температуры в аппаратах будет способствовать объемному расширению веществ, увеличению упругости паров и газов и тем самым возрастанию внутреннего давления. Особенно опасны в этом отношении аппараты, полностью заполненные жидкостями или сжиженными газами, то есть без оставления парового пространства. Так как жидкости практически не сжимаются, то нагревание их даже до невысоких температур может вызвать очень большие внутренние давления, приводящие к повреждениям и разрыву стенок. Нарушение режима теплообмена может происходить при загрязнении теплообменных поверхностей и при изменении количества подаваемых теплоносителей или хладагентов. Для предупреждения таких ситуаций необходимо обеспечивать систематическую очистку теплообменных поверхностей от отложений;

– осуществлять контроль за расходом и составом топлива, сжигаемого с целью нагрева горючих веществ в аппаратах или промежуточных теплоносителей, подаваемых в другие аппараты;

– обеспечивать правильную регулировку систем электрообогрева аппаратов с горючими веществами, установок для нагрева промежуточных теплоносителей электрическим током и контроль за основными параметрами (величиной тока, напряжения, сопротивления, мощности);

– устанавливать приборы контроля за температурой и расходом теплоносителей и хладагентов;

– предусматривать системы автоматического регулирования количества и температуры подаваемого в аппарат теплоносителя (или хладагента) в зависимости от температуры нагреваемого (или охлаждаемого) вещества в реакторе.

– применять системы световой и звуковой сигнализации о повышении температуры теплоносителя, хладагента и нагреваемого (или охлаждаемого) вещества до опасных значений.

**Нарушение скорости химических реакций.** Ситуации, связанные с нарушением скорости химических реакций, могут происходить главным образом в результате нарушения соотношения компонентов, подаваемых в зону реакции. Наибольшую пожарную опасность при нарушении соотношения компонентов представляют экзотермические процессы. Неправильное проведение таких процессов может привести к увеличению тепловыделения в зоне реакции и образованию побочных парогазообразных продуктов. Это в свою очередь будет способствовать появлению в аппарате избыточного давления. При проведении эндотермических химических процессов повышенное давление в аппаратах может образоваться при снижении скорости реакции, повышенном обогреве аппаратов, а

также при одновременном эффекте того и другого. Для ускорения протекания химических реакций используют катализаторы. Под их влиянием происходит снижение энергии активации. Увеличение количества подаваемого катализатора также может привести к значительному увеличению скорости химических реакций и повышению давления. При возрастании рабочей температуры и давления скорость реакции может достигнуть очень высоких значений, при которых возможно воспламенение и взрыв реакционной смеси. Зависимость скорости реакции от температуры и энергии активации описывается уравнением Аррениуса.

Для предотвращения увеличения скорости реакции необходимо:

- предусматривать системы автоматического регулирования расхода или соотношения подаваемых в зону реакции компонентов, в том числе катализаторов и инициаторов;
- предусматривать системы автоматического контроля и регулирования расхода и температуры хладагента, подаваемого для отвода избыточной теплоты экзотермической реакции;
- предусматривать системы автоматического регулирования рабочей температуры и давления в реакторах;
- предусматривать специальные устройства для отвода из аппаратов побочных парогазообразных продуктов реакции, способствующих повышению в них давления. Несмотря на все перечисленные выше меры защиты от повышения давления в реакторах, однозначно сказать, что этого не произойдет, нельзя. На ход протекания аварийной ситуации может влиять достаточно большое количество факторов. Несмотря на перечисленные выше меры защиты от повышения давления в реакторах, нельзя говорить о том, что она абсолютна.

*Коррозия.* Для защиты от коррозии необходимо:

- использовать для изготовления реакторов коррозионностойкие материалы (высоколегированные стали, свинец);
- предусматривать изоляцию металла от агрессивной среды защитными покрытиями (эмалью, лаками, графитовыми плитками, метлахской плиткой).

*Эрозии* наиболее подвержены реакторы с движущимися твердыми катализаторами. Значительная опасность повреждения аппаратов за счет эрозии может возникать при наличии в реагентах механических примесей. Особенно интенсивно процессы эрозии протекают в местах изменения направления движения потока. Для защиты от эрозии необходимо:

- изготавливать реакторы из эрозионностойких материалов или защищать их ими. Наиболее стойкими по отношению к эрозии являются молибденовые стали;
- производить химико-термическую обработку материалов для уменьшения шероховатости поверхности, повышения поверхностной твердости и износостойчивости;
- предусматривать плавные повороты и переходы для снижения турбулентности потоков;

– применять в конструкциях аппаратов отражатели и рассекатели компактных струй для исключения прямых ударов последних о стенки технологического оборудования;

– производить предварительную очистку веществ от твердых примесей перед подачей в реакторы. Для предупреждения образования горючей среды в объеме помещений, необходимо устанавливать газоанализаторы. Концентрация горючих газов и паров в помещении не должна превышать 10 % от НКПР. При достижении этой величины должна автоматически включаться аварийная вентиляция.

**Источники зажигания.** Источниками зажигания горючих смесей при проведении химических процессов могут стать:

– теплота реакции (это характерно для экзотермических реакций);

– высоконагретые конструктивные элементы установок. Это, прежде всего, касается установок, где осуществляется огневой нагрев веществ или нагрев электрическим током;

– искровые разряды статического электричества. Статическое электричество может накапливаться при транспортировке, измельчении, перемешивании веществ, являющихся диэлектриками. Для предупреждения опасного проявления искровых разрядов статического электричества необходимо заземлять аппараты и трубопроводы, исключать возможность образования падающей струи, устанавливать релаксационные емкости на трубопроводах с жидкостями, применять струнные и игольчатые нейтрализаторы;

– теплота самовозгорания отложений. Самовозгорание отложений может происходить в момент вывода технологического оборудования из эксплуатации, когда в объем аппаратов поступает воздух и начинается процесс окисления отложений. Для предупреждения самовозгорания отложений необходимо прежде всего не допускать их образования вообще. Например, защита от образования сульфидов железа может быть обеспечена путем нанесения на внутреннюю поверхность аппаратов изолирующих покрытий. В период остановки оборудования необходимо обеспечивать постепенное окисление отложений путем добавления небольших количеств воздуха к водяному пару, подаваемому на продувку. Систематически необходимо производить очистку оборудования от отложений;

– тепловые проявления (искры, дуги, перегрев и т.п.), возникающие при аварийных режимах работы силового, осветительного электрооборудования, сетей автоматического контроля, а также при несоответствии эксплуатируемого электрооборудования требованиям Правил устройства электроустановок;

– искры и открытое пламя при проведении огневых работ;

– искры механического происхождения при ремонте или производстве очистных работ.

**Причины и пути распространения пожара.** Пожар в помещении, где эксплуатируются реакторы, может распространиться главным образом по поверхности разлившейся жидкости, через дыхательную арматуру аппаратов, по технологическим трубопроводам, по системам вентиляции и канализации.

Для предупреждения быстрого распространения пожара и снижения негативных последствий от него необходимо:

- предусматривать системы аварийного слива веществ или стравливания газов из аппаратов;
- под аппаратами устраивать бортики, а в дверных проемах пороги с пандусами высотой не менее 0,15 м для предупреждения растекания жидкости;
- не допускать образования горючих отложений в технологических и инженерных коммуникациях;
- оборудовать огнепреградителями дыхательные линии и технологические коммуникации, соединяющие между собой несколько аппаратов;
- устанавливать огнезадерживающие клапана в местах прохода воздуховодов через противопожарные преграды;
- оборудовать коммуникации системы канализации гидрозатворами;
- реакторы, в которых существует опасность взрыва, следует оборудовать взрывными предохранительными клапанами;
- в помещениях необходимо устраивать системы автоматического пожаротушения, выбор которых зависит от свойств обращающихся веществ.

### **8.8. Мероприятия по взрывозащите технологического оборудования**

Самой эффективной мерой обеспечения пожаровзрывозащиты является замена пожаровзрывоопасных процессов на безопасные путём исключения пожаро и взрывоопасных веществ из обращения ещё на стадии проектирования производства или замена отдельных операций на менее опасные. На практике защита технологического процесса достигается за счёт правильного выбора промышленных площадок конструкций производственных зданий и способов пожаровзрывозащиты оборудования. Меры взрывозащиты обеспечивают безопасность обслуживающего персонала, позволяют уберечь оборудование и быстро ввести его в эксплуатацию после взрыва.

Одним из способов защиты оборудования от взрыва является применение достаточно прочных конструкций, способных выдержать давление взрыва, возникающее внутри аппарата. Однако повышение прочности оборудования оценивается увеличением массы аппарата, что не совсем бывает выгодно и целесообразно.

В химической промышленности широко используют как активные, так и пассивные средства взрывозащиты. К числу активных мер относятся: контроль за накоплением взрывоопасных паров в помещениях, аварийное вентилирование помещений, флегматизация взрывоопасной среды в помещениях, применение предохранительных клапанов и разрывных мембран, ослабляющих разрушительное действие взрыва, подавление возникающего взрыва. Активные средства защиты срабатывают в момент возникновения взрыва по сигналу индикатора, локализируют и подавляют очаг взрыва ещё до достижения им разрушительной силы.

Действие активных средств защиты направлено:



- на подавление взрыва при его зарождении путём введения в очаг взрыва огнегасящего вещества с помощью автоматических систем подавления взрыва (АСПВ);
- создание инертной зоны в трубопроводах и в соседних аппаратах для предотвращения распространения взрыва или пожара;
- отсечение аппарата, в котором произошёл взрыв;
- автоматическое прекращение работы оборудования.

При выборе методов и средств активной взрывозащиты необходимо знать основные пожаро и взрывоопасные свойства веществ, механизм горения и параметры, характеризующие взрыв, химический состав горючих технологических среды их рабочие физические параметры, объём аппаратов, рабочие температуры и давление и др.

### Подавление взрыва с помощью АСПВ.

Принцип действия этих систем состоит в обнаружении очага взрыва высокочувствительным датчиком и быстром введении в защищаемый аппарат огнетушащего вещества, прекращающий процесс развития взрыва (рис. 7.15). Индикатор взрыва 2, через блок управления 5, приводит в действие исполнительное устройство 3 и 6 впрыскивающие в полость аппарата огнетушащую жидкость или порошок. В качестве исполнительных устройств системы АСПВ могут быть использованы пламеотсекатели 4, препятствующие распространению пламени по коммуникациям в другиу аппараты. На рис. 7.15 показан простейший пример взрывозащиты одного аппарата.

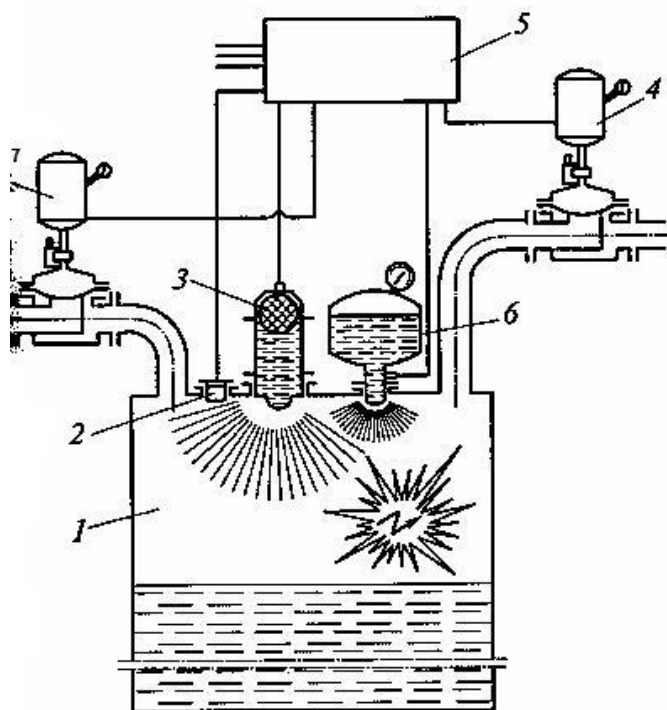


Рис.7.15. Принципиальная схема размещения АСПВ на аппарате:  
 1 — аппарат; 2 — индикатор взрыва; 3 – 6 — исполнительные устройства (гидропушка, пламеотсекатель, блок управления и взрывоподаватель)

АСПВ можно использовать и для защиты всей производственной линии из нескольких аппаратов. В комплект одного устройства АСПВ может входить несколько индикаторов взрыва, и наоборот, на один индикатор взрыва может приходиться несколько взрывоподавляющих устройств. Важным преимуществом АСПВ по сравнению с устройствами для сброса давления взрыва — мембранами и клапанами — является отсутствие выбросов в атмосферу токсичных и пожаро-взрывоопасных продуктов, горючих газов и открытого огня.

Взрыв в замкнутом объёме сопровождается повышением температуры и давления, световым излучением, а также ионизацией газа, а обнаружить взрыв в аппарате можно по любому из этих признаков. Индикатор взрыва преобразует один из указанных признаков в электрический сигнал. В качестве индикаторов взрыва применяют три типа датчиков — датчик максимального давления и максимальной скорости нарастания давления, а также оптические датчики. Оптический датчик фиксирует появление излучения, соответствующего спектру пламени горючего вещества. Это наиболее быстродействующий датчик, однако он имеет довольно сложную конструкцию и может давать ложное срабатывание от случайного источника света соответствующего спектра. Для впрыска жидких огнетушащих веществ чаще всего используются взрывоподавители типа гидропушки (рис. 7.16).

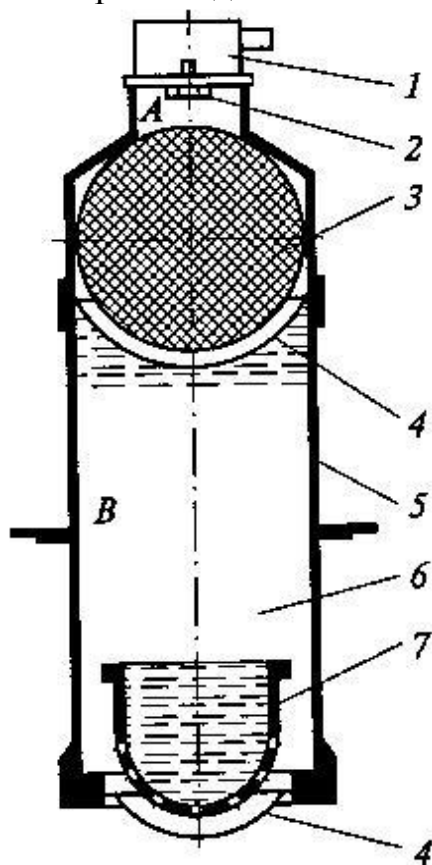


Рис. 7.16. Общий вид гидропушки:

- 1 — крышка, 2 — пирозаряд, 3 — поршень, 4 — мембраны, 5 — корпус,  
6 — огнетушащее вещество, 7 — распылительная насадка.

Это устройство работает следующим образом. При срабатывании пирозаряда 2 в камере *A* настолько повышается давление, что разрушаются мембраны 4.

Жидкость оказывается под давлением равным давлению в камере *A*. Истечение жидкости, сопровождаемое перемещением поршня *З*, приводит к быстрому опусканию насадки *7* в крайнее нижнее положение до упора в выступе корпуса. При этом перфорированная часть насадки полностью выходит из корпуса гидропушки в полость аппарата, и жидкость начинает вытекать из полости *B* в виде множества струй через отверстия разного диаметра. Изменением расположения отверстий можно варьировать форму факела распыла.

В качестве взрывоподавителей применяют пневматические распылители огнетушащего вещества с разрушаемыми оболочками (рис. 7.17)

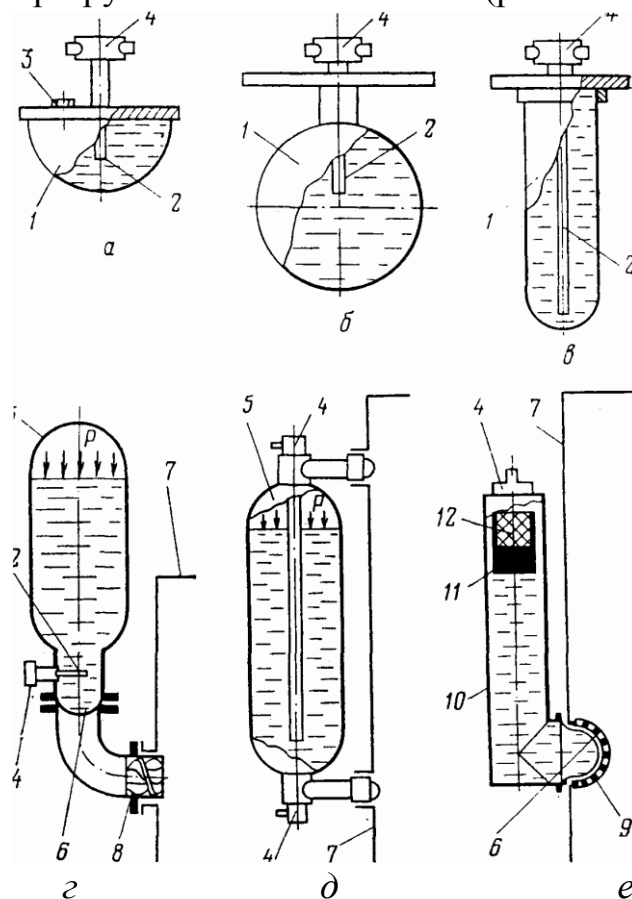


Рис. 7.17. Взрывоподавители:

*a, б, в* — разрушаемые оболочки; *z, д* — пневматические распылители; *e* — гидроимпульсное устройство; 1 — оболочка; 2 — детонатор; 3 — пробка; 4 — электрическая коробка;

5 — баллон; 6 — мембрана; 7 — защищаемый аппарат; 8 — разбрызгиватель; 9 — распылительный насадок; 10 — цилиндр; 11 — поршень; 12 — пороховой заряд

На рис. 7.17, *a, б* и *в* показаны различные конструкции взрывоподавителей типа *разрушаемая оболочка* — полусферическая, сферическая и цилиндрическая. Оболочка *1* заполнена обычно жидким пламеподавляющим веществом, однако не исключено использование и порошкообразных составов. Детонатор *2* имеет герметичный чехол, а электропитание к нему подводится через коробку *4*. При взрыве детонатора оболочка должна разрушаться полностью, а не разрываться в ка-

ком-либо одном месте. Это условие является обязательным для равномерного распределения состава по защищаемому объёму.

В *пневматических распылителях* (см. рис. 7.17, *з, д*) огнетушащее вещество находится в специальных баллонах 5 под избыточным давлением инертного газа. При срабатывании электродетонатора 2 разрушается мембрана б, и огнетушащее вещество под давлением 2 – 12 МПа впрыскивается в полость аппарата. Преимущество пневматических распылителей по сравнению с разрушающимися оболочками заключается в том, что они располагаются вне объема аппарата, и поэтому, во-первых, не создают никаких помех внутри аппарата, а во-вторых, сами не подвержены вредному влиянию (температурному воздействию, коррозии и т.п.) технологического продукта.

На рис. 7.17, *е* изображена конструкция *гидроимпульсного устройства*, которое представляет собой форсуночный распылитель с пороховым зарядом. Жидкий пламеподавляющий состав заполняет цилиндр 10, на конце которого установлен распылительный насадок 9. Отверстия в насадке закрыты мембраной б. При инициировании порохового заряда 12 под действием давления пороховых газов мембрана прорывается в каждом из отверстий распылительного насадка, и жидкость поршнем 11 вытесняется в полость защищаемого аппарата 7 в виде множества струй. Таким образом, пламеподавляющий состав буквально "выстреливается" при помощи пороховой навески, что дало основание подобные гидроимпульсные устройства называть "гидрохлопушками".

Взрывоподавители предназначены для введения огнетушащего вещества в полость защищаемого аппарата или трубопровода с целью охлаждения продуктов сгорания и предотвращение повторного воспламенения в аппарате или распространения пламени по трубопроводу.

В комплект АСПВ входят быстродействующие пламеотсекатели. Масштабы разрушения и материального ущерба в результате взрыва в аппарате могут быть значительно снижены, если не допустить распространения пламени по технологическим коммуникациям в другое оборудование. Для этой цели и служат пламеотсекатели. На рис. 7.18 представлены схемы песчаного и мембранного пламеотсекателей.

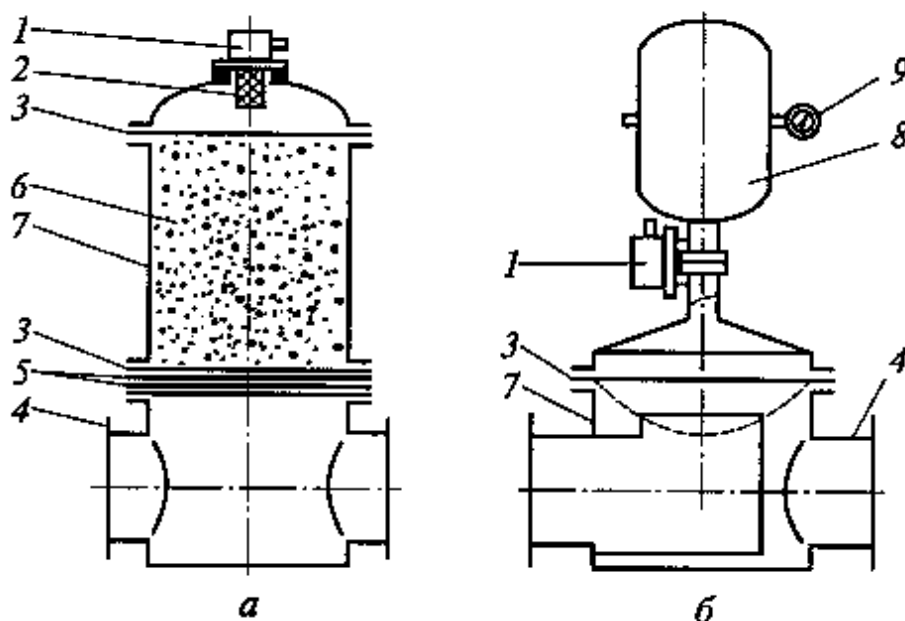


Рис 7.18. Общий вид песчаного (а) и мембранного (б) пламеотсекателя:

1 — крышка пироустройства ; 2— пирозаряд; 3 — мембрана; 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 2. Образующиеся при этом газы разрушают мембраны 3 и с большой скоростью выбрасывают песок вниз. Под действием потока песка опорные лепестки, размещённые в пакете 5 отгибаются и перекрывают оба сечения патрубка 4, а песок заполняет всю нижнюю полость. Время срабатывания конструкции составляет не более 0,03 – 0,2 с (при величине условного прохода 100 – 350 мм).

Пламеотсекатели не обеспечивают герметичного перекрытия трубопроводов, однако полностью исключают прохождения пламени. По сравнению с огнепреградителями они имеют ряд преимуществ: не создают дополнительного гидравлического сопротивления и эффективны в условиях сильно запылённых и загрязнённых сред. В качестве огнетушащих веществ для АСПВ широко применяют бром-, хлор- и фторпроизводные метана и этана. В Российской системе РАДУГА в качестве огнетушащего вещества используют воду.

Для подавления взрывов нашли применение также порошковые составы на основе карбонатов и бикарбонатов натрия и калия, аммониевых солей фосфорной, серной, борной и щавелевой кислот, а также комбинированные составы.

### **Взрывозащита методом флегматизации взрывоопасной среды.**

Этот метод основан на разбавлении взрывоопасной среды до состояния, в котором она не способна распространять пламя.

Флегматизирующее устройство представляет собой автоматический быстродействующий огнетушитель, который срабатывает по сигналу индикатора взрыва. При этом освобождается выходное отверстие и флегматизирующая смесь под давлением газа впрыскивается в защищаемый объём. Метод флегматизации

обычно применяют в сочетании с другими методами и устройствами (например, с устройством для принудительного сброса давления).

#### **Блокирование взрыва.**

Для этого используют отсекающие устройства (отсекатели), которые приводятся в действие от детонатора по сигналу индикатора взрыва.

Отсекатели и флегматизирующие устройства устанавливаются на вводных и выводных коммуникациях потенциально взрывоопасного аппарата. Обычно отсекающие клапаны обеспечивают защиту наиболее слабых аппаратов технологической нитки. Время срабатывания отсекающего устройства определяется длиной трубопровода от взрывоопасного аппарата до установленного отсекающего устройства.

#### **Автоматическое прекращение работы технологической схемы.**

При возникновении взрыва в одном из аппаратов для предотвращения серьёзных аварийных ситуаций требуется немедленное прекращение работы всей технологической линии. В этом случае от индикатора взрыва срабатывает специальное устройство, которое автоматически прекращает работу всей технологической нитки или отдельной группы аппаратов. Как правило, этот способ применяют в сочетании с другими активными методами взрывозащиты.

#### **Контроль за накоплением горючих газов и паров.**

Контроль осуществляется с помощью специальных газоанализаторов и газо-сигнализаторов. Наибольшее распространение 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 счёт выделяющейся при окислении горючих примесей теплоты плечо (электроспираль) нагревается, увеличивается его электросопротивление, что приводит к разбалансировке моста. По величине разбаланса определяют содержание горючих примесей в воздухе.

#### **Аварийное вентилирование помещений.**

Аварийное вентилирование помещений является одним из наиболее распространённых традиционных способов предупреждения образования взрывоопасных сред. Основным показателем работы системы вентиляции является кратность воздухообмена. Вентиляция обеспечивает равномерное распределение горючих примесей в пространстве и вместе с тем предотвращает возможность образования локальной взрывоопасной среды. Допустимый объём взрывоопасной среды определяется величиной развиваемого локальным облаком, образующимся при выгорании избыточного давления, которое не должно превышать 5 кПа. Этому условию соответствует объём локального облака со средней концентрацией на уровне нижнего концентрационного предела распространения пламени, равный примерно 5 % от объёма помещения. Согласно расчётам предельно-допустимая концентрация (ПДК) горючей смеси с учётом запаса надёжности (50 %) должна составлять 3,5 % от нижнего предела распространения пламени.

#### **Пассивные способы защиты.**

К пассивным способам взрывозащиты технологического оборудования относится один из самых распространённых способов — применение предохранительных устройств для сброса давления (УСД), т. е. предохранительных устройств и клапанов. Установка предохранительных конструкций, применяемых для взрыво-

защиты технологического оборудования и помещений, преследует своей целью ослабление разрушительного действия взрыва за счёт своевременного сброса из объекта защиты избыточного давления. Все эти устройства срабатывают при повышении давления сверх установленных пределов.

Классификация основных видов предохранительных устройств, используемых для взрывозащиты технологического оборудования, приведена на рис. 7.19.

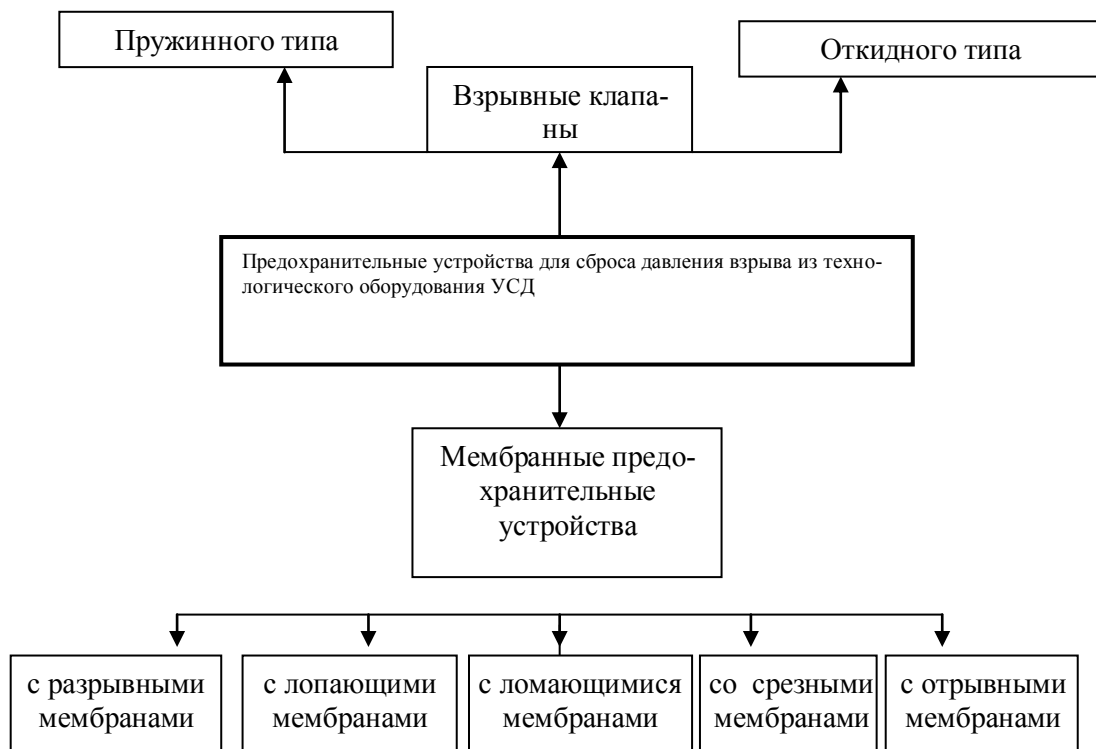


Рис. 7.19. Классификация основных видов предохранительных устройств для сброса давления взрыва из технологического оборудования

*Взрывные предохранительные клапаны* являются весьма распространенными средствами защиты технологического оборудования от превышения давления. Среди них наиболее часто применяются клапаны пружинного и откидного типа.

*Пружинные взрывные клапаны* работают точно таким же образом, как и обычные общепромышленные предохранительные клапаны, срабатывающие при повышении рабочего давления в аппарате. Однако в отличие от последних, взрывные предохранительные клапаны имеют гораздо большую пропускную способность.

На рис. 7.20,*а* показана одна из наиболее простых конструкций пружинного клапана с внутренней центральной пружиной. Уплотнительное кольцо 6 из эластичного материала, например из резины, обеспечивает необходимую герметичность контакта крышки 3 с корпусом 7. Крышка 3 клапана не имеет жестких направляющих, однако центральное расположение пружин 1 и 2 обеспечивает равномерность прижатия крышки по всему периметру уплотнительного кольца. Ручка 4 служит для периодической контрольной проверки работоспособности клапана.

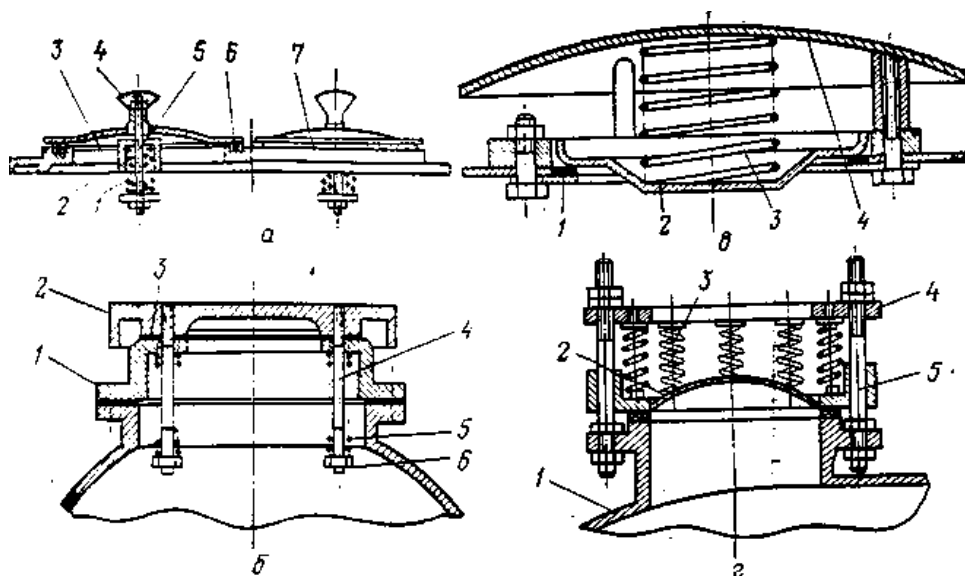


Рис. 7.20. Взрывные пружинные клапаны:

а — с внутренней центральной пружиной; 1, 2 — пружины; 3 — крышка; 4 — ручка;

5 — шток; 6 — уплотнительное кольцо; 7 — корпус;

б — литой клапан с внутренними периферийными пружинами; 1 — чугунный корпус; 2 — чугунная крышка; 3 — паронитовая прокладка; 4 — шпилька; 5 — пружина; 6 — гайка;

в — клапан фирмы МАН; 1 — прокладка; 2 — крышка; 3 — пружина; 4 — отражатель;

г — клапан с наружными периферийными пружинами; 1 — защищаемый аппарат; 2 — запорный диск; 3 — пружина; 4 — кольцо; 5 — штанга

Предохранительный клапан, конструкция которого приведена на рис. 7.20,б, используется для защиты судовых дизелей. Шпильки 4 ввернуты в крышку клапана и свободно проходят через отверстия в корпусе 1.

Регулировка затяжки пружин 5 осуществляется гайками 6. После регулировки клапанов на соответствующее избыточное давление, нижние концы шпилек расклепывают для предотвращения самоотвинчивания гаек.

Взрывной клапан западногерманской фирмы МАН (рис. 7.20, в) имеет простую и облегченную конструкцию со штампованными крышками 2 и отражателем 4. Клапан срабатывает при давлении в защищаемом пространстве 4 кПа.

Взрывной клапан, показанный на рис. 7.20,г отличается от описанных тем, что имеет ряд пружин 3, расположенных снаружи по всему периметру запорного диска 2, а сам диск движется по направляющим штангам 5, что исключает его перекосы во время работы и при обратной посадке. Испытания этого клапана диаметром 400 мм показали, что он надежно защищает сосуд объемом 1 м<sup>3</sup> от взрыва паров бензола. При настройке клапана на давление срабатывания 0,01 МПа во время взрыва давление в емкости не превышало 0,03 МПа.

Наиболее распространенные конструкции взрывных клапанов откидного типа показаны на рис. 7.21. В клапане, изображенном на рис. 7.21,а крышка 1 установлена на шарнире 2 и удерживается в закрытом положении пружиной 3 и защелкой 4 с двумя скосами. В клапане, изображенном на рис. 7.21,б крышка удерж-



живается в закрытом положении либо под действием груза 5, либо только за счет собственного веса.

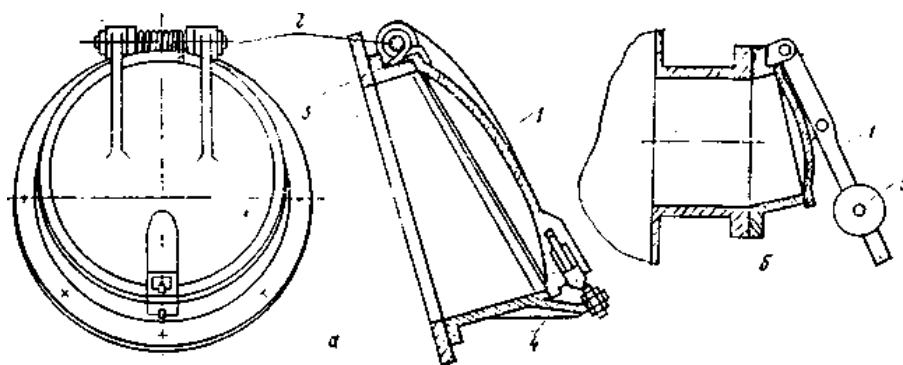


Рис.7.21. Взрывные клапаны откидного типа:

а — с защелкой; б — с грузом; 1 — откидной люк; 2 — шарнир; 3 — пружина; 4 — защелка;  
5 — груз

Основным преимуществом взрывных предохранительных клапанов является то, что они после сброса необходимого количества газов вновь закрывают защищаемый аппарат. Это важно не только потому, что не требуется никаких работ по восстановлению клапанов, и технологический процесс может не прекращаться, но и потому, что при этом исключается возможность так называемых вторичных взрывов, которые могли бы происходить из-за подсоса воздуха через незакрытое сбросное отверстие.

Наряду с этим взрывные клапаны имеют ряд существенных недостатков, которые ограничивают область их применения. Такие клапаны, например, абсолютно ненадежны при работе в средах, склонных к кристаллизации, полимеризации и т. п. Кроме того, они дают существенные протечки в закрытом состоянии, что сопряжено с потерями ценных продуктов и загрязнением окружающей среды. Поэтому взрывные предохранительные клапаны устанавливают в основном на технологическом оборудовании, работающем при атмосферном давлении.

*Мембранные предохранительные устройства* являются наиболее надежными среди всех существующих средств взрывозащиты. Мембраны меньше других устройств подвержены влиянию кристаллизации и полимеризации среды, обеспечивают полную герметичность оборудования (до срабатывания) и не имеют ограничений по пропускной способности. В промышленности применяют большое число типов и конструктивных разновидностей предохранительных мембран. Наиболее характерным признаком, по которому обычно классифицируют мембраны, является характер их разрушения. В связи с этим все предохранительные мембраны подразделяются на разрывные, хлопающие, ломающиеся, срезные, выщелкивающиеся и отрывные.

*Разрывные мембраны* являются наиболее простыми и распространенными среди всех применяемых на технологическом оборудовании типов мембран. Учитывая, что при взрыве такие мембраны должны мгновенно разрываться, их изготавливают из тонколистового проката пластичных металлов, таких как алюминий,

никель, медь, латунь, титан, монель и т. п. При небольших рабочих давлениях в защищаемых аппаратах для изготовления мембран иногда используют неметаллические материалы — полиэтиленовые и фторопластовые пленки, бумагу, картон, паранит, асбест.

Номенклатура выпускаемого тонколистового металлопроката сильно ограничивает возможности изготовления разрывных мембран на низкое давление срабатывания. Поэтому в таких случаях для защиты аппаратов применяют разрывные мембраны с радиальными (рис. 7.22,а) и с круговыми (рис. 7.22,б) рисками. Радиальные риски более просты в изготовлении, однако такая мембрана часто при срабатывании разрывается по одной – двум рискам и не обеспечивает полного раскрытия проходного сечения. Мембрана с окружной риской, как правило, раскрывается полностью. Для предотвращения отрыва мембраны риску наносят по незамкнутому круговому контуру, а со стороны, противоположной источнику давления, у концов риски устанавливают сегментный упор 1. Следует отметить, что технология нанесения рисок строго заданной глубины пока несовершенна, и поэтому такие мембраны часто имеют нестабильные характеристики. В этом отношении более предпочтительны мембраны с прорезями (рис. 7.22,в). Они всегда двухслойны, так как содержат дополнительно герметизирующую подложку 2 из коррозионностойкого и малопрочного материала.

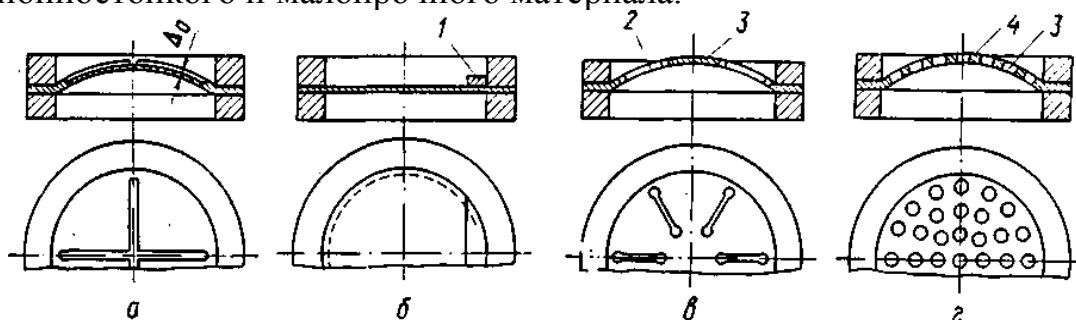


Рис. 7.22. Предохранительные разрывные мембраны:

а — с радиальными рисками; б — с круговыми рисками; в — с прорезями; г — с вакуумной опорой; 1 — упор; 2 — герметизирующая подложка; 3 — мембрана; 4 — вакуумная опора

Если защищаемый аппарат подвергается периодическому вакуумированию, и круглообразная мембрана, не выдерживая вакуума, сжимается, то для ее нормальной работы необходимо устанавливать специальную вакуумную опору. Одна из таких опор показана на рис. 7.22,г.

*Хлопающие мембраны* используются в основном для защиты аппаратов, работающих на знакопеременном режиме давления. Такие мембраны (см. рис. 7.23) имеют форму сферического купола, выпуклая сторона которого обращена к зоне повышенного давления, то есть внутрь аппарата. При повышении давления сверх критического сферический купол мембраны теряет устойчивость и выворачивается в обратную сторону. При этом хлопающая мембрана со свободной заделкой (рис. 7.23,в) за счет энергии прощелкивания вылетает из кольца, а хлопающая с заземленным контуром (рис. 7.23 а и б) ударяется о неподвижный крестообразный нож и разрезается.

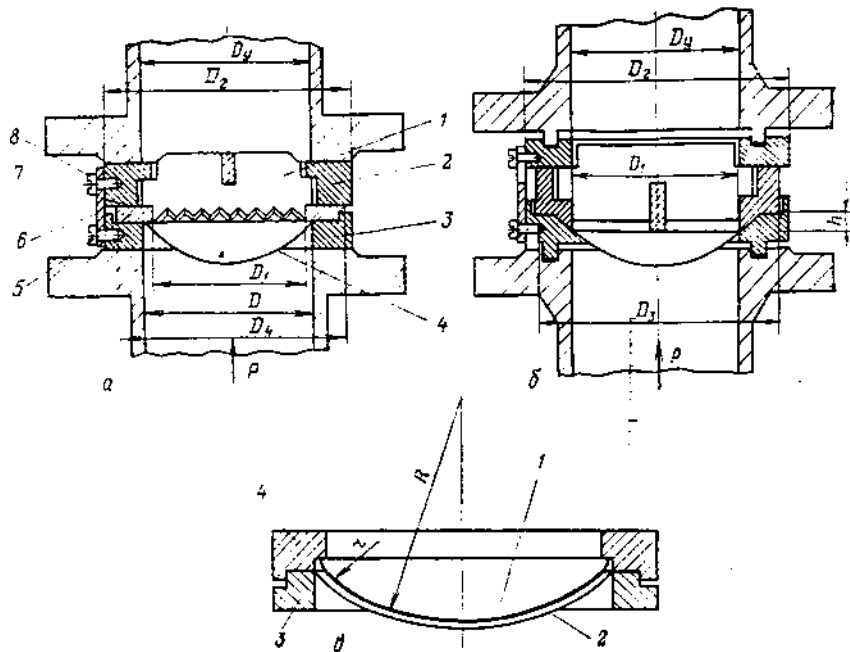


Рис. 7.23. Хлопающие предохранительные мембраны:

а — с плоским зажимом и зубчатым ножом; 1 — нож; 2, 3, 5 — зажимные кольца; 4 — мембрана; 6 — пленка; 7 — прокладка; 8 — винт; б — с коническим зажимом и гладким ножом; в — хлопающая мембрана с переменной кривизной и свободной заделкой;

1 — мембрана; 2 — пленка; 3, 4 — кольца

*Ломающиеся мембраны* (рис. 7.24) используются для защиты аппаратов, работающих в условиях динамических и пульсирующих нагрузок. При срабатывании такие мембраны должны ломаться, поэтому их изготавливают из хрупких материалов: чугуна, графита, эбонита, поливинилхлорида и др. Срабатыванию ломающихся мембран не предшествуют заметные пластические деформации, поэтому они являются наименее инерционными. Однако существенным недостатком таких мембран является большой разброс давления срабатывания, поэтому во многих случаях они не обеспечивают надежной защиты оборудования.

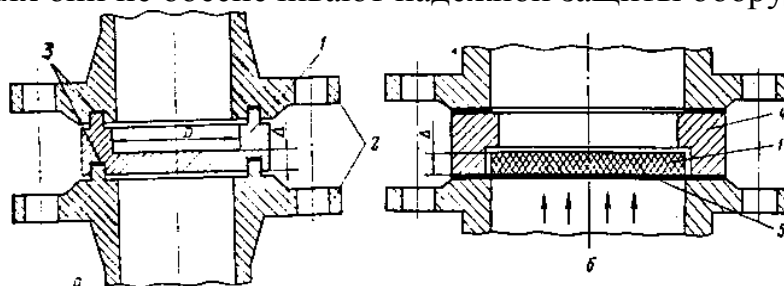


Рис. 7.24. Ломающиеся мембраны:

а — с выточкой; б — со свободной заделкой; 1 — мембрана; 2 — фланцы; 3 — прокладки; 4 — кольцо; 5 — пленка

*Срезные мембраны* (рис. 7.25) при срабатывании срезаются по острой кромке прижимного кольца 3, полностью освобождая проходное сечение для выхода газов. Такие мембраны, также как и разрывные, изготавливают из мягкого листового проката. Мембрана, показанная на рис. 7.25,а, имеет утолщение по всей рабочей части, чтобы максимально снизить деформации изгиба и тем самым создать

условия материала на чистый срез. Мембрана, представленная на рис. 7.25,б, для увеличения изгибной жесткости в рабочей части имеет накладные диски 4. Накладные диски и зажимные кольца делают калеными из качественных сталей с остро заточенными режущими кромками. Основным недостатком мембран этого типа состоит в большом разбросе давления срабатывания, так как оно определяется не только механическими свойствами мембраны, но и состоянием режущих кромок деталей узла.

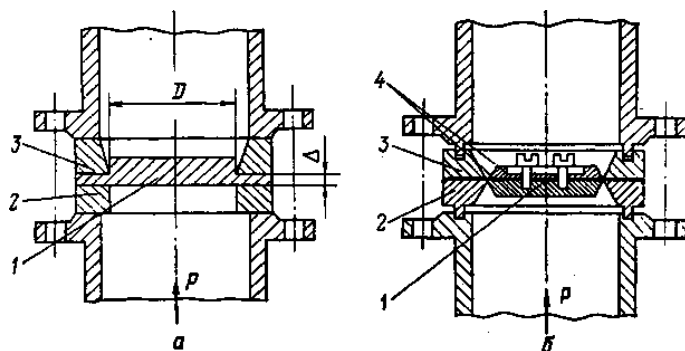


Рис. 7.25. Срезные мембраны:

а — с утолщением; б — с накладными дисками; 1 — мембрана; 2, 3 — кольца; 4 — диски

*Отрывные мембраны* применяются в основном для защиты аппаратов, работающих под большим рабочим давлением. Наиболее часто используемые виды отрывных мембран показаны на рис. 7.26. Под воздействием взрывного давления мембраны открываются по ослабленному сечению и открывают выход продуктам горения.

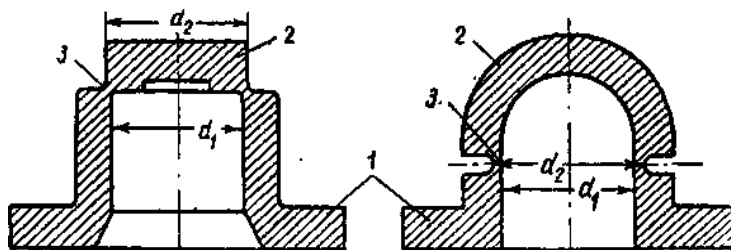


Рис. 7.26. Конструкции отрывных мембран:

1 — фланцы; 2 — мембрана; 3 — ослабленное сечение

Типы и конструкции мембранных предохранительных устройств должны выбираться в соответствие с расчетными и заданными давлениями срабатывания и с учетом конкретных условий работы оборудования, а также требований взрывозащиты. С расчетами различных типов мембранных предохранительных устройств можно познакомиться в специальной литературе. При защите мембранами конкретных аппаратов в соответствие с ГОСТ Р 12.3.047-98 расчетом определяют размеры мембраны, общую площадь, диаметр и толщину.

Основным недостатком предохранительных мембран является то, что после их срабатывания сбросное отверстие остается открытым. Это приводит к утечке большого количества горючих продуктов в атмосферу, к проникновению воздуха в систему и образованию больших объемов взрывоопасных парогазовоздушных

смесей в производственных помещениях, на территории предприятия и в аппаратуре.

Наличие недостатков, как у взрывных клапанов, так и у мембран привело к созданию комбинированных предохранительных устройств. Одна из конструкций таких устройств показана на рис. 7.27. Данное предохранительное устройство работает как мембрана до первого срабатывания и как предохранительный клапан до замены, сработавшей мембраны. Основное отличие такой модификации предохранительного клапана состоит в том, что в нормальном рабочем состоянии золотник клапана приподнят и удерживается в этом положении упорами 3, защемленными за выступ 2 на штоке.

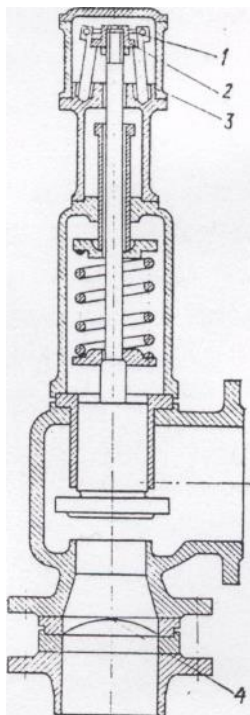


Рис. 7.27. Предохранительный клапан с мембраной:

1 — пружина; 2 — выступ на штоке; 3 — упоры; 4 — мембрана

При взрыве в аппарате мембрана 4 разрывается, а золотник клапана под воздействием потока сбрасываемых газов приподнимается. В результате подъема золотника упоры 3 под действием пружины 1 расходятся в стороны и выходят из зацепления со штоком. Однако клапан при этом продолжает оставаться открытым до тех пор, пока давление в аппарате не снизится до значения, определяемого настройкой основной пружины взрывного клапана. Далее, до замены сработавшей мембраны, устройство работает как обычный предохранительный клапан, поскольку выведенные из зацепления упоры в дальнейшей работе не участвуют.

Эффективность работы всех рассмотренных выше предохранительных устройств зависит не только от их конструктивных особенностей, но и от места установки на технологическом оборудовании. Так, на аппаратах устройства для сброса давления взрыва должны устанавливаться преимущественно в верхней их части, а на трубопроводах — в тупиках и на поворотах. При этом необходимо также учитывать, чтобы продукты горения отводились в наиболее безопасную

сторону, то есть в таком направлении, где нет людей, пожаровзрывоопасного оборудования, горючих веществ и материалов, сгораемых конструкций и т. п. В случае отсутствия таких возможностей от предохранительных устройств необходимо устраивать вертикальные отводные трубы для сброса продуктов горения за пределы помещения.

Срок службы предохранительных устройств в промышленных условиях следует определять исходя из коррозионной стойкости материала в среде защищаемого аппарата, с учетом рабочей температуры, степени нагружения, характера нагрузок и т. п. После истечения установленного срока службы устройства должны заменяться на новые. В процессе эксплуатации предохранительных устройств необходимо следить за их состоянием, предупреждать повреждения и не допускать их загрязнения пылью и другими отложениями.

Учитывая, что в условиях производств могут иметь место и взрывы в помещениях, последние также подлежат защите от разрушения. С целью локализации возможного взрыва, помещения со взрывоопасными технологическими процессами необходимо размещать у наружных стен здания, а в многоэтажных зданиях — на верхних этажах. Наряду с этим такие помещения должны защищаться специальными легкобрасываемыми конструкциями (ЛСК). К ЛСК относятся стеновые и крышечные панели, окна, распашные двери и ворота, а также прочие ограждающие конструктивные элементы, разрушение или открывание которых в случае взрыва происходит при избыточном давлении, не превышающем допустимого для основных несущих и ограждающих конструкций здания. Требования к устройству легкобрасываемых конструкций изложены в специальной литературе. Требуемая площадь ЛСК определяется расчетом в соответствии с Инструкцией по определению площади легкобрасываемых конструкций. В случае отсутствия расчетных данных допускается принимать площадь ЛСК не менее  $0,05 \text{ м}^2$  на  $1 \text{ м}^3$  объема помещений категории “А” и не менее  $0,03 \text{ м}^2$  на  $1 \text{ м}^3$  помещений категории “Б”.

## **9. Системы и средства обеспечения пожарной безопасности**

В «Техническом регламенте о пожарной безопасности» под пожарной сигнализацией понимают совокупность технических средств, предназначенных для обнаружения пожара, обработки, передачи в заданном виде извещения о пожаре, специальной информации и (или) выдачи команд на включение автоматических установок пожаротушения и включение исполнительных установок систем противодымной защиты, технологического и инженерного оборудования, а также других устройств противопожарной защиты.

### **9.1.1. Характеристика и классификация пожарных извещателей**

Основными характеристиками назначения пожарных извещателей, приводимых в технической документации, являются:

- чувствительность;
- инерционность;
- форма и размеры зоны обнаружения;
- помехозащищенность.

Кроме этого, указываются параметры надежности, конструктивное исполнение для работы в установленных условиях окружающей среды, параметры электропитания, массогабаритные показатели и ряд других.

*Чувствительность* характеризуется порогом срабатывания извещателя при изменении контролируемого параметра. Для разных видов извещателей этот параметр выражается различными величинами. Так, для тепловых извещателей широкого применения максимального и максимально-дифференциального действия — это температура срабатывания, которая находится в пределах от 60 до 80 °С (для классов А1, А2, В) или имеет более высокие значения (до 150 °С) для извещателей других классов.

*Инерционность* определяется интервалом времени от начала воздействия контролируемого параметра, равного пороговому значению, до начала формирования извещателем тревожного извещения. Следует различать аппаратную и фактическую инерционность.

Аппаратурная инерционность обуславливается особенностями принципа действия, а также применяемыми схемотехническими методами.

Фактическая инерционность характеризует способность обнаружения извещателем очага пожара в условиях конкретного объекта. Она зависит не только от конструкции извещателя, но и от параметров помещения, а также от вида и параметров очага пожара. В реальных условиях эксплуатации время срабатывания извещателя определенного принципа действия зависит не только от абсолютной величины контролируемого параметра, но и от скорости его изменения, связанного с физическим процессом развития пожара.

В таблице 7.1 приведены значения аппаратной инерционности извещателей.

Таблица 7.1

Аппаратурная инерционность извещателей

Вид извещателя	Инерционность, с
Тепловой, с использованием зависимости электрического сопротивления чувствительного элемента от температуры	60 – 120
Тепловой, с использованием плавких вставок	125
Тепловой, с использованием зависимости магнитной индукции от температуры	120
Пламени оптико-электронный (световой)	0,05 – 5
Дымовой оптико-электронный	3 – 30
Дымовой радиоизотопный	5 – 10
Пламени ультразвуковой (охранно-пожарный)	0,5 – 3

*Зона обнаружения извещателя* — это пространство вблизи извещателя, в пределах которого гарантируется его срабатывание при возникновении очага пожара. Чаще всего этот параметр выражается в единицах площади помещения (м<sup>2</sup>), контролируемой извещателем с требуемой надежностью. Следует отметить, что защищаемая площадь значительно зависит от условий размещения извещателя: высоты установки и характеристик помещения.

*Помехозащищенность* определяет такую важную характеристику извещателя, как достоверность передаваемой им информации. В процессе функционирования извещателя на него воздействуют различные внешние факторы, которые увеличивают погрешности контроля параметров окружающей среды, вызывают появление на выходе чувствительного элемента сигналов, сходных с сигналами при появлении признаков пожара, или приводят к сбоям (отказам) электронной схемы извещателя. Это может стать причиной появления ложного сигнала тревоги или пропуска полезного сигнала.

В зависимости от принципа действия устойчивость к воздействию физических факторов, близких к основному параметру обнаружения пожара, различна. В технической документации обычно приводятся предельные значения внешних факторов, при которых гарантируется надежная работа извещателя. Например, для оптико-электронных дымовых и световых извещателей таким параметром прежде всего является фоновая освещенность. Для тепловых — разница между максимальной рабочей температурой и минимальным значением температуры срабатывания. С целью обеспечения необходимого уровня помехозащищенности эта температура должна быть не менее чем на 20 °С выше температуры максимального естественного теплового фона. Кроме этого, указываются некоторые общие параметры помехозащищенности: устойчивость к промышленным радиопомехам, воздействию вибрации и др.

### 9.1.2. Классификация и условное обозначение пожарных извещателей

Условное обозначение присваивается в соответствии с формулой:

$$ИП - X_1 X_2 X_3 - X_4 X_5$$

для комбинированных извещателей:

$$ИП - \frac{X_1 X_2 X_3}{X_1 X_2 X_3} - X_4 \frac{X_5}{X_5}$$

где ИП — извещатель пожарный;  $X_1$  — характеристика контролируемого признака (признаков) пожара;  $X_2, X_3$  — принцип действия;  $X_4$  — порядковый номер разработки извещателя данного типа (определяется головной организацией);  $X_5$  — класс пожарного извещателя.

Для ранее выпущенных извещателей сохраняется следующее условное обозначение:

$$ИП X_1 X_2 X_3 - \frac{X_4}{X_6} X_7$$

где  $X_1, X_2, X_3, X_4$  — соответствующее обозначение, приведенное выше;  $X_6$  — порядковый номер конструктивного исполнения;  $X_7$  — буквенное обозначение модернизации.

Учитывая трудность восприятия стандартизованного обозначения, некоторым извещателям присваивают указываемое в технической документации наименование, представляющее собой аббревиатуру или условное название извещателя.



Например: ИДПЛ — извещатель дымовой пожарный линейный; или "Аметист", для извещателя ИП 329-2.

Классификация пожарных извещателей представлена на рис. 7.28.

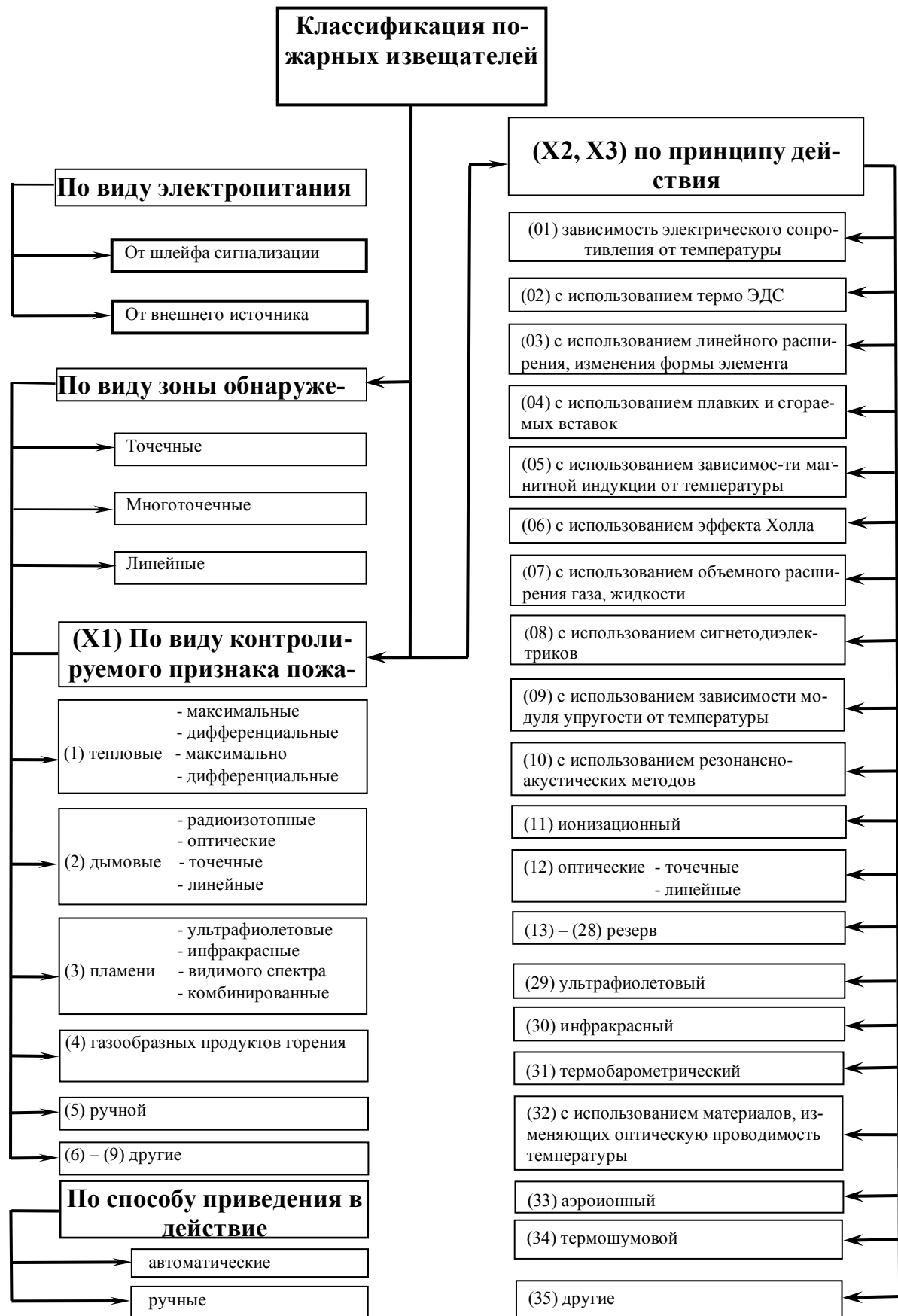


Рис.7.28. Классификация пожарных извещателей

В соответствии ГОСТ 22522-91 "Извещатели радиоизотопные пожарные. Общие технические условия" для радиоизотопных извещателей устанавливается следующая форма условного обозначения:

$$ИП-211-X_1 X_2 X_3$$

где ИП — определяет название «извещатель пожарный»; 2 — признак пожара, на который реагирует радиоизотопный извещатель — дым; 11 — принцип действия пожарного извещателя — радиоизотопный;  $X_1$  — порядковый номер разработки радиоизотопного извещателя;  $X_2$  — модификация радиоизотопного извещателя; обозначается русской прописной буквой в алфавитном порядке; при обозначении основного варианта не указывается; первая модификация обозначается буквой А;  $X_3$  — шифр предприятия-разработчика.

### 9.1.3. Приёмно-контрольные приборы

Приёмно-контрольные приборы относятся к техническим средствам контроля и регистрации информации. Они предназначены для непрерывного сбора информации от извещателей, включенных в шлейф сигнализации, анализа тревожной ситуации на объекте, формирование и передача извещений о состоянии объекта на пульт централизованного наблюдения, а также управления местными световыми и звуковыми оповещателями и индикаторами. Кроме этого, приборы обеспечивают сдачу и снятие объекта с охраны по принятой тактике, а также в ряде случаев — электропитание извещателей.

Приборы являются основными элементами, формирующими на объекте информационно-аналитическую систему — пожарной сигнализации (см. рис. 7.29). Такая система может быть автономной или централизованной. В первом случае приборы устанавливаются в помещении (пункте) охраны, размещаемом на охраняемом объекте или в непосредственной близости от него. При централизованной охране объектовый комплекс технических средств, формируемый одним или несколькими приборами, образует объектовую подсистему пожарной сигнализации, которая с помощью передачи извещений передаёт в заданном виде информацию о состоянии объекта на пульт централизованного наблюдения, размещаемый в центре приёма извещений о тревоге (пункте централизованной охраны).

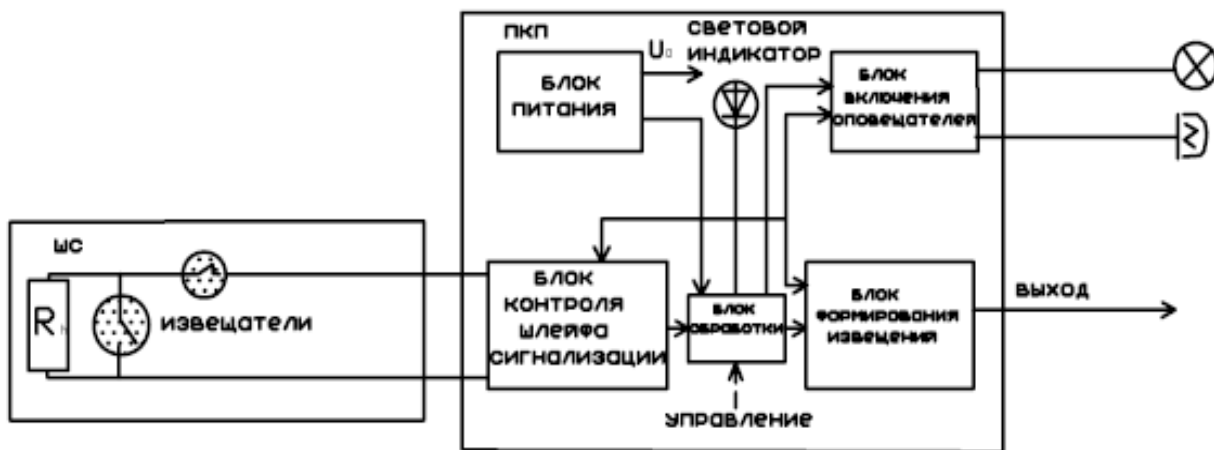


Рис. 7.29. Типовая функциональная схема приёмно-контрольного прибора малой информационной ёмкости

Шлейф сигнализации с установленными в него извещателями подключается к блоку контроля, который осуществляет его электропитание и анализ по нескольким параметрам. К этим параметрам относятся, прежде всего, амплитудные значения контролируемых электрических сигналов, а также их временные характеристики, позволяющие выделить сигнал при срабатывании извещателя или нарушении нормального состояния шлейфа (его обрыв или короткое замыкание) и отличить его от возможного сигнала помехи.

При повышении контролируемых параметров шлейфа сигнализации установленных пороговых значений на выходе блока контроля формируется нормируемый по величине сигнал. Он поступает в блок обработки, в котором осуществляется логический анализ и формирование выходных сигналов, управляющих блоком включения оповещателей, а также блоком формирования извещений. Блок обработки определяет тактику сдачи/снятия объекта с охраны, режим включения светового и звукового оповещателей, характеристики формируемых извещений.

Основные параметры стыков: «прибор — шлейф сигнализации», «прибор — оповещатели», «прибор — линия пульта централизованного наблюдения», «прибор — источник электропитания» определены в нормативных документах, в том числе в действующих Государственных стандартах.

Параметры стыка «*прибор — шлейф сигнализации*» определяют возможность совместной работы прибора с извещателями, включёнными в шлейф, их электропитание (при необходимости), а также высокую достоверность передачи тревожного извещения от извещателя к прибору

Установлен следующий параметрический ряд для максимально допустимого сопротивления шлейфа сигнализации без учёта сопротивления выносного элемента и при фиксированном значении сопротивления утечки между проводами шлейфа сигнализации и (или) между каждым проводом и землёй: 0,1; 0,15; 0,27; 0,47; 0,68; 1,0 кОм. При сопротивлении утечки между проводами шлейфа сигнализации не менее 20 кОм максимальное значение сопротивления шлейфа в ряду составляет 1,0 кОм, при сопротивлении утечки между проводами шлейфа сигнализации не менее 50 кОм – не более 0,47 кОм. В выбранном диапазоне значений параметров шлейфа приборы должны сохранять работоспособность и находить в дежурном режиме работы.

Прибор должен переходить в режиме «*Тревога*» с выдачей соответствующего извещения при нарушении шлейфа сигнализации (или срабатывании извещателей) длительностью более 70 мс и должен оставаться в дежурном режиме при нарушении шлейфа длительностью менее 50 мс.

Параметры стыка «*прибор — оповещатели*» регламентирует предельную мощность подключаемых к прибору оповещателей. Для оповещателей, питающихся от сети переменного тока 220 В частотой 50 Гц, эта мощность должна быть не более 60 ВА и обычно ограничена устанавливаемым в приборе предохранителем. Приборы должны выдерживать аварийное включение таких оповещателей в течение не менее суток.

Параметры стыка «прибор — линия пульта централизованного наблюдения» определяют возможность совместной работы прибора с системой передачи извещений или другим прибором.

Перечисленные параметры формируют группу технических требований, входящую в соответствующие разделы основных эксплуатационных документов на прибор. Кроме того, указываются массогабаритные параметры прибора, тактические параметры, показатели помехозащищённости, устойчивости к воздействию внешней среды, надёжности и некоторые другие.

Принцип работы приёмно-контрольных приборов представлен в виде блок-схемы на (см. рис. 7.30). Пожарные и охранные извещатели (И) включаются в линейный комплект (ЛК), который питается от основного (БП) и резервного (РБП) блока питания. При получении сигнала тревоги от извещателей линейный комплект включает выносные акустический и оптический сигнализаторы через устройство включения сигнализации. В качестве выносных сигнализаторов применяют звонки громкого боя, ревуны, в качестве оптических лампы накаливания с арматурой, окрашенной в красный цвет. Если прибор включают в систему централизованного наблюдения (ЦН), то вместо выносных сигнализаторов устройство включения сигнализации подсоединяют к оконечному устройству ОУ системы ЦН.

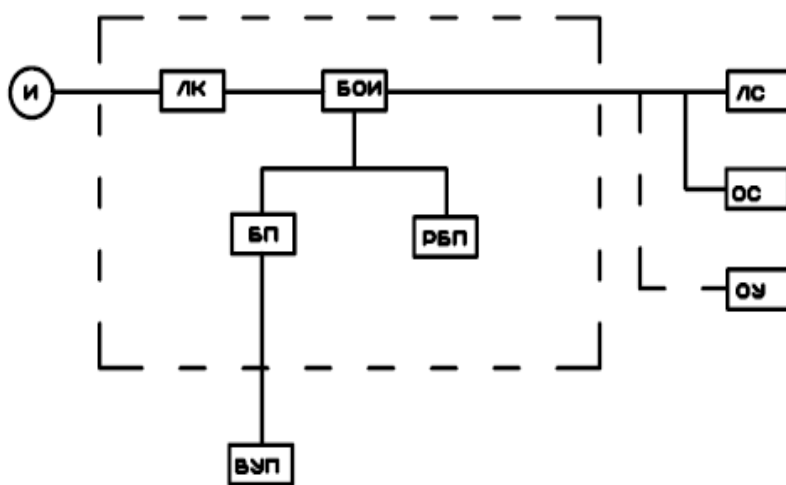


Рис. 7.30. Блок-схема приёмно-контрольного прибора:

АС — акустическая сигнализация; ОС — оптическая сигнализация; И — пожарные и охранные извещатели; ЛК — линейный комплект; БП — блок питания; РБП — резервный блок питания; ОУ — оконечное устройство; ВУП — внешнее устройство

В основу для классификации приёмно-контрольных приборов положена их информационная ёмкость и информативность. Под *информационной ёмкостью* понимают количественную характеристику использования устройством каналов связи с извещателями. Информационная ёмкость численно равна количеству шлейфов сигнализации, подключаемых и одновременно контролируемых приёмно-контрольным прибором. В соответствии с этим приёмно-контрольные приборы подразделяются на:

- малой информационной ёмкости — от 1 до 5 подключаемых шлейфов сигнализации;
- средней информационной ёмкости — от 6 до 50 подключаемых шлейфов сигнализации;
- большой информационной ёмкости — более 50 подключаемых шлейфов сигнализации.

*Информативность* соответствует суммарному количеству тревожных и служебных извещений, формируемых приёмно-контрольным прибором на пульт централизованной охраны («норма», «тревога», «нападение», «пожар», «неисправность» и т.п.), а также отображаемых на объекте с помощью звуковой и световой сигнализации. Различают приёмно-контрольные приборы:

- малой информативности — до 2 извещений;
- средней информативности — от 3 до 5 извещений;
- большой информативности — более 5 извещений.

Приборы средней и большой информационной ёмкости могут классифицироваться также по возможности резервирования составных частей на «без резервирования» и «с резервированием».

Современные приборы по конструктивному исполнению и особенностям функционирования можно разделить на приборы для охраны объектов, квартир, а также специальных помещений (например, пожаро- и взрывоопасных).

По устойчивости к воздействию климатических факторов окружающей среды приборы относятся к техническим, предназначенным для эксплуатации внутри зданий, при этом в зависимости от диапазона рабочих температур их можно подразделить на приборы для отапливаемых и неотапливаемых помещений.

По виду электропитания и организации его резервирования: различают приборы с питанием от сети с переменного тока, от автономного источника питания, без резервирования электропитания, с резервированием от источника постоянного тока, переключаемые на пульт централизованного наблюдения.

По виду используемых каналов связи приборы можно разделить на проводные (шлейфовые) и беспроводные. Современные беспроводные приборы используют для связи с извещателями в основном радиоканал.

Сокращённое обозначение приёмно-контрольных приборов имеет следующую структурную формулу:

$$X1X2X3 \frac{X4}{X5} - \frac{X6}{X7} X8,$$

где  $X1$  — сокращённое обозначение наименования технического средства, характеризующий его функциональное назначение по отношению к потоку информации и область применения технического средства: ППКО — прибор приёмно-контрольный охранный; ППКОП — прибор приёмно-контрольный охранно-пожарный;  $X2$  — тип используемого канала связи:

- 01 — по специальным проводным линиям радиальной структуры;
- 02 — по специальным проводным линиям цепочечной структуры;
- 03 — по специальным проводным линиям древовидной структуры;

04 — по выделенным линиям телефонной сети;  
05 — по линиям телефонной сети, переключаемым на период охраны;  
06 — по занятым линиям телефонной сети;  
07 — по каналам аппаратуры уплотнения, используемой в телефонной сети;  
08 — по низковольтной электрической сети;  
09 — по радиотрансляционной сети;  
10 — по радиоканалу;  
11 — по оптическому каналу;  
12 – 28 — резерв;  
29 — по другим каналам связи;  
*X4* — базовое (без наращивания) количество контролируемых направлений; *X5* — максимальное количество контролируемых направлений, достигаемое наращиванием с помощью блочной или модульной конструкции (при отсутствии наращивания *X5* не приводится); *X6* — порядковый номер разработки данного типа технического средства; *X7* — порядковый номер конструктивной модификации; *X8* — русская прописная буква, характеризующая модернизацию технического средства (первая модернизация – буква А).

#### **9.1.4. Общие сведения о пожаротушении**

Для подавления горения необходимо, чтобы было выполнено хотя бы одно из следующих условий:

- изоляция очага горения от воздуха или снижение концентрации кислорода разбавлением негорючими газами до содержания, при котором не может происходить горение;
- охлаждение очага горения ниже определённой температуры;
- торможение (ингибиторами) химических реакций и пламени;
- механический срыв пламени струей воды или газа;
- создание условий огнепреграждения, при которых пламя распространяется через узкие каналы.

Все существующие огнетушащие вещества оказывают, как правило, комбинированное воздействие на процесс горения. Например, вода может охлаждать и изолировать (или разбавлять) источник горения. Наиболее эффективные газосодержащие средства воздействуют на процесс горения одновременно и как ингибиторы и как разбавители. Порошки могут ингибировать горение и создавать условия для огнепреграждения при образовании устойчивого порошкового облака.

Однако любое огнетушащее вещество обладает каким-либо доминирующим свойством. Например, вода оказывает преимущественно охлаждающее воздействие на пламя, пена – изолирующее. Огнетушащие вещества на основе галоидоуглеводородов и порошковые составы — ингибирующее действие. Кроме того, проявление того или иного свойства огнетушащего вещества зависит от условий

его применения. Некоторые порошковые составы при тушении горящих металлов проявляют в основном изолирующее действие, а при подавлении горения углеводородов — ингибирующее.

Поэтому при выборе средств тушения следует исходить из возможности получения наивысшего огнетушащего эффекта при минимальных затратах.

Важнейшими параметрами, определяющими условия тушения пожара, являются:

- физико-химические свойства горящего материала, от которых зависит выбор огнетушащего вещества;
- пожарная нагрузка;
- скорость выгорания пожарной нагрузки;
- газообмен очага пожара с окружающей средой и внешней атмосферой;
- теплообмен между очагом пожара и окружающими материалами и конструкциями;
- метеорологические условия.

Пожары классифицируют в зависимости от физико-химических свойств горючих материалов и возможности их тушения различными огнетушащими веществами (табл. 7.2).

Пожарная нагрузка (в состав которой входят также горючие конструктивные элементы зданий) и скорость ее выгорания определяют основные характеристики пожара, такие как температурный режим и продолжительность пожара, опасные факторы пожара, воздействующие на людей и т.д. Параметры развития пожара зависят от вида и величины пожарной нагрузки.

Существуют различные способы пожаротушения. Их классифицируют по виду используемых огнетушащих веществ, методу их применения, особенностям окружающей обстановки, назначению и т.д. Пожаротушение подразделяют на поверхностное, когда подача огнетушащих веществ производится в очаг горения, и объемное, при котором в районе пожара создается среда, не поддерживающая горение.

Поверхностное тушение, называемое также тушением пожара по площади, подходит почти для всех видов пожара и требует использование огнетушащих составов, которые можно подавать в очаг пожара на расстоянии (жидкостные, пены, порошки). Объемное тушение применяют в ограниченном объеме (в помещениях, отсеках, галереях и т.п.) оно основано на создании огнетушащей среды во всем объеме защищаемого объекта.

Поверхностное тушение применимо к пожарам I класса, а объемное — II класса. Иногда объемное тушение используют для противопожарной защиты локального участка значительного объема (например, в больших помещениях), но при этом предусматривают повышенный расход огнетушащих веществ.

Таблица 7.2.



## Классы пожаров.

<b>Класс (подкласс) пожара</b>	<b>Характеристика горючей среды</b>	<b>Рекомендуемые средства тушения</b>
<b>A1</b>	Твёрдые тлеющие материалы (древесина, бумага, текстиль)	Вода со смачивателями, распылённая вода, пены, порошок типа Пирант
<b>A2</b>	Твёрдые нетлеющие, в том числе плавящиеся материалы (резина, каучук, полимерные материалы)	Вода, пены, порошок, хладонны
<b>B1</b>	Полярные горючие и ЛВЖ, на которых интенсивно разрушаются пены (спирты, эфиры, и др. кислородсодержащие углеводороды)	Вода, пены, устойчивые к действию полярных жидкостей, порошок ПС Б-3, газовые составы
<b>B2</b>	Неполярные горючие жидкости и ЛВЖ и плавящиеся при нагревании вещества (бензин, керосин, мазут, масла, стеарин, некоторые синтетические материалы)	Вода, пены, порошки, газовые составы
<b>C</b>	Газообразные горючие вещества (пропан, метан и др.)	Вода (для охлаждения оборудования), порошки ПХК, пены, газовые составы
<b>D1</b>	Металлы за исключением щелочных	Порошок типа ПХК, азот
<b>D2</b>	Щелочные металлы	Порошок типа ПХК
<b>D3</b>	Металлсодержащие вещества (металлорганические соединения, гидриды металлов и т.п.)	Порошки, диоксид углерода, инертные газы
<b>E</b>	Пожары горючих веществ и материалов электроустановок, находящихся под напряжением	Порошки, диоксид углерода, инертные газы
<b>F</b>	Пожары ядерных материалов, радиоактивных отходов и радиоактивных веществ	Порошки, диоксид углерода, инертные газы

Для объёмного тушения требуются огнетушащие вещества, способные распределяться в атмосфере защищаемого объёма и создавать в каждом элементе огнетушащую концентрацию (газовые, аэрозольные и порошковые составы). Способ объёмного тушения является более прогрессивным, поскольку он обеспечивает не только быстрое и надежное прекращение горения в любой точке защищаемого объёма, но и флегматизирует горение в объёме, т. е. предупреждает образование взрывоопасной среды. Кроме того, благодаря лёгкости автоматизации, скорости действия и другим преимуществам этот способ экономически более выгоден.

В зависимости от вида применяемой пожарной техники разделяют тушение первичными средствами — огнетушителями (переносными и перевозными) и размещаемыми в здании пожарными кранами передвижными средствами — пожарными автомобилями, а также стационарными — специальными установками с запасом огнетушащих веществ, приводимыми в действие автоматически или вручную, лафетными стволами и т. д. Поверхностное тушение может осуществляться всеми видами пожарной техники, но преимущественно первичными средствами и с помощью передвижных установок, а объемное тушение — посредством стационарных установок.

### 9.1.5. Огнетушащие вещества

К средствам тушения пожаров относятся огнетушащие вещества.

*К огнетушащим веществам* относятся: вода, пена, водные растворы солей, инертные и негорючие газы, водяной пар, галоидоуглеводородные огнетушащие составы и сухие огнетушащие порошки.

*Вода* — наиболее распространенное и доступное средство тушения. Попадая в зону горения, она нагревается и испаряется, поглощая большое количество теплоты, что способствует охлаждению горючих веществ. При ее испарении образуется пар (из 1 л воды — более 1700 л пара), который ограничивает доступ воздуха к очагу горения. Воду применяют для тушения твердых горючих веществ и материалов, тяжелых нефтепродуктов, а также для создания водяных завес и охлаждения объектов, находящихся вблизи очага пожара. Тонкораспыленной водой можно тушить даже легковоспламеняющиеся жидкости. Для тушения плохо смачиваемых веществ (хлопок, торф) в нее вводят вещества, снижающие поверхностное натяжение.

*Пена* — это смесь газа с жидкостью. Пузырьки газа могут образовываться в результате химических процессов или механического смешения газа с жидкостью. Чем меньше размеры образующих пузырьков и сила поверхностного натяжения пленки жидкости, тем более устойчива пена. При небольшой плотности (0,1 – 0,2 г/см) пена растекается по поверхности горючей жидкости, изолируя ее от пламени. В итоге прекращается поступление паров в зону горения при одновременном охлаждении поверхности жидкости.

*Пена* бывает двух видов: химическая и воздушно-механическая.

*Химическая пена.* Образуется при взаимодействии карбоната и бикарбоната натрия с кислотой в присутствии пенообразователя. Такую пену получают в инжекторных переносных приборах (пеногенераторах) из пенопорошка и воды. Пенопорошок состоит из сухих солей (сернокислотного алюминия, бикарбоната натрия) и лакричного экстракта, или другого пенообразующего вещества, который при взаимодействии с водой растворяется и немедленно реагирует с образованием двуокиси углерода. В результате выделения большого количества двуокиси углерода получается плотный покров устойчивой пены (слой толщиной 7 – 10 см), малоразрушающийся от действия пламени, не взаимодействующий с нефтепродуктами и не пропускающий пары жидкости.

*Воздушно-механическая пена* (ВМП). Представляет собой смесь воздуха, воды и пенообразователя. Она может быть обычной — 90 % воздуха и 10 % водного раствора пенообразователя (кратность до 12 %) и высокократной — 99 % воздуха, около 1 % воды и 0,04 % пенообразователя (кратность 100 % и больше). Стойкость воздушно-механической пены несколько меньше, чем пены химической. Стойкость уменьшается с увеличением показателя кратности пены. Огнетушащее действие воздушно-механической пены основано на термовлагоизоляции и охлаждении горючих веществ. На поверхности горящих жидкостей пена образует устойчивую пленку, не разрушающуюся под действием пламени в течение 30 минут, что достаточно для тушения горючих и легковоспламеняющихся жидкостей в резервуарах любых диаметров. Воздушно-механическая пена совершенно безвредна для людей, не вызывает коррозии металлов, практически электронейтральна и весьма экономична. Ее применяют также для тушения твердых горючих веществ — таких, как дерево, химические волокна и другие.

*Пенообразователи* представляют собой водные растворы ПАВ и предназначены для получения воздушно-механической пены и растворов смачивателей, используемых при тушении пожаров.

Пенообразователи подразделяются на две группы в зависимости от применения: пенообразователи общего назначения и пенообразователи целевого назначения. По химическому составу пенообразователи бывают: синтетические углеводородные и синтетические фторсодержащие. Фторсодержащие пенообразователи, как правило — целевого назначения.

**ПО-6СП** — синтетический, углеводородный, биоразлагаемый **пенообразователь общего назначения**, предназначенный для тушения пожаров классов *A* и *B* с применением пены низкой и средней кратности, а также для приготовления раствора смачивателя.

**ПО-6СПС** — синтетический биоразлагаемый **пенообразователь целевого назначения** с повышенной огнетушащей способностью, предназначенный для тушения пожаров классов *A* и *B* с применением пены низкой и средней кратности.

**ПО-6СПМ** — синтетический биоразлагаемый **пенообразователь целевого назначения**, предназначенный для получения пены низкой, средней и высокой кратности с использованием морской и пресной воды при тушении пожаров классов *A* и *B* на судах и объектах морского и речного флота.

*Инертные и негорючие газы* (диоксид углерода, азот, водяной пар). Инертные газы и водяной пар обладают свойством быстро смешиваться с горючими парами и газами, понижая при этом концентрацию кислорода, способствуя прекращению горения большинства горючих веществ. Огнетушащее действие инертных газов и водяного пара объясняется также тем, что они разбавляют горючую среду, снижая при этом температуру в очаге пожара, в результате чего происходит затруднение процесса горения.

Двуокись углерода широко применяют для ускорения ликвидации очага горения (в течение 2 – 10 секунд), что особенно важно при тушении небольших по площади поверхностей горючих жидкостей, двигателей внутреннего сгорания, электродвигателей и других электротехнических установок, а также для преду-

преждения воспламенения и взрыва при хранении легковоспламеняющихся жидкостей, изготовлении и транспортировке горючих пылей (например, угольных). Для тушения пожаров двуокисью углерода используются автоматические стационарные установки, а также ручные передвижные и переносные огнетушители.

Инертными и негорючими газами можно гасить любые очаги, включая электроустановки. Исключение составляет диоксид углерода, который нельзя применять для тушения щелочных металлов, поскольку при этом происходит реакция его восстановления.

*Огнетушащие порошки* представляют собой мелкодисперсные минеральные соли с различными добавками, препятствующими их слеживанию и комкованию. Для ликвидации небольших очагов возгораний веществ, не поддающихся тушению водой и другими нейтрализующими средствами, применяют огнетушащие порошки. К ним относятся хлориды щелочных и щелочноземельных металлов (флюсы), альбумин — содержащие вещества, сухой остаток от выпаривания сульфатных щелочей, карналлит, двууглекислые и углекислые соды, поташ, кварцы, твердая двуокись углерода, песок, земля и другие. Огнетушащее действие порошкообразных веществ заключается в том, что они при плавлении, сопровождаемом образованием пленки, и своей массой изолируют зону пожара, затрудняют доступ воздуха к нему, охлаждают горючее вещество, механически сбивают пламя. Возле места их хранения надо иметь не менее 1 – 2 лопат.

Их огнетушащая способность в несколько раз превышает способность галоидоуглеводородов. Одним из важных преимуществ огнетушащих порошков является универсальность. Порошками можно тушить почти все материалы и вещества в различных агрегатных состояниях (твердые, жидкие, плавящиеся при нагревании, газообразные) в широком диапазоне эксплуатационных температур. Порошковые составы применяются для ликвидации пожаров различных классов: *A* — горение твердых веществ, как сопровождаемых тлением (древесина, бумага, текстиль, уголь и др.), так и не сопровождаемых тлением (пластмасса, каучук); *B* — горение жидких веществ (бензин, нефтепродукты, спирты, растворители и др.); *C* — горение газообразных веществ (бытовой газ, аммиак, пропан и др.); *D* — горение металлов и металлосодержащих веществ (магний, калий, натрий и др.); *E* — горение материалов в электрических установках под напряжением. Порошки, применяющиеся для тушения пожаров классов *A*, *B*, *C*, *E*, называются «универсальные» или «огнетушащие порошки общего назначения». В этом случае прекращение горения достигается путем создания порошкового облака, которое окутывает очаг горения. Порошки, предназначенные для тушения только пожаров *B*, *C*, *E* или *D*, называются «специальные» или «огнетушащие порошки специального назначения». Тушение такими порошками достигается путем изоляции горячей поверхности от окружающего воздуха.

*Порошки огнетушащие* используют для снаряжения порошковых огнетушителей, установок пожаротушения и специальных пожарных автомобилей.

*Огнетушащие порошки* могут применяться на открытом воздухе и в закрытом помещении при любых метеорологических условиях в диапазоне температур

от -50 до +50 °С, а также для тушения электроустановок, находящихся под напряжением до 1000 В.

Помимо универсальности, установки порошкового пожаротушения обладают рядом других достоинств:

- высокая огнетушащая способность;
- быстрое действие;
- низкая стоимость противопожарной защиты объектов;
- экологическая безопасность (отсутствие токсичных компонентов, озоноразрушающих веществ, низкая коррозионная активность, химическая инертность), так как основой порошков являются минеральные удобрения;
- по сравнению с установками водяного и пенного тушения, наносят минимальный косвенный ущерб от пожара, причиненный помещению и находящемуся в нем имуществу – огнетушащий порошок легко удаляется пылесосом или веником;
- возможность применения в условиях низких температур, когда использование воды, пены, двуокиси углерода и других средств неэффективно, экономически невыгодно или недопустимо;
- по сравнению с установками газового и аэрозольного тушения, низкая требовательность к герметичности помещений;
- разнообразие способов использования (стационарные установки, огнетушители, автомобили).

Среди однотипных огнетушащих порошков общего назначения можно особо выделить порошок «Феникс АВС-70», поскольку это единственный в России порошок, специально созданный для систем автоматического порошкового пожаротушения. «Феникс АВС-70» — это мелкодисперсный порошок повышенной огнетушащей эффективности. Гарантией качества порошка прежде всего можно назвать то, что в настоящее время он активно используется и другими ведущими российскими производителями средств автоматического пожаротушения для снаряжения своих порошковых модулей.

### **9.1.6. Первичные средства тушения пожаров**

К первичным средствам пожаротушения относятся внутренние пожарные краны, различного типа огнетушители, для тушения пожара используют песок, войлок, кошму, асбестовое полотно.

Первичные средства применяют для тушения небольших очагов пожара, они предназначены для локализации или тушения пожара на начальной стадии его развития, когда пожар ещё не вышел за границы места первоначального возникновения.

В соответствии с ГОСТ 12.1.004 все производственные помещения и склады должны быть обеспечены первичными средствами пожаротушения.

*Внутренний пожарный кран* — это элемент внутреннего пожарного водопровода. Пожарные краны размещают на высоте 1,35 м от пола на лестничных клетках, у входа, в коридорах. Кран снабжен рукавом диаметром 50 мм, длиной 10 или 20 м. В каждом защищаемом помещении должно быть не менее двух по-

жарных кранов. Расход воды необходимой для функционирования внутренних пожарных кранов, принимают, исходя из условий подачи воды на одну или две струи. Производительность каждой струи должна быть не менее 2,5 л/с.

**Огнетушитель** в соответствии с ГОСТ 12.2.047 — это переносное или передвижное устройство, обеспечивающее тушение очага пожара за счёт выпуска запасенного огнетушащего вещества.

Классификацию огнетушителей осуществляют по способу доставки к очагу пожара, виду применяемых огнетушащих веществ, принципу вытеснения огнетушащих веществ, величине рабочего давления вытесняемого газа, возможности и способу восстановления технического ресурса, назначению тушения пожаров различных классов.

**По способу доставки** к очагу пожара огнетушители делят на переносные (массой до 20 кг) и передвижные (массой до 400 кг). Передвижные огнетушители могут иметь одну или несколько емкостей для зарядки огнетушащих веществ, смонтированных на тележке, Наличие колёс или тележки является отличительной особенностью передвижных огнетушителей.

В зависимости от **вида применяемых огнетушащих веществ** огнетушители подразделяются на классы:

#### 1. Водные (ОВ).

Водные огнетушители по виду выходящей струи делят:

- на огнетушители с компактной струей ОВ (К);
- с распыленной струей ОВ (Р), средний диаметр капель более 100 мкм;
- с мелкодисперсной распыленной струей ОВ (М), средний диаметр капель менее 100 мкм.

#### 2. Пенные.

Эти огнетушители разделяют:

- на химические пенные (ОХП), заряженные химическими веществами, которые в момент приведения в действие вступают в реакцию с образованием пены и избыточного давления;
- воздушно-пенные (ОВП), заряженные водным раствором пенообразующих добавок и специальной насадкой, в которой за счёт эжекции воздуха образуется и формируется струя воздушно-механической пены.

Воздушно-пенные по параметрам формируемого ими пенного потока подразделяют на огнетушители низкой кратности ОВП (Н) с кратностью пены от 5 до 20 и средней кратности ОВП (С) с кратностью от 20 до 200.

В зависимости от химической природы заряда воздушно-пенные подразделяют на огнетушители с углеводородным ОВП (У) и фторсодержащим ОВП (Ф) зарядами.

#### 3. Порошковые (ОП).

Огнетушащие порошки в зависимости от класса пожара делят на следующие типы: *ABCE* — основным активным компонентом которого являются фосфорно-аммонийные соли; *BCE* — основным компонентом этих порошков могут быть бикарбонат натрия или калия, хлорид калия, сульфат калия и сплав мочевины с

солями угольной кислоты; *D* — в них основной компонент может быть представлен хлоридом калия, графитом и т. д.

В зависимости от назначения порошковые составы делятся на порошки общего назначения (типа *ABCE* и *BCE*) и порошки специального назначения, которыми тушат, как правило, не только пожары класса *D*, но и пожары других классов.

#### 4. Газовые.

Они подразделяются на углекислотные (*OU*) — с зарядом из диоксида углерода и хладоновые (*OX*) — с зарядом огнетушащего вещества на основе галоидированных углеводородов.

#### 5. Комбинированные.

В этот класс относят огнетушители, заряженные двумя различными огнетушащими веществами, например, порошком и раствором пенообразователя, размещёнными в разных емкостях огнетушителя.

По назначению огнетушители подразделяются на следующие виды:

- для твёрдых горючих веществ (пожары класса *A*);
- для жидких горючих веществ (пожары класса *B*);
- для газообразных горючих веществ (пожары класса *C*);
- для электроустановок под напряжением (пожары класса *E*).

Огнетушители следует располагать на объектах в соответствии с ГОСТ 12.4.009 таким образом, чтобы они были защищены от прямых солнечных лучей, тепловых воздействий и других неблагоприятных факторов (вибрации, агрессивной среды и повышенной влажности).

Первичные средства пожаротушения в производственных и складских помещениях, а также на территории защищаемых объектов должны оборудоваться пожарными щитами.

## 9.2. Установки, машины и аппараты для пожаротушения

### 9.2.1. Автоматические установки пожаротушения

*Автоматическая установка пожаротушения* (АУПТ) — это совокупность автоматических стационарных технических средств, автоматически срабатывающих при превышении контролируемым фактором (факторами) пожара установленных пороговых значений в защищаемой зоне, и предназначенных для тушения пожара за счет выпуска огнетушащего вещества.

АУПТ обеспечивает:

- обнаружение пожара;
- его ликвидацию или локализацию;
- формирование тревожного сигнала для оповещения людей и вызова оперативных подразделений пожарной охраны.

Исторически сложилось требование, что установки пожаротушения одновременно должны выполнять функции АПС. Это требование нашло отражение в НПБ 88-2001\*. Установки пожаротушения и сигнализации. Нормы и правила проектирования.

В реальных условиях возникший пожар имеет труднопредсказуемые формы и размеры, поэтому стационарные установки пожаротушения, как правило, обеспечивают локализацию загорания чаще, чем полное тушение.

Традиционно во всем мире большое количество объектов, особенно промышленных и складских, защищается автоматическими водяными и пенными установками пожаротушения.

### **9.2.1.1. Классификация и структура построения автоматических установок пожаротушения.**

Установки автоматического пожаротушения можно классифицировать по их назначению (1), виду используемого огнетушащего средства (2), принципу тушения (3), инерционности (4), продолжительности действия (5), виду побудительной системы (6), конструктивному исполнению (7) и др.

#### **1. По назначению установки подразделяются на:**

- установки предупреждения;
- установки тушения;
- установки сдерживания горения (локализации пожара);
- установки блокирования объектов от пожара.

**1.1. Установки для предупреждения пожаров** предназначены для введения в опасную зону огнетушащих средств или изменения режима работы технологического агрегата и тем самым предотвращения возникновения взрывов и загораний.

**1.2. Установки для тушения пожаров** предназначены для полной ликвидации очагов горения огнетушащим средством или создания условий, в которых горение прекращается.

**1.3. Установки локализации пожаров** предназначены для сдерживания развития очага горения воздействием огнетушащих средств на огонь до прибытия подразделений пожарной охраны. Эти установки используют также в тех случаях, когда тушение пожара невозможно или нецелесообразно.

**1.4. Установки блокирования от пожаров** предназначены для защиты объектов от опасного воздействия возникающих при пожаре высоких температур, например, для защиты технологических установок с емкостными аппаратами, содержащих ЛВЖ и горючие газы, строительные металлические конструкции и др. Подобные установки применяют для охлаждения и создания завес, когда тушение или локализация пожаров невозможны и нецелесообразны по тактико-техническим соображениям.

**2. Установки пожаротушения классифицируются в зависимости от используемых в них средств тушения пожаров:**

**2.1. Водяные** — для подачи сплошных, капельных, распыленных и мелко-распыленных водяных струй.

Вода является наиболее широко применяемым огнетушащим средством тушения пожаров в различных агрегатных состояниях.

Факторы, обуславливающие достоинства воды, это:

- доступность и дешевизна;



- высокая скрытая теплота испарения;
- подвижность;
- химическая нейтральность и отсутствие ядовитости.

Огнетушащая способность воды обуславливается охлаждающим действием, разбавлением горючей среды, образующимся при испарении парами и механическим воздействием, т.е. срывом пламени.

При горении твердых материалов основную роль в пожаротушении играет охлаждение поверхности.

**Недостатки воды**, как огнетушащего средства:

- высокая температура замерзания;
- высокая коррозионная способность;
- электропроводность;
- ограничение по применению при тушении некоторых веществ:
- алюминий органические соединения (реагируют со взрывом);
- нефтепродукты (имея более низкую плотность всплывают и продолжают гореть);
- щелочные металлы: гидриты натрия, цинка и др. (разложение с выделением горючих газов);
- гидросульфит натрия (самовозгорание);
- серная кислота, термит, хлорид титана (сильный экзотермический эффект);
- битум, жиры, масла и т.д. (усиление горения в результате выброса, разбрызгивания, вскипания);
- плохая смачивающая способность.

Для исключения последнего из перечисленных недостатков воды применяют различные химические добавки, увеличивающие вязкость воды (т. е. поверхностно-активные вещества или смачиватели). В этом случае говорят о водохимических АУП.

**2.2. Пенные АУП** — для подачи пены.

К **достоинствам** тушения пенами можно причислить следующее:

- значительно сокращает расход воды;
- имеет более высокую смачивающую способность, чем вода;
- не требует одновременного перекрытия всей площади горения.

К основным **недостаткам** огнетушащих пен относятся:

- повышенная химическая агрессивность (коррозионная способность);
- повышенный расход при тушении вертикальных поверхностей;
- относительно высокая температура замерзания.

Огнетушащий эффект достигается за счет прекращения доступа кислорода к очагу горения.

**2.3. Газовые АУП** — для подачи диоксида углерода, хладонов, инертных газов, других ГОС.

Газовые огнетушащие вещества используются в АУП объемного тушения и условно разделяются на 2 вида:

– инертные разбавители — эффект тушения которых основан на создании в защищаемом помещении среды не поддерживающей горения. К ним относятся: диоксид углерода, азот, водяной пар и др;

– галогенуглеводородные составы (хладоны). Данные составы активно влияют на кинетику и химизм реакции в пламени и оказывают ингибирующее действие.

К основным **недостаткам** газовых АУП можно отнести возможное удушающее действие на людей, а также при использовании газовых АУП в больших помещениях возникают трудности обеспечения подачи требуемого количества газа за допустимое время, при этом требуется большое количество запаса огнетушащих веществ, дороговизна, избыточное давление.

Достоинства ГОС: отсутствие ущерба при взаимодействии веществ и материалов с газовым огнетушащим составом при тушении и ложных срабатываниях.

#### **2.4. Порошковые АУП** — для подачи порошковых составов.

Как известно, огнетушащие порошки представляют собой мелкоизмельченные минеральные соли с различными добавками. Они характеризуются самой высокой огнетушащей способностью, обеспечивают тушение даже таких материалов, которые невозможно потушить другими средствами.

Достоинства: возможность тушения электроустановок под напряжением, невысокая стоимость, безопасность для человека.

Недостатки: слеживаемость и комкование (за счет высокой гигроскопичности).

**2.5. Аэрозольные АУП** — для подачи аэрозольных составов. Аэрозольные огнетушащие составы являются принципиально новым средством тушения. Огнетушащий аэрозоль образуется при сгорании твердого заряда. Достоинства данного огнетушащего вещества:

- экологическая безопасность;
- отсутствие рабочего давления в корпусе АУП до момента приведения ее в действие;
- простота эксплуатации.

Недостатки: высокая температура огнетушащего аэрозоля при работе установки (до 400 °С), наличие тяги, работа аэрозольных АУПТ сопровождается потерей видимости, создание избыточного давления.

#### **2.6. Паровые АУПТ.**

Особенность: необходимо наличие мощного паросилового хозяйства.

**2.7. Комбинированные АУП** — для подачи нескольких средств тушения. Например, пены и порошка, воды и газа и др.

### **3. По принципу действия:**

– установки тушения по поверхности — установки пожаротушения воздействующие на горящую поверхность в защищаемой зоне, предназначенные для защиты всей площади помещения в случае возникновения пожара в любом месте. В качестве средств тушения служат распыленная вода, пена, порошки.

– установки объемного пожаротушения — установки пожаротушения для создания среды, не поддерживающей горение в защищаемом объеме, предназна-

ченные для защиты всего объема помещения при возникновении пожара в любом месте. В качестве средств тушения служат диоксид углерода, галогенпроизводные и инертные газы, пар, порошок, аэрозоль, пены высокой кратности;

– установки локального тушения, предназначенные для локальной защиты технологического оборудования и других объектов, расположенных в помещениях и на открытом воздухе. Такие установки применяют при неравномерном распределении сгораемых материалов на площади защищаемого объекта и неодинаковой вероятности загорания. Пожарные установки локального действия располагают вблизи возможного очага пожара. В них можно использовать огнетушащие средства любого вида.

– блокирующего действия.

**4. По инерционности (продолжительности пуска)** пожарные установки разделяются:

– на сверхбыстродействующие (безинерционные, продолжительность пуска до 0,1 с);

– на быстродействующие (продолжительность пуска 0,1 – 3 с);

– на средней инерционности (продолжительность пуска 3 – 30 с);

– на инерционные (продолжительность пуска свыше 30 с).

**5. По продолжительности действия (тушения)** пожарные установки могут быть:

– кратковременного действия (до 15 мин.);

– средней продолжительности (до 30 мин.);

– длительного действия (более 30 мин.).

**6. По виду пуска** различают:

– с гидравлическим пуском (трубопроводы со спринклерами, заполненные водой под давлением);

– пневматическим пуском (трубопроводы со спринклерами, заполненные сжатым воздухом);

– тросовым пуском (тросы с легкоплавкими замками);

– электропуском (автоматическая пожарная сигнализация), получили наиболее широкое распространение;

– комбинированным пуском.

**7. По конструктивному исполнению:**

– спринклерные;

– дренчерные;

– агрегатные (централизованные);

– модульные.

**Спринклерная** установка водяного (пенного) пожаротушения — автоматическая установка водяного (пенного) пожаротушения, оборудованная нормально закрытыми спринклерными оросителями, вскрывающимися при достижении определенной температуры.

**Дренчерная** установка водяного (пенного) пожаротушения — установка водяного (пенного) пожаротушения, оборудованная нормально открытыми дренчерными оросителями.

**Агрегатная** (централизованная) установка пожаротушения — установка пожаротушения, в которой технические средства обнаружения пожара, хранения, выпуска и транспортирования огнетушащего вещества конструктивно представляют собой самостоятельные единицы, монтируемые непосредственно на защищаемом объекте.

**Модульная** установка пожаротушения — нетрубопроводная автоматическая установка пожаротушения, предусматривающая размещение емкости с огнетушащим веществом и пусковым устройством непосредственно в защищаемом помещении (или около него).

Относительно модульных установок централизованные обладают следующими **недостатками**:

- громоздкость;
- большая протяженность коммуникаций;
- потребность в квалифицированных специалистах при проектировании и обслуживании;
- трудоемкость монтажа;
- наличие сложного энергетического хозяйства.

Как правило, централизованные АУПТ имеют общий запас огнетушащего вещества, систему магистрального и распределительного трубопроводов, запорно-пусковую аппаратуру, распылители и контрольно-сигнальные устройства. Для хранения запаса огнетушащего вещества необходимо отдельное помещение; магистральный и распределительный трубопроводы проходят через стены защищаемых помещений.

АУПТ модульного типа отличаются от централизованных установок тем, что запас огнетушащего вещества хранится непосредственно в каждом защищаемом помещении или около него, компактностью и универсальностью использования; простота конструкции позволяет осуществлять их монтаж в зависимости от потребностей производства с небольшими затратами времени. Модульные установки позволяют также при необходимости стыковку аналогичных установок для обеспечения совместного тушения на одном или нескольких объектах.

Модульный принцип систем автоматического пожаротушения широко применяется в нашей стране и за рубежом.

### **9.2.1.2. Условные обозначения узлов и деталей для установок водяного пожаротушения**

РД 25953-90. Системы автоматического пожаротушения, пожарной, охранной и охранно-пожарной сигнализации. Обозначения условные графические элементов регламентирует условные обозначения узлов и деталей для установок водяного пожаротушения. Их обозначения представлены в таблице №1.

#### **Установки водяного пожаротушения**

Согласно НПБ 88-2001\*, ГОСТ Р 50680-94 и ГОСТ Р 50800-95 водяное пожаротушение применяется в основном для ликвидации поверхностным способом пожаров классов А и В и используется для защиты различных складов, универмагов, помещений производства горючих натуральных и синтетических смол, пластмасс, резиновых технических изделий, кабельных каналов.

Иногда используется раствор воды со смачивателями для повышения ее проникающей (смачивающей) способности при тушении тлеющих материалов. В качестве добавок могут использоваться: водорастворимые полимеры («вязкая вода»); полиоксиэтилен («скользящая вода»); антифризы и соли.

### ***Классификация установок водяного и пенного пожаротушения***

Автоматические установки водяного пожаротушения подразделяются, в соответствии с ГОСТ Р 50680-94 **по конструктивному исполнению оросителя** на спринклерные и дренчерные.

*Спринклерные установки пожаротушения* предназначены для локального тушения в помещениях распыленной водой или низкократной пеной. Свое название они получили от применяемого в них оросителя — спринклера от английского слова sprinckle (брызгать, моросить).

Спринклер представляет из себя полуавтоматический кран для подачи ОТВ, который открывается при повышении температуры.

*Дренчерные установки пожаротушения* предназначены для обнаружения и тушения пожара по всей расчетной площади, а также для создания водяных завес. Свое название они получили от применяемого в них оросителя — дренчера от английского слова drench (мочить, орошать).

Необходимо помнить, что для запуска дренчерной установки необходима побудительная система.

Согласно НПБ 88-2001\*, ГОСТ Р 50680-94 и ГОСТ Р 50800-95 водяное пожаротушение применяется в основном для ликвидации поверхностным способом пожаров классов А и В и используется для защиты различных складов, универмагов, помещений производства горючих натуральных и синтетических смол, пластмасс, резиновых технических изделий, кабельных каналов, когда скорость распространения пламени велика.

Иногда используется раствор воды со смачивателями для повышения ее проникающей (смачивающей) способности при тушении тлеющих материалов. В качестве добавок могут использоваться: водорастворимые полимеры («вязкая вода»); полиоксиэтилен («скользящая вода»); антифризы и соли.

Спринклерные установки **по типу заполнения подводящего питательного и распределительного трубопроводов** водой или воздухом на водозаполненные и воздушные.

**Водозаполненными** — для помещений с минимальной температурой воздуха 5 °С и выше;

**Воздушными** — для неотапливаемых помещений зданий с минимальной температурой ниже 5 °С.

Установки **по времени срабатывания** подразделяют:

- на быстродействующие — продолжительность срабатывания не более 3 с;
- на среднеинерционные — продолжительное срабатывания не более 30 с;
- на инерционные — продолжительность срабатывания свыше 30 с, но и более 180 с.

**По продолжительности действия** установки подразделяют:

- на средней продолжительности действия — не более 30 мин;
- на длительного действия — свыше 30 мин, но не более 60 мин.

Дренчерные установки по виду привода бывают:

- электрические;
- гидравлические;
- пневматические;
- механические;
- комбинированные.

Установки пенного пожаротушения **по конструктивному исполнению** подразделяют, как и водяного, на спринклерные и дренчерные в зависимости от типа оросителей.

**Дренчерные установки** по виду привода так же подразделяют на электрические, гидравлические, пневматические, механические и комбинированные.

**Установки пенного пожаротушения** по времени срабатывания имеют аналогичные с водяными параметры быстродействия.

Установки **по способу тушения** подразделяют:

- на установки пожаротушения по площади;
- на установки объемного пожаротушения.

Отличительными характеристиками классификации установок пенного пожаротушения от водяного являются параметры **продолжительности действия и кратности пены**.

**По продолжительности действия** установки бывают:

- кратковременного действия — не более 10 мин;
- средней продолжительности — не более 15 мин;
- длительного действия — свыше 15 мин, но не более 25 мин.

Установки **по кратности пены** подразделяют:

- установки пожаротушения пеной низкой кратности (от 5 до 20);
- установки пожаротушения пеной средней кратности (свыше 20, но не более 200);
- установки пожаротушения пеной высокой кратности (свыше 200).

В соответствии с ГОСТ 4.99-83 пенообразователи разделены на две классификационные группы в зависимости **от применения**:

- общего назначения;
- целевого назначения.

В зависимости **от химического состава** (поверхностно-активной основы) пенообразователи подразделяют (ГОСТ Р 50588 93):

- синтетические углеводородные;

- синтетические фторсодержащие.

Кроме синтетических пенообразователей в ряде стран применяются также пенообразователи на протеиновой основе, в том числе содержащие фторированные поверхностно-активные вещества.

К пенообразователям общего назначения относятся: ПО-6К, ПО-ЗАИ, ПО-ЗНП, ТЭАС, ПО-6ТС. Они используются для получения огнетушащей пены и растворов смачивателей.

К пенообразователям целевого назначения относятся: САМПО, ПО-6ПП, ФОРЭТОЛ, «Универсальный», «Морской». Они используются для получения пены при тушении нефтепродуктов и горючих жидкостей различных классов, пожаровзрывоопасных объектов, а также для применения с морской водой.

### **Основные элементы и узлы спринклерных АУПТ.**

Основными элементами установок водяного пожаротушения являются:

- оросители;
- узлы управления;
- водопитатели;
- трубопроводы;
- система электроуправления.

Для водо-пенных систем — дозирующие устройства.

**Оросители (спринклерные и дренчерные)** предназначены для распыления воды и распределения ее по защищаемой площади при тушении пожаров или их локализации, а также для создания водяных завес.

**Дренчерные оросители** применяются для разбрызгивания воды над защищаемой поверхностью в дренчерных установках пожаротушения.

Классификация, типы и основные параметры оросителей приведены в *ГОСТ Р 51043-97 "Установки водяного и пенного пожаротушения автоматические. Оросители спринклерные и дренчерные. Общие технические требования. Методы испытаний"*.

**Спринклерные оросители** являются автоматически действующими устройствами. Они применяются для разбрызгивания воды над защищаемой поверхностью в спринклерных установках и в качестве побудителя в дренчерных установках пожаротушения.

Классификация, типы и основные параметры оросителей приведены в *ГОСТ Р 51043-97 "Установки водяного и пенного пожаротушения автоматические. Оросители спринклерные и дренчерные. Общие технические требования. Методы испытаний"*

По наличию **теплового замка оросители** подразделяют на спринклерные (С) и дренчерные.

По виду используемого **огнетушащего вещества** оросители подразделяют на водяные (В) и пенные (П).

**По монтажному расположению оросители** подразделяются:

- устанавливаемые вертикально розеткой вверх (В);
- устанавливаемые вертикально розеткой вниз (Н);

– устанавливаемые вертикально розеткой вверх или вниз (универсальные) (У);

– устанавливаемые горизонтально относительно оси оросителя (Г).

По виду покрытия корпуса оросители производят:

– без покрытия (о);

– декоративное (д);

– антикоррозионное (а).

По виду **теплового замка** оросители бывают:

– с плавким элементом (П) — легкоплавкий замок;

– с разрывным элементом (Р) — стеклянная колба, заполненная подкрашенным спиртом;

– с упругим элементом (У).

По **условному диаметру** выходного отверстия:

– водяные (8, 10, 12, 15, 20 мм);

– пенные (8, 10, 15 мм).

По **температуре срабатывания**: (57, 68, 72, 79, 93, 121, 141, 163, 182, 204, 227, 240, 260, 343 С<sup>0</sup>).

**Узел управления** — исполнительный орган в установках водяного и пенного пожаротушения, состоящий из контрольно-сигнального клапана, запорной арматуры контрольно-измерительных приборов и системы трубопроводов, обеспечивающей пропуск огнетушащего вещества в питающий трубопровод, формирование и выдачу команд на пуск других устройств, а также сигнала оповещения о пожаре.

КПУ (контрольно-пусковые узлы) предназначены для пуска АУПТ, сигнализации о пуске, остановки АУПТ, контроля за работоспособностью, заправки АУПТ огнетушащим веществом, проведения ТО и ремонтных работ.

Водяные установки пожаротушения имеют основной и автоматический водопитатели.

**Основной водопитатель** обеспечивает работу установки расчетными расходом и напором в течение нормированного времени работы установки. В качестве основного водопитателя в водяных установках используют водопроводы любого назначения с гарантированным напором и расходом, а также насосы-повысители.

**Автоматический водопитатель** служит для обеспечения расчетного расхода воды в течение времени, необходимого для выхода на рабочий режим резервного насоса.

В качестве автоматического водопитателя могут быть гидропневматические и водонапорные баки, а также водопроводы любого назначения.

**Дозирующие устройства:**

Дозирование — введение пенообразователя в воду для получения водного раствора пенообразователя определенной концентрации.

В настоящее время применяют пять способов дозирования:

1. Объемное дозирование.



При этом способе пенообразователь заранее готовится в баке. Недостатки: срок хранения уменьшается, необходимо строить большой резервуар для активного раствора, сложности при утилизации ПО).

2. Дозирование с применением бака-дозатора.
3. Дозирование с помощью автоматического дозатора с трубой Вентури.
4. Дозирование при помощи насосов дозаторов.
5. Дозирование путем эжектирования пенообразователя.

**Трубопроводы** — по прил. 2 табл. 1 НПБ 88–2001\*(стальные электросварные ГОСТ 10704-91 и стальные водогазопроводные ГОСТ 3262–75). В настоящее время при достаточном технико-экономическом обосновании только для спринклерных установок пожаротушения могут применяться пластиковые трубы.

### **Приборы управления водяными установками ПА**

Электроуправление установками пожаротушения включает в себя приборы и щиты (шкафы) управления для приема извещателей от приемно-контрольных приборов, которые формируют и выдают команды на включение автоматических установок и поддержания их в работоспособном состоянии.

#### **Электроуправление установок должно обеспечивать:**

- автоматический пуск рабочих насосов (пожарных и насосов-дозаторов);
- автоматический пуск резервных насосов в случае отказа пуска или невыхода рабочего насоса на режим в течение установленного времени;
- автоматическое включение запорной арматуры с электроприводом;
- автоматический пуск и отключение дренажного насоса;
- местное и при необходимости дистанционное управление насосами;
- местное управление устройствами компенсации утечки огнетушащего вещества и сжатого воздуха из трубопроводов и гидропневматических емкостей;
- автоматическое переключение цепей управления, сигнализации с рабочего ввода электроснабжения на резервный при исчезновении напряжения на рабочем вводе;
- отключение автоматического пуска насосов;
- автоматический контроль исправности электрических цепей электроклапанов, приборов, регистрирующих срабатывание узлов управления и формирующих командный импульс на автоматическое включение пожарных насосов, насосов-дозаторов;
- автоматический контроль аварийного уровня в резервуаре, в дренажном приемке, в емкости с пенообразователем при раздельном хранении;
- контроль исправности звуковой и световой сигнализации (по вызову);
- отключение звуковой сигнализации;
- формирование командного импульса для управления технологическим и электротехническим оборудованием объекта, а также системами оповещения о пожаре.

Устройства местного пуска и остановки насосов следует размещать в насосной станции. Допускается осуществлять запуск и остановку насосов из помещения пожарного поста.

Устройства переключения автоматического и дистанционного пуска насосов на местный следует размещать в насосной станции.

Устройства восстановления режима автоматического пуска установок должны быть размещены в помещении пожарного поста или в другом помещении с персоналом, ведущим круглосуточное дежурство.

**В помещении насосной станции следует предусматривать световую сигнализацию:**

- о наличии напряжения на рабочем и резервном вводах электроснабжения (по вызову);
- об отключении автоматического пуска пожарных насосов, насосов-дозаторов, дренажного насоса;
- о неисправности электрических цепей приборов, регистрирующих срабатывание узлов управления и выдающих командный импульс на включение установки и запорных устройств (по вызову с расшифровкой по направлениям);
- о неисправности электрических цепей управления электроventилями (с расшифровкой по направлениям по вызову), допускается выполнение визуальной индикации;
- о заклинивании электрозадвижек (по вызову с расшифровкой по направлениям);
- об аварийном уровне в пожарном резервуаре, емкости с пенообразователем, в дренажном приемке (общий сигнал).

**В помещении пожарного поста или другом помещении с персоналом, ведущим круглосуточное дежурство, необходимо предусматривать:**

**а) световую и звуковую сигнализацию:**

- возникновении пожара (с расшифровкой по направлениям);
- о пуске насосов;
- о начале работы установки с указанием направления, по которому подается огнетушащее вещество, или помещений (с расшифровкой по направлениям);
- об отключении автоматического пуска насосов;
- о неисправности установки, исчезновении напряжения на вводах электроснабжения, о падении давления в гидропневматической емкости, неисправности цепей электропитания аппаратуры пожарной сигнализации, о заклинивании электрозадвижек, неисправности цепей электроуправления запорных устройств (общий сигнал);
- об аварийном уровне воды, раствора пенообразователя, пенообразователя в резервуаре или емкости, дренажном приемке (общий сигнал);

**б) световую сигнализацию:**

- о наличии напряжения на вводах электроснабжения, подведенных к оборудованию установки, размещаемому в помещении пожарного поста или другом помещении с персоналом, ведущим круглосуточное дежурство;
- об отключении звуковой сигнализации о пожаре (при отсутствии автоматического восстановления сигнализации);

- об отключении звуковой сигнализации о повреждении (при отсутствии автоматического восстановления);
- о положении электрозадвижек (открыты).

Помещение пожарного поста или другое помещение с персоналом, ведущим круглосуточное дежурство, должны быть оборудованы **телефонной связью** с помещением станции пожаротушения и с пожарной охраной.

### 9.2.1.3. Установки тонкораспыленной воды

Традиционные установки водяного пожаротушения (спринклерные и дренчерные) не лишены ряда существенных недостатков:

- большие расходы воды на тушение (более  $0,08 \text{ л/с}^{-1}\text{м}^{-2}$ );
- возможность нанесения дополнительного ущерба за счет залива водой помещений и материальных ценностей;
- необходимость строительства капитальных инженерных сооружений (насосные и дренажные станции, резервуары для хранения резервного запаса воды, водопитатели, дренажные сооружения);
- необходимость обеспечения электроснабжения большой мощности по I категории надёжности;
- сложный регламент и большие затраты на техническое обслуживание установок пожаротушения.

Всех этих недостатков лишена технология пожаротушения тонкораспылённой водой, основанная на ликвидации возгорания каплями воды с эффективным диаметром не более 100 мкм.

В традиционных системах водяного пожаротушения диаметр капель, которые попадают на очаг возгорания, составляет порядка 0,4 – 2,0 мм. Это приводит к тому, что около 30 % воды идёт, собственно, на тушение огня, а остальная часть проливается и в процессе тушения никак не участвует. Однако при уменьшении размеров водяной капли менее 100 мкм механизм тушения огня существенно меняется. Обладая высокой проникающей и охлаждающей способностью тонкораспылённая, вода (водяной туман) позволяет надёжно тушить пожары при небольшом расходе огнетушащего вещества (менее  $0,03 \text{ л/с}^{-1}\text{м}^{-2}$ ) в течение 10 – 60 с. Это позволяет без каких-либо негативных последствий, связанных с влиянием огнетушащего вещества, тушить пожары в архивах, библиотеках и музеях, что подтверждено специальными испытаниями. Как показывает практика, тонкораспылённая вода эффективно поглощает твёрдые частицы дыма. Имеются данные по успешному использованию тонкораспылённой воды при тушении электроустановок под напряжением 35 кВ без аварийных последствий.

В настоящее время начинают использоваться модульные установки с тонкораспылённой водой, так называемый «водяной туман» (размер частиц составляет 80 – 130 мкм). Эффективность тушения такой установкой выше обычной спринклерной за счет увеличения поверхности охлаждения. Для создания тонкого распыла применяют высокое давление и специальные оросители. Однако создать установку непрерывного действия можно только при применении высоконапорных насосов, что потребует изменить стандарты на трубы и их технологию сбор-

ки. Поэтому такие установки делаются модульными, т. е. с ограниченным запасом воды. Достигнуть в модульных установках длительности работы в 30 и 60 мин практически нецелесообразно из-за высокой стоимости емкости, поэтому данные установки применяют для локального тушения и фиксированной емкости (до 1000 л).

НПБ 80–99 распространяются на вновь разрабатываемые и модернизируемые модульные автоматические установки пожаротушения тонкораспыленной водой (МУПТВ), и устанавливают их классификацию по: виду огнетушащего вещества; инерционности срабатывания; продолжительности действия; типу действия; виду водопитателя.

**Огнетушащим веществом (ОТВ) МУПТВ является:**

- вода;
- вода с добавками;
- газо-водяная смесь.

Тонкораспыленная струя ОТВ представляет собой струю воды со среднеарифметическим диаметром капель до 100 мкм.

**По инерционности срабатывания** установки подразделяются:

- на малоинерционные — с инерционностью не более 3 с;
- на среднеинерционные — с инерционностью от 3 до 180 с.

**По продолжительности действия** на кратковременного и продолжительного действия.

МУПТВ кратковременного действия является установкой со временем подачи огнетушащего вещества от 1 до 600 с.

**По типу действия** МУПТВ бывают непрерывного и циклического действия.

В качестве **водопитателя** МУПТВ выступают:

- сжатый газ;
- газогенератор;
- комбинированный.

Обозначение МУПТВ имеет следующую структуру:

**МУПТВ - XXX - X - XX - ТУ**  
(1)                    (2)                    (3)                    (4)                    (5)

где 1 — наименование изделия; 2 — масса огнетушащего вещества (ОТВ), заправляемого в МУПТВ, кг; 3 — тип МУПТВ по водопитателю (сжатый газ — Г, газогенератор — ГЗ, комбинированный — К); 4 — вид огнетушащего вещества (вода — В, вода с добавками — ВД, газо-водяная смесь — ГВ); 5 — обозначение технической документации, в соответствии с которой изготовлена установка.

Пример условного обозначения:

МУПТВ-250-Г-ГВ-ТУ ... – модульная установка пожаротушения тонкораспыленной водой с массой ОТВ 250 кг, тип по водопитателю — сжатый газ, ОТВ —газоводяная смесь, изготовленная в соответствии с ТУ.

#### 9.2.1.4. Установки газового пожаротушения

Установки газового пожаротушения применяются для ликвидации пожаров классов А, В, С по ГОСТ 27331 и электрооборудования (электроустановок с

напряжением не выше указанного в ТД на используемые газовые огнетушащие вещества (ГОТВ)). Установки объемного пожаротушения (кроме установок азотного и аргонного пожаротушения) применяются для защиты помещений (оборудования), имеющих стационарные ограждающие конструкции с параметром негерметичности не более значений, указанных в таблице 12 приложения 5 НПБ 88-2001\*. Для установок азотного и аргонного пожаротушения параметр негерметичности не должен превышать  $0,001 \text{ м}^{-1}$ .

При этом установки не должны применяться для тушения пожаров:

- волокнистых, сыпучих, пористых и других горючих материалов, склонных к самовозгоранию и/или тлению внутри объема вещества (древесные опилки, хлопок, травяная мука и др.);
- химических веществ и их смесей, полимерных материалов, склонных к тлению и горению без доступа воздуха;
- гидридов металлов и пирофорных веществ;
- порошков металлов (натрий, калий, магний, титан и др.).

**Параметр негерметичности** — величина, характеризующая негерметичность защищаемого помещения и представляющая собой отношение суммарной площади постоянно открытых проемов к объему защищаемого помещения.

**Степень негерметичности** — отношение площади постоянно открытых проемов к площади ограждающих конструкций.

#### **Область применения.**

АУГП используются преимущественно как альтернатива водяным и пенным установкам пожаротушения в тех случаях, когда необходимо обеспечить полное отсутствие ущерба при тушении пожаров или при ложных срабатываниях АУПТ. Например: музейные хранилища, заказники, хранилища валюты и ценных бумаг в банках, кабельные подвалы АЭС, склады аудио и видеотехники и др.

В настоящее время АУГП стоят на третьем месте по частоте использования и составляют около 30 % всех АУПТ.

Классификация установок газового пожаротушения.

АУГП классифицируются:

1. По виду ГОС: сжиженные, сжатые;
2. По месту хранения ГОС: централизованные, модульные;
3. По виду емкости для хранения ГОС: с батареями (модулями до 100 литров); с изотермическими резервуарами (до 25 000 литров);
4. По виду пуска: с пневматическим, электрическим, тросовым и комбинированным пуском;
5. По способу тушения: объемного тушения, локального по объему;
6. По виду пуска: автоматический, дистанционный и местный.

**Модуль газового пожаротушения** — баллон (сосуд) с запорно-пусковым устройством для хранения и выпуска ГОС.

**Батарея газового пожаротушения** — группа модулей, объединенная коллектором и позволяющая осуществлять выпуск ГОС из группы или отдельных модулей.

*Централизованная установка газового пожаротушения* — АУГП, содержащая батареи (модули) с ГОС, размещенные в станции пожаротушения, и предназначенная для защиты двух и более помещений.

*Модульная установка* – АУГП, содержащая один или несколько модулей с ГОС, размещенных непосредственно в защищаемом помещении или рядом с ним.

*Изотермический резервуар* — теплоизолированный сосуд, оборудованный холодильными агрегатами или реконденсатором, приборами их управления и предназначенный для хранения сжиженных ГОС при температуре ниже температуры окружающей среды, а также их подачи.

*Реконденсатор* — агрегат, предназначенный для поддержания заданного интервала температуры (давления) в резервуаре и компенсации теплопотерь в период хранения сжиженного газа.

К установкам газового пожаротушения предъявляются жесткие временные требования.

Установка должна обеспечивать задержку выпуска газового огнетушащего вещества в защищаемое помещение при автоматическом и дистанционном пуске на время, необходимое для эвакуации из помещения людей, отключение вентиляции (кондиционирования и т. п.), закрытие заслонок (противопожарных клапанов и т. д.), но не менее 10 с от момента включения в помещении устройств оповещения об эвакуации.

Время полного закрытия заслонок (клапанов) в воздуховодах вентиляционных систем в защищаемом помещении не должно превышать указанного времени задержки в это помещение.

Примечание. Допускается не отключать при пожаротушении вентиляционные установки, которые обеспечивают безопасность технологического процесса в защищаемом помещении. При этом расчет установки производится по специальной методике с учетом индивидуальных особенностей защищаемого объекта.

Установка должна обеспечивать инерционность (время срабатывания без учета времени задержки выпуска ГОТВ) не более 15 с.

Установка должна обеспечивать подачу не менее 95 % массы газового огнетушащего вещества, требуемой для создания нормативной огнетушащей концентрации в защищаемом помещении, за временной интервал, не превышающий:

– 10 с для модульных установок, в которых в качестве ГОТВ применяются сжиженные газы (кроме двуокиси углерода);

– 15 с для централизованных установок, в которых в качестве ГОТВ применяются сжиженные газы (кроме двуокиси углерода);

– 60 с для модульных и централизованных установок, в которых в качестве ГОТВ применяются двуокись углерода или сжатые газы.

Номинальное значение временного интервала определяется при хранении сосуда с ГОТВ при температуре 20 °С.

**ИПУ АУГП должны обеспечивать:**

1. Автоматический пуск установки.
2. Отключение и восстановление режима автоматического пуска.

3. Автоматическое переключение электропитания с основного источника на резервный при отключении напряжения на основном источнике с последующим переключением на основной источник электропитания при восстановлении на нем напряжения.

4. Дистанционный пуск установки.

5. Отключение звуковой сигнализации.

6. Задержку выпуска ГОТВ на время, необходимое для эвакуации людей из помещения но не менее 10 сек.

7. Формирование командного импульса на выходах из электроаппаратуры для использования в системах управления технологическим и электротехническим оборудованием объекта, СОЛ, АСПДЗ, а также для отключения вентиляции, кондиционирования, воздушного отопления.

8. Автоматическое или ручное отключение сигнализации о пожаре, о срабатывании и неисправности установки.

9. Возможность отключения режима автоматического пуска.

10. Блокировку автоматического пуска с индикацией при открывании дверей.

11. Восстановление режима автоматического пуска

12. Контроль целостности шлейфов пожарной сигнализации.

13. Контроль целостности электрических пусковых цепей.

14. Контроль давления воздуха в побудительной сети и пусковых баллонах.

15. Контроль световой и звуковой сигнализации.

16. Световая и звуковая сигнализация о пожаре и выпуске ГОТВ в защищаемом.

17. Световая и звуковая сигнализация о пожаре и выпуске ГОС у входа в защищаемое помещение «ГАЗ-НЕ ВХОДИТЬ».

18. Световая индикация режима работы АУГП.

19. Световую сигнализацию в станции пожаротушения:

– о наличии напряжения на вводах основного и резервного источников питания;

– о обрыве электрических цепей пиропатронов или электромагнитов;

– о падении давления в побудительных трубопроводах и пусковых баллонах;

– о срабатывании АУГП с расшифровкой по направлениям.

20. Световую и звуковую сигнализацию в помещении с персоналом ведущим круглосуточное дежурство:

– о возникновении пожара с расшифровкой по направлениям;

– о срабатывании АУГП с расшифровкой по направлениям и поступлении ГОС в защищаемое помещение;

– об исчезновении напряжения основного источника питания;

– о неисправности АУГП с расшифровкой по направлениям.

21. Световую сигнализацию в помещении с персоналом, ведущим круглосуточное дежурство:

– о режиме работы АУГП;

- об отключении звуковой сигнализации о пожаре;
- об отключении звуковой сигнализации о неисправности;
- о наличии напряжения на основном и резервных источниках питания.

#### **9.2.1.5. Назначение, область применения установок порошкового пожаротушения**

С развитием промышленного производства появилось большое количество веществ, горение которых традиционными средствами (вода, пена, газ) потушить трудно, а в некоторых случаях и невозможно (сжиженные газы, нефтепродукты, спирт, ацетон, щелочные металлы, кремний- и металлоорганические соединения, электроустановки, находящиеся под напряжением до 1000 В). Таким образом для тушения пожаров классов “А”, “В”, “С”, “Д” и электрооборудования используются установки порошкового пожаротушения (в зависимости от вида порошка).

Порошковое пожаротушение имеет ряд достоинств и недостатков. Среди достоинств — высокая тушащая способность и универсальность, относительная дешевизна порошка. Некоторые виды пожаров (горение металлов и их соединений) тушатся исключительно специализированными порошками. Среди недостатков — поверхностный способ тушения пожара и, как следствие, низкая проникающая способность, загрязнение объектов. Порошки нетоксичны, поэтому отсутствует прямая угроза жизни людей в случае ложного срабатывания, однако необходимо учитывать, что мелкодисперсная смесь держится в воздухе несколько минут, что может приводить к сильному затруднению дыхания.

Порошок выбрасывается из установки вытесняющим газом. В качестве такового может использоваться воздух, аргон, гелий, азот, углекислота и их смеси.

Огнетушащие порошковые составы представляют собой тонкоизмельченные минеральные соли с различными добавками (размер частиц 0,07-2 мм) для уменьшения таких негативных качеств, как слеживаемость, комкование и высокая гигроскопичность. Преимущества порошков по сравнению с другими огнетушащими составами: очень высокая огнетушащая способность (в несколько раз больше чем у хладонов), универсальность, невысокая стоимость, безопасность для человека, применимость для тушения электроустановок, применимость для флегматизации и подавления взрывов и диэлектрические свойства.

Высокий огнетушащий эффект достигается за счет комплексного воздействия:

- ингибирование (торможение) химических реакций горения;
- охлаждение зоны горения вследствие расходования тепла на нагрев и разложение порошка;
- разбавление горючей среды порошком и продуктами его разложения;
- огнепреграждение.

**Установки не обеспечивают** полного прекращения горения не должны применяться для тушения пожаров:

- горючих материалов, склонных к самовозгоранию и тлению внутри объема вещества (древесные опилки, хлопок, травяная мука и др.);



– химических веществ и их смесей, пиррофорных и полимерных материалов, склонных к тлению и горению без доступа воздуха.

#### **9.2.1.6. Классификация установок порошкового пожаротушения**

В соответствии с ГОСТ Р 51091 основными классификационными характеристиками автоматических установок порошкового пожаротушения (АУПТ) являются:

- конструктивное исполнение (ГОСТ 12.3.046);
- способ хранения вытесняющего газа в корпусе модуля (емкости);
- инерционность;
- быстродействие;
- время действия;
- способ тушения;
- вместимости единичного корпуса модуля (емкости);
- виду пуска;
- способу организации подачи порошка.

По **конструктивному исполнению** АУПТ подразделяют на: модульные; агрегатные.

По **способу хранения вытесняющего газа** в корпусе модуля (емкости) АУПТ подразделяются:

- на закачные;
- с газогенерирующим (пиротехническим) элементом;
- с баллоном сжатого или сжиженного газа (воздух, аргон, азот, углекислый газ, гелий или их смеси).

По **инерционности** АУПТ подразделяют:

- на малоинерционные, с инерционностью не более 3 с;
- на средней инерционности, с инерционностью от 3 до 180 с;
- на повышенной инерционности, с инерционностью более 180 с.

По **быстродействию** АУПТ подразделяют на следующие группы:

- Б-1 с быстродействием до 1 с;
- Б-2 с быстродействием от 1 до 10 с;
- Б-3 с быстродействием от 10 до 30 с;
- Б-4 с быстродействием более 30 с.

По **времени действия** (продолжительности подачи огнетушащего порошка) АУПТ бывают:

- быстрого действия — импульсные (И), со временем действия до 1 с;
- кратковременного действия (КД-1), со временем действия от 1 до 15 с;
- кратковременного действия (КД-2), со временем действия более 15 с.

По **способу тушения** АУПТ подразделяют:

- установки объемного тушения;
- поверхностного тушения;
- локального тушения по объему.

По **вместимости единичного корпуса модуля** (емкости) **АУПТ** подразделяют:

- модульные установки — от 0,2 до 250 л;
- быстрого действия — импульсные (И) — от 0,2 до 50 л;
- кратковременного действия — от 2 до 250 л;
- агрегатные установки — от 250 до 5000 л.

**Огнетушащие порошки**, в соответствии с ГОСТ 4.107, делятся на две классификационные группировки: общего назначения и целевого назначения (специальные).

Огнетушащие порошки общего назначения используются для тушения твердых, жидких, газообразных веществ и материалов, а также установок под электронапряжением (пожары классов А, В, С, Е).

Огнетушащие порошки целевого назначения используются при тушении металлов, отдельных видов горючих жидкостей и т.п.

В зависимости от функционального назначения, способа подачи и дисперсности огнетушащие порошки делятся на два вида: поверхностного и объемного тушения.

НПБ 174 устанавливает современную классификацию порошков специального назначения (далее — СН).

Порошки СН применяются в качестве огнетушащего вещества (ОТВ) в автоматических и других средствах для тушения только (исключительно) металлов и их соединений или металлов (их соединений), а также горючих и легковоспламеняющихся жидкостей, газов, электроустановок под напряжением.

Порошки СН делятся на целевые и универсальные.

**Целевые порошки** предназначены только для тушения металлов (их соединений).

**Универсальные порошки** предназначены для тушения металлов (их соединений), а также горючих жидкостей, газов, электроустановок под напряжением до 1000 В.

**По виду пуска.** При этом установки порошкового пожаротушения бывают с пневматическим, тросовым, электрическим или комбинированным пуском. Вид автоматического пуска выбирают в зависимости от категории пожарной опасности производства, объемно-планировочных особенностей и микроклимата защищаемого объекта.

**По способу организации подачи порошка:** с разрушающимся и неразрушающимся корпусом.

В настоящее время наиболее часто применяется пневматический способ подачи порошков, заключающийся в выдавливании порошка из сосуда сжатым газом. Принцип действия основан на псевдооживлении слоя порошка при истечении рабочего газа в полость корпуса с последующим выбросом огнетушащего порошка через распылители распределительной сети в виде газопорошковых струй на защищаемую площадь или в защищаемый объем.

### 9.2.1.7. Установки парового пожаротушения

В настоящее время проектируют установки парового пожаротушения с пневматическим и электрическим пуском, а также паровые завесы. При этом автоматический пуск предусматривают лишь для помещений, которые не связаны с постоянным пребыванием людей.

Тушение пожаров водяным паром основано на уменьшении концентрации кислорода в объеме помещения, где происходит горение, до таких пределов, при которых горение становится невозможным (обычно при концентрации кислорода 15 % и менее). Одновременно несколько охлаждается зона горения, а также происходит механический отрыв пламени струями пара.

Если пар подается в объем, где происходит горение, то метод тушения называется объемным.

Наибольший эффект объемного тушения пожаров водяным паром достигается в герметизированных невентилируемых помещениях объемом не более 500 м<sup>3</sup>. Тушение эффективно лишь при выполнении двух обязательных требований:

- удельный расход пара должен быть не менее 0,002 – 0,005 кг/(м<sup>3</sup>с) в зависимости от условий герметизации помещения;
- время подачи пара должно быть не менее 3 минут.

### 9.2.1.8. Установки аэрозольного пожаротушения

*Установка аэрозольного пожаротушения* — установка, в которой в качестве огнетушащего вещества используют аэрозоль, получаемый при работе ГОА. Установки аэрозольного пожаротушения относятся к объемным средствам борьбы с огнем (создание в защищаемом объеме среды, не поддерживающей горение веществ и материалов, и мельчайших частиц ингибиторов горения). Установки обладают достоинствами традиционных огнетушащих веществ — газов (высокая проникающая способность при отсутствии сосудов и трубопроводов под давлением и утечки газов) и порошков (высокая эффективность тушения, простота хранения и отсутствие слеживаемости порошков). Использование в системе пожаротушения аэрозольных генераторов дает ряд преимуществ:

- невысокая материалоемкость, стоимость и отсутствие эксплуатационных затрат (не требует перезарядки);
- простота монтажа и эксплуатации;
- достаточная эффективность пожаротушения при правильном проектировании;
- минимальное воздействие на персонал и окружающую среду, аэрозоль экологически безвреден, не токсичен, химически нейтрален, является диэлектриком;
- при попадании на предметы легко удаляется протиркой, водой, пылесосом.

Недостатки:

- наличие тяги, создаваемой при горении СТК, и как следствие, усилия на строительные конструкции, на которых укреплен ГОА;
- аэрозольное тушение возможно только объемным способом;

- работа ГОА сопровождается потерей видимости, следовательно, их нельзя устанавливать в местах массового пребывания людей и на путях эвакуации;
- создание избыточного давления в помещениях, что может привести к разрушению остекления и строительных конструкций;
- достижение в неблагоприятных случаях температуры в помещениях до 400 °С, а также высокая температура смеси вблизи генератора, следовательно ГОА нельзя устанавливать во взрывоопасных помещениях;
- имеются существенные ограничения в применении аэрозольобразующих составов, пренебрежение которыми может привести к тому, что ГОА могут стать источниками возгорания.

*Автоматические установки аэрозольного пожаротушения (АУАП) применяются для тушения (ликвидации) пожаров подкласса “А<sub>2</sub>” и класса “В” по ГОСТ 27331 объемным способом в помещениях объемом до 10000 м<sup>3</sup>, высотой не более 10 м и с параметром негерметичности, не превышающим указанный в таблице 12 приложения 5 НПБ 88–2001\*.*

При этом допускается наличие в указанных помещениях горючих материалов, горение которых относится к пожарам подкласса “А<sub>1</sub>” по ГОСТ 27331, в количествах, тушение пожара которых может быть осуществлено штатными ручными средствами, предусмотренными ППБ 01-03 и НПБ 155-96.

Не допускается применение установок в помещениях категорий “А”, “Б” и в помещениях складского назначения категории “В<sub>1</sub>-В<sub>2</sub>” по НПБ 105-03.

Запрещается применение установок с использованием генераторов огнетушащего аэрозоля (ГОА) I типа по ГОСТ Р 51046 в помещениях зданий и сооружений III и ниже степени огнестойкости по СНИП 21-01-97\*, в помещениях категорий “В<sub>1</sub>-В<sub>3</sub>” по НПБ 105-03 без дополнительных конструкций, ограждающих высокотемпературную зону каждого генератора (выше 400 °С). Конструкция защитного ограждения не должна снижать огнетушащую эффективность огнетушащего аэрозоля, получаемого при работе ГОА, и ухудшать его распределение в объеме защищаемого помещения. Техническая документация на конструкцию защитного ограждения генераторов должна быть включена в проектную документацию на данную установку и выполнена с учетом рекомендаций изготовителя примененных генераторов.

Допускается применение установок для защиты кабельных сооружений (полужэтажи, коллекторы, шахты) объемом до 3000 м<sup>3</sup> и высотой не более 10 м, при значениях параметра негерметичности помещения не более 0,001 м<sup>-1</sup> и при условии отсутствия в электросетях защищаемого сооружения устройств автоматического повторного включения.

Применение установок для тушения пожаров в помещениях с кабелями, электроустановками и электрооборудованием, находящимися под напряжением, допускается при условии, если значение напряжения не превышает предельно допустимого, указанного в ТД на конкретный тип ГОА.

**Установки объемного аэрозольного пожаротушения не обеспечивают полного прекращения горения (ликвидации пожара) и не должны применяться для тушения:**

- волокнистых, сыпучих, пористых и других горючих материалов, склонных к самовозгоранию и (или) тлению внутри слоя (объема) вещества (древесные опилки, хлопок, травяная мука и др.);
- химических веществ и их смесей, полимерных материалов, склонных к тлению и горению без доступа воздуха;
- гидридов металлов и пирофорных веществ;
- порошков металлов (магний, титан, цирконий и др.).

**Запрещается применение установок:**

- в помещениях, которые не могут быть покинуты людьми до начала работы генераторов;
- в помещениях с большим количеством людей (50 человек и более);
- в помещениях с изменяющейся (изменяемой) планировкой, влияющей на его объем и конфигурацию;
- в помещениях зданий и сооружений, содержащих ценности, материалы и оборудование, которым может быть нанесен ущерб от воздействия продуктов, образующихся при работе ГОА;
- в зданиях и сооружениях, представляющих архитектурную или историческую ценность, в помещениях музеев, кладовых (хранилищ) ценностей в банках, архивов, библиотек, картинных галерей, хранилищ произведений искусства и уникальных ценностей.
- в помещениях с ЭВМ, связанных процессоров и телекоммуникационных узлов сетей, архивов магнитных носителей, графопостроителей, сервисной аппаратуры, системных программистов, систем подготовки данных, а также в пространствах под съемными полами и за подвесными потолками этих помещений (за исключением персональных ЭВМ, размещаемых на рабочих местах пользователей и не требующих выделения зон обслуживания).

**Классификация установок аэрозольного пожаротушения.**

Применяемые в стационарных автоматических установках объемного аэрозольного пожаротушения генераторы огнетушащего аэрозоля (далее — ГОА) на основе твердотопливных аэрозолеобразующих огнетушащих составов подразделяются ГОСТ 51046 по следующим признакам:

- температуре продуктов, образующихся на срезе выпускного отверстия ГОА;
- конструктивному исполнению ГОА;
- способу приведения в действие ГОА.

По температуре продуктов, образующихся на срезе выпускного отверстия, ГОА подразделяют на три типа:

- I — генераторы, при работе которых температура превышает 500 °С;
- II — генераторы, при работе которых температура составляет 130 – 500 °С;
- III — генераторы, при работе которых температура меньше 130 °С.

По конструктивному исполнению ГОА подразделяют на снаряженные узлом пуска и не снаряженные узлом пуска.

По способу приведения в действие ГОА подразделяют на запускаемые от электрического сигнала, запускаемые от теплового сигнала, с комбинированным пуском.

Условное обозначение генераторов огнетушащего аэрозоля в ТУ другой технической документации должно содержать сведения об ГОА в соответствии со следующей структурой:

**ГОА    -    X    -    XXX    -    XXX    -    XXX    -    XXX**  
**(1)                    (2)                    (3)                    (4)                    (5)**

где 1 — тип генератора по температуре продуктов горения; 2 — масса АОС в снаряженном ГОА, кг; 3 — огнетушащая способность аэрозоля, получаемого при работе ГОА, при тушении модельных очагов класса В, г/м<sup>3</sup>; 4 — время подачи огнетушащего аэрозоля, с; 5 — обозначение технических условия, в соответствии с которыми изготовлен генератор.

Пример условного обозначения:

ГОА-11-2,00-047-030-ТУ 4854-003-07509209-94 — генератор, применяемый в стационарных системах объемного аэрозольного пожаротушения, второго типа (образующего при работе огнетушащий аэрозоль с температурой от 130 до 500°С), с массой заряда АОС в снаряженном генераторе 2,0 кг, огнетушащей способностью аэрозоля, получаемого при работе ГОА, при тушении модельных очагов класса В равной 47 г/м<sup>3</sup>, временем подачи огнетушащего аэрозоля 30 с, по ТУ 4854-003-07509209.

### 9.2.2. Машины и аппараты для пожаротушения.

К машинам пожаротушения относятся пожарные автомобили.

Пожарные автомобили используются для:

- доставки к месту пожара боевого расчета, огнетушащих веществ, пожарно-технического оборудования, инвентаря, и инструмента;
- подачи огнетушащих веществ на пожаре;
- выполнения ряда специальных работ.

В зависимости от назначения пожарные автомобили подразделяются на основные, специальные и вспомогательные.

*Основные* служат для доставки к месту пожара личного состава расчета, пожарного оборудования и запаса огнетушащих средств, а также для подачи их в очаги пожара. Их делят на две группы: *общего применения* — для тушения пожаров в городах и других населенных пунктах и *целевого применения* — для тушения пожаров на объектах и предприятиях различного назначения (нефтебазы, предприятия химической промышленности, аэропорты и т. д.).

*Специальные пожарные автомобили* предназначены для выполнения специальных работ при тушении пожаров: подъёма личного состава на высоту и спасения пострадавших из верхних этажей зданий, обеспечения связи и освещения, борьбы с дымом, прокладки рукавных линий, обеспечения управления и т. д.

*Вспомогательные пожарные автомобили* обеспечивают заправку топливом, подвоз грузов, ремонт пожарной техники и другие виды деятельности.

В зависимости от преимущественного использования основные пожарные автомобили подразделяются на автомобили общего применения — для тушения пожаров в городах и населенных пунктах (АЦ, АЦЛ, АЦКП, АНР, АВД, АПП), и автомобили целевого применения — для тушения пожаров на нефтебазах, предприятиях лесоперерабатывающей, химической, нефтехимической, нефтеперерабатывающей промышленности, в аэропортах и на других специальных объектах (АА, АПТ, АГВТ, ПНС, АКТ, АП, АГТ).

Среди основных типов пожарных автомобилей пожарные автоцистерны занимают доминирующее положение.

*Автоцистерны пожарные предназначены:*

- для доставки к месту пожара боевого расчёта, запаса огнетушащих веществ, пожарно-технического вооружения;
- подачи воды (из цистерны, открытого водоёма, гидранта) и воздушно-механической пены к очагу пожара.

Условно пожарные автоцистерны подразделяются на 3 группы:

*легкие* — вместимость цистерны для воды до 2 м<sup>3</sup>;

*средние* — вместимость цистерны для воды от 2 до 4 м<sup>3</sup>;

*тяжелые* — вместимость цистерны для воды свыше 4 м<sup>3</sup>.

*Автомобиль первой помощи* предназначен для доставки к месту пожара боевого расчёта, пожарно-технического вооружения, аварийно-спасательного инструмента и другого специального оборудования, проведения аварийно-спасательных работ и тушения пожара до подхода основных сил и средств.

*Автонасос пожарный* предназначен для доставки к месту пожара боевого расчёта, напорных рукавов и средств пожаротушения, прокладки напорных магистральных рукавных линий, обеспечения подачи воды или воздушно-механической пены в очаг пожара.

К основным пожарным автомобилям целевого применения относятся:

*АА* — автомобили аэродромные пожарные;

*АПТ* — автомобили пенного тушения пожарные;

*АП* — автомобили порошкового тушения пожарные;

*АКТ* — автомобили комбинированного тушения пожарные;

*АГВТ* — автомобили газовой тушения пожарные;

*ПНС* — пожарная насосная станция;

*АГТ* — автомобили газового тушения пожарные.

*Автомобили аэродромные пожарные (АА)* предназначены для тушения пожаров воздушных судов гражданской авиации и ВВС, а также других объектов аэродромов и аэропортов, и доставки к месту аварии самолёта боевого расчёта, пожарно-технического вооружения и подачи в очаг пожара огнетушащих веществ.

*Автомобили пенного тушения пожарные (АПТ)* предназначены для доставки к месту пожара боевого расчёта, пенообразователя, пожарно-технического вооружения и подачи воздушно-механической пены в очаг пожара.

*Автомобили порошкового тушения пожарные (АП)* предназначены для доставки к месту пожара боевого расчёта, запаса огнетушащего порошка подачи порошка в очаг пожара.

*Автомобили комбинированного тушения пожарные (АКТ)* предназначены для тушения пожаров несколькими видами огнетушащих веществ и доставки к месту пожара боевого расчёта, запаса огнетушащих веществ.

*Автомобили газового тушения пожарные (АГТ)* предназначены для доставки к месту пожара боевого расчёта, запаса газового огнетушащего состава и подачи газового огнетушащего состава в очаг пожара.

*Автомобили газоводяного тушения пожарные (АГВТ)* предназначены для доставки к месту пожара боевого расчёта, а также для тушения газовых и водяных фонтанов с большим суточным дебитом при помощи мощной струи, состоящей из инертных отработанных газов турбореактивного двигателя, водяных капель и пара.

*Пожарная насосная станция (ПНС)* предназначена для доставки к месту пожара боевого расчёта, забора воды из открытых водоисточников, подачи воды или раствора пенообразователя к лафетным стволам или к месту пожара для создания резервного запаса воды.

К специальным пожарным автомобилям относятся:

*АЛ* — пожарная автолестница;

*АПК* — пожарный автоподъемник;

*АР* — пожарный рукавный автомобиль;

*АГ* — пожарный автомобиль газодымозащитной службы;

*АД* — пожарный автомобиль дымоудаления;

*АВ* — пожарный водозащитный автомобиль;

*АСО* — пожарный автомобиль связи и освещения;

*АШ* — пожарной штабной автомобиль;

*АТ* — пожарный автомобиль технической службы;

*АСА* — пожарный спасательный автомобиль.

### **Пожарная лаборатория.**

*Пожарная автолестница, автоподъемник,* предназначена для доставки к месту пожара боевого расчёта и пожарно-технического вооружения, проведения аварийно-спасательных работ на высоте и подачи огнетушащих веществ на высоту. Возможно использование в качестве крана при сложенном комплекте колен

Они бывают:

– телескопические АПК — с телескопическим соединением колен;

– коленчатые АПК — с шарнирным соединением колен;

– коленчато-телескопические АПК — с шарнирно-телескопическим соединением колен.

*Пожарный рукавный автомобиль* предназначен для транспортирования и прокладки рукавных линий.

*Пожарный автомобиль газодымозащитной службы.* Это пожарный автомобиль с пожарно-техническим вооружением для проведения работ в условиях загазованности.



*Пожарный автомобиль дымоудаления* оборудованный дымососом для удаления дыма из помещений.

*Пожарный водозащитный автомобиль* предназначен для защиты материальных ценностей от воды, а также для удаления воды, пролитой при тушении пожара.

*Пожарный автомобиль связи и освещения* предназначен для доставки к месту пожара боевого расчёта, комплекта пожарно-технического вооружения и инструмента, освещения места работы пожарных подразделений, обеспечения связи штаба пожаротушения и боевых расчётов.

*Пожарной штабной автомобиль* предназначен для доставки штаба к месту пожара.

*Пожарный спасательный автомобиль* пожарный автомобиль, оборудованный генератором, комплектом аварийно-спасательного инструмента и предназначенный для доставки личного состава, ПТВ и оборудования к месту аварии и проведения боевых действий при аварийно-спасательных работах.

*Пожарная лаборатория* пожарный автомобиль, оборудованный средствами для исследования пожаров.

*Пожарный автомобиль технической службы* предназначен для проведения работ по разборке конструкций на пожаре, а также аварийно-спасательных работ.

*Вспомогательные пожарные автомобили*

- автотопливозаправщики;
- передвижные авторемонтные мастерские;
- автобусы;
- легковые автомобили;
- грузовые автомобили;
- тракторы;
- а также другая техника, которая вводится на вооружение пожарных частей для выполнения вспомогательных работ на пожарах.

К приборам и аппаратам для пожаротушения относятся пожарные стволы и генераторы.

*Пожарный ствол* — устройство, устанавливаемое на конце напорной линии для формирования и направления огнетушащих струй. Различают ручные и лафетные пожарные стволы.

*Стволы пожарные ручные водяные* предназначены для формирования сплошной струи воды и направления её в очаг пожара.

*Стволы пожарные РС-50, РС-70* применяется для комплектации пожарных автомобилей, пожарных мотопомп, внутренних пожарных кранов. Ствол состоит из корпуса, насадка, головки соединительной напорной муфтовой и переносного ремня.

*Стволы пожарные РС-50.01, РС-70.01* применяется для комплектации внутренних пожарных кранов.

*Ствол пожарный ОПТ-50* является комбинированным — он позволяет формировать регулируемую распылённую периферийную струю и одновременно

центральную сплошную или регулируемую распылённую струю. С использованием пенного генератора подаёт пену.

*Стволы пожарные типа СПП и СВПЭ* служат для создания воздушно-механической пены из раствора пенообразователя.

Воздушно-пенный ствол предназначен для получения из водного раствора пенообразователя воздушно-механической пены и направления ее на пожар.

*Стволы ручные воздушно-пенные СВПЭ.*

Воздушно-пенные стволы с эжектирующим устройством (СВПЭ) предназначены для получения из водного раствора пенообразователя воздушно-механической пены и направления ее на пожар. Воздушно-пенные стволы с эжектирующим устройством (СВПЭ) применяют для тушения пожаров воздушно-механической пеной при подсасывании пенообразователя из ранцевого бачка или другой емкости, а также в стационарных установках пожаротушения.

*Стволы лафетные.*

Предназначены для формирования и направления струи воды или воздушно-механической пены при тушении пожара.

*СПЛК С60* устанавливаются на пожарных автомобилях или используются стационарно.

*СЛК П20* является переносным и комплектуется сменными насадками и насадками для получения воздушно-механической пены. Устанавливаются на пожарных автомобилях или используются стационарно.

*ЛС-С20У* — стационарный лафетный ствол с ручным управлением. По желанию заказчика возможно морозостойкое исполнение.

*Генераторы пены* предназначены для получения из водного раствора пенообразователя струи воздушно-механической пены средней кратности с целью тушения пожаров легковоспламеняющихся жидкостей, технологического оборудования, пожароопасных объектов.

### **9.3. Противопожарное водоснабжение**

История водоснабжения начинается за 3000 лет до нашей эры, когда воду с помощью простейших механизмов брали из колодцев. В период расцвета Древней Греции и Рима имелось уже несколько водопроводов, по которым подавалась самотёком.

Первые в ряде русских юродов были сооружены в XI-XII в.в. Так, при раскопках в Новгороде был обнаружен водопровод из деревянных труб, время постройки которого относится к концу XI в. Имеются сведения о самотечном водопроводе из гончарных труб, построенном в Грузии в XIII в. В XV в. был сооружён родниковый водопровод для Московского Кремля, а в первой половине XVIII в. — водопроводные сооружения в Петербурге, Царском Селе. В 1804 году закончено строительство Московского водопровода, а в 1861 — Петербургского водопровода.

До революции централизованное водоснабжение в России было только в 215 городах. За годы Советской власти оно получило большое развитие, как по числу водопроводов, так и по количеству воды подаваемой потребителям. Только за годы первой и второй пятилеток было построено 100 новых городских водопрово-

дов, при этом количество воды на одного жителя значительно возросло. За годы советской власти водоснабжение превратилось в крупную отрасль народного хозяйства.

Одновременно с развитием водоснабжения населенных мест и промышленных предприятий происходит улучшение их противопожарного водоснабжения. Жилые, административные, общественные и производственные здания оборудуются объединённым хозяйственно-пожарным водопроводами.

В зданиях повышенной этажности, театрах, производственных зданиях большой высоты и площади устраиваются специальные противопожарные водопроводы.

Значительный вклад в изучение и развитие этой теории и практики водоснабжения внесли русские учёные и инженеры. Так, большая работа по составлению проектов и строительству водопроводов в России для целей пожара тушения была проделана под руководством П. П. Зими́на. Он изобрёл первый в России надёжный гидрант, известный под названием пожарного гидранта Московского образца. По проекту Зими́на был построен и первый противопожарный водопровод в Москве в 1885 году.

Много труда в разработку научных основ и инженерных вопросов водопроводной техники вложили русские учёные и инженеры: В. Е. Тимонов, К. М. Игнатов, Н. К. Чижов.

Значительных успехов достигли отечественные учёные и конструкторы в деле создания новых систем, конструкций приборов, а так же в разработке методов проектирования и расчёта водопроводных сооружений: А. А. Сурин, Н. Н. Тениев, Н. А. Кашкаров, М. Г. Мельников, Н. А. Тарасов-Агалаков и др.

В 1938 году в СССР был открыт ЦНИИПО, ставший центром научно-исследовательских работ в самых различных областях пожарного дела, в том числе в области гидравлики и ППВС. Под руководством профессора В. Г. Лобачева здесь были произведены обширные исследования по гидравлики пожарных струй, экономическому обоснованию расчёта водопроводных связей и др.

Наши учёные продолжают работать над совершенствованием пожарной техники, автоматики и ППВС.

### **9.3.1. Классификация системы водоснабжения**

*Системой водоснабжения* называется комплекс инженерных сооружений, предназначенных для забора воды из природных водоисточников, подъема ее на высоту, очистки (в случае необходимости), хранения и подачи к местам потребления.

Назначение пожарного водоснабжения заключается в обеспечении подачи необходимых объемов воды под требуемым напором в течение нормативного времени тушения пожара при условии достаточной степени надежности работы всего комплекса водопроводных сооружений.

Основные нормативные требования, предъявляемые к водоснабжению, изложены в строительных нормах и правилах: СНиП 2.04.02-84 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения»; СНиП 2.04.01-85 «Внутренний водопровод и канализация зданий» и ряде других нормативных документов.

Системы водоснабжения «водопроводы» классифицируются по ряду признаков:

– *по виду обслуживаемого объекта*: городские, поселковые, промышленные, сельскохозяйственные, железнодорожные и др.;

– *по способу подачи воды*: напорные с механической подачей воды насосами и самотечные (гравитационные), которые устраивают в горных районах при расположении водоисточника на высоте, обеспечивающей естественную подачу воды потребителям. Такие системы характеризуются меньшими капитальными и эксплуатационными затратами, они надежнее напорных, так как не нуждаются в электроснабжении основного оборудования;

– *по виду используемых природных источников* водопроводы подразделяются на забирающие воду из поверхностных источников (рек, водохранилищ, озер, морей) и подземных (артезианских, родниковых). Имеются также водопроводы смешанного питания;

– *по назначению* водопроводы бывают: хозяйственно-питьевые, предназначенные для подачи воды на хозяйственные и питьевые нужды населения и работников предприятия; производственные, снабжающие водой технологические процессы производства; противопожарные, обеспечивающие подачу воды для тушения пожаров; хозяйственно-противопожарные; производственно-противопожарные; хозяйственно-производственно-противопожарные.

В городах и посёлках, как правило, устраивают объединённые хозяйственно-противопожарные водопроводы. Из этих водопроводов вода подаётся и на промышленные предприятия, если последние потребляют незначительное количество воды или по условиям технологического процесса производства требуется вода питьевого качества.

При больших расходах воды промышленные предприятия могут иметь самостоятельный водопровод, обеспечивающий их хозяйственно-питьевые, производственные и противопожарные нужды. В этом случае обычно сооружают хозяйственно-противопожарный и производственный водопроводы.

Совмещение противопожарного водопровода с хозяйственным объясняется следующими причинами.

Производственная водопроводная сеть обычно бывает малоразветвлённой, так как вода подаётся лишь наиболее крупным потребителям, хозяйственная же и противопожарная сети должны охватывать все объекты предприятия.

Для многих технологических процессов производства вода подаётся под строго определённым напором и расходом. При тушении пожара изменение напора в водопроводной сети может привести либо к ухудшению качества выпускаемой продукции, либо к аварии производственных аппаратов.

Устройство самостоятельного противопожарного водопровода допускается только в том случае, если объединение с хозяйственно-питьевым или производственным водопроводами по техническим или экономическим соображениям не целесообразно.

Например, на промышленном объекте расход воды на хозяйственно-питьевые нужды не значительный, а на противопожарные нужды расход большой.

Самостоятельный противопожарный водопровод устраивают обычно на наиболее пожароопасных объектах — предприятиях нефтехимической промышленности, складах нефти и нефтепродуктов, лесобиржах, хранилищах сжиженных газов и др.

Противоположные водопроводы бывают *низкого и высокого* давления.

В водопроводах *низкого* давления необходимый напор у стволов создается передвижными пожарными насосами, установленными на гидранты. Свободный напор в сети противопожарного водопровода низкого давления при пожаротушении на уровне поверхности земли должен быть не менее 10 м. При необходимости для тушения пожара напор создаётся передвижными пожарными насосами, подающими воду по рукавам от гидранта к месту пожара.

В системе противопожарного водопровода *высокого* давления вода к месту пожара подаётся по рукавам непосредственно из гидрантов, а необходимый для пожаротушения напор в сети и у стволов создаётся стационарными пожарными насосами, установленными в насосной станции.

**Системы водоснабжения могут быть:**

- *групповыми*, если обслуживается несколько объектов;
- *районными*, если обслуживается несколько крупных объектов, расположенных на значительном расстоянии одного от другого;
- *местными*, если обслуживается одно здание или небольшая группа компактно расположенных зданий;
- *зонными*, для питания водой под требуемым напором различных частей территории, имеющих значительную разницу в отметках.

### **9.3.2. Схема водоснабжения населённых пунктов.**

На территории большинства населенных пунктов (городов, поселков) существуют различные категории водопотребителей, предъявляющих, разнообразные требования к качеству и количеству потребляемой воды. В современных городских водопроводах расход воды на технологические нужды промышленности составляет в среднем около 40 % всего объема, подаваемого в водопроводную сеть. Причем около 84 % воды берется из поверхностных источников и 16 % — из подземных.

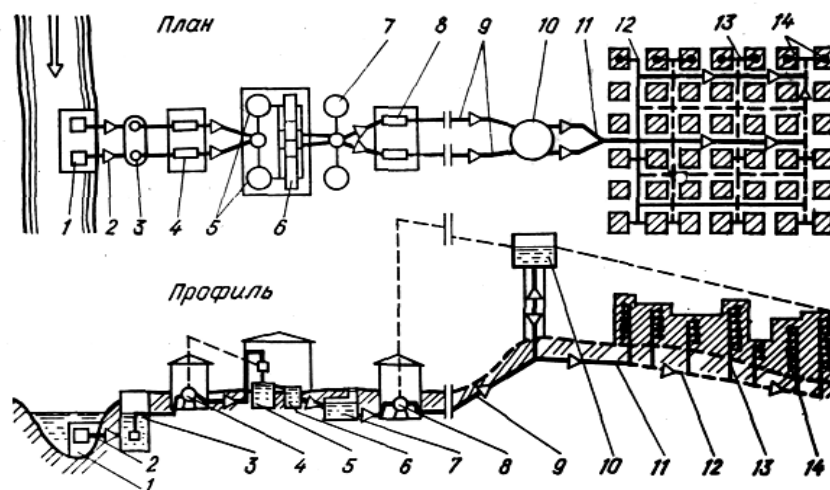
Выбор источника водоснабжения в каждом отдельном случае обосновывается соответствующими техническим и экономическим показателями и во внимание принимается, наряду с мощностью источника, качество воды в нем, расстояние от снабжаемого водой объекта и т. п.

Схема водоснабжения для городов с использованием поверхностных водисточников представлена на рис. 7.31 Вода поступает в водоприемник (оголовок) и по самотечным трубам 2 перетекает в береговой колодец 3, а из него насосной станцией первого подъема (НС-I) 4 подается в отстойники 5 и далее на фильтры 6 для очистки от загрязнений и обеззараживания. После очистной станции вода поступает в запасные резервуары.

Речная вода поступает в водоприемник (оголовок) 1 и по самотечным трубам 2 в береговой колодец 3, а из него насосами первого подъема 4 подается в отстойники 5 и далее на фильтры 6 для очистки от загрязнений и обеззараживания. Пройдя очистную станцию, вода поступает в запасные резервуары чистой воды 7, из которых она насосами второго подъема 8 подается по водоводам 9 в напорно-регулирующее сооружение 10 (надземный или подземный резервуар, размещенный на естественном возвышении, водонапорную башню или пневматическую установку), а также в магистральные трубы 11 водопроводной сети, по которым вода транспортируется в различные районы города и по распределительным трубам 12 и домовым вводам 13 поступает к потребителям 14.

Рис. 7.30. Схема водоснабжения населенного пункта

1 — водоприемник; 2 — самотечные трубы; 3 — береговой колодец; 4 — насос-



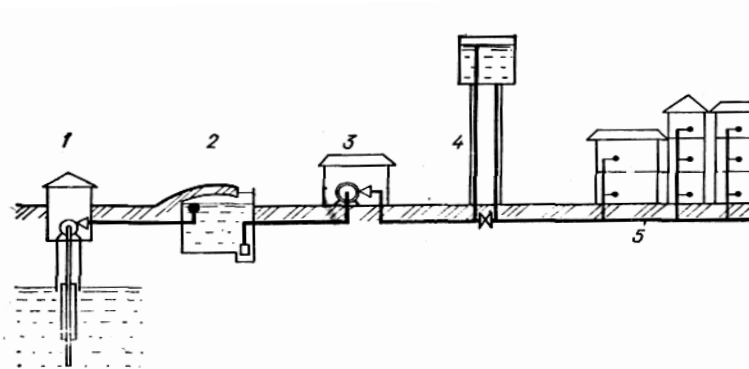
ная станция I подъема; 5 — отстойники; 6 — фильтры; 7 — запасные резервуары чистой воды; 8 — насосная станция II подъема; 9 — водоводы; 10 — водонапорная башня; 11 — магистральные трубопроводы; 12 — распределительные трубопроводы; 13 — ввод в здания; 14 — водопотребители чистой воды 7, из которых она насосной станцией второго подъема (НС-II) 8 подается по водоводам 9 в напорно-регулирующее сооружение 10 (наземный или подземный резервуар, размещенный на естественном возвышении, водонапорная башня или гидропневматическая установка). Отсюда вода поступает по магистральным линиям 11 и распределительным трубам 12 водопроводной сети к вводам в здания 13 и потребителям 14.

Систему водоснабжения или проектирования обычно разделяют на две части: наружную и внутреннюю. К наружному водопроводу относят все сооружения для забора, очистки и распределения воды водопроводной сетью до вводов в здания. Внутренние водопроводы представляют собой совокупность устройств, обеспечивающих получение воды из наружной сети и подачу ее к водоразборным приборам, расположенным в здании.

Использование подземных водоисточников обычно позволяет обходиться без очистных сооружений. Вода подается непосредственно в запасные резервуары 2 (рис. 7.31). При использовании подземных вод, а также при водоснабжении круп-

ных городов может быть не один, а несколько источников водопитания, расположенных с разных сторон населенного пункта. Такое водоснабжение позволяет получить более равномерное распределение воды по сети и поступление ее к потребителям. Неравномерность водопотребления с увеличением численности населения в городах в значительной мере сглаживается, что позволяет обходиться без напорно-регулирующих сооружений. В этом случае вода от НС-II 3 поступает непосредственно в трубы водопроводной сети 5.

Рис. 7.32 Схема водопровода при подземном водоисточнике



1 — артезианская скважина с насосом; 2 — запасной резервуар; 3 — НС-II;  
4 — водонапорная башня; 5 — водопроводная сеть

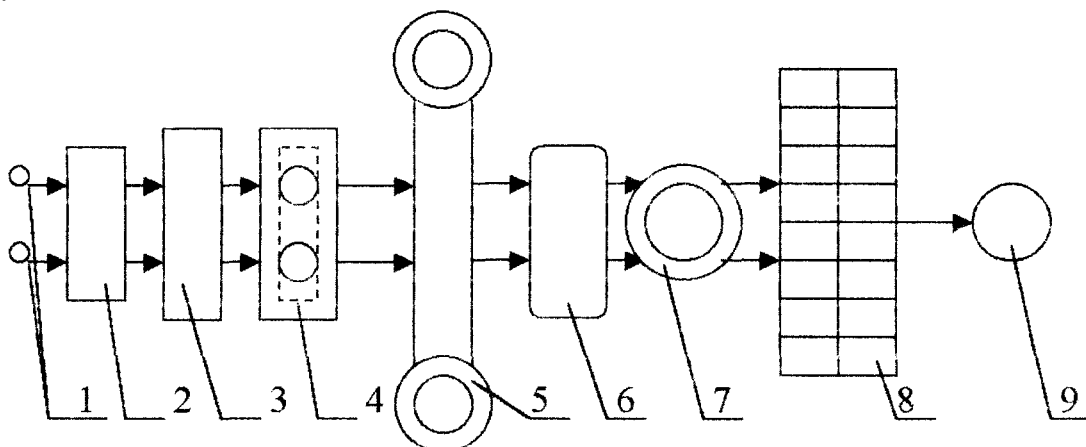
Подача воды для целей пожаротушения в городах обеспечивается пожарными автомобилями от гидрантов, установленных на водопроводной сети. В небольших городах для подачи воды на тушение пожаров включают дополнительные насосы в НС-II, а в крупных городах пожарный расход составляет незначительную часть водопотребления, поэтому практически не оказывают влияния на режим работы водопровода.

В соответствии с современными нормами в населенных пунктах с числом жителей до 500 чел., которые располагаются в основном в сельской местности, должен устраиваться объединенный водопровод высокого давления, обеспечивающий хозяйственно-питьевые, производственные и пожарные нужды. Однако нередко случаи, когда сооружается только хозяйственно-питьевой водопровод, а на пожарные нужды воду подают передвижными насосами из водоемов и резервуаров, пополняемых от водопровода.

В малых населенных пунктах для хозяйственно-противопожарных нужд чаще всего устраиваются системы местного водоснабжения с забором воды из подземных источников (шахтных колодцев или скважин). В качестве водоподъемных устройств применяют центробежные и поршневые насосы, системы «Эрлифт», ветросиловые установки и др. Наиболее надежны и удобны в эксплуатации центробежные насосы. Что касается других водоподъемных устройств, то вследствие малой производительности они могут использоваться лишь для пополнения пожарных запасов воды в водоемах, резервуарах, водонапорных башнях.

Важной особенностью сети водоснабжения крупных населенных пунктов является наличие, как правило, зонных систем водоснабжения. Эти системы устраивают в городах, занимающих значительную территорию, если разница в отметках отдельных районов составляет 30 – 40 м. Разделение единой централизованной

системы водоснабжения на несколько зон позволяет снизить давление в трубах водопроводных сетей и уменьшить количество энергии, затрачиваемой на подъем воды.



1-самотечные линии; 2-береговой колодец; 3-НС-I; 4-очистные сооружения; 5-РУВ; 6-НС 2; 7-водонапорная башня; 8-наружная сеть; 9-контррезервуар.

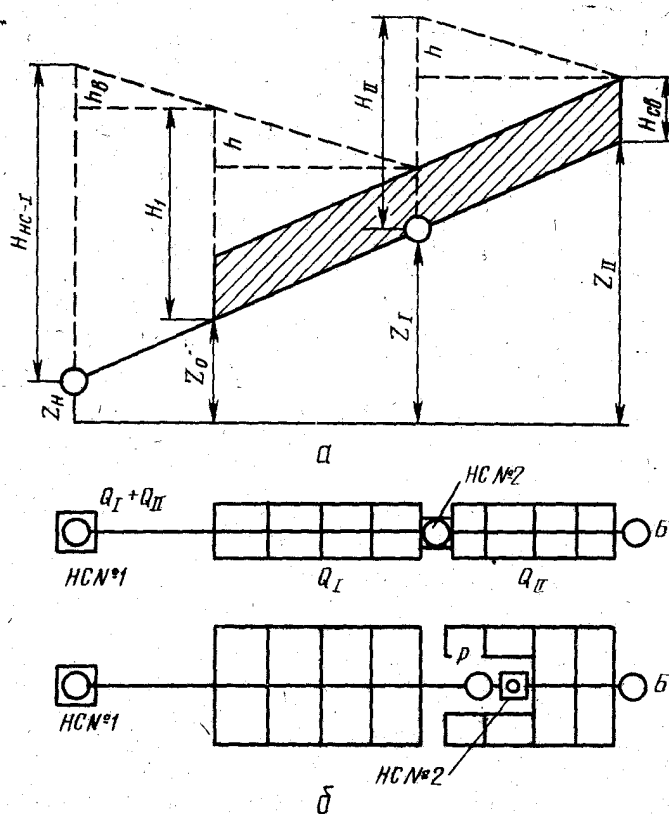


Рис. 7.33. Схема последовательного зонного водоснабжения

Зонирование может быть осуществлено по последовательной (рис. 7.33) или по параллельной схеме (рис. 7.34). При последовательном зонировании насосная станция каждой зоны подает воду в количестве, необходимом для всех вышележащих зон, но под напором, требуемым только для данной зоны. Насосы верхней зоны могут брать воду или непосредственно из сети нижней зоны (рис. 7.33, а), или из промежуточного резервуара (рис. 7.33,б). Резервуар может служить одно-



временно источником питания насосов верхней зоны и контррезервуаром для нижней зоны. Обычно этот резервуар располагается выше границы зон на отметках, обеспечивающих необходимые напоры в верхних точках сети нижней зоны.

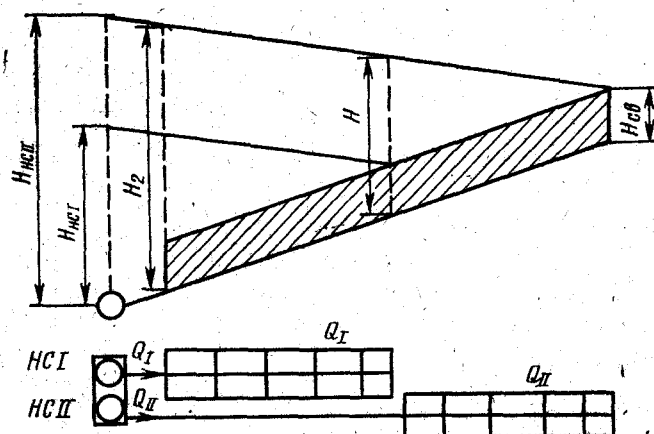


Рис. 7.34 Схема параллельного зонного водоснабжения

При параллельной системе зонирования вода подается в сеть каждой зоны отдельными группами насосов, установленными в общей насосной станции, по отдельным водоводам. Каждая группа насосов подает количество воды, требуемое только для обслуживаемой ими зоны, на высоту, обеспечивающую свободные напоры в этих зонах. При этой системе в пределах сети каждой зоны также достигается возможность снижения давления. Максимальные давления будут наблюдаться в водоводах верхней зоны от насосов до сети.

Наряду с централизованными водопроводами в настоящее время в городах большое распространение имеют системы местного водоснабжения. Эти системы имеют управляемые вручную или автоматически насосные установки относительно небольшой производительности. Такие установки применяются преимущественно для повышения напора в водопроводах многоэтажных зданий, а также зданий средней этажности или группы их, расположенных в районах, где напор в наружной водопроводной сети является недостаточным. Например, в районах с неблагоприятным рельефом местности или в областях города.

### 9.3.3. Схемы водоснабжения промышленных предприятий

Схемы производственного водоснабжения промышленных предприятий зависят от характера производства, мощности и расположения водоисточника и бывают прямоточные, оборотные и последовательные.

При прямоточном водоснабжении вода для производственных целей подается из водоисточника насосной станцией по водопроводной сети в цеха. Отсюда отработанная вода по канализационной сети поступает после обработки в очистных сооружениях в тот же водоем. Если для производственных нужд необходимо подавать воду под различным давлением, на наружную сеть устанавливается несколько насосов, питающих обособленные сети. Для хозяйственно-противопожарных нужд предприятия вода после очистки подается в самостоятельную сеть.

При оборотном водоснабжении использованная в технологическом процессе вода не сбрасывается в водоисточник, как при прямоточном водоснабжении, а

вновь из отстойников потребителям после соответствующей обработки. Для наполнения потерь воды (3 – 5 % — испарение, утечка) в оборотный цикл добавляют свежую воду.

При последовательном водоснабжении, вода использованная одним потребителем, может применяться во втором, а иногда и третьем технологическом цикле промышленного предприятия, после чего сбрасывается в канализационную сеть для обработки в очистных сооружениях.

На одном предприятии может быть несколько систем, обслуживающих разные цехи. Поэтому, если говорить о системе производственного водоснабжения в целом для всего предприятия, то нередко оно бывает системой смешанного водоснабжения.

Хозяйственно-противопожарный водопровод промышленного предприятия может питаться водой от общего городского водопровода, а при их отсутствии или малой мощности схемы разрабатываются с самостоятельными источниками водоснабжения.

Вода из городской сети непосредственно подаётся в сеть внутризаводского водопровода в том случае, когда существующее давление позволяет обеспечить предприятие в соответствии с его графиком водопотребления. Однако для обеспечения большей надёжности водоснабжение предприятий необходимо устраивать не менее двух вводов различных магистральных линий водопроводной сети.

Если свободный напор во внутризаводской сети города, то устраивают местные повысительные насосные станции (рис. 7.35).

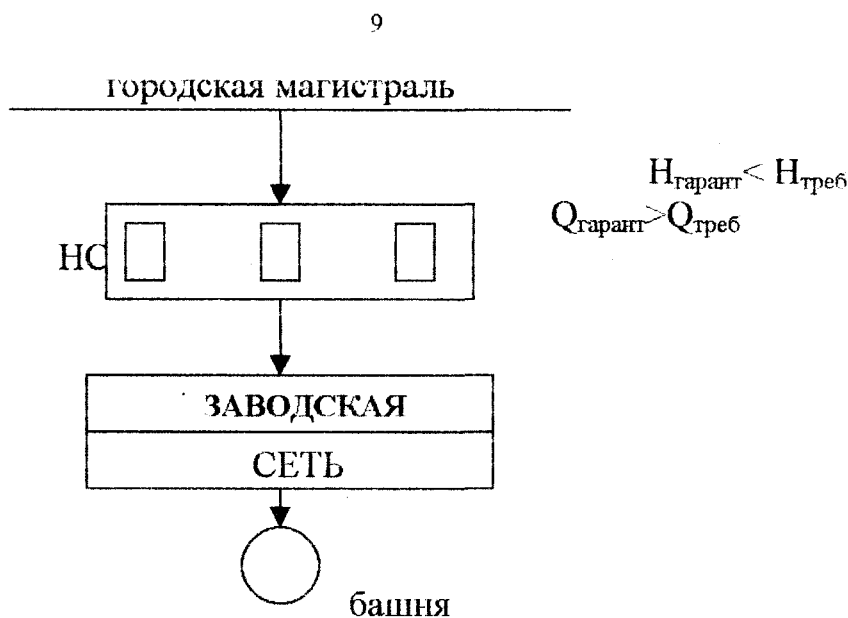
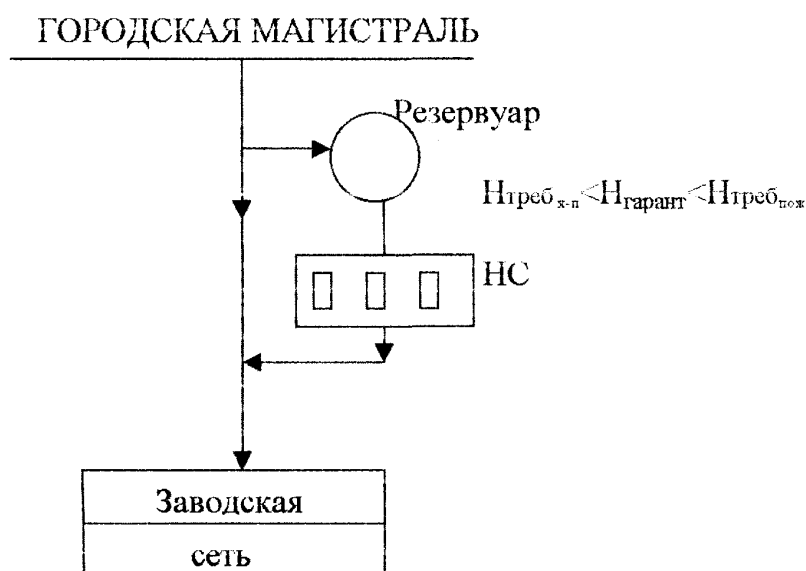


Рис. 7.35 Схема при подаче воды от городской сети, если превышает свободный напор в городской сети, а расход достаточен.

Если в городской сети гарантируемый напор больше требуемого свободного напора для хозяйственных нужд предприятия, но меньше, чем для пожаротушения, водопровод устраивают по следующей схеме (рис. 7.36 и 7.37).



10

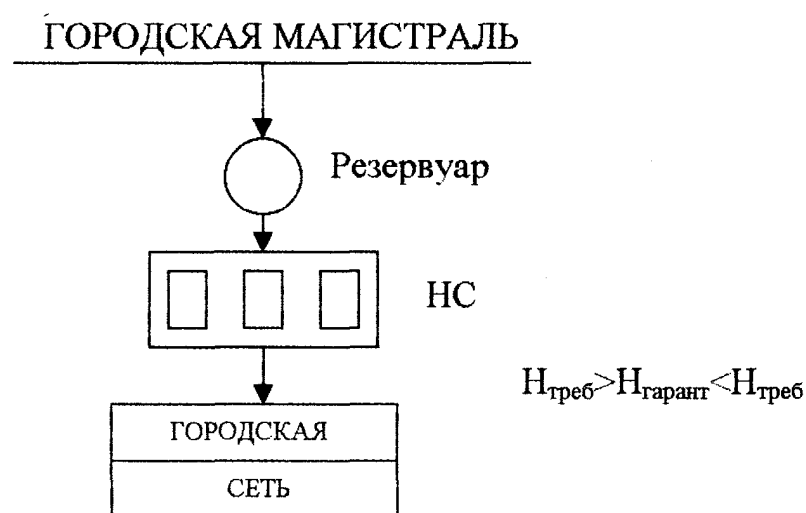


Рис. 7.36, 7.37 Схема при подачи воды от городской сети, если гарантируемый напор больше требуемого свободного напора для хозяйственных нужд предприятия, но меньше, чем для пожаротушения

### 9.3.4. Особенности водоснабжения агропромышленного комплекса

Основное отличие сельскохозяйственного водоснабжения от водоснабжения городов заключается в неравномерном размещении потребителей, к тому же перемещающиеся в зависимости от времени года и занятости в сельском хозяйстве.

До последнего времени, как правило, строили отдельные водопроводы для каждого колхозного посёлка, животноводческой фермы и т. д. В настоящее время, в связи с созданием агропромышленных комплексов, эти отдельные водопроводы постепенно заменяют кустовыми водопроводами или системами кустового водоснабжения, одновременно обеспечивающими водой несколько колхозных сёл, совхозов, ферм и т. д.

Кустовые водопроводы имеют ряд преимуществ. При строительстве их можно применять индустриальные методы. При эксплуатации все системы водоснабжения обслуживаются одним управлением. Регулирование работы отдельных узлов кустовых водопроводов можно осуществлять с помощью системы автоматизированного диспетчерского пункта.

С экономической точки зрения кустовые водопроводы выгоднее отдельных водопроводов, поскольку использование их значительно удешевляет потребляемую воду.

#### 9.4. Система эвакуации людей при пожарах

Эвакуация представляет собой процесс организованного самостоятельного движения людей непосредственно наружу или в безопасную зону 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.

В Техническом регламенте «О требованиях пожарной безопасности» даются следующие понятия эвакуационного выхода и пути эвакуации.

*Эвакуационный выход* — выход, ведущий на путь эвакуации, непосредственно наружу или в безопасную зону.

*Эвакуационный путь (путь эвакуации)* — путь движения и (или) перемещения людей, ведущий непосредственно наружу или в безопасную зону, удовлетворяющий требованиям безопасной эвакуации людей при пожаре.

Каждое здание, сооружение или строение 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, сооружений и строений 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.

Методы определения необходимого и расчетного времени, а также условий беспрепятственной и своевременной эвакуации людей определяются нормативными документами по пожарной безопасности.

Техническим регламентом определено, что **к эвакуационным выходам из зданий, сооружений и строений относятся выходы, которые ведут:**

1) из помещений первого этажа наружу:

- непосредственно;
- через коридор;
- через вестибюль (фойе);
- через лестничную клетку;
- через коридор и вестибюль (фойе);
- через коридор, рекреационную площадку и лестничную клетку;

2) из помещений любого этажа, кроме первого:

непосредственно на лестничную клетку или на лестницу 3-го типа;

- 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;
- на эксплуатируемую кровлю или на специально оборудованный участок кровли, ведущий на лестницу 3-го типа;

3) в соседнее помещение (кроме помещения класса Ф5 категорий А и Б), расположенное на том же этаже и обеспеченное выходами, указанными в пунктах 1 и 2 настоящей части. Выход из технических помещений без постоянных рабочих мест в помещения категорий А и Б считается эвакуационным, если в технических помещениях размещается оборудование по обслуживанию этих пожароопасных помещений.

Эвакуационные выходы из подвальных и цокольных этажей следует предусматривать таким образом, чтобы они вели непосредственно наружу и были обособленными от общих лестничных клеток здания, сооружения, строения.

Эвакуационными выходами считаются также:

1) выходы из подвалов через общие лестничные клетки в тамбур с обособленным выходом наружу, отделенным от остальной части лестничной клетки глухой противопожарной перегородкой 1-го типа, расположенной между лестничными маршами от пола подвала до промежуточной площадки лестничных маршей между первым и вторым этажами;

2) выходы из подвальных и цокольных этажей с помещениями категорий В4, Г и Д в помещения категорий В4, Г и Д и вестибюль, расположенные на первом этаже зданий класса Ф5;

3) выходы из фойе, гардеробных, курительных и санитарных помещений, размещенных в подвальных или цокольных этажах зданий классов Ф2, Ф3 и Ф4, в вестибюль первого этажа по отдельным лестницам 2-го типа;

4) выходы из помещений непосредственно на лестницу 2-го типа, в коридор или холл (фойе, вестибюль), ведущие на такую лестницу, при условии соблюдения ограничений, установленных нормативными документами по пожарной безопасности;

5) распашные двери в воротах, предназначенных для въезда (выезда) железнодорожного и автомобильного транспорта.

Выходы не являются эвакуационными, если в их проемах установлены раздвижные или подъемно-опускные двери, вращающиеся двери, турникеты и другие предметы, препятствующие свободному проходу людей.

Выходы, не отвечающие требованиям, предъявляемым к эвакуационным выходам, могут рассматриваться как аварийные и предусматриваться для повышения безопасности людей при пожаре.

Согласно статье 2 Общие понятия Технического регламента «О требованиях пожарной безопасности» к аварийным выходам относятся — дверь, люк или иной выход, которые ведут на путь эвакуации, непосредственно наружу или в безопасную зону.

*Безопасная зона* — зона, в которой люди защищены от воздействия опасных факторов пожара или в которой опасные факторы пожара отсутствуют.

Аварийный выход используется как дополнительный выход для спасения людей, но не учитывается при оценке соответствия необходимого количества и размеров эвакуационных путей и эвакуационных выходов и которые удовлетворяют требованиям безопасной эвакуации людей при пожаре.

**К аварийным выходам в зданиях, сооружениях и строениях относятся выходы, которые ведут:**

1) на балкон или лоджию с глухим простенком не менее 1,2 метра от торца балкона (лоджии) до оконного проема (остекленной двери) или не менее 1,6 метра между остекленными проемами, выходящими на балкон (лоджию);

2) на переход шириной не менее 0,6 метра, ведущий в смежную секцию здания класса Ф 1.3 или в смежный пожарный отсек;

3) на балкон или лоджию, оборудованные наружной лестницей, поэтажно соединяющей балконы или лоджии;

4) непосредственно наружу из помещений с отметкой чистого пола не ниже 4,5 метра и не выше 5 метров через окно или дверь размером не менее 0,75 x 1,5 метра, а также через люк размером не менее 0,6 x 0,8 метра. При этом выход через приямок должен быть оборудован лестницей в приямок, а выход через люк — лестницей в помещении. Уклон этих лестниц не нормируется;

5) на кровлю зданий, сооружений и строений I, II и III степеней огнестойкости классов С0 и С1 через окно или дверь размером не менее 0,75 x 1,5 метра, а также через люк размером не менее 0,6 x 0,8 метра по вертикальной или наклонной лестнице.

#### **Нормирование количества и размеров эвакуационных выходов.**

В настоящее время нормами предусмотрено два принципа нормирования суммарной ширины эвакуационных путей и выходов и протяженности путей эвакуации.

В соответствии с первым принципом размеры путей эвакуации определяются расчетом, исходя из необходимого времени эвакуации. Недостатком является трудоемкость расчетов.

В соответствии со вторым принципом в нормах проектирования приводятся готовые нормативы в виде цифр. Требуемая суммарная ширина эвакуационных выходов и путей и допустимая протяженность путей эвакуации определяются по таблицам норм в зависимости от назначения зданий, степени их огнестойкости и

других факторов. Нормируются также минимальные и максимальные размеры эвакуационных путей и выходов, минимально допустимое количество эвакуационных путей и выходов из помещений и этажей здания и т. д. В этом случае проектные решения сопоставляются с требованиями норм.

При проектировании эвакуационных выходов должны соблюдаться следующие условия безопасности:

1. Общая фактическая ширина эвакуационных выходов должна быть не менее требуемой:

$$\sum \delta_{\phi} \geq \sum \delta_{TP}$$

2. Фактическое количество эвакуационных выходов должно быть не меньше требуемого нормами количества выходов:

$$n_{\phi} \geq n_{TP}$$

3. Ширина эвакуационного выхода должна находиться в интервале между минимально и максимально допустимыми размерами:

$$\delta_{\min} \leq \delta_{\phi} \leq \delta_{\max},$$

а также быть не менее требуемой:

$$\delta_{\phi} \geq \delta_{TP}$$

При устройстве двух эвакуационных выходов каждый из них должен обеспечивать безопасную эвакуацию всех людей, находящихся в помещении, на этаже или в здании.

При наличии более двух эвакуационных выходов безопасная эвакуация людей должна быть обеспечена всеми эвакуационными выходами, кроме каждого одного из них.

Если хотя бы одно из условий безопасности не выполнено, эвакуационные выходы не обеспечивают безопасность людей и проект нуждается в переработке.

Для проверки соблюдения условий безопасности 1 – 3 необходимо определить значения величин  $\sum \delta_{\phi}$ ,  $\sum \delta_{TP}$ ,  $n_{\phi}$ ,  $n_{NH}$ ,  $\delta_{\min}$ ,  $\delta_{\max}$ ,  $\delta_{TP}$ .

**Общая ширина и количество эвакуационных выходов.** Требуемое количество и общая ширина эвакуационных выходов из помещений, с этажей и из зданий определяются в зависимости от максимально возможного числа эвакуирующихся через них людей и предельно допустимого расстояния от наиболее удаленного места возможного пребывания людей (рабочего места) до ближайшего эвакуационного выхода.

Не менее двух эвакуационных выходов должны иметь помещения и открытые этажерки и площадки, перечисленные в п. 6.12\* СНиП 21-01-97\*.

**Не менее двух эвакуационных выходов должны иметь:**

– помещения класса Ф1.1, предназначенные для одновременного пребывания более 10 чел.,

– помещения подвальных и цокольных этажей, предназначенные для одновременного пребывания более 15 чел.

– помещения, предназначенные для одновременного пребывания более 50 чел.;

– помещения класса Ф5 категорий А и Б с численностью работающих в наиболее многочисленной смене более 5 чел., категории В — более 25 чел. или площадью более 1000 м<sup>2</sup>;

– открытые этажерки и площадки в помещениях класса Ф5, 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;

– помещения класса Ф1.3 (квартиры), расположенные на двух этажах (уровнях), при высоте расположения верхнего этажа более 18 м должны иметь эвакуационные выходы с каждого этажа.

**Число эвакуационных выходов с этажа** должно быть не менее двух, если на нем располагается помещение, которое должно иметь не менее двух эвакуационных выходов.

**Число эвакуационных выходов из здания** должно быть не менее числа эвакуационных выходов с любого этажа здания.

Общая фактическая ширина эвакуационных выходов и их количество определяются по проекту здания или в натуре.

**Минимальная, максимальная и требуемая ширина эвакуационных выходов.**

Минимальная ширина эвакуационных выходов в свету должна быть не менее:

– 1,2 м — из помещений класса Ф 1.1 при числе эвакуирующихся более 15 чел., из помещений и зданий других классов функциональной пожарной опасности, за исключением класса Ф1.3 — более 50 чел.;

– 0,8 м — во всех остальных случаях.

Требуемая ширина эвакуационного выхода определяется в зависимости от общего количества людей, эвакуирующихся через этот выход и количества людей на 1 м ширины выхода (двери).

Для определения требуемой ширины эвакуационного выхода следует учитывать требования нормативных документов, устанавливающих требования к зданиям различного функционального назначения.

Так, для **общественных зданий** ширину эвакуационного выхода (двери) из залов без мест для зрителей следует определять по числу эвакуирующихся через выход людей согласно табл. 7.3, но не менее 1,2 м в залах вместимостью более 50 чел. (п.1.110 СНиП 2.08.02-89\*).



Таблица 7.3 СНиП 2.08.02-89\*

Назначение залов	Степень огнестойкости здания	Число человек на 1 м ширины эвакуационного выхода (двери) в залах объемом, тыс. м <sup>3</sup>		
		до 5	св. 5 до 10	св. 10
1. Торговые — при площади основных эвакуационных проходов — 25 % и более площади зала; обеденные и читальные — при плотности потока в каждом основном проходе не более 5 чел/м <sup>3</sup>	I, II	165	220	275
	III, IIIб, IV	115	155	—
	IIIа, IVа, V	80	—	—
2. Торговые — при площади основных эвакуационных проходов менее 25 % площади зала, прочие залы	I, II	75	100	125
	III, IIIб, IV	50	70	—
	IIIа, IVа, V	40	—	—

Для производственных зданий ширину эвакуационного выхода (двери) из помещений следует принимать в зависимости от общего количества людей, эвакуирующихся через этот выход и количества людей на 1 м ширины выхода (двери), установленного в таблице 7.4, но не менее 0,9 м при наличии в числе работающих инвалидов с нарушениями опорно-двигательного аппарата.

Количество людей на 1 м ширины выхода при промежуточных значениях объема помещений определяется интерполяцией.

Таблица 7.4 СНиП 31-03-2001

Объем помещения, тыс. м <sup>3</sup>	Категория помещения	Степень огнестойкости здания	Класс конструктивной пожарной опасности здания	Количество людей на 1 м ширины эвакуационного выхода (двери), чел.
До 15	А, Б	I, II, III, IV	CO	45
	B1-B3	I, II, III, IV III, IV Не норм.	CO C1 C2, C3	110 75 55
30	А, Б	II, II, III, IV	CO	65
	B1-B3	I, II, III, IV III, IV	CO C1	155 110
40	А,Б	I, II, III, IV	CO	85
	B1-B3	I, II, III, IV III, IV	CO C1	175 120
50	А, Б	I, II, III, IV	CO	130
	B1-B3	I, II, III, IV III, IV	CO C1	195 135
60 и более	А, Б	I, II, III, IV	CO	150
	B1-B3	I, II, III, IV III, IV	CO C1	220 155
80 и более	B1-B3	I, II, III, IV III, IV	CO C1	260 220
Независимо от объема	B4, Г	I, II, III, IV	CO	260
		III, IV	C1	180
		Не норм.	C2, C3	130
То же	Д	Не нормируется		

Во всех случаях ширина эвакуационного выхода должна быть такой, чтобы с учетом геометрии эвакуационного пути через проем или дверь можно было беспрепятственно пронести носилки с лежащим на них человеком.

Максимальная ширина эвакуационных выходов установлена только для зрительных залов и равна 2,4 м.

Высота эвакуационных выходов в свету должна быть не менее 1,9 м.

**Эвакуационные пути: нормирование протяженности, ширины и высоты.**

Эвакуационный путь (путь эвакуации) — путь движения и (или) перемещения людей, ведущий непосредственно наружу или в безопасную зону, удовлетворяющий требованиям безопасной эвакуации людей при пожаре.

Эвакуационные пути следует принимать с учетом п. 6.9\* СНиП 21-01-97\*.

Согласно Техническому регламенту **эвакуационные пути не должны включать лифты, эскалаторы, а также участки, ведущие:**

- через коридоры с выходами из лифтовых шахт, через лифтовые холлы и тамбуры перед лифтами, если ограждающие конструкции шахт лифтов, включая двери шахт лифтов, не отвечают требованиям, предъявляемым к противопожарным преградам;
- через лестничные клетки, если площадка лестничной клетки является частью коридора, а также через помещение, в котором расположена лестница 2-го типа, не являющаяся эвакуационной;
- по кровле зданий, сооружений и строений, за исключением эксплуатируемой кровли или специально оборудованного участка кровли, аналогичного эксплуатируемой кровле по конструкции;
- по лестницам 2-го типа, соединяющим более двух этажей (ярусов), а также ведущим из подвалов и с цокольных этажей;
- по лестницам и лестничным клеткам для сообщения между подземными и надземными этажами, за исключением случаев, рассмотренных выше.

К эвакуационным путям требования пожарной безопасности предъявляются к ширине, высоте и протяженности путей эвакуации, включающие в себя движение по проходам от наиболее удаленной точки помещения, по коридорам, лестничным маршам, а также через дверные проемы и тамбур-шлюзы (тамбуры) до выхода наружу.

Рассмотрим требования пожарной безопасности для объектов различного назначения.

#### *Производственные здания.*

Расстояние от наиболее удаленного рабочего места в помещении до ближайшего эвакуационного выхода из помещения непосредственно наружу или в лестничную клетку не должно превышать значений, приведенных в таблице 7.5 СНиП 31-03-2001 «Производственные здания».

Если эвакуационный выход из помещения ведет в коридор, наружу или в лестничную клетку через смежное помещение, то расстояние от наиболее удаленного рабочего места этого помещения до захода из смежного помещения принимается по наиболее опасной категории одного из смежных помещений.

В таблице 7.5 СНиП 31-03-2001 «Производственные здания» расстояния для помещений категорий А и Б приняты с учетом площади разлива легковоспламеняющихся или горючих жидкостей, равной  $50 \text{ м}^2$ ; при других числовых значениях площади разлива указанные в таблице 7.5 расстояния умножаются на коэффициент  $50/F$ , где  $F$  — возможная площадь разлива, определяемая в технологической части проекта.

При промежуточных значениях объема помещений расстояния определяются линейной интерполяцией.

Таблица 7.5 СНиП 31-03-2001

Объем помещения, тыс м <sup>3</sup>	Категория помещения	Степень огнестойкости здания	Класс конструктивной пожарной опасности здания	Расстояние, м, при плотности людского потока в общем проходе, чел/м <sup>2</sup>		
				до 1	св. 1 до 3	св. 3 до 5.
До 15	А, Б		С0	40	25	15
	В1-В3	I, II, III, IV	С0	100	60	40
		III, IV	С1	70	40	30
V		С2, С3	50	30	20	
30	А, Б	I, II, III, IV	С0	60	35	25
	В1-В3	I, II, III, IV	С0	145	85	60
		III, IV	С1	100	60	40
40	А, Б	I, II, III, IV	С0	80	50	35
	В1-В3	I, II, III, IV	С0	160	95	65
		III, IV	С1	110	85	45
50	А, Б	I, II, III, IV	С0	120	70	50
	В1-В3	I, II, III, IV	С0	180	105	75
		III, IV	С1	160	95	65
60 и более	А, Б	I, II, III, IV	С0	140	35	30
	В1-В3	I, II, III, IV	С0	200	110	35
		III, IV	С1	180	105	75
80 и более	В1-В3	I, II, III, IV	С0	240	140	100
		III, IV	С1	200	110	85
Независимо от объема	В4, Г	I, II, III, IV	С0	Не	Не	Не
		III, IV	С1	огр.	огр.	огр.
		V	Не норм	180	35	55
То же	Д	I, II, III, IV	С0, С1	120	70	50
		III, IV	С2, С3	огр.	огр.	огр.
				160	95	65

Предельно допустимое расстояние от наиболее удаленного рабочего места до ближайшего эвакуационного выхода, измеряемого по оси эвакуационного пути, ограничивается в зависимости от класса функциональной пожарной опасности и категории взрывопожароопасности помещения и здания, численности эвакуируемых, геометрических параметров помещений и эвакуационных путей, класса конструктивной пожарной опасности и степени огнестойкости здания.

При размещении на одном этаже помещений различных категорий расстояние по коридору от двери наиболее удаленного помещения до выхода наружу или в ближайшую лестничную клетку определяется по более опасной категории.

Плотность людского потока в коридоре определяется как отношение количества людей, эвакуирующихся из помещений в коридор, к площади этого коридора.

Согласно п. 6.9 СНиП 31-03-2001 расстояние по коридору от двери наиболее удаленного помещения площадью не более 1000 м<sup>2</sup> до ближайшего выхода наружу или в лестничную клетку не должна превышать значений, приведенных в таблице 7.6.

При размещении на одном этаже помещений различных категорий расстояние по коридору от двери наиболее удаленного помещения до выхода наружу или в ближайшую лестничную клетку определяется по более опасной категории.

Таблица 7.6 СНиП 31-03-2001

Расположение выхода	Категория помещения	Степень огнестойкости здания	Класс конструктивной пожарной опасности здания	Расстояние по коридору, м, до выхода наружу или в ближайшую лестничную клетку при плотности людского потока в коридоре, чел/м <sup>2</sup>			
				до 2	св.2 до 3	св. 3 до 4.	св. 4 до 5
Между двумя выходами наружу или лестничными клетками	А, Б	I, II, III, IV	С0	50	50	40	35
	В1-В3	I, II, III, IV II, IV Не норм.	С0	120	95	80	85
			С1	85	65	55	45
			С2, С3	80	50	40	35
	В4, Г, Д	I, II, III, IV II, IV Не норм.	С0	180	140	120	100
			С1	125	100	85	70
С2, С3			90	70	60	50	
В тупиковый коридор	Независимо от категории	I, II, III, IV II, IV Не норм.	С0	30	25	20	15
			С1	20	15	15	10
			С2, С3	15	10	10	8

В соответствии с п. 6.27 СНиП 21-01-97\* высота горизонтальных участков путей эвакуации в свету должна быть не менее 2 м, ширина горизонтальных участков путей эвакуации и пандусов должна быть не менее:

- 1,2 м — для общих коридоров, по которым могут эвакуироваться из помещений — более 50 чел.;
- 0,7 м — для проходов к одиночным рабочим местам;
- 1,0 м — во всех остальных случаях.

В любом случае эвакуационные пути должны быть такой ширины, чтобы с учетом их геометрии по ним можно было беспрепятственно пронести носилки с лежащим на них человеком.

Требуемая ширина коридоров или проходов на путях эвакуации принимается из расчета 0,6 м на 100 чел.

Ширину эвакуационного выхода (двери) из коридора наружу или в лестничную клетку следует принимать в зависимости от общего количества людей, эвакуирующихся через этот выход и количества людей на 1 м ширины выхода (две-

ри), установленного в таблице 4 СНиП 31-03-2001, но не менее 0,9 м, при наличии работающих инвалидов с нарушениями опорно-двигательного аппарата — не менее 0,9 м.

Таблица 7.7 СНиП 31-03-2001

Категория наиболее пожароопасного помещения, выходящего в коридор	Степень огнестойкости здания	Класс конструктивной пожарной опасности здания	Количество людей на 1 м ширины эвакуационного выхода (двери) из коридора, чел.
А,Б	I, II, III, IV	CO	85
B1-B2	I, II, III, IV	CO	175
	IV	C1	120
	Не норм.	C2, C3	85
B4, Г, Д	I, II, III, IV	CO	260
	IV	C1	180
	Не норм.	C2, C3	130

**Ширина лестничного марша** должна быть не менее:

- 1,2 м — для зданий с числом людей, находящихся на любом этаже, кроме первого, более 200 чел.;
- 0,7 м — для лестниц, ведущих к одиночным рабочим местам;
- 0,9 м — для всех остальных случаев.

Ширина марша лестницы в зависимости от количества людей, эвакуирующихся по ней со второго этажа, а также ширина дверей, коридоров или проходов на путях эвакуации должны приниматься из расчета 0,6 м на 100 чел.

Ширину тамбуров и тамбур-шлюзов следует принимать более ширины проемов не менее чем на 0,5 м.

Ширина лестничных площадок должна быть не менее ширины марша, а перед входом в лифты с распашными дверями — не менее суммы ширины марша и половины ширины двери лифта, но не менее 1,6 м.

*Жилые здания.*

При общей площади квартир на этаже, а для зданий секционного типа — на этаже секции, более 500 м<sup>2</sup> эвакуация должна осуществляться не менее чем в две лестничные клетки (обычные или незадымляемые).

В жилых зданиях с общей площадью квартир на этаже секции (этаже коридорного, галерейного дома) от 500 до 550 м<sup>2</sup> допускается устройство одного эвакуационного выхода из квартир:

- при высоте расположения верхнего этажа не более 28 м — в обычную лестничную клетку при условии оборудования передних в квартирах датчиками адресной пожарной сигнализации;

– при высоте расположения верхнего этажа более 28 м — в одну незадымляемую лестничную клетку при условии оборудования всех помещений квартир (кроме санузлов, ванных комнат, душевых и постирочных) датчиками адресной пожарной сигнализации или автоматическим пожаротушением.

Проход в наружную воздушную зону лестничной клетки типа Н1 допускается через лифтовой холл, при этом устройство шахт лифтов и дверей в них должно быть выполнено противопожарными с пределом огнестойкости EI 30.

В секционных домах высотой более 28 м выход наружу из незадымляемых лестничных клеток (тип Н1) допускается устраивать через вестибюль (при отсутствии выходов в него из автостоянки и помещений общественного назначения), отделенный от примыкающих коридоров противопожарными перегородками 1-го типа с противопожарными дверями 2-го типа.

Наибольшие расстояния от дверей квартир до лестничной клетки или выхода наружу следует принимать по таблице 7.8 СНиП 31-01-2003 «Здания жилые многоквартирные».

Таблица 7.8 СНиП 31-01-2003 «Здания жилые многоквартирные»

Степень огнестойкости здания	Класс конструктивной пожарной опасности здания	Наибольшее расстояние от дверей квартиры до выхода, м	
		при расположении между лестничными клетками или наружными входами	при выходах в тупиковый коридор или галерею
I, II	C0	40	25
II	C1	30	20
III	C0	30	20
	C1	25	15
IV	C0	25	15
	C1, C2	20	10
V	Не нормируется	20	10

Ширина коридора должна быть не менее: при его длине между лестницами или торцом коридора и лестницей до 40 м — 1,4, свыше 40 м — 1,6, ширина галереи — не менее 1,2 м. Коридоры следует разделять перегородками с дверями огнестойкостью EI 30, оборудованными закрывателями и располагаемыми на расстоянии не более 30 м одна от другой и от торцов коридора.

В лестничных клетках и лифтовых холлах допускается предусматривать остекленные двери, при этом в зданиях высотой четыре этажа и более — с армированным стеклом.

Минимальную ширину и максимальный уклон лестничных маршей следует принимать согласно таблице 7.9 СНиП 31-01-2001.

Таблица 7.9 СНиП 31-01-2001

Наименование марша	Минимальная ширина, м	Максимальный уклон
Марши лестниц, ведущие на жилые этажи зданий:		
секционных:		
двухэтажных	1,05	1:1,5
трехэтажных и более	1,05	1:1,75
коридорных	1,2	1:1,75
Марши лестниц, ведущие в подвальные и цокольные этажи, а также внутриквартирных лестниц	0,9	1:1,25
Примечание — Ширину марша следует определять расстоянием между ограждениями или между стеной и ограждением.		

*Общественные здания.*

Наибольшие расстояния от любой точки залов различного объема без мест для зрителей до ближайшего эвакуационного выхода следует принимать по табл. 7.10 СНиП 2.08.02-89\* «Общественные здания и сооружения» в зависимости от назначения залов, степени огнестойкости здания и объема залов (расстояние от 10 до 80 м).

Расстояние по путям эвакуации от дверей наиболее удаленных помещений общественных зданий (кроме уборных, умывальных, курительных, душевых и других обслуживающих помещений), а в детских дошкольных учреждениях — от выхода из групповой ячейки до выхода наружу или на лестничную клетку должно быть не более указанного в табл. 7.10 СНиП 2.08.02-89\*. Расстояния следует принимать в зависимости от назначения и степени огнестойкости здания, плотности людского потока при эвакуации и расположения помещений относительно лестничных клеток или наружных выходов (между ними — 10 – 60 м или при выходах в тупиковый коридор или холл — 5 – 30 м).

#### **9.4.1. Обеспечение безопасности людей в зданиях на случай пожара**

Согласно ГОСТ 12.1.004-91\* "Пожарная безопасность. Общие требования", объекты должны иметь системы пожарной безопасности, направленные на предотвращение воздействия на людей опасных факторов пожара, в том числе их вторичных проявлений на требуемом уровне.

Принятым Федеральным законом от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент «О требованиях пожарной безопасности» определено, что одной из целей создания на объекте системы пожарной безопасности является 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.



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.

Требуемый уровень обеспечения пожарной безопасности людей с помощью указанных систем должен быть не менее 0,999999 предотвращения воздействия опасных факторов в год в расчете на каждого человека, а допустимый уровень пожарной безопасности для людей должен быть не менее  $10^{-6}$  воздействия опасных факторов пожара, превышающих предельно допустимые значения, в год в расчете на каждого человека.

Метод определения уровня обеспечения пожарной безопасности приведены в приложении 2\* ГОСТ 12.1.004-91\*, а также в ГОСТ 12.3.047-98.

Опасными факторами, воздействующими на людей, являются:

- искры и пламя;
- повышенная температура окружающей среды;
- токсичные продукты горения и термического разложения;
- дым;
- пониженная концентрация кислорода.

Каждый объект должен иметь такое объемно-планировочное и техническое исполнение, чтобы эвакуация людей из него была завершена до наступления предельно допустимых значений опасных факторов пожара (ОФП), а при нецелесообразности эвакуации была обеспечена защита людей в объекте. Для обеспечения эвакуации необходимо:

- установить количество, размеры и соответствующее конструктивное исполнение эвакуационных путей и выходов;
- обеспечить возможность беспрепятственного движения людей по эвакуационным путям;
- организовать при необходимости управление движением людей по эвакуационным путям (световые указатели, звуковое и речевое оповещение т. п.).

Невзирая на профилактическую работу, направленную на предотвращение пожаров, они с определенной вероятностью все же возникают. Задача заключается в том, чтобы создать на объектах такие условия, при которых возникший пожар не представлял бы опасности для здоровья и жизни человека.

Причиной гибели людей, с одной стороны, является пожар, предупреждению которого не было уделено достаточного внимания, а с другой стороны, не были предусмотрены необходимые технические решения и организационные меры по обеспечению безопасности людей на случай, если пожар возникает.

Защита людей на путях эвакуации обеспечивается комплексом объемно-планировочных, конструктивных, инженерно-технических и организационных мероприятий, направленных на сокращение времени от возникновения пожара до

выхода людей наружу и на увеличение времени от возникновения пожара до появления на путях эвакуации опасных факторов пожара.

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.

За пределами помещений защиту путей эвакуации следует предусматривать из условия обеспечения безопасной эвакуации людей с учетом функциональной пожарной опасности помещений, выходящих на эвакуационный путь, численности эвакуируемых, степени огнестойкости и класса конструктивной пожарной опасности здания, количества эвакуационных выходов с этажа и здания в целом.

Пожарная опасность строительных материалов поверхностных слоев конструкций (отделок и облицовок) в помещениях и на путях эвакуации за пределами помещения должна ограничиваться в зависимости от функциональной пожарной опасности помещения и здания с учетом других мероприятий по защите путей эвакуации.

Не допускается размещать в помещениях класса Ф5 категорий “А” и “Б” под помещениями, предназначенными для одновременного пребывания более 50 чел., а также в подвальных и цокольных этажах.

В подвальных и цокольных этажах не допускается размещать помещения классов Ф1.1, Ф1.2 и Ф1.3.

Противодымная защита зданий должна выполняться в соответствии со СНиП 41-01-2003.

Система оповещения о пожаре должна выполняться в соответствии с НПБ 104.

Эффективность мероприятий по обеспечению безопасности людей при пожаре может рассчитываться расчетным путем.

Главным показателем эффективности мероприятий по обеспечению безопасности людей является время, которое требуется для того, чтобы они могли без ущерба для здоровья покинуть отдельные помещения и здания в целом. Условия безопасности людей выполнено, если фактическое расчетное время эвакуации людей равно или меньше необходимого времени эвакуации людей из рассматриваемого помещения:

$$\tau_p \leq \tau_{н\delta},$$

где  $\tau_p$  — расчетное (фактическое) время эвакуации людей, мин;  $\tau_{н\delta}$  — необходимое время эвакуации (время до появления ОФП), мин.

Это условие безопасности положено в основу нормирования процесса эвакуации людей. Если оно выполняется, проект здания обеспечивает безопасность людей и соответствует нормам проектирования, если не выполняется, безопасность людей в случае пожара не обеспечивается, проект нуждается в переработке.

Для использования условия безопасности  $\tau_p \leq \tau_{н\delta}$  необходимо уметь определять величину  $\tau_p$ , зависящую от размеров путей эвакуации и параметров движения людей, и величину  $\tau_{н\delta}$ , зависящую от скорости изменения при пожаре ОФП в рассматриваемом помещении.

#### 9.4.2. Особенности движения людей при эвакуации. Параметры движения людских потоков

Передвижение людей происходит во всех помещениях зданий и сооружений, связанных с пребыванием в них человека. Для обеспечения передвижения людей в зданиях предусматриваются коммуникационные помещения и другие специальные устройства: проходы между оборудованием, входы и выходы, коридоры, холлы, лестницы, вестибюли, фойе и т. д. Коммуникационные помещения в зданиях занимают значительную площадь, составляющую в ряде случаев 30 % и более от рабочей площади здания. Для большой группы зданий и помещений движение людей является основным функциональным процессом и от его правильной организации зависит рациональное объемно-планировочное решение здания.

Особое значение приобретает движение людей во время возникновения пожара в здании, аварии или какого-либо стихийного бедствия.

В этом случае от правильной организации движения и состояния коммуникационных помещений зависит жизнь людей. Поскольку возникновение пожара возможно в любом помещении, то учет аварийной эвакуации людей обязателен для любого помещения и здания или сооружения в целом.

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.

Движение людей при эвакуации можно разделить на этапы:

1 — движение в пределах помещения до выхода непосредственно наружу, в коридор или в лестничную клетку;

2 — движение по коридору до выхода наружу непосредственно или в лестничную клетку;

3 — движение в лестничной клетке до выхода наружу или через вестибюль;

4 — движение от выходов наружу до рассеивания на прилегающей к зданию территории. В зависимости от этажности и классов функциональной пожарной опасности зданий количество этапов может видоизменяться.

При пожаре возникает реальная угроза жизни и здоровью людей. Поэтому процесс эвакуации начинается практически одновременно и имеет четкую направленность. Например, в зале зрелищного предприятия все зрители одновременно встают со своих мест и идут к выходу. В результате такого одновременного и направленного движения и вследствие ограниченной пропускной способности эвакуационных путей и выходов создаются большие плотности людских потоков, наблюдаются физические усилия со стороны отдельных эвакуирующихся, что значительно уменьшает скорость движения. Возникает противоречие: чем быстрее люди стремятся покинуть помещение здания, тем больше времени они вынуждены потратить на это. Особенности движения при эвакуации являются также неблагоприятные воздействия ОФП и возможность возникновения паники.

Панические реакции проявляются в основном либо в форме ступора (замирание, обездвиженности, неспособности к действию), либо фуги (бега, хаотических метаний, поверхностной ориентировки в обстановке).

Исследования показали, что основная масса эвакуирующихся (до 90 %) способна к здоровой оценке ситуации и разумным действиям, но, испытывая страх и заражая им друг друга, может податься панике. Кроме того, в массе людей, оказывается от 10 до 20 % людей с выраженными расстройствами психики, которые являются потенциальными паникерами и могут отрицательно влиять на основную массу людей. Склонность к паническим действиям зависит от организованности группы людей, определяемой культурным уровнем общественным положением входящих в нее участников. Наиболее организованными являются группы, состоящие из служащих рабочих и учащихся, а неорганизованными оказываются группы лиц, не связанных между собой общими интересами. Нельзя учитывать, что по статистическим данным в общей массе людей около 3 % имеют физические недостатки (калеки), 9 % людей находятся в преклонном возрасте, 4 % — дети моложе 5 лет, кроме того, примерно 10 % людей вследствие систематического применения лекарственных средств имеют замедленную реакцию, недостаточную двигательную способность и легко подверженную шоку. Указанные 26 % людей не могут двигаться со скоростью основной массы эвакуирующихся, это приводит к задержкам в движении, падениям и даже может вызвать полную остановку движения, что способствует возникновению паники.

Паника может быть предотвращена соответствующими конструктивными и объемно-планировочными решениями путей эвакуации, мерами психологического воздействия, а также заранее продуманными действиями администрации. Для уменьшения паники необходимо исключать препятствия на путях эвакуации, обеспечить аварийное освещение, поддерживать контакт с эвакуируемыми. Организованному движению людей способствует система оповещения, указывающих порядок эвакуации и пути эвакуации.

*Параметры движения людских потоков.*

Двигающиеся в одном направлении люди образуют людской поток, характеризующийся плотностью потока  $D$ , скоростью движения  $v$ , интенсивностью движения  $q$  и пропускной способностью участка пути  $Q$ .

Плотность людского потока составляет количество человек  $N$ , размещающихся на единице площади эвакуационного пути  $F$ :

$$D = \frac{N}{F}, \text{ чел/м}^2$$

При расчетах используется безразмерная характеристика плотности людского потока, которую вычисляют по формуле:

$$D = \frac{Nf}{l\delta},$$

где  $\delta$  и  $l$  — соответственно ширина и длина участка эвакуационного пути, м;

$N$  — число людей на участке эвакуационного пути, чел;

$f$  — средняя площадь горизонтальной проекции человека принимается равной, м<sup>2</sup>:

взрослого в домашней одежде	0,1
взрослого в зимней одежде	0,125
подростка	0,07

Скорость движения людей в потоке зависит от вида пути и плотности людского потока и принимается по табл. 2 ГОСТ 12.1.004-91\* "Пожарная безопасность. Общие требования".

Интенсивность движения людского потока характеризует количество людей, проходящих через 1 м ширины эвакуационного пути за 1 минуту. В связи с тем, что количество людей выражается в  $m^2$ , размерность интенсивности  $[q] = m^2/m \text{ мин} = m/\text{мин}$ .

Интенсивность движения также зависит от плотности людского потока и вида пути (табл. 2 ГОСТ 12.1.004-91\*). По мере увеличения плотности людского потока интенсивность движения вначале увеличивается и после достижения максимума  $q_{max}$  уменьшается.

При достижении  $q_{max}$  параметры движения  $v$  и  $q$  принимаются при условиях предельной плотности людского потока, т.е. при  $D \geq 0,9$ . Значения  $q_{max}$  равны:

для горизонтальных путей	16,5 м/мин;
для дверных проемов	19,6 м/мин;
для лестниц при движении вниз	16,0 м/мин;
для лестниц при движении вверх	11,0 м/мин.

Пропускная способность участка пути характеризует количество людей, которое он способен пропустить в единицу времени и определяется как произведение интенсивности движения на ширину участка:

$$Q = q\delta, \text{ м}^2/\text{мин}$$

Используя понятие пропускной способности участка пути, можно получить формулы для расчета интенсивности движения и времени задержки при слиянии людских потоков.

Если происходит слияние нескольких людских потоков, то при беспрепятственном движении должно соблюдаться условие:

$$Q_i = \sum Q_{i-1},$$

или

$$q_i\delta_i = q_1\delta_1 + q_2\delta_2 + q_3\delta_3,$$

откуда

$$q_i = \frac{q_1\delta_1 + q_2\delta_2 + q_3\delta_3}{\delta_i}.$$

Задержка движения людей в начале  $i$ -го участка наблюдается при:

$$Q_i = \sum Q_{i-1}.$$

Время задержки определяется как разность времени эвакуации с учетом пропускной способности участков пути:

$$\Delta\tau = \tau_i - \tau_{i-1}.$$

Время эвакуации людей по  $i$ -му участку при количестве людей  $N_i$  и предельной пропускной способности участка пути  $Q_{np}$  определяется по формуле:

$$\tau_i = \frac{N_i f}{Q_p} = \frac{N_i f}{q_p \delta_i},$$

где  $q_{np}$  — интенсивность движения людей при предельной плотности ( $D \geq 0,9$ ), м/мин.

Аналогично 
$$\tau_{i-1} = \frac{N_i f}{\sum Q_{i-1}} = \frac{N_i f}{\sum (q_{i-1} \delta_{i-1})},$$

следовательно

$$\Delta \tau = N_i f \left( \frac{1}{q_p \delta_i} - \frac{1}{\sum (q_{i-1} \delta_{i-1})} \right).$$

### 9.4.3. Расчетное время эвакуации. Необходимое время эвакуации.

Методика определения расчетного (фактического) времени эвакуации людей из помещений и зданий, разработанная МИСИ им. В. В. Куйбышева, изложена в ГОСТ 12.004-91\*.

Расчетное время эвакуации людей из помещений не определяют в тех случаях, когда нормами проектирования предусматривается один эвакуационный выход или когда на один эвакуационный выход приходится не более 50 человек, а расстояние от наиболее удаленного рабочего места до ближайшего эвакуационного выхода не превышает 25 м.

Плотности людских потоков в проходах, коридорах, кулуарах, фойе и на других путях эвакуации залов зрелищных предприятий, а также залов производственного назначения определяют с учетом того, что эвакуируемые люди одновременно выходят в общие проходы и коридоры. При этом плотность одинарных потоков (между креслами в зрительных залах, оборудованием в цехах) принимается такой же, как и в общих проходах. Под понятием общий проход подразумевается такой проход, который заканчивается эвакуационным выходом. Числом людей, которые успевают покинуть общий проход за время его заполнения, пренебрегают.

Плотность людских потоков в лестничных клетках определяют делением общего числа людей, эвакуирующихся по данной лестнице (за исключением людей, эвакуирующихся с первого этажа) на общую площадь лестницы в пределах отметок пола второго и верхнего этажей. Числом людей, которые успевают покинуть лестничную клетку за время ее заполнения, пренебрегают.

Скорость движения людей на различных участках пути принимается в зависимости от плотности людских потоков. В тех случаях, когда плотность потоков превышает  $0,5 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , скорость движения людей определяют по предельной плотности  $D=0,9$  и более.

Расчетное время эвакуации людей из помещений и зданий устанавливается по расчету времени движения одного или нескольких людских потоков через эвакуационные выходы от наиболее удаленных мест размещения людей.

При расчете весь путь движения людского потока подразделяется на участки (проход, коридор, дверной проем, лестничный марш, тамбур) длиной  $l_i$  и шириной  $\delta_i$ . Начальными участками являются проходы между рабочими местами, обо-

рудованием, рядами кресел и т. п. В пределах расчетного участка пути не должна изменяться ширина пути и не должно быть слияния людских потоков.

Длина и ширина каждого участка пути эвакуации принимаются по проекту. Длина пути по лестничным маршам, а также по пандусам измеряется по длине марша. Длина пути по лестнице определяется как суммарная длина ее маршей и площадок и может быть принята равной утроенной разности отметок между входом на лестницу и выходом из нее. Длина пути в дверном проеме принимается равной нулю. Проем, расположенный в стене толщиной более 0,7 м, а также тамбур следует считать самостоятельным участком горизонтального пути, имеющим конечную длину  $l_i$ .

Расчетное время эвакуации определяется как сумма времени движения людского потока по отдельным участкам пути ( $\delta_i$ ) по формуле:

$$\tau_p = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \dots + \tau_i,$$

где  $\tau_1, \tau_2 \dots \tau_i$  — время движения людей на первом (начальном) участке и каждом из следующих участков пути, мин.

Время движения людского потока по первому участку пути ( $l_1$ ), мин., вычисляют по формуле:

$$\tau_1 = \frac{l_1}{v_1},$$

где  $l_1$  — длина первого участка пути, м;  $v_1$  — значение скорости движения людского потока по горизонтальному пути на первом участке, определяется по табл. 2 (ГОСТ 12.1.004-91) в зависимости от плотности  $D$ , м/мин.

Плотность людского потока ( $D_1$ ) на первом участке пути, чел.·м<sup>2</sup>/м, вычисляют по формуле:

$$D_1 = \frac{N_1 f}{l_1 \delta_1},$$

где  $N_1$  — число людей на первом участке, чел.;  $f$  — средняя площадь горизонтальной проекции человека, м<sup>2</sup>;  $\delta_1$  — ширина первого участка пути, м.

На последующих участках скорость определяется по табл. 2 ГОСТ в зависимости от значения интенсивности движения людского потока по каждому из этих участков пути, в том числе и для дверных проемов, по формуле:

$$q_i = \frac{q_{i-1} \delta_{i-1}}{\delta_i},$$

где  $\delta_i, \delta_{i-1}$  — ширина рассматриваемого  $i$ -го и предшествующего ему участка пути, м;  $q_i, q_{i-1}$  — значения интенсивности движения людского потока по рассматриваемому  $i$ -му и предшествующему участкам пути, м/мин.

Если значение  $q_i$ , определенное по формуле (11), меньше или равно значению  $q_{max}$ , то время движения по участку пути ( $\tau_i$ ) в минуту:

$$\tau_i = \frac{l_i}{v_i}, \quad (12)$$

при этом значения  $q_{max}$  следует принимать равными, м/мин:

для горизонтальных путей	— 16,5
для дверных проемов	— 19,6

для лестницы вниз — 16

для лестницы вверх — 11

Если значение  $q_i$ , определенное по формуле (12), больше  $q_{max}$  то ширину  $\delta_i$  данного участка пути следует увеличивать на такое значение, при котором соблюдается условие:

$$q_i \leq q_{max}.$$

При невозможности выполнения условия (2.13) по экономическим или техническим соображениям интенсивность и скорость движения людского потока по участку пути  $i$  определяют по табл. 2 ГОСТ при значении  $D=0,9$  и более. При этом должно учитываться время задержки движения людей из-за образовавшегося скопления перед границей  $i$ -го участка.

При слиянии в начале участка  $i$  двух и более людских потоков интенсивность движения  $q_i$  вычисляют по формуле:

$$q_i = \frac{\sum (q_{i-1} \delta_{i-1})}{\delta_i},$$

где  $q_{i-1}$  — интенсивность движения людских потоков, сливающихся в начале участка  $i$ , м/мин;  $\delta_{i-1}$  — ширина участков пути слияния, м;  $\delta_i$  — ширина рассматриваемого участка пути, м.

Если значение  $q_i$ , определенное по формуле (14), больше  $q_{max}$ , то ширину  $\delta_i$  данного участка пути необходимо увеличить до такой величины, чтобы соблюдалось условие (13). В этом случае время движения по участку  $i$  определяется по формуле (12).

Если увеличение ширины участка невозможно, расчетное время эвакуации определяется с учетом задержки движения, возникающей перед границей  $i$ -го участка:

$$\tau_i = \frac{l_i}{v_{np}} + \Delta\tau_i,$$

где  $v_{np}$  — скорость движения при предельной плотности ( $D \geq 0,9$ ), м/мин;  $\Delta\tau_i$  — время задержки движения на  $i$ -ом участке, мин.

Как было показано выше (7),

$$\Delta\tau = N_i f \left( \frac{1}{q_{np} \delta_i} - \frac{1}{\sum (q_{i-1} \delta_{i-1})} \right),$$

где  $q_{np}^{ог} = 2,5 + 3,75\delta_{ог}$ , если  $q_{ог} < 1,6$  м и  $q_{np}^{ог} = 8,5$ , если  $q_{ог} \geq 1,6$  м

Схема к определению расчетного времени эвакуации приведена на рис. 7.38.



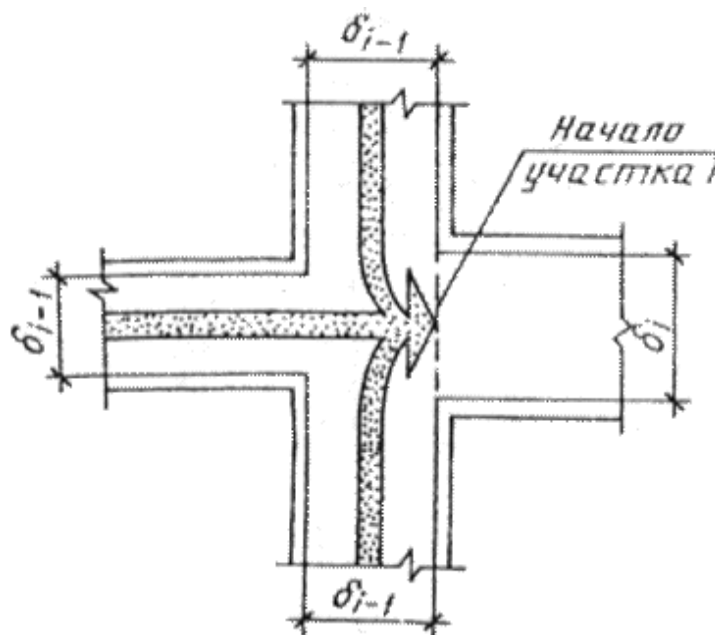


Рис.7.38 Слияние людских потоков

*Необходимое время эвакуации.*

Необходимое время эвакуации — время, по истечении которого при пожаре на уровне рабочей зоны появляются опасные для жизни и здоровья людей значения ОФП.

Необходимое время эвакуации рассчитывается как произведение критической для человека продолжительности пожара на коэффициент безопасности. Предполагается, что каждый опасный фактор воздействует на человека независимо от других.

Критическая продолжительность пожара для людей, находящихся на этаже очага пожара, определяется из условия достижения одним из ОФП в поэтажном коридоре своего предельного допустимого значения. В качестве критерия опасности для людей, находящихся выше очага пожара, рассматриваются условия достижения одним из ОФП предельно допустимого значения в ЛК на уровне очага пожара.

Значения температуры среды, оптической плотности дыма, концентрации кислорода и каждого газообразного токсичного продукта горения в коридоре очага пожара и в лестничной клетке определяются в результате решения системы уравнений теплогазообмена для помещений очага пожара, поэтажного коридора и лестничной клетки.

Ориентировочные критические значения ОФП:

температура среды	70 °С
коэффициент ослабления видимости	0,46
концентрация кислорода	15 %
концентрация веществ в воздухе, кг/м <sup>3</sup> :	
хлористого водорода	23·10 <sup>-6</sup>
окси углерода	1,16·10 <sup>-3</sup>
двуокиси углерода	0,11
кислорода	214 (или 15 %).

Расчет необходимого времени эвакуации производится для наиболее опасного варианта развития пожара, характеризующегося наибольшим темпом нарастания ОФП в рассматриваемом помещении. Сначала рассчитывают значения критической продолжительности пожара по условию достижения каждым из ОФП предельно допустимых значений в зоне пребывания людей (рабочей зоне):

- по повышенной температуре;
- по потере видимости;
- по пониженному содержанию кислорода;
- по каждому из газообразных продуктов горения.

Следует иметь в виду, что наибольшей опасности при пожаре подвергаются люди, находящиеся на более высокой отметке. Поэтому, например, при определении необходимого времени эвакуации людей из партера зрительного зала с наклонным полом следует ориентироваться на наиболее высоко расположенные ряды кресел.

Исходные данные для проведения расчетов могут быть взяты из справочной литературы.

Из полученных в результате расчетов значений критической продолжительности пожара выбирается минимальное:

$$\tau_{\text{hp}} = \min \left\{ \tau_{\text{hp}}^T, \tau_{\text{hp}}^{ne}, \tau_{\text{hp}}^{M_2}, \tau_{\text{hp}}^{Tn\theta} \right\}.$$

Необходимое время эвакуации людей, мин., из рассматриваемого помещения рассчитывают по формуле:

$$\tau_{\text{с}} = \frac{0,8\tau_{\text{hp}}}{60}.$$

При расположении людей на различных по высоте площадках необходимое время эвакуации следует определять для каждой площадки.

Если расчетное время эвакуации меньше или равно необходимому времени эвакуации, то проект удовлетворяет требованиям норм.

#### 9.4.4. Нормирование необходимого времени эвакуации

Необходимое время эвакуации людей из зальных помещений и здания приводится в СНиП 2.08.02-89\* в зависимости от объема зала, степени огнестойкости здания и других факторов.

Из спортивных залов с трибунами для зрителей и других зрительных залов объемом до 60 тыс.м<sup>3</sup> в зданиях I и II степени огнестойкости и из здания в целом необходимое время эвакуации определяется по табл. 12 СНиП 2.08.02-89\*.

Для зданий III, IIIа, IIIб и IV степеней огнестойкости, приведенные в таб. 12 данные должны быть уменьшены на 30 %, а для V степени огнестойкости — на 50 %.

При расположении эвакуационных выходов из зальных помещений (объемом 60 тыс.м<sup>3</sup> и менее) выше отметки пола зала на половину и более высоты помещения необходимое время эвакуации, указанное в табл. 12, следует уменьшать вдвое.

При объеме зального помещения  $W$ , более 60 тыс.м<sup>3</sup> необходимое время эвакуации из него следует определять по формуле:

$$\tau_{\text{нз}} = 0,115 \times \sqrt[3]{W},$$

но не более 6 минут.

Необходимое время эвакуации, рассчитанное по формуле, должно уменьшаться на 35 % при расположении эвакуационных выходов на половине высоты помещения и на 65 % при их расположении на высоте составляющей 0,8 высоты зального помещения. При промежуточных или меньших значениях необходимое время эвакуации следует принимать по интерполяции, а при больших — по экстраполяции.

Необходимое время эвакуации из здания,  $\tau_{\text{нз}}$  с залом объемом более 60 тыс.м<sup>3</sup> не должно превышать 10 мин.

Необходимое время эвакуации людей со сцены (эстрады) следует принимать не более 1,5 мин., а число эвакуируемых людей определять из расчета 1 чел. на 2 м<sup>2</sup> площади планшета сцены (эстрады).

Время эвакуации по незадымляемым лестничным клеткам в расчет времени эвакуации из здания,  $\tau_{\text{нз}}$  не принимается.

## 10. Организация обеспечения пожарной безопасности

### 10.1 Организация службы пожарной охраны

Организация и обеспечение пожарной безопасности, защита населения и территории от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера является важнейшими функциями государства в области национальной безопасности и обеспечения устойчивого развития страны.

Законодательство Российской Федерации о пожарной безопасности основывается на Конституции Российской Федерации и включает в себя Федеральный закон «О пожарной безопасности», принятый 21 декабря 1994 года, Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», принятый 22 июля 2008 года и иные нормативные и правовые акты, а так же законы субъектов Российской Федерации, регулирующие вопросы пожарной безопасности.

В федеральном законе о пожарной безопасности сказано, что обеспечение пожарной безопасности является одной из важнейших функций государства. Под *пожарной безопасностью* в данном законе понимается — состояние защищенности личности, имущества, общества и государства от пожаров.

Основными элементами системы обеспечения пожарной безопасности являются органы государственной власти, органы местного самоуправления, организации и граждане, принимающие участие в обеспечении пожарной безопасности в соответствии с законодательством Российской Федерации.

Одной из основных функций системы обеспечения пожарной безопасности является создание пожарной охраны и организация ее деятельности.

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.

Пожарная охрана Российской Федерации подразделяется на следующие виды: Государственная противопожарная служба; муниципальная пожарная охрана; ведомственная пожарная охрана; частная пожарная охрана; добровольная пожарная охрана.

Основными задачами пожарной охраны является: организация и осуществление профилактики пожаров, спасение людей и имущества при пожарах, оказание первой помощи, организация и осуществление тушения пожаров и проведение аварийно-спасательных работ.

Государственная противопожарная служба является составной частью сил обеспечения безопасности личности, общества и государства и координирует деятельность других видов пожарной охраны.

В Государственную противопожарную службу входят:

- федеральная противопожарная служба;
- противопожарная служба субъектов Российской Федерации.

Федеральная противопожарная служба включает в себя:

– структурные подразделения центрального аппарата федерального органа исполнительной власти, уполномоченного на решение задач в области пожарной безопасности, осуществляющие управление и координацию деятельности федеральной противопожарной службы;

– структурные подразделения территориальных органов федерального органа исполнительной власти, уполномоченного на решение задач в области пожарной безопасности — региональных центров по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, органов, уполномоченных решать задачи гражданской обороны и задачи по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций по субъектам Российской Федерации;

– органы государственного пожарного надзора;

– пожарно-технические, научно-исследовательские и образовательные учреждения;

– подразделения федеральной противопожарной службы, созданные в целях обеспечения профилактики пожаров и (или) их тушения в организациях (объектовые подразделения);

– подразделения федеральной противопожарной службы, созданные в целях организации профилактики и тушения пожаров в закрытых административно-территориальных образованиях, особо важных и режимных организациях (специальные и воинские подразделения);

– подразделения федеральной противопожарной службы, созданные в целях организации профилактики и тушения пожаров в населенных пунктах (территориальные подразделения);

– подразделения федеральной противопожарной службы, созданные в целях охраны имущества организаций от пожаров на договорной основе (договорные подразделения федеральной противопожарной службы).

Организационная структура, полномочия, задачи, функции, порядок деятельности федеральной противопожарной службы определяются положением о федеральной противопожарной службе, утверждаемым в установленном порядке.

Противопожарная служба субъектов Российской Федерации создается органами государственной власти субъектов Российской Федерации в соответствии с законодательством субъектов Российской Федерации.

**Основные понятия**, применяемые при рассмотрении ряда вопросов организации службы в частях пожарной охраны, в основном изложены в федеральном законе о пожарной безопасности и «Уставе службы пожарной охраны» утвержденным приказом МВД России № 257 от 5 июля 1995 года:

**служба пожарной охраны** — деятельность по обеспечению боевой готовности пожарной охраны к тушению пожаров и проведению связанных с ними первоочередных аварийно-спасательных работ (далее — тушение пожаров), осуществляемая в виде гарнизонной и караульной служб;

**боевая готовность (боеспособность)** — состояние сил и средств гарнизонов пожарной охраны, подразделений, караулов, дежурных смен пожарной охраны, противопожарных формирований, обеспечивающее успешное выполнение задач, возложенных на них настоящим Уставом;

**караульная служба** — вид службы пожарной охраны, организуемой в караулах и дежурных сменах подразделений для обеспечения боевой готовности сил и средств этих подразделений;

**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;

**силы и средства пожарной охраны (далее - силы и средства)** — личный состав пожарной охраны, пожарная техника, средства связи и управления, огне-тушащие вещества и иные технические средства, находящиеся на вооружении пожарной охраны;

**караул** — личный состав подразделения, осуществляющий караульную службу в течение боевого дежурства с использованием пожарной техники этого подразделения;

**дежурная смена** — личный состав подразделения, осуществляющий караульную службу в течение боевого дежурства без мобильной пожарной техники, предназначенной для целей пожаротушения, и с учетом особенностей организации службы, установленных нормативными актами ГПС и МВД России;

**боевое дежурство** — период непрерывного несения службы личным составом караула или дежурной смены, включая их участие в тушении пожаров;

**оперативная обстановка** — совокупность обстоятельств и условий в районе выезда подразделения, влияющих на определение задач и характер их выполнения.

**гарнизон пожарной охраны** — совокупность расположенных на определенной территории органов управления, подразделений и организаций, независимо от их ведомственной принадлежности и форм собственности, к функциям кото-

рых отнесены профилактика и тушение пожаров, а также проведение аварийно-спасательных работ;

**гарнизонная служба пожарной охраны** — вид службы пожарной охраны, организуемой в гарнизоне для обеспечения готовности подразделений к тушению пожаров и проведению аварийно спасательных работ (далее — АСР) и их взаимодействия с медицинскими, охраны общественного порядка, аварийными и иными службами жизнеобеспечения (далее — службы жизнеобеспечения) населенных пунктов и объектов. В понятие гарнизон пожарной охраны включается: гарнизон пожарной охраны Федерального округа; гарнизон пожарной охраны субъекта, гарнизон пожарной охраны муниципального образования, гарнизон пожарной охраны закрытого административно территориального образования;

**опорный пункт тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ** — специально оборудованное место (сооружение), предназначенное для размещения действующего резерва пожарной и аварийно-спасательной техники, огнетушащих средств, аварийно-спасательного оборудования и эксплуатационных материалов согласно норм типовой (табельной) положенности;

**центр управления силами** (далее ЦУС) — структурное подразделение единой дежурно-диспетчерской службы (далее ЕДДС), предназначенное для обеспечения оперативного руководства гарнизонной службой, своевременного реагирования на изменение оперативной обстановки в гарнизоне пожарной охраны, организации применения средств информатизации и связи в подразделениях Государственной противопожарной службы;

**нештатные службы гарнизона** — штатные организационные формирования сил и средств ГПС, создаваемые для обеспечения выполнения задач гарнизонной службы;

**расписание выезда** — установленный в соответствии с законодательством и Уставом порядок привлечения сил и средств гарнизона к тушению пожаров в городе или крупном населенном пункте;

**план привлечения сил и средств** — расписание выезда, устанавливающее порядок привлечения сил и средств гарнизона (гарнизонов) к тушению пожаров на территории субъекта Российской Федерации, сельского района;

**номер (ранг) пожара** — условный признак сложности пожара, определяющий в расписании выезда необходимый состав сил и средств гарнизона, привлекаемых к тушению пожара.

### **10.1.1. Назначение и задачи гарнизонной службы пожарной охраны**

В гарнизоне пожарной охраны организуются гарнизонная и караульная службы.

Общее руководство гарнизонной и караульной службой осуществляется на принципах единоначалия:

– в Федеральном округе — начальником регионального центра по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий;

- в субъекте Российской Федерации — начальником органа, специально уполномоченного решать задачи гражданской обороны, задачи по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций субъекта Российской Федерации;
- в муниципальном образовании — начальником органа местного самоуправления, специально уполномоченного решать задачи гражданской обороны, задачи по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций;
- в закрытом административном территориальном образовании — начальником органа, специально уполномоченного решать задачи гражданской обороны, задачи по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций в закрытом административном территориальном образовании;
- на территории закрытых объектов, расположенных в муниципальном образовании и охраняемых подразделениями федеральной противопожарной службы (ФПС) — начальником вышестоящего органа ФПС по охране данных закрытых объектов.

Гарнизон пожарной охраны образуется на территории субъектов Российской Федерации, административных образований и закрытых административно-территориальных образований (городов, сельских районов).

Пожарная охрана административных образований входит в состав гарнизона пожарной охраны субъектов Российской Федерации.

Границы пожарной охраны административных образований определяются приказом начальника гарнизона пожарной охраны субъекта Российской Федерации.

**Основными задачами гарнизонной службы пожарной охраны являются:**

- создание необходимых условий для эффективного применения сил и средств гарнизона пожарной охраны для тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ (АСР);
- создание единой системы управления силами и средствами гарнизона пожарной охраны;
- организация взаимодействия со службами жизнеобеспечения;
- организация и проведение общих мероприятий всех видов пожарной охраны, входящих в гарнизон пожарной охраны.

**При выполнении задач гарнизонной службы пожарной охраны:**

- осуществляется учет и контроль состояния сил и средств;
- планируется применение сил и средств гарнизона пожарной охраны для тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ, в том числе порядок привлечения сил и средств, разрабатываются расписание выезда (план привлечения сил и средств) и другие регламентные документы пожарной охраны;
- обеспечиваются профессиональная подготовка и иные виды обучения личного состава, в том числе должностных лиц гарнизона пожарной охраны, путем проведения пожарно-тактических учений, соревнований, сборов, семинаров и иных общих мероприятий гарнизона пожарной охраны;
- организуется пожарная связь, создаются автоматизированные системы управления пожарной охраны;
- обеспечивается работоспособность системы приема и регистрации вызовов.

вов, а также систем информационного обеспечения пожарной охраны;

- разрабатываются мероприятия по привлечению личного состава подразделений, свободного от несения гарнизонной и караульной служб, к тушению пожаров и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций;

- назначаются должностные лица гарнизона пожарной охраны, разрабатываются и утверждаются их должностные обязанности;

- разрабатываются и утверждаются соглашения (совместные инструкции) по осуществлению взаимодействия со службами жизнеобеспечения;

- осуществляются другие мероприятия, необходимые для выполнения задач гарнизонной службы пожарной охраны.

В целях упорядочения обеспечения и совершенствования гарнизонной службы пожарной охраны разрабатывается план общих мероприятий гарнизона пожарной охраны, утверждаемый начальником гарнизона пожарной охраны.

Порядок привлечения сил и средств гарнизона пожарной охраны двух и более субъектов Российской Федерации (межрегиональный уровень) к тушению пожаров определяется МЧС России.

Допускается привлечение сил и средств пожарной охраны соседних территорий (по согласованию), а также сил и средств пожарной охраны других государств только на основе межгосударственных соглашений.

Порядок привлечения сил и средств региональной пожарной охраны (включая пожарно-технические образовательные учреждения) к тушению пожаров и проведению аварийно-спасательных работ на территории других федеральных округов (межрегиональный уровень) определяется МЧС России, согласовывается с полномочными представителями Президента Российской Федерации в пределах федеральных округов и утверждается Министром Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий.

Порядок привлечения сил и средств пожарной охраны субъектов Российской Федерации к тушению пожаров и проведению аварийно-спасательных работ в пределах Федерального округа, на территории которого они постоянно расположены (региональный уровень), определяется региональным центром МЧС России в пределах федерального округа, согласовывается с органами государственной власти субъектов Российской Федерации и утверждается начальником регионального центра.

Порядок привлечения сил и средств пожарной охраны муниципальных образований к тушению пожаров и проведению АСР в пределах субъекта Российской Федерации, на территории которого они постоянно расположены (республиканский, краевой, областной уровень), определяется ГУ МЧС России, осуществляющих управление и координацию деятельности ГПС в пределах субъекта Российской Федерации, согласовывается с органами местного самоуправления и утверждается органом государственной власти субъекта Российской Федерации.

Порядок привлечения сил и средств пожарной охраны муниципальных образований объявляется приказом начальника органа, специально уполномоченного решать задачи гражданской обороны, задачи по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций субъекта Российской Федерации.



Разработка расписания выезда или плана привлечения сил и средств пожарной охраны муниципального образования организуется и обеспечивается начальником пожарной охраны муниципального образования.

Расписание выезда (план привлечения сил и средств) пожарной охраны муниципального образования, согласовывается с руководителями объектов (организаций), подразделения пожарной охраны которых включены в расписание выезда (план привлечения сил и средств), утверждается постановлением (решением) органа местного самоуправления и объявляется приказом начальника органа, специально уполномоченным решать задачи гражданской обороны, задачи по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций муниципального образования. В расписание выезда включаются учебные пожарные подразделения пожарнотехнических образовательных учреждений, расположенные в пределах муниципального образования.

При наличии в гарнизоне пожарной охраны автоматизированной системы управления применяется компьютерная версия расписания выезда (плана привлечения сил и средств).

На базе существующих подразделений Государственной противопожарной службы в установленном порядке могут создаваться опорные пункты тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ (далее — опорный пункт), которые доукомплектовываются пожарной и аварийно-спасательной техникой, пожарнотехническим вооружением и аварийно-спасательным оборудованием, средствами связи и управления, огнетушащими веществами согласно штатному расписанию.

Целью создания опорных пунктов является повышение эффективности действий при тушении пожаров и проведении аварийно-спасательных работ посредством наращивания сил и средств на месте пожара (аварии).

Существуют два типа опорных пунктов, территориальный и объектовый. Территориальный опорный пункт создается на базе территориальных подразделений Государственной противопожарной службы. Объектовый опорный пункт создается на базе объектовых подразделений Государственной противопожарной службы на основании договоров между руководителями соответствующих предприятий (организаций) и территориальных подразделений Государственной противопожарной службы.

Личный состав пожарнотехнических образовательных учреждений привлекается к несению караульной службы в подразделениях гарнизона пожарной охраны в пределах времени, предусмотренного для этой цели учебным планом.

Учебные подразделения пожарнотехнических образовательных учреждений включаются в состав муниципальной пожарной охраны, на территории которой они постоянно расположены. В этих подразделениях организуется караульная служба.

### **10.1.2. Должностные лица гарнизона пожарной охраны. Нештатные службы гарнизона пожарной охраны: назначение, задачи**

Должностными лицами гарнизона пожарной охраны являются: начальник гарнизона пожарной охраны; оперативный дежурный (руководитель дежурной

смены пожаротушения); диспетчер гарнизона пожарной охраны; начальник нештатной газодымозащитной службы; начальник нештатной технической службы; начальник нештатной службы связи.

Должностные лица гарнизона пожарной охраны несут ответственность:

- за ненадлежащее выполнение возложенных на них обязанностей;
- за неправильное и неполное применение предоставленных им прав;
- за нарушение установленного режима секретности;
- за сохранность имущества пожарной охраны и др.

В случае повышения пожарной опасности решениями органов государственной власти или органов местного самоуправления на соответствующих территориях может устанавливаться особый противопожарный режим, в период действия которого подразделения гарнизона пожарной охраны могут быть переведены на усиленный вариант несения службы.

Порядок перевода подразделений гарнизона пожарной охраны на усиленный вариант несения службы определяется Министром Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, начальниками региональных центров МЧС России, начальниками главных управлений МЧС России по субъектам Российской Федерации.

При усиленном варианте несения службы осуществляются следующие основные мероприятия:

- организуется круглосуточное дежурство руководящего и личного состава в соответствии с разрабатываемым графиком;

- проводятся ежедневно дополнительные дневные и ночные проверки несения службы и состояния пожарной безопасности объектов; проводится разъяснительная работа среди личного состава;

- вводится в боевой расчет резервная техника, доукомплектовываются личным составом боевые расчеты, организуется (при необходимости) сбор свободного от несения службы начальствующего и рядового состава;

- проводятся мероприятия по усилению противопожарной защиты объектов;

- проводится, с учетом складывающейся обстановки, передислокация сил и средств подразделений гарнизона пожарной охраны;

- уточняется порядок взаимодействия со структурными подразделениями МВД, ГУВД, УВД, воинскими подразделениями, службами жизнеобеспечения города (района, объекта), региональными центрами и территориальными штабами по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий;

- усиливается охрана зданий и территорий подразделений гарнизона пожарной охраны;

- создается необходимый дополнительный резерв горюче-смазочных материалов и огнетушащих веществ;

- организуется, при необходимости, постовая и дозорная служба.

Для управления гарнизоном пожарной охраны создаются *нештатные службы* гарнизона пожарной охраны, которые являются нештатными органами управ-

ления гарнизона пожарной охраны. Нештатные службы возглавляются соответствующими должностными лицами из числа лиц среднего и старшего начальствующего состава Государственной противопожарной службы на основании приказа начальника гарнизона пожарной охраны.

В состав штатных служб включаются должностные лица и подразделения Государственной противопожарной службы, выполняющие функции обеспечения гарнизонной службы.

В гарнизоне пожарной охраны создаются следующие штатные службы: управления, газодымозащитная, техническая, связи.

По усмотрению начальника гарнизона пожарной охраны в гарнизоне допускается создание других штатных служб.

Допускается не создавать в пожарной охране (административных образований) службу связи, при этом ее функции возлагаются на штатную техническую службу.

*Нештатная служба управления* создается для обеспечения руководства гарнизонной службой, контроля за состоянием готовности и осуществлением пожарно-тактической подготовки, проведения общих мероприятий, своевременного реагирования на изменение оперативной обстановки в гарнизоне пожарной охраны.

В состав штатной службы управления входят дежурные смены службы пожаротушения (СПТ), единой дежурно-диспетчерской службы (центра управления силами, центральным пунктом пожарной связи и диспетчеры (радиотелефонисты) пунктов связи подразделений гарнизона пожарной охраны.

При отсутствии в гарнизоне пожарной охраны штатной СПТ штатная служба управления не создается.

При наличии в гарнизоне пожарной охраны центра управления силами в состав специальной службы управления включаются дежурные смены его соответствующих структурных подразделений.

Центр управления силами предназначен для:

- оперативного управления силами и средствами гарнизона пожарной охраны при тушении пожаров и проведения аварийно-спасательных работ;
- проведения общих мероприятий гарнизона пожарной охраны;
- методического обеспечения деятельности по внедрению новых информационных технологий в территориальных подразделениях Государственной противопожарной службы;
- оказания помощи подразделениям территориального органа управления МЧС России в применении средств вычислительной техники;
- организации автоматизированной обработки информации по основным направлениям деятельности подразделений Государственной противопожарной службы.

*Нештатная газодымозащитная служба (НГДЗС)* предназначена для обеспечения готовности подразделений гарнизона пожарной охраны к применению средств индивидуальной защиты органов дыхания и мобильных средств противодымной защиты.

В состав НГДЗС включаются предназначенные для обеспечения функций газодымозащитной службы подразделения, тренировочные комплексы и технические средства для подготовки личного состава.

*Нештатная техническая служба (НТС)* предназначена для обеспечения готовности пожарной (аварийно-спасательной) техники, пожарно-технического (аварийно-спасательного) вооружения и оборудования, средств пожаротушения, имеющихся в гарнизоне пожарной охраны, к выполнению задач гарнизонной службы.

В состав НТС включаются подразделения технической службы, рукавные базы, базы (склады) для хранения горюче-смазочных материалов (ГСМ), огнетушащих веществ (ОТВ), пожарно-технического вооружения (ПТВ) и аварийно-спасательного оборудования (АСО).

*Нештатная служба связи (НСС)* предназначена для обеспечения готовности средств (систем) связи и управления гарнизонам пожарной охраны к выполнению задач гарнизонной службы пожарной охраны.

В состав нештатной службы связи включаются подразделения и мобильные средства, предназначенные для осуществления функций пожарной связи в гарнизоне пожарной охраны.

### **10.1.3. Назначение и основные задачи караульной службы пожарной охраны**

Караульная служба осуществляется личным составом караулов и дежурных смен подразделений пожарной охраны посредством посменного несения дежурства (4 смены). Продолжительность боевого дежурства в подразделениях определяет начальник гарнизона пожарной охраны на основании действующих нормативных правовых актов МЧС России.

Личный состав караулов несет службу в соответствии с распорядком дня, установленным в пожарном (пожарно-спасательном) подразделении. При этом обеспечивается подготовка личного состава в соответствии с планами подготовки дежурных караулов; организуется оперативно-тактическое изучение района выезда; осуществляется контроль за наличием связи со службами жизнеобеспечения, а так же за состоянием водоисточников, улиц, проездов, и подъездов к зданиям в районе выезда подразделений; разрабатываются мероприятия по привлечению личного состава, свободного от несения службы, к тушению крупных пожаров и проведению аварийно-спасательных работ; выполняются хозяйственные работы в подразделении.

Для достижения поставленных перед караульной службой целей при ее осуществлении решаются следующие основные задачи:

- обеспечение постоянной боевой готовности караулов к тушению пожаров и проведению аварийно-спасательных работ в период боевого дежурства;
- создание условий для быстрого восстановления караульной службы при ее нарушении после выполнения основной (главной) задачи;
- осуществление контроля за состоянием противопожарного водоснабжения, средств связи, проездов в районе выезда части;
- поддержание на высоком уровне дисциплины личного состава подразделений;

- поддержание надежной связи с другими подразделениями, службами жизнеобеспечения города (района, объекта);

- обеспечение охраны помещений и территории подразделения, поддержание в них необходимого порядка, проведение административно-хозяйственных работ.

К несению караульной службы не допускаются лица, не прошедшие специальное первоначальное обучение и не сдавшие зачеты по правилам техники безопасности, а также больные и лица, находящиеся в состоянии алкогольного или наркотического опьянения.

Численность личного состава караула определяется штатами подразделения, которая при необходимости, в установленном порядке может быть увеличена личным составом других караулов подразделений, а также личным составом других подразделений гарнизона или добровольными пожарными.

Внутренний порядок и распорядок дня в подразделениях гарнизона определяются настоящим Уставом.

#### **10.1.4. Организация караульной службы. Должностные лица караула, их права и обязанности**

Несение караульной службы требует от личного состава точного соблюдения всех положений Устава службы, бдительности, решительности и инициативы.

Личный состав караула несет караульную службу в соответствии с распорядком дня, установленным начальником гарнизона пожарной охраны, либо органа, специально уполномоченного решать задачи гражданской обороны, задачи по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций субъекта Российской Федерации.

При этом:

- обеспечивается подготовка личного состава караула в соответствии с планами профессиональной подготовки подразделения;

- организуется оперативно-тактическое изучение района выезда;

- осуществляется контроль за наличием связи со службами жизнеобеспечения, а также за состоянием водоисточников, улиц, проездов и подъездов к зданиям в районе выезда подразделения;

- разрабатываются мероприятия по привлечению личного состава подразделения пожарной охраны, свободного от несения караульной службы, к тушению крупных пожаров и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций;

- выполняются административно-хозяйственные работы в подразделении пожарной охраны;

- организуется отработка документов предварительного планирования действий подразделений по тушению пожаров и проведения АСР;

- осуществляются другие мероприятия, необходимые для выполнения задач караульной службы.

В ночное время осуществляется в установленном порядке организованный отдых личного состава караула.

К несению караульной службы не допускаются лица, не прошедшие специ-

альное первоначальное обучение и не сдавшие зачеты по правилам техники безопасности, а также больные и лица, находящиеся в состоянии алкогольного или наркотического опьянения.

Численность личного состава караула определяется штатами подразделения, которая, при необходимости, в установленном порядке может быть увеличена личным составом других караулов подразделения, а также личным составом других подразделений гарнизона пожарной охраны или добровольными пожарными.

На вооружении караула, в соответствии с нормами и в установленном порядке, передаются исправная пожарная техника, оборудование, пожарно-техническое вооружение (аварийно-спасательное снаряжение).

При обнаружении неисправностей пожарной (аварийно-спасательной) техники, пожарно-технического вооружения и оборудования принимаются меры по их устранению силами личного состава караула. В случае невозможности немедленного устранения неисправностей пожарное оборудование и снаряжение заменяются, а пожарная техника выводится из расчета и заменяется резервной.

Решение о замене пожарного оборудования и снаряжения принимается начальником караула, а о замене пожарной техники — руководителем подразделения (руководителем дежурной смены пожаротушения).

При отсутствии или неисправности резервной пожарной техники соответствующие должностные лица ставят в известность единую дежурно-диспетчерскую службу (центр управления силами) для принятия мер по обеспечению пожарной безопасности района выезда данного подразделения за счет других подразделений гарнизона пожарной охраны.

При изучении организации службы караулов городских и объектовых подразделений следует обратить особое внимание на роль начальствующего состава в организации служебной деятельности, предметно изучить обязанности и права должностных лиц караула.

К ним относятся:

- начальник караула, помощник капитана пожарного судна;
- помощник начальника караула;
- командир отделения, начальник аварийно-спасательного расчета, старший инструктор — пожарный;
- водитель, старший инструктор по вождению пожарной (аварийно-спасательной) машины;
- диспетчер, старший радиотелеграфист, радиотелефонист;
- старший пожарный.

Обязанности должностных лиц караула определяются Уставом службы пожарной охраны. Должностные лица караула несут ответственность за ненадлежащее выполнение возложенных на них обязанностей, за неправильное и неполное применение предоставленных им прав. Обязанности должностных лиц караула могут изменяться и дополняться начальником подразделения с учетом местных особенностей.

Начальник караула является прямым начальником личного состава караула и подчиняется руководителям подразделения, в штатах которого он находится.

### ***Характеристика должности начальника караула:***

Основной вид деятельности — оперативно-тактический.

Категория деятельности — исполнительская.

Признаки сложности выполняемых функций — характер и содержание труда, их разнообразие, комплексность, самостоятельность, масштаб и сложность руководства, дополнительная ответственность (моральная и материальная).

### ***Содержание деятельности начальника караула:***

- тушение пожаров;
- организация и проведение теоретических и практических занятий;
- организация и контроль службы в карауле;
- ведение документации.

## **10.1.5. Виды службы в карауле**

Личный состав караула привлекается для несения службы в составе боевого расчета на пожарных автомобилях, во внутреннем наряде, на пункте связи пожарной части, а также на постах и в дозорах.

### ***В боевом расчете:***

- распределение обязанностей по номерам боевого расчета между личным составом подразделения (на этапе подготовки к смене);
- взаимозаменяемость (в случае необходимости) выполнять обязанности любого номера боевого расчета.

### ***Во внутреннем наряде:***

- для охраны служебных помещений пожарной части и поддержания в них порядка, а также для обнаружения открытых пожаров.

### ***На пункте связи:***

- обеспечивать быстрый и точный прием информации о пожарах, авариях и других чрезвычайных ситуациях;
- вызов к месту пожара необходимых сил и средств;
- связь со службами жизнеобеспечения города;
- прием и передача по назначению распоряжений;
- связь с караулом на пожаре и в части.

### ***Постовая и дозорная:***

- создается с целью предупреждения пожара, своевременного его обнаружения и вызова к месту пожара караула части, а также для тушения пожара и контроля за средствами тушения и пожарной связи в караулах пожарных частей.

Смена дежурств осуществляется в целях непрерывного поддержания боевой готовности караулов и включает в себя: подготовку к смене, развод караулов, передачу дежурства.

Развод и передача дежурства другому караулу не должны продолжаться более 30 минут.

На развод выводится весь личный состав заступающего и сменяющегося караулов. Развод караулов проводится начальником подразделения или лицом, его замещающим.

При распределении по номерам боевого и аварийно-спасательного расчетов,

на посты и в дозоры личный состав занимает места согласно схеме построения караула.

Смена дежурств во всех подразделениях проводится в одно и то же время, устанавливаемое начальником гарнизона пожарной охраны, либо органа, специально уполномоченного решать задачи гражданской обороны, задачи по предупреждению и ликвидации последствий стихийных бедствий субъекта Российской Федерации.

В учебных пожарных подразделениях пожарно-технических образовательных учреждений время смены дежурства устанавливает начальник образовательного учреждения по согласованию с начальником гарнизона пожарной охраны, либо, органа, специально уполномоченного решать задачи гражданской обороны, задачи по предупреждению и ликвидации последствий стихийных бедствий субъекта Российской Федерации, в пределах которого постоянно располагается данное учебное пожарное подразделение.

Во время подготовки к смене начальник заступающего караула получает от сменяющегося начальника караула сведения об изменении оперативной обстановки в районе выезда подразделения, после чего составляет наряд на службу.

В установленное расписанием дня время начальник заступающего караула подает команду: «НА СМЕНУ». По этой команде диспетчер пункта связи части (ПСЧ) подает три коротких сигнала. Личный состав заступающего и сменяющегося караулов надевает боевую одежду и снаряжение (заступающий

караул дополнительно надевает изолирующие противогазы) и строится в местах, установленных начальником подразделения.

Проверку № 1 изолирующих противогазов личный состав заступающего караула проводит под руководством начальника караула в период подготовки к смене дежурства.

При подготовке к смене начальник заступающего караула:

- проверяет наличие и готовность личного состава к несению службы, его внешний вид и соблюдение формы одежды, состояние специальной одежды и снаряжения пожарных, а также принимает меры к устранению обнаруженных недостатков;

- объявляет составы пожарных и аварийно-спасательных расчетов, лиц внутреннего наряда и, при необходимости, назначает личный состав на посты и в дозоры;

- проверяет знание личным составом своих обязанностей;

- проверяет у личного состава караула наличие служебных удостоверений и личных знаков, а у водительского состава наличие водительских удостоверений и свидетельств на право управления пожарным (аварийно-спасательным) автомобилем;

- доводит до личного состава оперативную обстановку в районе выезда подразделения (на охраняемом объекте) и в районе выезда других пожарных подразделений гарнизона пожарной охраны.

*Начальник сменяющегося караула* подводит итоги несения службы за прошедшие сутки, дает оценку работы подчиненных, отмечает имевшие место недо-



статки, указывает пути их устранения.

Начальник заступающего караула уведомляет начальника сменяющегося караула о готовности караула к разводу.

Начальник сменяющегося караула, получив уведомление о готовности заступающего караула к разводу, выстраивает караул в боевой одежде и снаряжении перед строем заступающего караула, а затем становится на правом фланге строя своего караула.

Начальник заступающего караула прибывает к начальнику подразделения или лицу, его замещающему, и докладывает: «Товарищ майор. Первый караул к заступлению на боевое дежурство готов. Начальник караула лейтенант Буяльский», после чего становится в строй.

При подходе начальника подразделения к строю, начальник сменяющегося караула подает команды: «Смирно», «Равнение на середину». Затем докладывает: «Товарищ майор. Четвертый караул к сдаче дежурства готов. Начальник караула лейтенант Ковалёв».

Начальник подразделения здоровается с личным составом караулов и подает команду «Вольно», затем проверяет готовность личного состава заступающего караула, дает оценку службы сменяющегося караула, ставит задачу по несению караульной службы, после чего подает команды: «Караулы, равняйся», «Смирно», «Для приема и сдачи боевого дежурства разойдись». По этой команде личный состав караулов приступает к сдаче и приему дежурства.

Начальник заступающего караула проверяет лично и через командиров отделений исправность пожарных автомобилей (мотопомп), ПТВ и АСО, средств связи, состояние служебных помещений и территории, принимает служебные документы караульной службы подразделения.

Начальник сменяющегося караула передает документы караульной службы и принимает меры к устранению выявленных недостатков.

Личный состав заступающего караула по табелям боевых расчетов и описям принимает от сменяющегося караула пожарную технику, ПТВ, АСО, средства связи и сигнализации, служебную документацию, предметы снаряжения, проверяет состояние служебных помещений, а также оборудования, мебели и имущества в них, состояние территории подразделения.

Резервные пожарные автомобили принимаются командиром отделения, водителями и пожарными, назначенными начальником заступающего караула.

О результатах сдачи и приема дежурства личный состав заступающего и сменяющегося караулов докладывает в следующем порядке:

- пожарные, старшие пожарные, водители – командирам соответствующих отделений;
- командиры отделений – помощнику начальника караула (при наличии);
- лица внутреннего наряда – дежурному по караулу;

Помощники, диспетчеры, пожарные, сменившиеся с постов (дозоров), и лица внутреннего наряда докладывают непосредственно начальникам своих караулов. Например: «Товарищ старший лейтенант. Техника, ПТВ, АСО сданы (приняты) в исправном состоянии и согласно описи. Помощник начальника караула прапорщик Ковалёв».

Приняв доклады, начальники караулов осуществляют необходимые записи в книге службы. О смене начальники караулов докладывают начальнику подразделения. Например: «Товарищ майор. Капитан Буяльский боевое дежурство принял (сдал)».

Приняв от начальников караулов доклады о сдаче и приеме дежурства, начальник подразделения проверяет записи сменяющегося караула в книге службы, утверждает лист наряда на службу заступающего караула и отдает приказание о подаче сигнала «Отбой».

При получении приказа о подаче сигнала «Отбой» диспетчер подает два коротких сигнала. Личный состав звеньев ГДЗС сменяющегося караула снимает с автомобилей средства индивидуальной защиты органов дыхания и зрения, а заступающий ставит их в боевой расчет. С этого момента личный состав сменившегося караула считается свободным от несения службы.

После заступления на дежурство начальник караула передает на центральный пункт пожарной связи сведения о составе караула по форме, установленной начальником гарнизона пожарной охраны.

В случае объявления сигнала «Тревога» во время смены до подачи сигнала «Отбой» на пожар выезжает сменяющийся караул, а заступающий караул остается в помещении до получения распоряжения начальника подразделения.

Если во время смены караулов сменяющийся караул находится на тушении пожара, заступающий караул доставляется к месту пожара и сменяет работающий там караул.

#### **10.1.6. Внутренний распорядок и допуск в служебные помещения подразделения пожарной охраны**

Распорядок дня караула устанавливается начальником гарнизона пожарной охраны, либо органа, специально уполномоченного решать задачи гражданской обороны, задачи по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций субъекта Российской Федерации с учетом оперативной обстановки, местных и климатических условий.

Личный состав караула несет караульную службу в установленной по сезону форме одежды. Лица внутреннего наряда должны быть в головных уборах и иметь соответствующие отличительные знаки (нагрудный знак или нарукавную повязку красного цвета с соответствующей надписью).

Личный состав караула во время несения караульной службы находится в расположении подразделения. Начальник караула имеет право разрешать личному составу отлучаться из подразделения только для выполнения поручений, связанных с несением караульной службы.

Отступления личным составом от выполнения установленного распорядка дня в подразделении не допускаются, за исключением случаев выезда на пожары, аварии, стихийного бедствия, осуществляемых в порядке, определенном Боевым Уставом пожарной охраны.

На периоды приема пищи и отдыха в ночное время диспетчера пункта связи части начальником караула обеспечивается его подмена сотрудниками (работниками) из числа личного состава караула, прошедших подготовку в учебном центре

(учебном пункте) ГПС по программе специального первоначального обучения радиотелефонистов (диспетчеров) и допущенных к подмене диспетчера пункта связи части приказом (распоряжением) начальника подразделения.

Уборка, поддержание чистоты и порядка в служебных помещениях караула и на территории подразделения, а также выполнение других хозяйственных работ, направленных на обеспечение жизнедеятельности подразделения, возлагается на личный состав караула.

После возвращения с пожара, другой чрезвычайной ситуации или пожарно-тактических занятий под контролем и при непосредственном участии начальника караула осуществляется немедленное приведение личного состава и техники в готовность к выезду.

При этом:

- водители проводят дозаправку автомобилей горюче-смазочных материалов (при заправке за пределами подразделения на пожарном, аварийно-спасательном автомобиле выезжает весь личный состав расчета);

- личный состав боевых расчетов караула проводит при необходимости замену пожарно-технического и аварийно-спасательного вооружения и оборудования, пожарных рукавов и индивидуального снаряжения, заправку пожарных автомобилей огнетушащими веществами (при выполнении указанных работ время постановки в боевой расчет пожарной и аварийно-спасательной техники не должно превышать 15 минут);

- водители и личный состав проводят техническое обслуживание пожарной и аварийно-спасательной техники;

- личный состав осуществляет меры личной гигиены;

- начальник караула докладывает диспетчеру гарнизона о готовности караула к выезду.

В помещения караула допускаются лица, прибывшие:

- для проверки караула;

- для сообщения о пожаре (аварии, катастрофе, стихийном бедствии);

- по служебным делам;

- в составе делегаций и экскурсий, посещающих подразделение по согласованию с начальником гарнизона пожарной охраны (начальником подразделения).

У всех лиц, прибывших в подразделение, начальник караула выясняет цель прибытия и при необходимости сопровождает прибывших к начальнику подразделения или его заместителю.

Начальник караула требует от лиц, прибывших для проверки караула и имеющих право на такую проверку, предъявления удостоверения личности (если не знает их в лицо), а от других лиц — дополнительно предписание на право проверки караула. В дневное и вечернее время подает команду: «СМИРНО», после чего докладывает по форме «Товарищ майор. В боевом расчете караула... (докладывает, сколько единиц пожарной и аварийно-спасательной техники находится в боевом расчете, чем занят личный состав, при наличии происшествий докладывает о них). Начальник караула лейтенант внутренней службы Петров», после доклада сопровождает прибывших лиц.

### **10.1.7. Цели и задачи профессиональной подготовки личного состава федеральной противопожарной службы**

Система подготовки кадров в области пожарной безопасности предполагает обеспечение практической направленности учебного процесса и использование системы самообразования курсантов (слушателей) в целях обеспечения органов управления и подразделений федеральной противопожарной службы, других видов пожарной охраны квалифицированными специалистами.

Целью подготовки личного состава подразделений федеральной противопожарной службы является получение соответствующих квалификаций (специальностей) в образовательных учреждениях, подразделениях и учебно-производственных комбинатах, других организациях федеральных органов исполнительной власти, которым предоставлено такое право (проводится по их учебным планам и программам на основе двусторонних соглашений (договоров).

Задачи, содержание и конкретные сроки обучения личного состава системы федеральной противопожарной службы определяются квалификационными требованиями, действующими нормативными правовыми актами, другими руководящими документами МЧС России, и формулируются в учебных, тематических планах и программах подготовки.

Основными задачами подготовки личного состава федеральной противопожарной службы являются:

- подготовка квалифицированных кадров в соответствии с современными требованиями, предъявляемыми к системе обеспечения пожарной безопасности;
- обучение личного состава умелым и эффективным действиям, обеспечивающим успешное выполнение оперативно-служебных задач;
- совершенствование навыков руководящего состава по управлению, обучению и воспитанию подчиненных, внедрению в практику оперативно-служебной деятельности достижений науки и техники, передовых форм и методов работы, основ научной организации труда;
- формирование профессионального самосознания сотрудников и работников, чувства ответственности за свои действия, стремления к постоянному совершенствованию своего профессионального мастерства с учетом специфики оперативно-служебной деятельности;
- обучение личного состава приемам и способам обеспечения профессиональной и личной безопасности при тушении пожаров и проведении аварийно-спасательных работ;
- постоянное совершенствование у личного состава практических умений и навыков в вопросах осуществления профилактики и борьбы с пожарами;
- формирование высокой психологической устойчивости личности сотрудников и работников, развитие у них наблюдательности, бдительности, памяти, общего и тактического мышления и других профессионально важных качеств личного состава;
- совершенствование навыков обращения со специальной техникой, по-

жарно-техническим и аварийно-спасательным вооружением и оборудованием, эксплуатации транспортных средств и средств связи, электронно-вычислительной техники.

Организация подготовки личного состава осуществляется на соответствующих уровнях системы федеральной противопожарной службы. Контроль ее состояния и оказания необходимой помощи подчиненным организуется вышестоящими структурными подразделениями по следующим направлениям:

- осуществление организации обучения личного состава по должностным категориям и направлениям оперативно-служебной деятельности;
- осуществление контроля за организацией обучения личного состава в подразделениях;
- проведение работы по анализу результатов подготовки караула (дежурной смены), служебной и специальной подготовки по должности в подразделениях;
- подготовка предложений руководителям подразделений по улучшению организации и проведения подготовки личного состава, созданию или совершенствованию учебно-материальной базы органов управления и подразделений;
- оказание в пределах своей компетенции помощи подразделениям в разработке тематических планов и учебных программ с учетом приоритетных направлений борьбы с пожарами и их профилактики, оперативной обстановки в регионе;
- взаимодействие с пожарно-техническими образовательными учреждениями МЧС России в вопросах использования их учебно-материальной базы и привлечения преподавательского состава к проведению занятий, подготовке методических материалов и учебных пособий;
- участие в установленном порядке и в пределах своей компетенции в инспектировании (проверке) органов управления и подразделений различных уровней системы МЧС России по вопросам профессиональной подготовки;
- организация и проведение спортивных соревнований по пожарно-прикладному (пожарно-спасательному) и другим видам спорта;
- ведение учетно-отчетной документации по вопросам профессиональной подготовки, осуществление контроля за ходом этой работы в подразделениях;
- подготовка совместно с руководителями подразделений квалифицированных специалистов в целях создания профессионального ядра среди личного состава;
- участие в работе аттестационных комиссий, выдача заключений о профессиональной личной подготовленности сотрудников и внесение предложений об их дальнейшей профессиональной пригодности.

Руководство подготовкой заключается в:

- обеспечении своевременного планирования, правильной организации учебного процесса, выполнении нормативных сроков освоения программ подготовки;
- установлении и согласовании перечней должностей, по которым должна вестись подготовка;
- разработке и реализации дополнительных программ подготовки сотруд-

ников с учетом социально-экономических, технических и других условий и особенностей функционирования органов управления и подразделений;

- информационном и научно-методическом обеспечении учебного процесса, разработке учебно-методических пособий, изготовлении тренажеров, плакатов, схем;

- соблюдение федеральных требований к подразделениям в части строительства учебных объектов, оснащенности учебного процесса и оборудования учебных помещений, городков, полигонов на уровне не ниже определяемого норматива, а так же методическими указаниями к предметам обучения;

- личном участии руководящего состава в организации и проведении занятий, учений, семинаров;

- организации системы совершенствования профессиональных знаний и методического мастерства начальствующего состава, выступающего в роли руководителя занятий, контроля за их подготовкой к занятиям;

- изучении, обобщении и внедрении передового опыта в практику обучения и воспитания личного состава;

- обеспечении контроля за исполнением нормативных и иных документов в области подготовки, состоянием процесса обучения, своевременного и объективного подведения итогов;

- обеспечении техники безопасности при проведении занятий, учений, тренировок.

Руководитель подразделения не вправе изменять количество учебных часов и пересматривать в сторону послабления методические указания по предметам обучения, установленные Программой подготовки личного состава подразделений Государственной противопожарной службы МЧС России (далее — Программа). Он несет в установленном порядке ответственность за допущение следующих нарушений:

- невыполнение отнесенных к его компетенции функций по обеспечению подготовки личного состава;

- реализацию не в полном объеме плана профессиональной подготовки, программ подготовки личного состава;

- снижение качества подготовки личного состава отделений, караула;

- нарушение сроков и порядка подведения итогов и представления отчета о состоянии подготовки;

- нарушение правил охраны труда и несоблюдение безопасных условий при проведении занятий;

- невыполнение функций, предусмотренных Программой.

Начальники подразделений обязаны:

- организовывать профессиональную подготовку личного состава и лично проводить занятия по темам, установленным Программой, а также особо важным темам;

- решительно пресекать формализм и упрощенчество в организации и проведении занятий;

- обеспечивать контроль за организацией и проведением занятий в карауле

(дежурной смене), проверку конспектов и записей в специальных тетрадях рядового и начальствующего состава подразделения;

- не менее одного раза в квартал рассматривать на оперативных совещаниях (собраниях с личным составом подразделения) по итогам работы за год состояние профессиональной подготовки личного состава во взаимосвязи с показателями оперативно-служебной деятельности;

- подводить итоги учебы личного состава за прошедший учебный год и определять задачи на новый учебный год;

- создавать необходимую обстановку и условия, стимулирующие у личного состава потребность в постоянном повышении своих знаний по специальности, умений решать оперативно-служебные задачи, навыков в работе с закрепленной пожарной и аварийно-спасательной техникой, пожарно-техническим и аварийно-спасательным вооружением и оборудованием, средствами связи;

- совершенствовать имеющиеся и внедрять новые формы и методы обучения сотрудников и работников;

- проводить работу по развитию и оснащению учебно-материальной базы подразделения;

- давать оценку подчиненному по службе руководителю учебной группы за состояние подготовленности личного состава к выполнению оперативно-служебных задач;

- осуществлять в течение учебного года проверку знаний, умений и навыков личного состава в ходе семинарских и практических занятий, зачетов, экзаменов, собеседований и других форм.

Начальник караула несет ответственность за качество подготовки личного состава караула, лично организует и проводит занятия и мероприятия, предусмотренные планом профессиональной подготовки и расписанием занятий.

#### **10.1.8. Основные виды обучения, их характеристика и содержание**

Подготовка личного состава подразделений осуществляется в следующих видах обучения:

- специальное первоначальное обучение;
- подготовку личного состава караула;
- специальную подготовку по должности рядового и младшего начальствующего состава;
- стажировку;
- служебную подготовку среднего и старшего начальствующего состава;
- повышение квалификации;
- переподготовку;
- самостоятельную подготовку.

Основным документом планирования подготовки личного состава является План профессиональной подготовки на год.

Кандидаты, впервые принимаемые на службу в систему ГПС по контракту (договору) или посредством назначения на должности, прежде чем приступить к самостоятельному исполнению служебных обязанностей, проходят *специальное*

*первоначальное обучение.*

Обучение начинается с инструктажа по правилам охраны труда в соответствии с ГОСТ 2.0.004.90 «Организация обучения безопасности труда. Общие положения».

Специальное первоначальное обучение проводится последовательно в два этапа: индивидуальное обучение и курсовое обучение.

Соответствующий начальник подразделения ФПС обязан:

- представить обучаемого (стажера) личному составу, объявить приказ о назначении руководителя обучения и наставника;
- разъяснить обучаемому (стажеру) и наставнику условия и порядок обучения, их права и обязанности на этот период;
- создать обучаемому необходимые условия для занятий, обеспечить его руководящими документами и учебной литературой, позволяющими изучить в полном объеме вопросы, предусмотренные тематическим планом и программой индивидуального обучения;
- установить и обеспечить порядок контроля за усвоением изучаемого материала и формированием умений и навыков обучаемого;
- изучать в ходе обучения деловые и моральные качества обучаемого (стажера).

По окончании индивидуального обучения обучаемый (стажер) сдает квалификационной комиссии зачеты в объеме изученной программы (плана) индивидуального обучения, а также по правилам охраны труда и практике работы с техническими средствами, приборами и оборудованием с учетом особенностей выполнения обязанностей по должности, специфики охраняемых объектов и положений отраслевых документов.

Курсовое обучение рядового и начальствующего состава подразделений ГПС организуется и проводится в пожарно-технических образовательных учреждениях, учебных центрах, учебных пунктах в соответствии с утверждаемыми МЧС России планами комплектования и разрядками, а также планами-графиками проведения учебных сборов в учебном центре (пункте) ФПС.

Содержание и продолжительность курсового обучения определяется учебным, тематическими планами и программой подготовки, разрабатываемыми и утверждаемыми соответствующими органами управления МЧС России.

Слушатели, выполнившие в полном объеме учебный план и успешно сдавшие выпускные экзамены (зачеты) в учебном центре (пункте), считаются прошедшими специальное первоначальное обучение. Результаты курсового обучения и предложения по дальнейшему использованию выпускников отражаются руководителем учебного центра (пункта) в разделе 2 свидетельства о прохождении специального первоначального обучения, после чего оно выдается сотруднику (работнику) для возвращения в подразделение по месту службы.

Слушателям, не сдавшим экзаменов (зачетов) по какому-либо предмету, продлевается обучение на срок до 10 дней для подготовки и пересдачи.

При получении повторно неудовлетворительных оценок (о чем указывается в разделе 2 Свидетельства), а также с сотрудниками и работниками, отчисленными



в период прохождения курсового обучения по отрицательным мотивам (нарушение служебной дисциплины, неуспеваемость, нежелание проходить дальнейшее обучение по неуважительным причинам) расторгается контракт (договор) на дальнейшую службу (работу) в ГПС МЧС России.

Правом обучения в форме экстерната пользуются сотрудники и работники:

– обучающиеся на вечерних и заочных факультетах и отделениях в учебных заведениях пожарно-технического профиля (а так же в иных учебных заведениях, если сроки проведения курсового обучения препятствуют участию в установочных или экзаменационных сессиях в данном учебном заведении);

– которые по уважительным причинам (болезнь близких родственников, тяжелые семейные обстоятельства) не могут выехать за пределы места проживания на длительный срок;

– в случае отсутствия учебных сборов в учебном центре (пункте).

Разрешение на курсовое обучение в форме экстерната в каждом конкретном случае выдается начальником органа, специально уполномоченного решать задачи гражданской обороны, задачи по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций субъекта Российской Федерации по мотивированному рапорту начальника подразделения, в котором проходит службу (работает) данный сотрудник (работник). Рапорта (разрешения) на обучение в форме экстерната приобщаются к Свидетельствам о прохождении специального первоначального обучения.

*Подготовка личного состава дежурного караула* — это целенаправленная деятельность должностных лиц органа управления, подразделения ГПС по обучению личного состава ГПС в период дежурства, проведению в плановом порядке системы мероприятий в целях обеспечения постоянной готовности караула, успешного выполнения служебных, производственных задач и функциональных обязанностей.

Порядок организации и проведения занятий по подготовке личного состава караула ежегодно устанавливается приказом (распоряжением) начальника соответствующего подразделения МЧС России.

*Специальная подготовка по должности* рядового и младшего начальствующего состава подразделений организуется ежегодно и осуществляется в форме специальных семинаров или инструкторско-методических занятий и объявляется приказом (распоряжением) начальника соответствующего подразделения.

*Стажировку* необходимо рассматривать как самостоятельный вид профессиональной подготовки, позволяющий сотрудникам ФПС приобретать новые знания, практические навыки и умения, необходимые для успешного выполнения функциональных обязанностей по занимаемой или новой должности.

Стажировка в занимаемой должности организуется по месту службы работника по окончании курсового обучения. Она проводится по индивидуальному плану в течение одного месяца с помощью наставника и под руководством непосредственного начальника.

По окончании стажировки руководители службы, подразделения, учреждения ГПС на основании результатов обучения по месту службы, курсового обуче-

ния и стажировки принимают решение о допуске сотрудника к самостоятельному исполнению служебных обязанностей, о чем делается запись в свидетельстве о прохождении первоначальной подготовки, которое хранится в его личном деле.

*Служебная подготовка* — система мероприятий, направленных на закрепление и обновление в плановом порядке необходимых знаний, умений и навыков среднего и старшего начальствующего состава органов управления и подразделений с учетом оперативной обстановки и профиля оперативно-служебной деятельности, организуемая в органах управления и подразделениях по месту службы еженедельно в рабочее время в соответствии с Программой подготовки личного состава.

Порядок организации и проведения занятий в системе служебной подготовки ежегодно устанавливается приказом (распоряжением) начальника соответствующего подразделения МЧС России.

Повышение квалификации проводится в целях пополнения и обновления имеющихся знаний сотрудников, изучения новых явлений и проблем в социально-экономической жизни страны, форм и методов деятельности ГПС и осуществляется с отрывом или без отрыва от работы, по конкретной специализации или должности не реже одного раза в пять лет в институтах, на факультетах, курсах повышения квалификации МЧС России, других министерств и ведомств, на курсах (сборах) в учебных центрах МЧС.

Переподготовка лиц рядового и младшего начальствующего состава осуществляется с целью получения новой специальности или при переводе их на другую работу, выполнение которой требует новых знаний, умений и навыков. Переподготовка организуется по месту службы работников или в учебных заведениях (подразделениях) системы повышения квалификации и переподготовки кадров.

*Самостоятельная учеба* проводится личным составом подразделения в целях непрерывного, систематического пополнения и углубления своих специальных знаний.

Содержание самостоятельной учебы отражается отдельным разделом в тематических планах основной и служебной подготовки на год.

*Обучение в аспирантуре, адъюнктуре и докторантуре* является одним из видов профессиональной подготовки кадров, которое осуществляется в соответствии с Положением о подготовке научно-педагогических и научных кадров в высших учебных заведениях и научно-исследовательских учреждениях. Сотрудники, обучающиеся в аспирантуре, адъюнктуре и докторантуре в учебные заведения (подразделения) системы повышения квалификации и переподготовки кадров на учебу не направляются.

## **10.2. Тактика тушения пожаров**

*Пожарная тактика* — это совокупность боевых действий по организации усилий подразделений пожарной охраны, направленных на успешную ликвидацию пожара в тех размерах, которые определяются возможностями привлеченных к его тушению сил и средств пожарной охраны и спасению людей в случае угрозы для их жизни.

Пожарная тактика, являясь одной из профилирующих дисциплин в подготовке специалиста по пожарной безопасности, базируется на ряде других общенаучных, общетехнических и специальных дисциплин: теоретические основы процессов горения, организация службы и подготовки, гидравлика и противопожарное водоснабжение, здания, сооружения и их устойчивость при пожаре, пожарная техника и др. Значение того или иного предмета в применении к пожарной тактике чрезвычайно велико, так как именно в области тушения пожаров наблюдается влияние знаний смежных дисциплин, а так же специфических факторов объективного и субъективного порядка, из-за условий изменчивости конкретной обстановки на пожарах.

Основы организации тушения пожаров и проведения связанных с ними аварийно-спасательных работ определены в Боевом уставе пожарной охраны.

Тактика подразделяется на теоретическую и прикладную части.

В *теоретической* части рассматриваются особенности развития пожаров, общие проблемы и принципы организации и ведения боевых действий подразделениями. Теоретические положения пожарной тактики отражены в уставах и наставлениях, учебных пособиях и рекомендациях.

В *прикладной* части тактики рассматриваются развитие и практика тушения пожаров на конкретных объектах.

Основным предметом изучения пожарной тактики является подготовка к тушению и тушение пожаров различными силами и средствами.

Подготовка к тушению включает:

- определение структуры пожарной охраны;
- обоснование численности и дислокации подразделений;
- разработку и корректировку оперативных документов, планирующих тактическую и психологическую подготовку подразделений пожарной охраны;
- разработку мероприятий, обеспечивающих необходимые условия для успешного тушения пожаров в населенных пунктах и на объектах.

**Тушение пожара** представляет собой действия, направленные на спасение людей, имущества и ликвидацию пожара.

Пожарная тактика решает следующие задачи:

1. Познание закономерностей и процессов развития и тушения пожаров;
2. Разработка наиболее целесообразных способов и приемов боевых действий подразделений (спасание людей и тушение пожаров), управления ими.
3. Разработка организационной структуры подразделений и методики их общей и тактической подготовки.
4. Исследование тактических возможностей подразделений пожарной охраны.

Решение задач пожарной тактики осуществляется следующими путями:

Первая задача:

А) Научные обобщения и теоретические исследования закономерностей процесса горения различных веществ в условиях пожара (тепло- и газообмена на пожаре, скорости выгорания и распространения горения, температуры на пожаре, механизма прекращения горения огнетушащими средствами, интенсивностей по-

дачи огнетушащих средств на тушение и других вопросов развития и тушения пожаров).

Исследования в этой области проводятся представителями пожарной охраны, академической, вузовской и отраслевой наукой. Функции головной организации по изучению проблем пожарной безопасности закреплены за ВНИИПО МЧС России.

Наряду с многочисленными исследованиями в институте и нескольких его филиалах вопросов определения пожарной опасности веществ, процессов, происходящих при горении, сотрудниками института проводится большая работа по изучению процессов горения на том или ином объекте, особенностей развития пожаров, разрабатываются и научно обосновываются рекомендации для тушения пожаров на различных объектах.

Б) Изучение и анализ процесса тушения пожаров. Анализ действий подразделений (а к этому их обязывает "Инструкция по изучению пожаров") дает возможность познать те или иные закономерности тушения, найти ошибки, допускаемые руководителями тушения пожаров, определить параметры тушения (скорость введения сил и средств, интенсивность подачи огнетушащих средств, удельный расход их, скорость тушения) в зависимости от обстановки на пожаре и действий подразделений.

Анализ боевых действий при тушении пожаров составляются ежеквартально во всех пожарных частях и один раз в полугодие в каждом гарнизоне.

К исследованию крупных и представляющих практический интерес пожаров привлекаются наиболее подготовленные лица среднего и старшего начсостава. Материалы анализов и исследований используются в проведении научно-исследовательской работы и подготовке конкретных практических рекомендаций для работников пожарной охраны. Активное участие в разработке инструкций, нормативных документов принимают так же профессорско-преподавательский состав пожарно-технических учебных заведений.

В) Научные исследования и экспериментальное тушение пожаров разными огнетушащими средствами в различной обстановке.

В этом направлении большие работы проводит ВНИИПО, как правило, с гарнизонами пожарной охраны с участием пожарно-технических станций.

Решение второй задачи пожарной тактики осуществляется теми же путями, что и первой. Изучая и обобщая опыт тушения имевших место и экспериментальных пожаров, выбирают те способы и приемы, которые являются наиболее целесообразными и эффективными в данной обстановке (подача воздушно-механической пены на поверхность горячей жидкости, организация эвакуации и спасания и т.д.). Способы и приемы действий подразделений по тушению пожара в большей мере определяются обстановкой на пожаре. Так как обстановка, в которой действуют подразделения на пожаре, чрезвычайно многообразна, то первоначально способы и приемы разрабатываются для наиболее типовой обстановки. В дальнейшем, исследуя особенности типовой обстановки, определяют, в какой мере они будут влиять на боевые действия подразделений (наиболее характерный пример резервуар).

В тех случаях, когда типовая обстановка пожара изменяется коренным образом и способы и приемы действий подразделений не могут быть применены или малоэффективны, возникает необходимость совершенствования существующих или разработки новых способов и приемов действий подразделений. Эта задача перед пожарной тактикой встает и тогда, когда появляется новое огнетушащее средство или новая пожарная техника.

Для совершенствования и разработки новых способов и приемов действий подразделений необходимо также знать тактические возможности подразделений. Исследуя тактические возможности не только в подаче воды, прокладке рукавных линий, но и в выполнении различных работ, связанных с ведением боевых действий.

Тактические возможности подразделений во многом зависят от их структуры и подготовки к выполнению боевых действий в любой обстановке пожара.

Организационная структура должна соответствовать условиям, в которых происходит тушение пожара.

*Основная боевая задача* — это достижение локализации и ликвидации пожара в сроки и в размерах, определяемых возможностями привлеченных к его тушению сил и средств пожарной охраны.

Выполнение основной боевой задачи обеспечивается силами пожарной охраны — личным составом органов управления и подразделений пожарной охраны, в том числе курсантами и слушателями пожарно-технических учебных заведений, а при необходимости и в условиях особого противопожарного режима также профессорско-преподавательским составом пожарно-технических учебных заведений, учеными и специалистами пожарно-технических научно-исследовательских учреждений, личным составом иных противопожарных формирований, независимо от ведомственной принадлежности и форм собственности.

К тушению пожаров могут быть привлечены в установленном порядке личный состав органов внутренних дел, военнослужащие, силы гражданской обороны МЧС, а также население.

Личный состав пожарных подразделений является главной и решающей силой в выполнении боевых задач. В состав пожарных подразделений входят: отделения и караулы. Три-четыре караула составляют пожарную часть, несколько частей — отряд, несколько отрядов (частей) — гарнизон пожарной охраны.

Отделение на пожарной автоцистерне или пожарном автонасосе — первичное тактическое подразделение, способное самостоятельно выполнять отдельные задачи по спасанию людей, материальных ценностей и тушению пожара.

В чем же заключается способность выполнять "отдельные" задачи по тушению пожара и спасанию людей. В силу того, что численность боевого расчета на автоцистерне колеблется от 4 до 6 человек, запас воды ограничен. Личный состав может, как правило, организовать одновременно только подачу одного ствола РС-70, установить трехколенную лестницу, провести вскрытие конструкции только в определенном месте, проложить рукавную линию на незначительное расстояние, все это дает нам основание утверждать, что отделение реально в короткий промежуток времени может выполнять только отдельный вид перечисленных работ.

Поэтому в частях пожарной охраны в боевом расчете одновременно находится несколько основных пожарных автомобилей, объединенных в караул.

Караул в составе двух или более отделений на основных пожарных автомобилях — основное тактическое подразделение пожарной охраны, способное самостоятельно решать боевые задачи в соответствии со своими тактическими возможностями.

Караулы пожарных частей могут быть усилены одним или несколькими отделениями на специальных и вспомогательных автомобилях. Это зависит от особенностей района выезда, наличия промышленных объектов и их особенностей, высотности зданий и сооружений и т. д. Почему мы считаем, что караул является основным подразделением пожарной охраны? Прежде всего, мы исходим из того, что при получении сообщения о пожаре, на пожар выезжает именно личный состав 2 основных отделений, входящих в состав караула. Анализ тушения пожаров показывает, что около 90 % всех пожаров, происходящих у нас в стране, ликвидируется силами дежурного караула.

Практика создания пожарной охраны за рубежом показывает, что первичное пожарное подразделение не должно превышать 12 – 15 человек, это наиболее оптимальный вариант использования личного состава во время дежурства.

Для выполнения боевой задачи используются следующие средства:

- пожарные машины, в том числе приспособленные для целей пожаротушения автомобили;
- пожарно-техническое вооружение и пожарное оборудование, в том числе средства индивидуальной защиты органов дыхания;
- огнетушащие вещества;
- аварийно-спасательное оборудование и техника;
- системы и оборудование противопожарной защиты предприятий;
- системы и устройства специальной связи и управления;
- медикаменты, инструменты и оборудование для оказания первой доврачебной помощи пострадавшим при пожарах;
- иные средства, вспомогательная и специальная техника.

Все пожарные машины по своему назначению делятся на основные, специальные и вспомогательные.

*Основные машины* — предназначенные для подачи огнетушащих веществ (воды, пены, порошков, углекислоты, газо-водяных и других составов) в зону горения:

- пожарные автоцистерны, насосные станции, аэродромные автомобили, автонасосы, насосно-рукавные автомобили;
- пожарные автомобили воздушно-пенного, порошкового, углекислотного, газо-водяного тушения;
- пожарные самолеты и вертолеты, корабли и катера, поезда и дрезины.

*Специальные машины* — предназначенные для выполнения специальных работ на пожаре:

– пожарные автолестницы, автоподъемники, автопеноподъемники, автомобили связи и освещения, технические, газодымозащитные, водозащитные, рукавные, штабные;

– оперативные автомобили, оборудованные сигналом "Сирена" и радиостанцией.

*Вспомогательные машины* — состоящие на вооружении пожарных частей для выполнения вспомогательных работ при пожаре, например, автотопливозаправщики, передвижные авторемонтные автомобили, агитационные автомобили, легковые, грузовые автомобили, тракторы и др.

Каждое отделение караула, исходя из сложившейся обстановки, способно выполнить свой определенный объем работы на пожаре: обеспечить бесперебойную подачу воды, своевременно оказать помощь людям, ликвидировать пожар и т.д.

Успех тушения пожара достигается правильным определением решающего направления боевых действий, своевременным сосредоточением и введением сил и средств, умелым управлением подразделениями, высокой тактической выучкой, активными и решительными действиями командиров и пожарных.

Подразделения пожарной охраны, прибывшие на пожар, должны стремиться ликвидировать пожар в тех размерах, которые он принял к моменту введения сил и средств на его тушение.

Совместные наступательные действия всех участников тушения, а особенно своевременное введение в действие первого ствола на решающем направлении дает возможность быстро ликвидировать пожар.

**Решающим направлением боевых действий** на пожаре является направление, на котором создалась опасность людям, угроза взрыва, наиболее интенсивного распространения огня и где работа подразделений в данный момент времени может обеспечить успех тушения пожара.

При определении решающего направления боевых действий на пожаре необходимо исходить из следующих принципов:

– если огонь угрожает людям и спасение их невозможно без введения в действие стволов, основные силы и средства подразделений пожарной охраны сосредоточиваются для обеспечения спасательных работ;

– если горением охвачена часть объекта и оно распространяется на другие его части или соседние строения, силы и средства сосредоточиваются и вводятся на участках, где дальнейшее распространение огня может привести к наибольшему ущербу;

– если горением охвачено отдельно стоящее здание (сооружение) и нет угрозы его распространения на соседние объекты, основные силы и средства сосредоточиваются и вводятся в местах наиболее интенсивного горения;

– если горением охвачено здание, не представляющее собой особой ценности, и создалась угроза близстоящему объекту, основные силы и средства сосредоточиваются и вводятся на тушение пожара со стороны не горящего здания (сооружения);

– если создается угроза взрыва на пожаре, то силы и средства сосредотачиваются и вводятся в местах, где действия подразделений обеспечат предотвращение взрыва.

Если сил и средств первого прибывшего подразделения для тушения пожара недостаточно, то руководитель тушением пожара вводит силы и средства на решающем направлении и принимает меры по вызову дополнительных подразделений.

В тушении пожара можно выделить условно два периода:

- период локализации пожара;
- период ликвидации пожара.

Пожар считается *локализованным*, когда нет угрозы людям и животным, а развитие пожара ограничено и обеспечена возможность его ликвидации имеющимися силами и средствами.

Пожар считается *ликвидированным*, когда горение прекращено и приняты меры по предотвращению возобновления горения.

Периоду локализации соответствует промежуток времени от начала введения в действие первых средств тушения до момента, когда дальнейшее распространение пожара прекращено.

**В период локализации проводятся следующие действия:**

- введение на всех направлениях распространения огня необходимого количества сил и средств для тушения пожара;
- спасание людей и эвакуация имущества;
- вскрытие и разборка конструкций для определения границ горения и подачи огнетушащих средств;
- осуществление мероприятий по борьбе с дымом;
- корректировка боевых действий по результатам разведки или по изменению обстановки.

Всегда надо бороться за сокращение периода локализации за счет высокого уровня организации, наступательных, боевых действий подразделений и за счет уменьшения времени сосредоточения необходимого количества сил и средств для тушения пожара.

**Основными условиями локализации пожара являются:**

$$\begin{aligned} Q_{\phi} &\geq Q_{\text{тр}}, \\ J_{\phi} &\geq J_{\text{тр}}, \end{aligned}$$

где  $Q_{\phi}$  — фактический расход огнетушащего вещества на тушение пожара, л/с, кг/с — для порошка;  $Q_{\text{тр}}$  — требуемый расход огнетушащего вещества для тушения пожара, л/с, кг/с;  $J_{\phi}$  — фактическая интенсивность подачи огнетушащего вещества на тушение пожара, л/с<sup>-1</sup>м<sup>-2</sup>, кг/с<sup>-1</sup>м<sup>-2</sup>;  $J_{\text{тр}}$  — фактическая интенсивность подачи огнетушащего вещества на тушение пожара, л/с<sup>-1</sup>м<sup>-2</sup>, кг/с<sup>-1</sup>м<sup>-2</sup>.

Ликвидации пожара соответствует промежуток времени от момента локализации до полного прекращения горения и исключение возможности повторного воспламенения.

В этот период происходит уменьшение площади горения, поэтому производится частичный вывод сил и средств, их перегруппировка, проводятся работы по



вскрытию и разборке, работы по устранению угрозы деформации и обрушения конструкций, борьба с излишне пролитой водой, эвакуация материальных ценностей, дотушивание отдельных очагов горения, сбор данных о пожаре и составление акта.

Виды пожаров определяют собой основное содержание и особенности боевых действий подразделений в процессе локализации и ликвидации как открытых пожаров, так и в зданиях.

При тушении распространяющихся пожаров боевые действия подразделений по ограничению распространения горения во многом определяются формой площади пожара, видом огнетушащего вещества и т. п.

Ограничение распространения горения огнетушащими веществами осуществляется путем подачи их непосредственно на горящую поверхность или по периметру, площади пожара, а также по фронту распространения горения создают полосу тушения, которая обеспечивает прекращение распространения горения. Этот прием является наиболее распространенным и в большинстве случаев наиболее эффективен и целесообразен, так как одновременно с прекращением распространения горения производится и его ликвидация. Создать полосу тушения водой можно из ручных и лафетных стволов, распылением воды с самолетов и вертолетов, подачей ее из перфорированных труб и т. п.

Расстановка сил и средств по всему фронту распространения горения может быть различной в зависимости от группы пожаров, формы площади пожара и направления распространения горения.

При тушении особо сложных пожаров при чрезвычайных ситуациях с участием других видов пожарной охраны функции по координации деятельности других видов пожарной охраны возлагаются на федеральную противопожарную службу.

Выезд подразделений пожарной охраны на тушение пожаров и проведение аварийно-спасательных работ в населенных пунктах и организациях осуществляется в безусловном порядке.

Тушение пожаров и проведение аварийно-спасательных работ осуществляются на безвозмездной основе, если иное не установлено законодательством Российской Федерации.

Для приема сообщений о пожарах и чрезвычайных ситуациях в телефонных сетях населенных пунктов устанавливается единый номер - 01.

При тушении пожаров и проведении аварийно-спасательных работ проводятся необходимые действия по обеспечению безопасности людей, спасению имущества, в том числе:

- проникновение в места распространения (возможного распространения) опасных факторов пожаров, а также опасных проявлений аварий, катастроф и иных чрезвычайных ситуаций;
- создание условий, препятствующих развитию пожаров, а также аварий, катастроф и иных чрезвычайных ситуаций и обеспечивающих их ликвидацию;
- использование при необходимости дополнительно имеющихся в наличии у собственника средств связи, транспорта, оборудования, средств пожаротушения

и огнетушащих веществ с последующим урегулированием вопросов, связанных с их использованием, в установленном порядке;

- ограничение или запрещение доступа к местам пожаров, а также зонам аварий, катастроф и иных чрезвычайных ситуаций, ограничение или запрещение движения транспорта и пешеходов на прилегающих к ним территориях;

- охрана мест тушения пожаров, а также зон аварий, катастроф и иных чрезвычайных ситуаций (в том числе на время расследования обстоятельств и причин их возникновения);

- эвакуация с мест пожаров, аварий, катастроф и иных чрезвычайных ситуаций людей и имущества, оказание первой помощи.

Непосредственное руководство тушением пожара осуществляется руководителем тушения пожара — прибывшим на пожар старшим оперативным должностным лицом пожарной охраны (если не установлено иное), которое управляет на принципах единоначалия личным составом пожарной охраны, участвующим в тушении пожара, а также привлеченными к тушению пожара силами.

Руководитель тушения пожара отвечает за выполнение задачи, за безопасность личного состава пожарной охраны, участвующего в тушении пожара, и привлеченных к тушению пожара сил.

Руководитель тушения пожара устанавливает границы территории, на которой осуществляются действия по тушению пожара, порядок и особенности указанных действий, а также принимает решения о спасении людей, имущества при пожаре. При необходимости руководитель тушения пожара принимает иные решения, в том числе ограничивающие права должностных лиц и граждан на указанной территории.

Указания руководителя тушения пожара обязательны для исполнения всеми должностными лицами и гражданами на территории, на которой осуществляются действия по тушению пожара.

Никто не вправе вмешиваться в действия руководителя тушения пожара или отменять его распоряжения при тушении пожара.

Личный состав пожарной охраны, иные участники тушения пожара, ликвидации аварии, катастрофы, иной чрезвычайной ситуации, действовавшие в условиях крайней необходимости и (или) обоснованного риска, от возмещения причиненного ущерба освобождаются.

При тушении пожара личный состав пожарной охраны должен принимать меры по сохранению вещественных доказательств и имущества.

#### **Работа ствольщиков на пожаре.**

Успех в тушении пожара во многом достигается правильным выбором вида огнетушащих веществ и типа ствола. Большая роль в этом отводится первому стволу (стволам), своевременно введенному в действие на решающем направлении.

В зависимости от обстановки первый ствол (водяной или пенный) используют для предотвращения взрыва, обеспечения спасательных работ, ликвидации или локализации пожара до ввода в действие последующих средств тушения. При этом могут подаваться стволы РС-50, РС-70 и лафетные стволы с установкой и

без установки пожарных автомобилей на водоисточники. Если на объекте имеются внутренние пожарные краны и стационарные установки пожаротушения, они должны использоваться незамедлительно.

Тип стволов выбирают исходя из рекомендаций Боевого устава пожарной охраны. Например, пожары в чердачных помещениях, внутри пустотелых конструкций, вентиляционных каналов, а также пожары волокнистых и сыпучих материалов в основном тушат водяными стволами РС-50 или РСК-50 с компактными или распыленными струями. Не исключена возможность использования в этих случаях воздушно-пенных стволов.

Стволы РС-70 и лафетные стволы применяют для тушения сильно развившихся наружных и внутренних пожаров в помещениях, имеющих большую площадь и высоту, на складах лесопиломатериалов, каучука, резины, резиновых изделий, а также для тушения газовых и нефтяных фонтанов. По мере снижения интенсивности горения эти стволы последовательно заменяют стволами меньшего диаметра.

Стволы РС-70 и лафетные используются также и для защиты от теплового воздействия резервуаров с нефтепродуктами, противопожарных занавесов в театрах, технологических аппаратов и сооружений значительной высоты, ферм и балок покрытий, колонн и других конструкций зданий.

Для объемного тушения пожаров методом заполнения, например подвальных помещений и тоннелей, применяют воздушно-пенные стволы.

Эффективность действия стволов зависит от правильного выбора их позиций и квалификации ствольщиков. Боевую позицию выбирают таким образом, чтобы ствольщик мог близко подойти к месту горения, полнее использовать возможности струи, производить маневрирование стволом для обеспечения эффективного тушения пожара в различных плоскостях и направлениях, а также обеспечивать необходимую защиту при спасении людей, эвакуации животных и материальных ценностей и т.д.

Струи воды должны направляться навстречу, а не по ходу распространения огня, и в первую очередь на те части конструкций, горение или изменение прочности которых при нагреве может вызвать обрушение.

При тушении огня на вертикальных поверхностях струи воды направляют сверху вниз. После ликвидации горения стволы перекрывают или выводят наружу.

Зимой при низких температурах (минус 10 °С) ствольщики меняют позиции без остановки подачи воды. Перекрывать стволы, когда отпадает необходимость в подаче средств тушения, не допускается. В этом случае струи выводят из зданий наружу или в канализационные приемники. Не допускается также обливаться водой людей, эвакуированное имущество и пожарно-техническое вооружение.

При работе с пенными стволами струю можно подавать на тушение только после выхода из ствола пены хорошего качества. При подаче пены для тушения твердых, волокнистых или сыпучих материалов маневрирование стволом должно обеспечивать покрытие пеной всей горячей поверхности.

При одновременной работе водяных и пенных стволов нельзя направлять струи воды в места подачи пены.

### **Виды специальных работ на пожаре.**

В процессе тушения пожара выполняются другие виды боевых действий, помогающие работающим подразделениям достичь успеха в тушении пожара в более короткий срок. К таким видам боевых действий *относятся*:

- вскрытие и разборка конструкций;
- отключение электрических проводов и установок;
- борьба с дымом и температурой;
- защита и эвакуация имущества;

#### *Вскрытие и разборка конструкций.*

Необходимость вскрытия и разборки конструкций определяется обстановкой на пожаре. Эти действия проводятся с целью:

- обеспечения работ по спасанию людей;
- эвакуации имущества и животных;
- обнаружения скрытых очагов горения;
- для введения огнетушащих средств;
- создания разрывов на путях распространения горения;
- для выпуска дыма и снижения температуры;
- устранения угрозы обрушения конструкций и т.д.

Конструкции вскрывают и разбирают по указанию РТП в необходимых пределах, соблюдая определенные правила. Так, для обнаружения скрытых очагов горения и удаления дыма конструкции вскрывают после того, как у места вскрытия будет подготовлен ствол, готовый к действию.

В вертикальных конструкциях (например, перегородки и вентканалы) вскрытия производят выше места горения, чтобы преградить распространение огня в вертикальном направлении. Полы, перекрытия и сгораемые покрытия вскрывают на границах горения, чтобы с помощью стволов ликвидировать угрозу распространения огня по горизонтали.

Тушение пожаров в чердачных помещениях сопровождается, как правило, вскрытием и разборкой крыши. Для удаления дыма и снижения температуры крышу вскрывают у конька с подветренной стороны (при горении чердачного перекрытия — над очагом пожара, при горении внутри чердака — вблизи очага пожара, со стороны негорящей части чердака).

Площадь вскрываемых отверстий зависит от степени задымленности чердака и должна быть больше площади слуховых окон не менее чем в два раза. Тогда через слуховые окна будет поступать воздух, и их можно будет использовать для проникновения на чердак.

Для пропуска ствольщика крышу вскрывают ближе к карнизу с наветренной стороны (примерно в 5 – 6 м от места горения). Площадь вскрытия в этом случае должна составлять 1,5 – 2 м<sup>2</sup>.

Чердачные перекрытия вскрывают снизу из помещения верхнего этажа, междуэтажные перекрытия — сверху и снизу, а сгораемые покрытия больших площадей снаружи (сверху).

Для обнаружения скрытого горения в пустотах конструкций могут применяться следующие виды вскрытия: контрольное, выборочное и сплошное.

При вскрытии и разборке конструкций необходимо стремиться к тому, чтобы эти действия не наносили большого материального ущерба. Поэтому объем этих работ не должен превышать целесообразных пределов.

Наибольший объем работ по вскрытию и разборке конструкций выполняют в период ликвидации пожара, так как в этот период возникает необходимость в полной разборке горевших конструкций и их проливке, чтобы исключить возможность возобновления горения.

Для вскрытия и разборки конструкций применяют ручной немеханизированный и механизированный инструмент (ломы, крюки, топоры, бензопилы, электродолбежники, пневматические бетоноломы и т.д.). В некоторых случаях для разборки отдельных малоценных построек, расположенных между зданиями и сооружениями, могут быть использованы бульдозеры, тракторы, экскаваторы, автокраны. Обгоревшие конструкции иногда обрушивают с помощью веревок, тросов, шестов и мощных водяных струй.

При крупных пожарах, когда объем работ по вскрытию и разборке конструкций превышает тактические возможности пожарных подразделений, привлекаются технические средства объектов, городских организаций, воинские подразделения, рабочих и население.

Работы по вскрытию и разборке конструкций требуют соблюдения правил безопасности. Нельзя, например, допускать повреждений теплофикационных и газопроводных магистралей, электрических сетей и электроустановок и ослабления прочности несущих конструкций. До начала вскрытия и разборки конструкций необходимо отключать электрические и газовые сети.

Материалы, образующиеся от вскрытия конструкций, следует складывать вдоль стен с таким расчетом, чтобы они не вызывали перегрузки перекрытия. Если строительные материалы мешают действиям по тушению пожара, то их выносят из помещения или выбрасывают наружу.

На путях сбрасывания конструкций с высот не должно быть балконов, пожарной техники, электропроводов, газовых и других коммуникаций. Это место заранее определяют, оцепляют и выставляют охрану.

Дымовые трубы, обгоревшие опоры и части здания сваливают под непосредственным руководством руководителя тушением пожара после удаления из опасной зоны людей и техники.

#### *Отключение электрических проводов и установок.*

Тушение пожаров сопряжено с опасностью поражения людей электрическим током. Эта опасность возникает при действии на электрические провода и установки, находящиеся под напряжением, струй воды или при непосредственном соприкосновении человека с ними.

Если электрические провода и установки горят сами, повреждены, создают опасность для жизни людей и препятствуют работам по тушению пожара, то их обесточивают с помощью выключающих приспособлений (рубильников, предохранителей). Провода отрезают специальными ножницами.

Пожарным разрешается самостоятельно обрезать провода при напряжении в сети не выше 220 В, если другими способами обесточить сеть нельзя.

Отрезание электропровода производится под наблюдением руководителя тушением пожара с соблюдением следующих *мер безопасности*:

- резать специальными ножницами, в резиновых перчатках, ботах;
- питающие наружные провода нужно обрезать только у изоляторов со стороны источника электроэнергии, чтобы упавшие после резки провода не оставались под напряжением;
- если наружные провода расположены в несколько рядов, их отрезают, начиная с нижних и кончая верхними рядами;
- многожильные провода и кабели, а также одножильные, проложенные пучками в изоляционных трубах, обрезать не допускается.

*Борьба с дымом и температурой на пожарах.*

Успех тушения пожара во многом зависит от эффективности мероприятий по удалению дыма и снижению температуры.

*Способы борьбы с дымом и температурой:*

- открывание окон, дверей, дымовых люков, световых фонарей и вскрытие конструкций для усиления естественного газообмена;
- помощью стационарных вентиляционных установок на объектах и передвижных пожарных дымососов;
- охлаждение дыма и осаждение твердых его частиц распыленными струями воды;
- вытеснение продуктов сгорания из помещения воздушно-механической пеной.

Нельзя использовать вентиляционные системы, предназначенные для транспортировки горючих твердых частиц, паров нефтепродуктов и газов.

Системы кондиционирования воздуха могут быть использованы только при работе на отсос.

С помощью пожарных дымососов можно удалять дым из помещений и нагнетать в них свежий воздух. Безопаснее применять дымососы только для откачки дыма. Во всех случаях при применении дымососов необходимо перекрывать ненужные для газообмена проемы, используя для этого различные перемычки, и иметь наготове для ввода в действие средства тушения.

При охлаждении дыма и осаждении твердых его частиц распыленными струями воды надо иметь в виду, что чем тоньше распыление струй, тем эффективнее их действие.

*Защита и эвакуация имущества.*

Огонь, высокая температура, в некоторых случаях дым и огнетушащие средства создают опасность уничтожения или порчи имущества, материалов, товаров различного назначения, оборудования и других материальных ценностей. В процессе тушения пожара материальные ценности либо защищают, либо эвакуируют из опасной зоны.

Необходимость, порядок эвакуации и место складирования материальных ценностей определяет руководитель тушением пожара совместно с представителем объекта. Во всех случаях в первую очередь эвакуируют более ценное имущество, взрывоопасные материалы и отравляющие вещества.

При наличии большого количества материальных ценностей, подлежащих эвакуации и защите, к этим работам привлекают рабочих объекта, население, воинские подразделения и различные транспортные средства (транспортеры, подъемные краны, лифты, автомобили, электрокары и др.).

Для эвакуации имущества выбирают основные кратчайшие пути, не загроможденные рукавными линиями, окна, люки, при необходимости проделывают отверстия в ограждающих конструкциях. При эвакуации необходимо соблюдать осторожность и бережно относиться к имуществу.

Эвакуированные материальные ценности складывают в безопасное место, защищают от воздействия атмосферных осадков и сдают под охрану милиции или администрации объекта.

Избыток воды при тушении пожаров может нанести неоправданный материальный ущерб, иногда более значительный, чем от самого пожара. Поэтому в процессе тушения пожара необходимо вести решительную борьбу с лишним расходом воды.

*Чтобы избежать лишнего расхода воды на пожаре, необходимо:*

- немедленно заменять порванные рукава или накладывать рукавные зажимы на образовавшиеся свищи;
- работать стволами только по видимому горению;
- при тушении в зданиях применять перекрывные стволы, стволы-распылители и воздушно-механическую пену;
- своевременно прекращать действия водяных струй или выводить их наружу, а при подаче мощных струй переходить на работу стволов малого диаметра;
- пролитую воду в помещениях своевременно убирать.

Для защиты от воды ценного имущества, оборудования и производственных установок, не подлежащих эвакуации, используют брезент, клеенки, полиэтиленовую пленку и т.д.

Перед спуском воды по лестничным клеткам или в шахты лифтов (если моторное отделение расположено на верху шахты) нужно предварительно убедиться в возможности удаления ее в подвальные помещения.

Воду из подвалов, колодцев и других мест ее скопления откачивают гидроэлеваторами, мотопомпами или насосами пожарных автомобилей.

### **Заключение**

Закончилась книга, посвященная производственной безопасности. В дальнейшем Вам предстоит использовать полученные знания на практике, а также самостоятельно пополнять знания по методам и техническим средствам, обеспечивающим безопасность на производстве от опасных факторов. Поэтому в конце книги нам хотелось бы остановиться на общем алгоритме самостоятельного совершенствования своих знаний.

1. При изучении новых опасностей и методов защиты от них обязательно добавляйте в понятийный ряд в области производственной безопасности новые термины. Чем полнее понятийный ряд, тем меньше путаницы в голове.

2. Законодательная база в области охраны труда, в общем, и в области производственной безопасности в частности, в нашей стране еще не устоялась.

В дополнения к Трудовому кодексу и другим федеральным законам, регламентирующим техносферную безопасность, в систему стандартов безопасности труда, в санитарные нормы и правила регулярно вносятся изменения, причем некоторые из них носят характер кардинальных изменений. Полным ходом идет процесс приведения российских требований в области производственной безопасности к требованиям Международной организации труда.

Следите за нормотворчеством в области производственной безопасности, учитывайте в своей профессиональной деятельности все изменения.

3. Теория безопасности, системы обеспечения электроснабжения, техника газового хозяйства, подъемно-транспортные машины, методы и техника тушения пожаров и обеспечения взрывобезопасности совершенствуются революционными темпами. Изучайте эти новые системы и методы, оценивайте их влияние на безопасность, включайте их в свой арсенал и используйте на практике.

4. Помните, венцом всей практической деятельности в области производственной безопасности является разработка проекта улучшения системы производственной безопасности. Включите в схему разработки этого проекта следующие элементы:

- классификация опасности и набор статистики по рискам;
- определение основных поражающих факторов и параметров поражения и выбор методов их расчета;
- установление критериев поражения и расчет параметров риска;
- оценка степени опасности
- обоснование комплекса мер и средств по снижению степени опасности до допустимых норм;
- разработка плана мероприятий по совершенствованию системы производственной безопасности.

### **Контрольные вопросы**

1. Что относится к химическим процессам в пламени горения?
2. Что относится к физическим процессам в пламени горения?
3. Что относится к принципам разделения веществ по агрегатному состоянию?
4. Назовите мероприятия по предупреждению взрывов технологического оборудования?
5. Что относится к основам обеспечения пожарной безопасности технологических процессов?
6. Как классифицируются теплоносители, применяемые для нагревания веществ в технологических аппаратах?
7. Что такое ректификация, физическая сущность процесса ректификации, меры пожарной безопасности при проведении данного процесса?
8. Что такое сорбция, адсорбция, абсорбция, их физическая сущность, меры пожарной безопасности при проведении данных процессов?
9. От каких факторов зависит пожарная опасность процесса окраски?



10. В чём заключается физическая сущность процесса сушки, меры пожарной безопасности при проведении данного процесса?

11. Что относится к химическим процессам и по каким признакам они классифицируются?

12. Как разделяются химические процессы по тепловому эффекту?

13. Как разделяются химические процессы по агрегатному состоянию?

14. Назовите способы пожаровзрывозащиты технологического оборудования и принцип их действия.

15. Назначение систем и устройств пожарной сигнализации, их характеристика и классификация.

16. Что относится к системам и способам пожаротушения, их классификация?

17. Что относится к огнетушащим веществам, их характеристики?

18. Что относится к первичным средствам тушения пожара?

19. Что такое автоматическая установка пожаротушения и её функциональное назначение?

20. Как классифицируются автоматические установки пожаротушения в зависимости от используемых в них средств тушения?

21. Что такое система противопожарного водоснабжения и её классификация?

22. Что относится к тактике тушения пожара?

23. Что такое опасные факторы пожара?

24. Что такое пожар, его развитие и основы прекращения горения?

25. В чем заключается организация гарнизонной и караульной службы пожарной охраны?

## Литература

### Основная

1. Пожарная безопасность технологических процессов. Учебник/ С.А.Горячев, С.В.Молчанов, В.П.Назаров и др.; Под общ. ред. В.П.Назарова и В.В.Рубцова; гриф МЧС России – М.: Академия ГПС МЧС России, 2007.- 221 с.
2. Гельфанд Б.Е., Сильников М.В. Взрывобезопасность: Учебник/ под редакцией В.С.Артамонова. – СПб.: Астерион, 2006.- 392с.: ил.-(Серия "Вузовский учебник").

### Дополнительная

3. Киселев Я.С., Хорошилов О.А., Демехин Ф.В. Физические модели горения в системе пожарной безопасности: Монография. — СПб.: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2009. — 277 с.
4. Хорошилов О.А., Мельник А.К. Пожарная безопасность процессов окраски: Учебное пособие. — СПб.: Санкт-Петербургский университет МВД России, 2002. — 117 с.
5. Малинин В.Р., Хорошилов О.А. Методика анализа пожаровзрывоопасности технологий: Учебное пособие. — СПб.: Санкт-Петербургский университет МВД России, 2000. — 274 с.

6. Бесчастнов М.В. Взрывобезопасность и противоаварийная защита химико-технологических процессов. — М.: Химия, 1983. — 472 с.
7. Корольченко А.Я. Пожаровзрывоопасность промышленной пыли. — М.: Химия, 1986. — 216 с.
8. Волков О.М. Пожарная безопасность резервуаров с нефтепродуктами. — М.: Недра, 1984. — 151 с.
9. Волков О.М. Пожарно-техническое обследование нефтебазы. — М.: Стройиздат, 1980. — 48 с.
10. Клубань В.С., Петров А.П., Рябиков В.С. Пожарная безопасность предприятий промышленности и агропромышленного комплекса: Учебник. — Москва: Стройиздат, 1987. — 477 с.
11. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: Справ. изд.: в 2 книгах / А.Н. Баратов, А.Я. Корольченко, Г.Н. Кравчук и др. — М.: Химия, 1990.
12. Малинин В.Р., Хорошилов О.А. Пожарная безопасность основных технологических процессов нефтеперерабатывающих заводов: Учебное пособие. — СПб.: Санкт-Петербургский университет МВД России, 1999. — 112 с.
13. Малинин В.Р., Хорошилов О.А. Обеспечение пожарной безопасности при нагреве и охлаждении горючих веществ: Учебное пособие. — СПб.: Санкт-Петербургский университет МВД России, 1999. — 160 с.

### **Нормативные правовые акты**

#### **Федеральные законы**

14. Федеральный закон РФ от 22.07.2008г. №123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности "
15. Федеральный закон РФ от 21.07.1997г. №116-ФЗ "О промышленной безопасности опасных производственных объектов"
16. ГОСТ, НПБ, ППБ, РД, СП
17. ГОСТ 12.1.004 – 91\*. Пожарная безопасность. Общие требования.
18. ГОСТ Р 12.3.047 – 98. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля.
19. ГОСТ 12.1.044 – 89. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения.
20. НПБ 23-01. Пожарная опасность технологических сред.
21. НПБ 113-03. Пожарная безопасность атомных станций. Общие требования.
22. НПБ 160-97. Цвета сигнальные. Знаки пожарной безопасности. Виды, размеры. Общие технические требования.
23. НПБ 252-98. Аппараты теплогенерирующие, работающие на различных видах топлива. Требования пожарной безопасности. Методы испытаний.
24. ППБ 01-03. Правила пожарной безопасности в Российской Федерации.
25. ВППБ 01-01-94. Правила пожарной безопасности при эксплуатации предприятий нефтепродуктообеспечения

- 26.ВППБ 01-04-98. Правила пожарной безопасности для предприятий и организаций газовой промышленности.
- 27.ПБ-09-540-03. Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств.
- 28.ПБ-09-560-03. Правила промышленной безопасности нефтебаз и складов нефтепродуктов.
- 29.ПБ 09-563-03. Правила промышленной безопасности для нефтеперерабатывающих производств.
- 30.ПБ-14-566-03. Правила промышленной безопасности для взрывопожароопасных производственных объектов хранения, переработки и использования растительного сырья.
- 31.ПБ-10-115-96. Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением.
- 32.ПБ-09-567-03. Правила безопасности лакокрасочных производств.
- 33.ВНТП 5-95. Нормы технологического проектирования предприятий по обеспечению нефтепродуктами (нефтебаз).
- 34.СП 12.13130.2009. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.

#### **Приказы МЧС России**

- 35.Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности. Приказ МЧС России от 30 июня 2009 г. № 382.
- 36.Приказ МЧС РФ № 404 от 10.07.2009 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах»

## Содержание Части 1

Предисловие

Введение

1. Опасности производственных объектов

1.1. Понятие опасности

1.2. Факторы опасности

1.3 Методы и аппарат анализа опасности

1.4. Качественный анализ опасностей

1.5 Количественный анализ опасностей

1.6 Категорирование и классификация объектов как мера безопасности

1.6.1 Классификация объектов народного хозяйства Российской Федерации

1.6.2 Классификация чрезвычайных ситуаций (ЧС)

1.6.3 Категорирование производственных объектов в соответствии с Федеральным Законом № 116-ФЗ

1.6.4 Категорирование уровня взрывоопасности технологических процессов и производств потенциально опасного объекта

1.7. Анализ риска

1.7.1 Порядок проведения расчетов по оценке риска

1.7.2 Разработка рекомендаций по уменьшению риска

1.8 Управление риском

1.9 Опасные и вредные производственные факторы

2. Основы обеспечения безопасности производств

2.1 Определение понятия «безопасность» и общие принципы обеспечения промышленной безопасности

2.1.1 Идентификация опасных производственных объектов

2.1.2 Декларирование промышленной безопасности.

2.1.3. Паспорт безопасности опасного объекта

2.1.4 Разработка плана локализации и ликвидации аварийных ситуаций

2.1.5 Экспертиза промышленной безопасности

2.2 Безопасность производств на стадиях проектирования и строительства предприятий.

2.2.1 Состав и содержание проектной документации.

2.2.2 Разработка комплексных мероприятий по обеспечению безопасности в проектных решениях

2.2.3 Категорирование технологических процессов, помещений, зданий и наружных установок на стадии проектирования производств

2.3 Основы безопасности при разработке технологического процесса

2.3.1. Выбор способа производства и схемы технологического процесса как средство безопасности

2.3.2 Соблюдение стандартов и правил как средство безопасности

2.3.3 Взрывобезопасность производственных процессов

2.4 Безопасность производств на стадиях эксплуатации

2.4.1. Технологический регламент производств

- 2.4.2 Перечень обязательных инструкций и иных документов на стадиях эксплуатации производств
  - 2.5 Безопасность на стадии разработки технических условий на продукцию
    - 2.5.1 Состав и содержание технических условий
    - 2.5.2 Согласование и утверждение технических условий
  - 2.6 Безопасность при выборе и изготовлении надежных видов оборудования
    - 2.6.1 Защитные устройства производственного оборудования
  - 2.7 Выбор систем контроля, управления и противоаварийной защиты как средства безопасности технологических процессов
    - 2.7.1 Автоматизация производственных процессов
    - 2.7.2 Автоматический контроль
    - 2.7.3 Технологическая сигнализация
    - 2.7.4 Автоматическое управление
    - 2.7.5 Автоматическое регулирование
    - 2.7.6 Автоматическая защита и блокировка
    - 2.7.7 Выбор автоматических устройств
  - 2.8 Требования к системе управления
    - 2.8.1 Требования к средствам защиты и сигнальным устройствам
    - 2.8.2 Требования к конструкциям оборудования, обеспечивающие безопасность при монтаже, транспортировании, хранении и ремонте
    - 2.8.3 Общие требования к содержанию эксплуатационной документации в части обеспечения безопасности производственного оборудования
    - 2.8.4 Требования к техническим устройствам, применяемым на опасном производственном объекте
  - 2.9 Эксплуатация производств, техническое обслуживание
    - 2.9.1 Система планово-предупредительного ремонта
  - 2.10 Общие требования к выбору и конструированию оборудования
    - 2.10.1 Механическая прочность оборудования
    - 2.10.2 Коррозионная стойкость оборудования.
    - 2.10.3 Герметичность оборудования
    - 2.10.4 Испытание оборудования на герметичность
    - 2.10.5 Общие требования к безопасности конструкции производственного оборудования
  - 2.11 Износ оборудования и его влияние на безопасность труда
    - 2.11.1 Методы снижения износа производственного оборудования
- Контрольные вопросы  
Литература

## **Содержание части 2**

- 3. Электробезопасность
  - 3.1. Электрический ток
    - 3.1.1. Действие электрического тока на человека
    - 3.1.2. Факторы, определяющие опасность поражения электрическим током
    - 3.1.3. Ситуационный анализ поражения током
    - 3.1.4. Основные причины поражения электрическим током

- 3.2. Статическое электричество
  - 3.2.1. Возникновение статического электричества
  - 3.2.2. Опасность статического электричества
- 3.3. Мероприятия по обеспечению электробезопасности
  - 3.3.1. Технические меры защиты от поражения током
  - 3.3.2. Средства защиты, используемые в электроустановках
  - 3.3.3. Организация безопасной эксплуатации электроустановок
  - 3.3.4. Защита от статического электричества
  - 3.3.5. Защита от молний
- 3.4. Первая помощь при поражениях электрическим током
- 4. Безопасность эксплуатации грузоподъемных машин
  - 4.1. Назначение и опасности при эксплуатации грузоподъемных машин
  - 4.2. Безопасность складских, погрузочных и разгрузочных работ
    - 4.2.1. Система обеспечения безопасности при эксплуатации грузоподъемных машин
    - 4.2.2. Оценка соответствия грузоподъемных машин и условий их эксплуатации требованиям промышленной безопасности
  - 4.3. Типовые конструкции грузоподъемных машин, требования к устройству и безопасной эксплуатации.
    - 4.3.1. Классификация грузоподъемных машин
    - 4.3.2. Режимы работы грузоподъемных машин
  - 4.4. Причины аварий и травматизма при эксплуатации грузоподъемных машин.
  - 4.5. Техническое освидетельствование грузоподъемных машин, организация эксплуатации и надзора.
    - 4.5.1. Установка гпм, порядок их регистрации и ввода в работу
    - 4.5.2. Организация эксплуатации гпм
    - 4.5.3. Техническое освидетельствование
  - 4.6. Организация складов и проведение складских операций
    - 4.6.1. Общие понятия о складах
    - 4.6.2. Классификация и характеристика грузов. Тара и упаковка грузов
    - 4.6.3. Складские операции
  - 4.7. Условия безопасности погрузочно-разгрузочных работ
    - 4.7.1. Требования по организации погрузочно-разгрузочных работ с применением грузоподъемных машин
    - 4.7.2. Требования к местам производства погрузочно-разгрузочных работ
    - 4.7.3. Требования к процессам перемещения грузов грузоподъемными машинами
- 5. Безопасность эксплуатации сосудов под давлением, компрессорных установок, паровых и водогрейных котлов
  - 5.1. Безопасность эксплуатации сосудов под давлением
    - 5.1.1. Общие сведения.
    - 5.1.2. Устройство сосудов.
    - 5.1.3. Сборка сосуда.
    - 5.1.4. Контрольно-измерительные приборы.
    - 5.1.5. Предохранительные устройства.
    - 5.1.6. Материалы для изготовления сосудов.

- 5.1.7. Системы коммуникаций на промышленном объекте.
  - 5.1.8. Техническое освидетельствование.
  - 5.1.9. Установка сосудов.
  - 5.1.10. Дополнительные требования к баллонам.
  - 5.1.11. Дополнительные требования к цистернам и бочкам при перевозке сжиженных газов.
  - 5.1.12. Требования к газгольдерам.
  - 5.2. Безопасность эксплуатации компрессорных установок
    - 5.2.1. Принципы устройств и характеристики компрессорных установок
    - 5.2.2. Опасность взрыва при сжатии газов.
    - 5.2.3. Смазка компрессорных установок
    - 5.2.4. Охлаждение компрессоров
    - 5.2.5. Очистка воздуха
    - 5.2.6. Арматура, конструкции и установка компрессоров
  - 5.3. Безопасность эксплуатации паровых и водогрейных котлов.
    - 5.3.1. Организация безопасной эксплуатации.
    - 5.3.2. Обслуживание
    - 5.3.3. Проверка контрольно-измерительных приборов, автоматических защит, арматуры и питательных насосов.
    - 5.3.4. Организация ремонта
  - 6. Безопасность эксплуатации газового хозяйства предприятия
    - 6.1. Газовое хозяйство предприятия
    - 6.2. Внутрицеховое газовое хозяйство
    - 6.3. Предохранительные запорные и сбросные клапаны
    - 6.4. Защитные, сигнализирующие автоматические устройства и приборы.
    - 6.5. Условия безопасной эксплуатации
    - 6.6. Условия безопасного пуска газа на предприятие и эксплуатация промышленных печей
    - 6.7. Обслуживающий персонал и его обязанности
    - 6.8. Предупреждение, локализация и ликвидация аварий в газовом хозяйстве
- Литература