

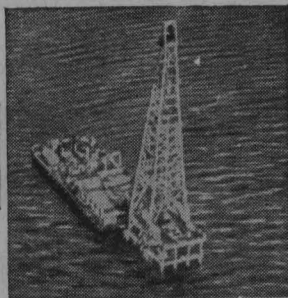
П 1:35
Г 65

архив

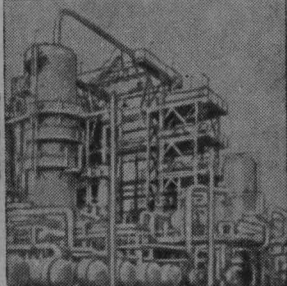
В. А. ГОНЧАРЮК

ОСНОВЫ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ТЕХНИКИ

В НЕФТЯНОЙ



И НЕФТЕХИМИЧЕСКОЙ



ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ХИМИЯ»

В. А. ГОНЧАРЮК

П. 1: 35

Г 65

ОСНОВЫ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ТЕХНИКИ В НЕФТЯНОЙ И НЕФТЕХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

80719

Д о п у щ е н о
Министерством высшего и среднего
специального образования СССР в
качестве учебного пособия
для нефтяных специальностей вузов



ИЗДАТЕЛЬСТВО ХИМИЯ

Москва 1965

h

В книге изложены основы противопожарной техники (ППТ) в соответствии с программой одноименного курса, читаемого в нефтяных вузах.

Значительное место уделено предотвращению причин возникновения пожаров. Приведены примеры осуществления основных мероприятий ППТ при проектировании, строительстве и эксплуатации предприятий нефтяной и нефтехимической промышленности.

Книга является учебным пособием для студентов всех специальностей нефтяных вузов и факультетов. Она может быть полезна инженерно-техническим работникам предприятий нефтяной и нефтехимической промышленности.

Всеволод Александрович Гончарюк

Основы противопожарной техники в нефтяной и нефтехимической промышленности

Издательство «Химия», М., 1965 г.

224 с.

Редакторы А. Н. Баратов, Г. И. Коледова
Техн. редактор З. И. Яковлева
Корректоры М. С. Хрипунова, Л. Е. Криксина

Подписано к печати 20/IX-1965 г. Т-12550

Формат бумаги 60×90¹/₁₆=7 бум. л.—14 печ. л.

Уч.-изд. 13,69

Заказ 790

Цена 58 коп.

Тираж 5000 экз.

Московская типография № 21 «Главполиграфпрома» Государственного комитета Совета Министров СССР по печати. Москва, 88, Угрешская, 12,

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| Предисловие | 7 |
| ЧАСТЬ ПЕРВАЯ | |
| Основные понятия и определения | |
| Глава I. Причины пожара и понятие о пожарной опасности | 9 |
| 1. Основные величины, характеризующие пожар | 9 |
| 2. Причины возникновения и распространения пожаров | 11 |
| 3. Понятие о пожарной опасности | 13 |
| Глава II. Физико-химические основы процесса горения | 14 |
| 1. Основные сведения о процессе горения | 14 |
| Виды горения | 15 |
| Температура горения | 16 |
| Дым. Продукты горения | 17 |
| Понятие о взрыве | 17 |
| 2. Механизм процессов горения | 19 |
| 3. Показатели пожарной опасности веществ | 21 |
| Температура самовоспламенения | 22 |
| Температура вспышки паров | 25 |
| Концентрационные и температурные пределы воспламенения (взрываемости) | 27 |
| Понятие о пожарной опасности твердых веществ и материалов | 31 |
| Свойства и классификация самовозгорающихся веществ | 32 |
| Свойства и классификация пылей | 36 |
| Связь свойств, характеризующих огнеопасность веществ, с их структурой | 37 |
| Связь свойств, характеризующих огнеопасность жидкостей, со скоростью их испарения и давлением насыщенных паров | 39 |
| 4. Импульсы воспламенения | 41 |
| Импульсы, возникающие при переходе механической энергии в тепловую | 42 |
| Импульсы, возникающие при переходе электрической энергии в тепловую | 44 |
| Импульсы, возникающие при электрических разрядах | 46 |
| Глава III. Понятие о пожарной профилактике и пожарной тактике | 50 |
| 1. Понятие о пожарной профилактике | 50 |
| 2. Классификация производств по степени пожарной опасности и взрывоопасности | 51 |
| 3. Понятие о возгораемости строительных материалов и конструкций | 55 |
| 4. Понятие об огнестойкости | 56 |
| Оценка строительных конструкций зданий и сооружений по огнестойкости | 57 |
| 5. Понятие о пожарной тактике | 59 |

ЧАСТЬ ВТОРАЯ

Характеристика производств по пожарной опасности и основные мероприятия по исключению причин возникновения пожаров

| | |
|---|------------|
| Глава I. Особенности производств с точки зрения пожарной опасности | 60 |
| 1. Особенности технологических процессов | 60 |
| 2. Особенности эксплуатации оборудования | 63 |
| 3. Особенности ведения строительных, монтажных и ремонтных работ | 67 |
| Глава II. Разработка пожаробезопасных технологических процессов и оборудования | 74 |
| 1. Пути уменьшения пожарной опасности веществ, применяемых в производстве | 70 |
| 2. Пути предупреждения образования взрыво- и пожароопасных смесей | 73 |
| 3. Усовершенствование технологических процессов и оборудования | 76 |
| 4. Выбор материалов аппаратов и оборудования | 80 |
| Глава III. Герметизация | 82 |
| 1. Герметизация подвижных соединений | 82 |
| 2. Герметизация неподвижных соединений | 85 |
| 3. Гидравлические, бесконтактные и другие методы герметизации | 89 |
| Глава IV. Механизация и автоматизация | 92 |
| 1. Механизация технологических процессов | 92 |
| 2. Механизация хранения и отпуска огнеопасных веществ | 94 |
| 3. Автоматизация производственных процессов | 97 |
| Автоматизация оборудования и установок | 99 |
| Газосигнализаторы | 104 |
| Классификация и выбор средств автоматизации | 105 |
| Глава V. Рациональное освещение | 106 |
| 1. Требования к системе освещения | 106 |
| 2. Выбор и размещение светильников | 108 |
| Глава VI. Рациональная вентиляция | 113 |
| 1. Классификация вентиляционных установок | 113 |
| 2. Выбор вентиляционных установок в соответствии с пожароопасностью производств | 116 |
| Глава VII. Рациональное отопление | 119 |
| 1. Местное отопление | 119 |
| 2. Центральное отопление | 120 |
| Глава VIII. Защитные устройства, гарантирующие пожарную безопасность | 123 |
| 1. Грозозащита | 123 |
| 2. Заземление | 126 |
| 3. Защита от статического электричества | 128 |
| 4. Предохранители и ограничители | 129 |
| Глава IX. Контроль за состоянием оборудования | 134 |
| 1. Своевременный и качественный ремонт | 134 |
| 2. Методы контроля и испытания оборудования | 137 |
| Приборы контроля | 140 |
| Глава X. Соблюдение технологического и противопожарного режимов | 141 |
| 1. Общие положения | 141 |
| 2. Включение и выключение аппаратов | 142 |
| 3. Монтажные и ремонтные работы | 143 |

ЧАСТЬ ТРЕТЬЯ

Основные противопожарные мероприятия по исключению причин распространения пожаров

| | |
|---|------------|
| Глава I. Планировка предприятий | 144 |
| Основные принципы планировки предприятий | 144 |
| Зонирование территории промышленных предприятий | 147 |
| Противопожарные разрывы | 148 |
| Глава II. Ограничение распространения огня в зданиях | 151 |
| 1. Выбор огнестойких строительных конструкций | 151 |
| 2. Брандмауэры и противопожарные зоны | 153 |
| 3. Отверстия и проемы | 155 |
| Глава III. Специальные противопожарные преграды | 157 |
| 1. Огнепреградители | 157 |
| 2. Гидравлические затворы | 164 |
| 3. Перемычки | 165 |
| 4. Водяные завесы | 165 |
| 5. Обвалование | 167 |

ЧАСТЬ ЧЕТВЕРТАЯ

Обеспечение эвакуации людей и материальных ценностей при пожаре

| | |
|--|------------|
| Глава I. Основные пути эвакуации людей | 169 |
| 1. Пути эвакуации в промышленных зданиях | 169 |
| 2. Выбор путей эвакуации и их эксплуатация | 170 |
| Глава II. Эвакуация материальных ценностей | 174 |
| 1. Рациональные устройства для эвакуации огнеопасных жидкостей | 174 |
| 2. Сбросовые и факельные устройства для эвакуации газа | 179 |

ЧАСТЬ ПЯТАЯ

Обеспечение эффективного тушения пожаров

| | |
|---|------------|
| Глава I. Средства пожаротушения | 182 |
| 1. Требования к выбору огнегасящих средств | 182 |
| 2. Жидкие огнегасящие средства | 183 |
| 3. Газообразные и твердые средства пожаротушения | 186 |
| Глава II. Приборы, оборудование, устройства и машины для пожаротушения | 187 |
| 1. Приборы и оборудование для пожаротушения | 187 |
| 2. Устройства для пожаротушения | 191 |
| 3. Пожарные машины | 196 |
| Глава III. Противопожарное водоснабжение | 198 |
| Требования к системе противопожарного водоснабжения | 198 |
| Спринклерные и дренчерные устройства | 202 |
| Глава IV. Пожарная сигнализация и связь | 203 |
| Значение и виды сигнализации и связи | 203 |
| Электрическая пожарная сигнализация | 203 |
| Пожарные извещатели | 205 |
| Телефонная связь и радиосвязь | 208 |
| Подъезды к объектам | 209 |

ЧАСТЬ ШЕСТАЯ

Особенности тушения некоторых видов пожаров

| | |
|--|-----|
| Глава I. Тушение пламени жидкостей, газов и твердых веществ . . | 210 |
| 1. Тушение пламени жидкостей | 210 |
| 2. Тушение пламени газовых пожаров | 211 |
| 3. Тушение пламени твердых веществ и материалов | 212 |
| 4. Тушение пламени газовых и нефтяных фонтанов | 213 |
| 5. Тушение пламени горящего оборудования и установок, находя- щихся под напряжением электрического тока | 215 |
| 6. Тушение пожаров в нефтяных шахтах | 215 |
| Глава II. Совместные действия пожарной охраны и персонала пред- приятия | 216 |
| 1. Аварийное положение | 216 |
| 2. Пожаротушение | 216 |
| Литература | 218 |
| Предметный указатель | 220 |



ПРЕДИСЛОВИЕ

В. И. Ленин 18 апреля 1918 г. подписал исторический декрет Совета Народных Комиссаров «Об организации государственных мер борьбы с огнем». Этот документ положил начало планомерной организации пожарной охраны в СССР. Ленинский декрет разоблачил вреднейшую классовую «теорию» о том, что пожар — это стихийное бедствие, не поддающееся воздействию общественных сил. В декрете подчеркивалось, что при правильной организации государственных мер по предупреждению пожаров возникновение последних делается невозможным.

Борьбу с пожарами у нас возглавляют органы государственной власти, широко привлекающие трудящихся к этой благородной и ответственной работе. В СССР существует государственный пожарный надзор. Руководство пожарной охраной предприятий нефтяной и нефтехимической промышленности СССР возложено на отделы охраны СНХ, на территориальные инспекции военизированной охраны (ВОХР) и пожарные части (ПЧ) на местах.

На предприятиях на общественных началах из рабочих и служащих создаются добровольные пожарные дружины (ДПД).

Из числа руководителей промыслов, цехов, отделов назначаются ответственные за пожарную безопасность определенных участков.

Большое внимание уделяется научно-исследовательской работе в области противопожарной техники.

В СССР создан Центральный научно-исследовательский институт противопожарной обороны (ЦНИИПО), который разрабатывает научные методы предупреждения и тушения пожаров.

Научной работой в области противопожарной техники занимаются также кафедры ТБ и ППТ вузов и специальные проектно-конструкторские организации.

Задача противопожарной техники заключается не только в борьбе с пожарами, но и в исключении причин их возникновения и распространения. В осуществлении этой задачи в промышленности ведущая роль принадлежит инженерам. Поэтому будущие

специалисты должны получить в вузе необходимые сведения в области противопожарной техники.

Настоящее учебное пособие составлено с учетом принятой в советских вузах сквозной системы подготовки инженерно-технических кадров в области противопожарной техники. Оно написано в соответствии с программой курса «Основы ППТ», утвержденной учебно-методическим управлением по вузам Министерства высшего и среднего специального образования СССР 8 мая 1963 г.

В начале пособия излагаются основные понятия и определения в области ППТ, затем даются характеристики производств по пожарной опасности и в заключение—основные пожарно-профилактические мероприятия и особенности тушения некоторых видов пожаров. Кроме того, приводятся примеры осуществления основных мероприятий ППТ на предприятиях нефтяной и нефтехимической промышленности.

Учебное пособие создается впервые. Поэтому автор будет весьма признателен за все деловые замечания и указания по существу его содержания и построения.

Большая заслуга в улучшении качества пособия принадлежит рецензентам и редактору А. Н. Баратову, которым автор выражает свою признательность.

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Глава 1

ПРИЧИНЫ ПОЖАРА И ПОНЯТИЕ О ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ

1. ОСНОВНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЕ ПОЖАР

На протекание пожара влияют следующие факторы: физико-химические свойства горючих веществ; их количество; среда, в которой они находятся; выделение и отвод тепла; температура; продолжительность горения; степень огнестойкости строительных конструкций; метеорологические условия и др.

Зная свойства горючих веществ, можно судить о максимальных скоростях выгорания этих веществ, температурах и продолжительности пожара.

Скорость, с которой в процессе горения уменьшается высота слоя горючего вещества [мм/мин] или его масса на единицу поверхности [$\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{сек})$], называется *скоростью выгорания* данного вещества. Скорость выгорания различных веществ различна. Горючие жидкости при воспламенении горят сначала медленно, затем скорость выгорания постепенно и плавно растет, достигая максимального значения, после чего остается постоянной на всем протяжении процесса горения.

Скорость выгорания твердых веществ меньше, поэтому процесс их горения протекает медленнее (за исключением взрывчатых веществ). Скорость выгорания газообразных веществ с момента воспламенения быстро достигает своего максимального значения и остается постоянной в процессе горения.

Температура, развивающаяся при пожаре, пропорциональна скорости выгорания горючих веществ. На основании экспериментальных данных, а также данных о температурах на пожарах составлены стандартные кривые (рис. 1), принятые для проведения испытаний элементов строительных конструкций на огнестойкость в СССР, США, Англии, ГДР, ФРГ и Швеции. Из этих кри-

вых видно, что наиболее быстро температура поднимается в течение первых 0,5—1 ч. Скорость нарастания температуры зависит от скорости выгорания, которая в свою очередь пропорциональна теплоте сгорания вещества, поверхности горения и т. д. При увеличении теплоты сгорания горючего вещества и скорости его выгорания наблюдается более резкое повышение температуры в начальной стадии процесса.

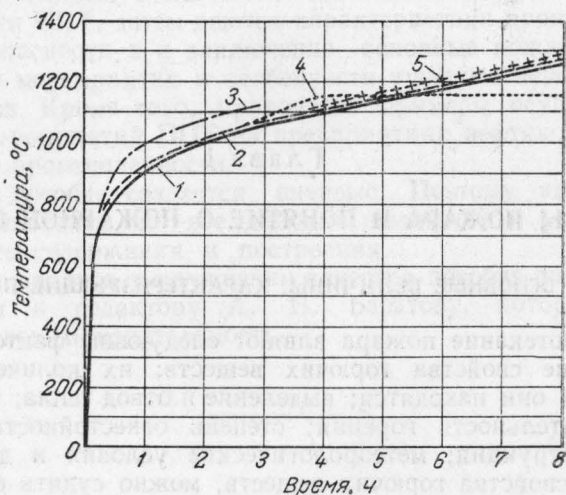


Рис. 1. Стандартные кривые «температура — время», принятые в разных странах:

1—в СССР; 2—в США; 3—в ГДР и ФРГ; 4—в Швеции; 5—в Англии.

Продолжительность пожара τ в здании при горении нескольких видов твердых горючих веществ можно определить по следующей формуле:

$$\tau = \frac{0.16 F_{\text{пом.}}}{F_{\text{ок.}}} \left(\frac{q_1}{n_1} + \frac{q_2}{n_2} + \dots + \frac{q_m}{n_m} \right) \text{ ч}$$

где $F_{\text{пом.}}$, $F_{\text{ок.}}$ — площади помещения и оконных проемов, м^2 ; q_1, q_2, \dots, q_m — количество каждого вида горючего на единицу площади, $\text{кг}/\text{м}^2$;

n_1, n_2, \dots, n_m — скорости выгорания веществ, $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$.

Часть тепла, выделяемого в зоне горения, уносится продуктами горения, а часть поглощается горючими и негорючими веществами. Нагрев приводит к изменению свойств этих веществ: потере механической прочности, деформации, сгоранию или разрушению.

2. ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПОЖАРОВ

Причины возникновения пожара делятся на ближайшие и основные.

К *ближайшей причине* относят то событие, которое непосредственно предшествовало пожару, например возникновение искры в момент выброса фонтана нефти или газа, проявление статического или атмосферного электричества, прогар стенки змеевика трубчатой печи и вытекание продукта в топочное пространство, самовозгорание или самовоспламенение огнеопасных веществ и т. п.

К *основной причине* относят то событие, которое послужило первоисточником всех последующих происшествий (в том числе и ближайшей причины), приведших в конечном счете к пожару: нарушение противопожарных и других норм, правил, условий проектирования и эксплуатации производств и т. п.

Статистика показывает, что пожары на промышленных предприятиях возникают в результате организационных, технических или организационно-технических недостатков производства.

Поэтому *причины возникновения пожаров* следует классифицировать по следующим основным признакам производственных недостатков:

I группа—пожары в результате некачественных проектных работ;

II группа—пожары в результате некачественных строительно-монтажных работ;

III группа—пожары в результате нарушения технологических процессов производства;

IV группа—пожары в результате некачественных ремонтных работ;

V группа—пожары в результате нарушения противопожарного режима производства.

В соответствии с такой классификацией с целью выяснения основной причины возникновения пожара последовательно (по группам) изучают возможные (или имевшие место) недостатки производства.

Для этого в первую очередь проверяют проектную документацию предприятия.

Если в этой документации не обнаруживают ошибок, нарушений или отступлений от нормативных требований или требований технических условий проектирования, которые могут привести (или привели) к пожару, переходят к изучению причин, относящихся к последующим группам. Выясняют возможные отступления от проектных данных и противопожарных требований в процессе строительства и эксплуатации предприятия.

При изучении недостатков производства выясняют также причины образования огнеопасных сред и источников их воспламенения.

Подобный подход к изучению организационных, технических и организационно-технических недостатков производства позволяет выявить основную, действительную причину возникновения пожара, а следовательно, и наметить конкретные мероприятия по ее устранению.

Например, на одной из бурящихся скважин возник пожар. Выяснение событий, предшествовавших пожару, показало, что газ воспламенился в первые минуты его фонтанирования из скважины. Анализ производственных процессов привел к выводу, что основные причины пожара—снижение давления на пласт, отступление от геолого-технического наряда, т. е. нарушение технологического режима бурения.

Следствием этого нарушения явился выброс породы и газа и образование газо-воздушной смеси. Ударом выброшенной породы оборвало воздушные электропровода. Возникшая при этом искра воспламенила газо-воздушную смесь.

В результате этого анализа было установлено, что для уменьшения пожарной опасности при буровых работах наряду с повышением требования к соблюдению технологической дисциплины при бурении скважин и усилением контроля за ведением этих работ необходимо заменить воздушную электролинию подземным электрокабелем.

При изучении *причин возникновения пожаров* выясняются способы, причины и условия распространения огня.

К способам распространения огня в условиях нефтяной и нефтехимической промышленности относятся: непосредственная передача тепла теплопроводностью от горящих веществ к другим горючим материалам; нагрев вещества теплом, передаваемым радиацией пламени нагретыми продуктами сгорания.

Незащищенные от воздействия высоких температур металлические конструкции деформируются и разрушаются. В результате могут быть повреждены или разрушены расположенные на них установки, аппараты, емкости с огнеопасными газами, жидкостями, что вызовет быстрое распространение пожара на заводах и промыслах.

К причинам, способствующим распространению огня, следует отнести: насыщение атмосферы горючими парами и газами; загрязненность производственных площадок нефтью, нефтепродуктами и другими горючими веществами и материалами; наличие материалов, пропитанных легковоспламеняющимися и горючими жидкостями; несоблюдение положенных противопожарных разрывов между отдельными аппаратами, емкостями, оборудованием, зданиями, сооружениями, установками; наличие канализационных каналов, трубных канав, траншей, тоннелей и т. д.

У с л о в и я м и, которые могут способствовать распространению пожара, являются: перекрытие, перекопка и загромождение проходов к первичным средствам пожаротушения и к месту пожара; недостаточность или неисправность первичных средств пожаротушения и использование этих средств не по назначению; несвоевременное обнаружение пожара; позднее сообщение о возникновении пожара и др.

Знание способов, причин и условий распространения огня облегчает вскрытие основной причины распространения пожара. Для изучения этих факторов их группируют так же, как и основные причины возникновения пожаров.

Знание причин возникновения и распространения пожаров позволяет установить *пожарную опасность* производств.

3. ПОНЯТИЕ О ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ

Опасность возникновения пожаров определяется прежде всего свойствами применяющихся веществ, параметрами технологических процессов и специфическими производственными условиями данного предприятия. К этим условиям на предприятиях нефтяной и нефтехимической промышленности относятся: наличие в производственной аппаратуре большого количества огнеопасных жидкостей, их паров и газов; применение в некоторых аппаратах источников открытого огня в непосредственной близости от других аппаратов с огнеопасными веществами; наличие размещенных высоко над поверхностью земли аппаратуры и оборудования, нефтеловушек, сети продуктопроводов и газопроводов, трубных канав и сложной системы производственной канализации.

Рассматриваемая опасность находится в прямой зависимости от причин возникновения и распространения пожаров, связанных с организационно-техническими недостатками производства.

Масштабы и последствия пожара помимо рассмотренных выше условий зависят также от целого ряда других факторов, оказывающих влияние на пожары (газовый обмен, степень огнестойкости строительных конструкций, метеорологические условия и т. д.).

Совокупность всех причин и условий, способствующих возникновению и распространению пожара и определяющих его масштабы и последствия, называется *пожарной опасностью производства*.

Зная пожарную опасность различных производств, их можно оценивать с противопожарной точки зрения. Однако без знания закономерностей возникновения и развития процессов горения веществ невозможно выяснить пожарную опасность производств, а следовательно, разработать мероприятия по ее устранению.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССА ГОРЕНИЯ

1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОЦЕССЕ ГОРЕНИЯ

Горение—это физико-химический процесс окисления, развивающийся с самоускорением и сопровождающийся выделением тепла и света. Горение в условиях пожара представляет собой процесс окисления кислородом воздуха.

Процесс горения протекает в две стадии: а) *подготовительная* стадия, сопровождающаяся только выделением тепла; б) *основная* стадия, характеризующаяся пламенным горением или тлением и сопровождающаяся выделением света.

Выделение света при горении веществ указывает на то, что в результате самоускорения скорость процесса достигла величины, при которой продукты горения нагреваются за счет выделяющегося тепла до температуры свечения. Склонность к прогрессивному самоускорению отличает процесс горения от других экзотермических реакций.

Чтобы началось горение, необходимо наличие *горючего вещества, окислителя и импульса воспламенения*.

Импульс воспламенения, т. е. запас энергии любого вида, воздействуя на смесь горючего вещества с кислородом (*горючую смесь*), вызывает реакцию горения. Тепло импульса воспламенения затрачивается на превращение горючих твердых и жидких веществ в пары, газы и на нагрев последних до температуры самовоспламенения. При соприкосновении паров и газов с кислородом воздуха возникают окислительные процессы, сопровождающиеся выделением дополнительного количества тепла. По мере накопления тепла и нарастания скорости реакции происходит самовоспламенение и начинается горение.

Горючее вещество и кислород должны находиться в определенных количественных соотношениях. Горение большинства веществ начинается при содержании в воздухе не менее 14—18% кислорода и только некоторые вещества горят при меньшем количестве кислорода в воздухе (сероуглерод—при 10,5%, ацетилен—при 3,7%).

Горение веществ может происходить за счет содержащегося в них кислорода, выделяющегося при разложении этих веществ (например, взрывное разложение бертолетовой соли, пороха).

Горение может происходить при взаимодействии горючего вещества не только с кислородом, но и с другими окислителями. Например, ацетилен, железо и многие другие вещества горят в атмосфере хлора, магний—в двуокиси углерода, медь—в парах серы и т. д.

Не всегда импульсом воспламенения является тепло, подведенное извне. Выделение тепла, приводящее к горению, может быть результатом происходящих в веществе химических и микробиологических процессов.

Виды горения

В зависимости от физического состояния горючего вещества и окислителя различают *гомогенное* горение, при котором горючее и окислитель газообразны, и *гетерогенное*, при котором участвующие в реакции вещества находятся в разных фазах—твердой (или жидкой) и газообразной.

Процесс горения состоит из трех стадий: окисления, самовоспламенения и собственно горения.

Если количество тепла, выделившегося при горении над поверхностью огнеопасной жидкости, достаточно для ее испарения, то непрерывно образуется паро-воздушная смесь и горение продолжается.

Аналогичный процесс может возникнуть при длительном воздействии импульса воспламенения на поверхность горючей жидкости (или твердого вещества), а также при непрерывном подводе горючего газа в очаг горения.

Горение, при котором непрерывно образуется и сгорает горючая смесь, называется *установившимся*.

Различают два вида установившегося горения: *диффузионное* и *кинетическое*, когда кислород проникает в зону горения в результате молекулярной диффузии, и *кинетическое*, когда кислород и горючее вещество поступают в зону горения предварительно смешанными.

Горение при пожаре в основном является диффузионным.

Горение может быть *пламенное* и *беспламенное*. Пламя образуется при горении тех веществ, которые, испаряясь или разлагаясь, выделяют газообразные вещества.

Пламя состоит из трех зон: 1) зоны горючих паров и газов; 2) зоны горения; 3) зоны продуктов сгорания (рис. 2). Первая, внутренняя, зона содержит газообразные и парообразные продукты, выделяющиеся из горючего вещества. Из-за недостаточной концентрации кислорода в этой зоне горения в ней не происходит. В центральной зоне образуется смесь горючих паров с продиффундировавшим из воздуха кислородом, содержащимся в таком количестве, которое теоретически необходимо для горения.

Горение жидкости обычно характеризуется наличием видимого пламени.

В процессе горения веществ температура их поверхностного слоя плавно растет, увеличивается скорость образования газообразных продуктов и, следовательно, высота пламени. Темпе-

ратура пламени различных веществ различна. Например, температура пламени ацетилена 2127 °С, сероуглерода 2195 °С, серы ~1820 °С, бензина ~1400 °С.

При отсутствии достаточного количества газообразных продуктов разложения горение твердых веществ может проявляться в виде тления.

Без пламени горят твердые вещества: графит, антрацит, кокс, сажа, древесный уголь и ряд других веществ, так как они не разлагаются и не образуют газов или образуют их в количестве, недостаточном для пламенного горения.

Температура горения

Для ликвидации пожара весьма важно знать температуру, развивающуюся при горении веществ. Чем выше эта температура, тем больше тепла излучается в окружающую среду, тем больше опасность развития пожара.

Теоретическую температуру горения T при условии, что все тепло расходуется на нагрев продуктов сгорания, определяют по формуле:

$$T = \frac{Q + mct}{mc} \text{ } ^\circ\text{C}$$

где Q —теплота сгорания горючего вещества, ккал/моль;
 m —число молей продуктов горения, образующихся при сгорании 1 кг вещества;
 c —средняя молярная теплоемкость продуктов горения, ккал/(моль·град);
 t —начальная температура воздуха, °С.

Одной из основных характеристик горючих веществ является теплота сгорания этих веществ.

Теплоту сгорания нефти, каменного угля и торфа вычисляют по формуле Д. И. Менделеева:

$$Q = 81C + 300H + 26(S_{\text{л}} - O) \text{ ккал/кг}$$

где C , H , $S_{\text{л}}$ —соответственно содержание C , H , S (летучей), %;
 O —суммарное содержание O и N , %.

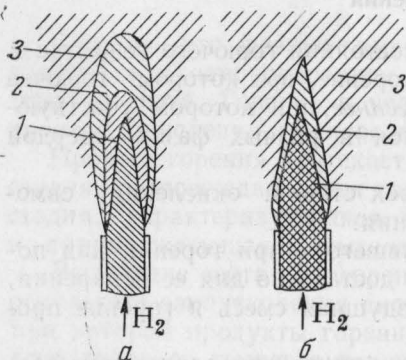


Рис. 2. Схемы смесеобразования при молекулярной диффузии:

а—до горения: 1—область, в которой концентрация горючего вещества в смеси выше верхнего концентрационного предела воспламенения; 2—область, в которой концентрация горючего вещества в смеси не выходит за концентрационные пределы воспламенения; 3—область, в которой концентрация горючего вещества в смеси ниже нижнего концентрационного предела воспламенения; б—при горении: 1—зона горючих паров или газов; 2—зона горения; 3—зона смеси продуктов сгорания с воздухом

Дым. Продукты горения

При горении многих веществ получается различный по составу дым. *Дымом* называется образующаяся при горении дисперсная система, состоящая из мельчайших твердых частиц, находящихся во взвешенном состоянии в каком-либо газе.

Состав дыма зависит от состава и условий горения веществ. При горении большинства веществ образующийся дым содержит твердые частицы диаметром от 0,02 до 1 мм, состоящие главным образом из углерода. Эти частицы легко оседают в виде копоти или сажи. Газовая фаза дыма состоит из двуокиси углерода, окиси углерода, азота, сернистого ангидрида и др.

Помимо состава, дымы отличаются цветом и запахом. При горении нефтепродуктов в дыме присутствуют сажа и углеводороды, которые придают ему специфический запах. Цвет дыма—черный. Дым, образующийся при горении резины, содержит различные сернистые соединения, придающие ему неприятный запах. Цвет дыма при горении одного и того же вещества может изменяться в зависимости от условий горения. Задымление в условиях пожара затрудняет пожаротушение, но по появлению дыма легче обнаружить очаг горения. По цвету и запаху дыма определяют горящее вещество.

В состав дыма входят некоторые газообразные продукты горения, а также продукты сухой перегонки. *Продуктами горения* называются газообразные, жидкие и твердые вещества, образующиеся в процессе горения. Состав продуктов горения, так же как и дыма, зависит от состава горящего вещества и условий горения. В зависимости от этих условий различают два вида сгорания: *полное*—при достаточном и избыточном количестве кислорода, необходимого для реакции горения, и *неполное*—при недостаточном количестве кислорода.

При полном сгорании большинства веществ образуются двуокись углерода, сернистый ангидрид и пары воды. При неполном сгорании образуются окись углерода, спирты, кетоны, альдегиды, кислоты и другие сложные органические соединения. Все они получаются в результате недостатка кислорода воздуха в зоне горения. Эти продукты способны гореть и могут образовать с воздухом взрывоопасные смеси, увеличивающие пожарную опасность. Кроме того, продукты неполного сгорания часто бывают едкими и ядовитыми, что затрудняет работу пожарных.

Понятие о взрыве

Если горючие пары и газы, не смешанные с воздухом, выпустить из емкости или аппарата по трубопроводу и поднести к месту их выхода импульс воспламенения, то они будут спокойно гореть в виде факела. Скорость такого горения определяется диффузией



кислорода воздуха в зону горения, и этот процесс представляет собой разновидность диффузионного горения. Но если горючие пары и газы предварительно смешать с воздухом в определенном соотношении, то при воздействии импульса воспламенения будет иметь место *взрывное горение*, которое протекает с большой скоростью. Разницей в скоростях и отличаются эти два вида горения.

При взрыве в короткий отрезок времени выделяется значительное количество тепла и продукты горения нагреваются до высокой температуры. При нагревании газов в закрытых пространствах (аппаратах, помещениях) они расширяются, что приводит к резкому повышению давления. В этом одна из особенностей взрыва.

При взрыве смесей газов с воздухом значительное количество тепла затрачивается на нагревание азота воздуха, присутствующего в смеси. Поэтому температура взрыва таких смесей ниже температуры взрыва кислородных смесей.

Абсолютное давление, развивающееся при взрыве, $P_{\text{взр.}}$ определяют по формуле:

$$P_{\text{взр.}} = \frac{P_{\text{нач.}} (t_{\text{взр.}} + 273)}{t_{\text{нач.}} + 273} \cdot \frac{m}{n} \text{ ат}$$

где $P_{\text{нач.}}$ —начальное давление газовой смеси до взрыва, ат;

$t_{\text{взр.}}$ —температура газов, развивающаяся при взрыве, °С;

$t_{\text{нач.}}$ —температура газовой смеси до взрыва, °С;

m —число молей продуктов горения с учетом азота воздуха;

n —число молей смеси газа и воздуха до взрыва.

Величины m и n определяют по уравнениям реакций горения с учетом не участвующих в реакции компонентов горючей смеси и азота воздуха.

Максимальное давление наблюдается при взрыве смесей со стехиометрическим соотношением горючего и воздуха.

При взрыве газовых смесей давление обычно не превышает 10 ат.

Температуру продуктов горения при взрыве $t_{\text{взр.}}$ можно определить по формуле:

$$t_{\text{взр.}} = \frac{Q_n}{\sum c_i G_i} \text{ } ^\circ\text{С}$$

где Q_n —теплота сгорания исходного продукта, ккал;

c_i —теплоемкость продуктов горения, ккал/(кг·град);

G_i —масса продуктов горения, кг.

Объем газообразных продуктов V_t , получающихся при взрыве смеси, содержащейся в 1 м³ аппарата, можно определить по формуле:

$$V_t = V_0 \frac{P_0}{P_{\text{взр.}}} \cdot \frac{t_{\text{взр.}} + 273}{t_{\text{нач.}} + 273} = 1 \frac{m}{n} \cdot \frac{P_{\text{взр.}}}{P_0} \cdot \frac{T_{\text{взр.}}}{T_{\text{нач.}}} \text{ м}^3$$

где V_0 —первоначальный объем горючей смеси, м^3 ;

P_0 —атмосферное давление, ат .

Образующиеся при взрыве газообразные продукты, расширяясь при изменении давления от $P_{\text{взр.}}$ до P_0 , способны произвести большую работу. Этим и объясняются сильные разрушения при взрыве.

Продолжительность нарастания давления при взрыве до максимального зависит от скорости горения смеси и от ее объема. Практически можно считать, что время взрыва равно для газов 0,1 сек; для паров жидкости 0,2—0,3 сек; для пылей—около 0,5 сек.

2. МЕХАНИЗМ ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ

Основу современных представлений о механизме реакций горения составляют тепловая теория самовоспламенения и цепная теория окисления.

Согласно *тепловой теории самовоспламенения* решающим условием возникновения процесса горения является превышение (или равенство) скорости тепловыделения при химической реакции над скоростью теплоотдачи от реагирующей системы в окружающую среду.

Допустим, что сосуд, в который впускается смесь, имеет постоянную температуру; очевидно, что чем выше давление (или концентрация реагирующих газов), тем больше скорость реакции и, следовательно, приход тепла; отвод же тепла от давления не зависит. Поэтому при достаточно малых давлениях приход тепла не может стать больше его отвода, и реакция будет протекать при практически постоянной температуре, близкой к температуре сосуда.

При повышении давления впускаемого газа скорость реакции и приход тепла растут, отвод же его для данной разности температур остается постоянным. Очевидно, что для некоторой заданной температуры существует минимальное давление, при котором приход тепла становится равным его отводу; при более высоком давлении приход тепла превосходит отвод, температура впускаемого в сосуд газа растет, и газ самовоспламеняется.

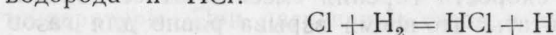
Тепловая теория самовоспламенения не в состоянии объяснить ряд особенностей, наблюдаемых при горении: положительный или отрицательный катализ при введении в реагирующую систему малых примесей отдельных веществ, наличие пределов воспламенения по давлению и др. Эти особенности объясняются теорией цепных реакций.

Сущность *цепной теории самовоспламенения* заключается в том, что в ходе реакции окисления образуются свободные радикалы, которые при взаимодействии с молекулами исходного вещества образуют новые радикалы, которые в свою очередь взаимодействуют с нейтральными молекулами. Эти реакции носят

название реакций продолжения цепи. Примером такой реакции служит фотохимическое соединение хлора с водородом. Первичной реакцией возникновения цепи является распад молекулы хлора на атомы при поглощении кванта света:



Атом хлора реагирует с молекулой водорода, образуя атом водорода и HCl :



Атом водорода в свою очередь реагирует с молекулой хлора, давая атом хлора и молекулу HCl , и т. д.

Если в результате взаимодействия одного активного центра (радикала или атома) образуется несколько активных центров, то возникает разветвленный цепной процесс.

Следует отметить, что наряду с образованием активных центров имеют место реакции их уничтожения (деактивации), называемые *реакциями обрыва цепей*.

Характер развития цепного процесса и возможность его завершения самовоспламенением (или взрывом) определяются количественным соотношением между реакциями разветвления и обрыва цепей. Типичным примером цепной разветвленной реакции является процесс окисления водорода.

Обрыв цепи происходит как в объеме реагирующей смеси, так и на стенках реакционного сосуда.

Причинами обрыва цепи в объеме смеси являются: а) побочная реакция свободного радикала с примесями, содержащимися в смеси; б) рассеивание активной частицей избыточной химической энергии при столкновениях с неактивными однородными или инертными молекулами.

Обрыв цепи на стенках реакционного сосуда происходит вследствие адсорбции активных центров поверхностью стенки.

Превышение числа разветвленных цепных реакций над числом их обрывов—основное условие ускорения реакции окисления.

Цепная теория объясняет явления положительного и отрицательного катализа в процессе горения. Положительный катализ—это явление увеличения скорости реакции под действием катализатора, т. е. вещества, создающего начальные активные центры. Например, реакция окисления углеводородов заметно ускоряется и может привести к загоранию при добавлении в реакционную среду незначительных количеств перекисных продуктов.

Отрицательный катализ—уменьшение скорости реакции, обусловливается тем, что молекулы отрицательного катализатора тем или иным способом дезактивируют активные центры. Примером отрицательного катализа является подавление процессов горения нефтепродуктов при добавке галогенированных углеводородов.

Цепная теория объясняет и наличие пределов самовоспламенения по давлению. Согласно этой теории при давлении ниже предельного значительно повышается число реакций обрыва цепей на стенках сосуда.

По тепловой теории причиной самовоспламенения является выделяющееся тепло, а по цепной теории тепло выделяется в результате этого процесса. В реальных условиях процессы горения протекают по комбинированному *цепочно-тепловому* механизму.

3. ПОКАЗАТЕЛИ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ВЕЩЕСТВ

Как отмечалось выше, для возникновения горения необходимы горючее вещество, окислитель и импульс воспламенения.

В зависимости от температуры импульса воспламенения процесс возникновения горения называется возгоранием или самовозгоранием. *Возгоранием* называется процесс загорания вещества при воздействии импульса воспламенения с температурой, превышающей температуру самовоспламенения вещества.

Самовозгоранием называется процесс возникновения горения при воздействии импульса воспламенения с температурой ниже температуры самовоспламенения или без воздействия импульса воспламенения. Склонностью к самовозгоранию обладают многие твердые вещества и некоторые жидкости, нанесенные на развитую поверхность.

Если образцы какого-либо горючего материала нагревать в термостатах до определенных температур, то выявится картина, иллюстрируемая рис. 3.

При нагревании (кривая 1) вещества в термостате до температуры T_1 оно не претерпевает каких-либо изменений.

При повышении температуры может быть достигнута такая критическая температура, при которой начинается разложение и окисление вещества, сопровождаемое выделением тепла. Температура вещества начинает превышать температуру в термостате, т. е. происходит *самонагревание* вещества (кривая 2). Минимальная температура $T_{сн.}$, при которой начинается самонагревание вещества, называется *температурой самонагревания*. В зависимости от условий аккумуляции тепла в самонагреваемом материале этот процесс может либо прекратиться, либо продолжаться до тех пор, пока температура не начнет спонтанно расти и не произойдет *самовозгорание* вещества (кривая 3). Минимальная

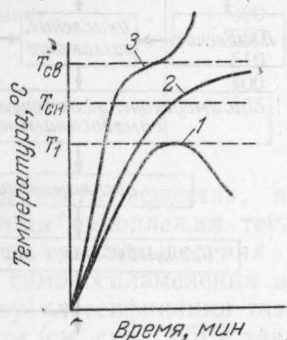


Рис. 3. Изменение температуры горючего вещества в зависимости от времени.

температура $T_{\text{св.}}$, при которой происходит самовозгорание вещества, называется *температурой самовозгорания*.

Помимо указанных выше показателей пожарной опасности твердые вещества и материалы характеризуются температурой воспламенения, а жидкости—температурой вспышки.

Температурой воспламенения называется минимальная температура, при которой вещество при кратковременном действии на него импульса воспламенения загорается и продолжает гореть.

Для возникновения горения необходимо, чтобы горючее и окислитель находились между собой в определенном количествен-

ном соотношении, которое определяется концентрационными пределами воспламенения в случае горения газов и температурными и концентрационными пределами воспламенения паров в случае горения жидкостей.

Возникновение процесса горения веществ в зависимости от их агрегатного состояния характеризуется следующими показателями:

горение и взрыв газовых смесей—концентрационными пределами воспламенения и температурой самовоспламенения;

горение жидкостей—температурами вспышки и самовоспламенения, концент-

рационными и температурными пределами воспламенения;

горение твердых веществ—склонностью к возгоранию и самовозгоранию, характеризуемой в свою очередь рядом показателей, поясняемых ниже.

Общая схема процесса горения веществ представлена на рис. 4.

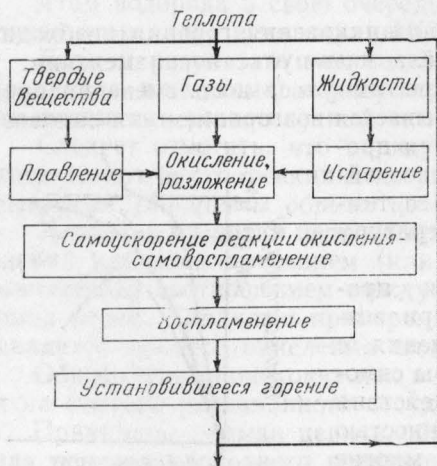


Рис. 4. Схема процесса горения вещества.

Температура самовоспламенения

Температурой самовоспламенения называется минимальная температура, при которой вещество способно загораться без воздействия импульса воспламенения.

Этот показатель характеризует возможность начала пламенного горения вещества при контакте его с кислородом воздуха. Для большинства горючих веществ температура самовоспламенения лежит в пределах 250—650 °С, а устойчивое пламя появляется при более высоких температурах. Скачок от температуры само-

воспламенения до температуры устойчивого пламени является результатом спонтанного саморазогревания паров горючего вещества в смеси с воздухом.

Температуры самовоспламенения некоторых веществ приведены в табл. 1.

ТАБЛИЦА 1

Температура самовоспламенения некоторых веществ
[9]

| Вещества | Температура самовоспламенения, °С | Вещества | Температура самовоспламенения, °С |
|---------------------------|-----------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| Ацетон | 610 | Метилацетат | 470 |
| Бензин Б-70 | 300 | Метилформиат | 420 |
| Бензол | 625 | Пропилформиат | 400 |
| Бутилформиат | 270 | Толуол | 550 |
| Водород | 530 | Этан | 510 |
| Изобутилформиат | 330 | Этилацетат | 400 |
| Метан | 650 | Этиловый спирт | 465 |

Величиной, характеризующей огнеопасность вещества, является также *период индукции*, т. е. время накопления тепла реакции окисления от момента равенства тепловыделения и теплоотдачи до достижения температуры самовоспламенения вещества. Этот показатель положен в основу классификации газовых смесей по степени их воспламеняемости (см. стр. 55) и зависит от состава смеси, начальной температуры и давления.

На предприятиях нефтяной и нефтехимической промышленности перерабатываемые и получаемые продукты загораются чаще всего под воздействием импульсов воспламенения. Температура импульсов, как правило, выше температуры самовоспламенения горючих веществ. Поэтому период индукции при их действии на горючие вещества весьма незначителен.

Температуру самовоспламенения газа можно определить: пропуская холодную горючую смесь через нагретый сосуд; впуская холодную горючую смесь в нагретый сосуд, из которого предварительно откачан воздух; нагревая смесь быстрым (адиабатическим) сжатием.

На рис. 5 показана установка для определения температуры самовоспламенения газа. С помощью насоса 7 продувают взрывную пипетку 1 воздухом, нагретым до предполагаемой температуры самовоспламенения газа. Затем, постепенно заполняя пипетку газом, наблюдают за его воспламенением.

Температура самовоспламенения паров жидкостей в воздухе может быть определена методом «капли» (ЦНИИПО) [4] в целевой печи или методом «напуска». В том и другом слу-

чаях фиксируют индукционный период (время запаздывания) воспламенения.

Практически за температуру самовоспламенения принимается температура стенок сосуда, в котором заключена смесь.

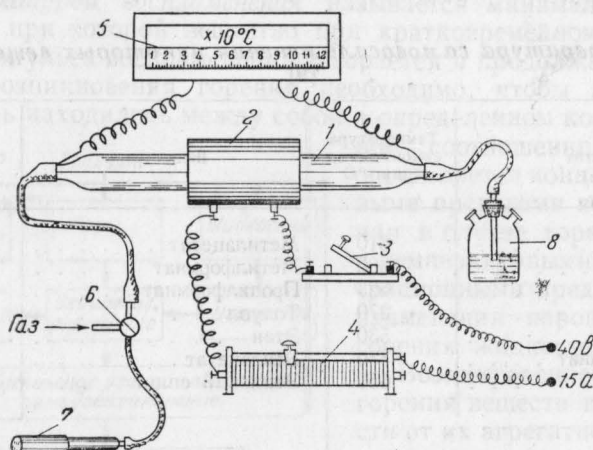


Рис. 5. Установка для определения температуры самовоспламенения газа:

1—взрывная пипетка; 2—электрическая печь; 3—рубильник; 4—реостат; 5—милливольтметр; 6—кран; 7—ручной насос; 8—гидравлический затвор.

Температура самовоспламенения зависит от: состава смеси, причем для большинства веществ минимальная температура самовоспламенения наблюдается при стехиометрическом соотношении между горючим и воздухом (рис. 6);

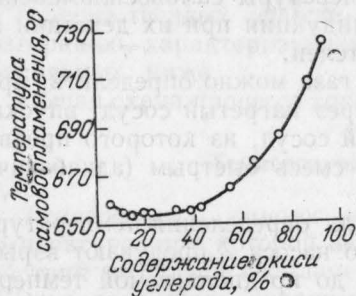


Рис. 6. Зависимость температуры самовоспламенения смеси окиси углерода с воздухом от состава смеси.

объема сосуда, в котором ведется определение (с увеличением объема сосуда температура самовоспламенения снижается);

давления (при давлении выше атмосферного температура самовоспламенения заметно снижается).

Значительный практический интерес представляет связь температуры самовоспламенения различных веществ с их химической природой. Например, чем больше число атомов углерода в молекулах органических соединений одного и того же гомологи-

ческого ряда, а также чем больше двойных связей, тем ниже температура самовоспламенения.

Сложные, легко разлагающиеся вещества имеют более низкую температуру самовоспламенения, чем элементы и устойчивые молекулы, состоящие из небольшого числа атомов. Соединения нормального строения воспламеняются легче, чем соответствующие соединения с разветвленной структурой.

Температура вспышки паров

Температурой вспышки называется минимальная температура жидкости, при которой ее пары образуют с воздухом смесь, способную воспламениться при воздействии на нее импульса воспламенения.

Нагрев жидкости до температуры вспышки не является достаточным для ее горения, а лишь характеризует подготовленность жидкости к воспламенению. Для ее воспламенения необходимо ввести в паровую фазу над жидкостью импульс воспламенения, температура которого выше температуры самовоспламенения смеси паров этой жидкости с воздухом.

Температура вспышки—один из важнейших показателей, по которому в основном определяют категорию производств по пожарной опасности.

Температуру вспышки определяют в закрытом тигле (прибор Мартенс-Пенского) по ГОСТ 6356—52, в приборе ПВН—по ГОСТ 1421—53, в открытом тигле—по ГОСТ 4333—48, в аппарате—по ГОСТ 1369—42. При температуре вспышки в открытом тигле получают менее точные данные, отличающиеся в отдельных случаях при высоких температурах на несколько десятков градусов.

Все огнеопасные жидкости по температуре вспышки делят на две основные группы: легковоспламеняющиеся и горючие.

В табл. 2 приводится классификация жидкостей по температуре вспышки.

ТАБЛИЦА 2

Классификация жидкостей по температуре вспышки

| Группы | Температура вспышки, °С | Жидкости |
|--------------------------------------|-------------------------|--|
| Легковоспламеняющиеся жидкости (ЛВЖ) | До 45 | Ацетон, бензины, бензол, лигроин, легкие нефти, эфир, керосины: тракторный, осветительный, авиационный и т. п. |
| Горючие жидкости (ГЖ) | Выше 45 | Моторное топливо, зеленое масло, мазут, газойль, глицерин, смазочное масло и т. п. |

Температуры вспышки некоторых веществ приведены в табл. 3.

Температура вспышки некоторых веществ

| Вещества | Температура вспышки, °С | Вещества | Температура вспышки, °С |
|--|----------------------------|------------------------------------|----------------------------|
| Ацетон | —20,0 | Ксилол | 23,0 |
| Бензины | От —53 до +10 | Метиловый спирт | —7,0 |
| Бензол | —14,0 | Толуол | 1,0 |
| Гексан | —18,0 | Фенол | 90,0 |
| Гептан | —4,0 | Этиленгликоль | 40,0 |
| Глицерин | 160,0 | Этиловый спирт (96%-ный) | 11,0 |
| Керосин тракторный (плотность 0,823 г/см³) | 28,0 | Эфир (диэтиловый) | —45,5 |

Технологические операции, связанные с нагревом жидкостей выше температуры вспышки, относятся к числу взрывоопасных.

В случае отсутствия данных о температуре вспышки ее можно рассчитать по приближенным эмпирическим формулам.

1. По правилу Орманди и Грэвена температура вспышки может быть подсчитана по формуле:

$$T_{\text{всп.}} = T_{\text{кип.}} K$$

где $T_{\text{всп.}}$ — температура вспышки, °К;

$T_{\text{кип.}}$ — температура кипения, °К;

K — коэффициент, равный 0,736.

Например, для бензола, температура кипения которого около 353 °К, температура вспышки равна:

$$T_{\text{всп.}} = 353 \cdot 0,736 = 260 \text{ °К или } -13 \text{ °С}$$

Это значение близко к справочному, равному —14 °С.

2. Температуру вспышки можно подсчитать по формуле Торнтона:

$$P_{\text{всп.}} = \frac{P_{\text{атм.}}}{1 + (N - 1) \cdot 4,76}$$

где $P_{\text{всп.}}$ — давление насыщенных паров, соответствующее температуре вспышки, мм рт. ст;

$P_{\text{атм.}}$ — атмосферное давление, мм рт. ст.;

N — число атомов кислорода, необходимое для сгорания 1 моль жидкости.

Например, при сгорании 1 моль бензола по уравнению:



$N=15$. Отсюда при $P_{\text{атм.}}=750$ мм рт. ст.

$$P_{\text{всп.}} = \frac{750}{1 + (15 - 1) \cdot 4,76} = 11 \text{ мм рт. ст.}$$

Этому давлению соответствует температура -12°C .

Концентрационные и температурные пределы воспламенения (взрываемости)

Для воспламенения смесей горючих газов и паров с воздухом (при отсутствии жидкой фазы) необходимы определенные количественные соотношения между ними, определяемые концентрационными пределами воспламенения.

Эти пределы выражаются в единицах объемной (объемн. %) и весовой (мг/л) концентраций.

Нижним и верхним концентрационными пределами воспламенения называется соответственно минимальная и максимальная концентрации газов и паров в смеси с воздухом (или кислородом), при которых возможно их горение.

Обычно справочные [9] значения по концентрационным пределам воспламенения (см. табл. 5) приводятся для нормальных условий (атмосферного давления и комнатной температуры). При повышении начальной температуры область воспламенения (расположенная между верхним и нижним пределами воспламенения) расширяется. Для количественного учета влияния начальной температуры следует пользоваться следующим правилом: при повышении температуры на каждые 100°C нижний предел воспламенения снижается на 10% от первоначальной величины, а верхний увеличивается на 15%.

Повышение давления в пределах 20—30 ат существенно не влияет на значения пределов воспламенения, в то время как при понижении давления область воспламенения значительно сокращается, причем при минимальном (критическом) давлении при данной температуре нижняя и верхняя границы области воспламенения смыкаются. При более низком давлении и любом составе смеси ее воспламенение невозможно.

Введение ряда веществ или замена одних компонентов другими заметно влияет на область воспламенения газовых смесей. В атмосфере кислорода эта область значительно расширяется. При этом нижний предел почти не изменяется, а верхний очень резко возрастает. Горючие добавки, наоборот, сужают область воспламенения в результате снижения верхнего предела.

На рис. 7 показана установка для ориентировочного определения концентрационных пределов воспламенения.

Во взрывной пипетке 1, из которой предварительно насосом 3 выкачан воздух, готовят смесь заданного состава. Давление контролируется манометром 4. Паровоздушную смесь готовят с по-

мощью воронки 2 и кранов 8 и 6. Индуктор 5 создает внутри пипетки искру, которая воспламеняет приготовленную смесь; при этом фиксируется взрыв или его отсутствие.

Во всех случаях при испытании вначале исследуется смесь, в которой концентрация газа ниже нижнего предела воспламенения. При отсутствии взрыва концентрацию газа увеличивают до тех пор, пока он не произойдет.

Для расчета концентрационных пределов воспламенения горючих веществ можно пользоваться следующими эмпирическими формулами:

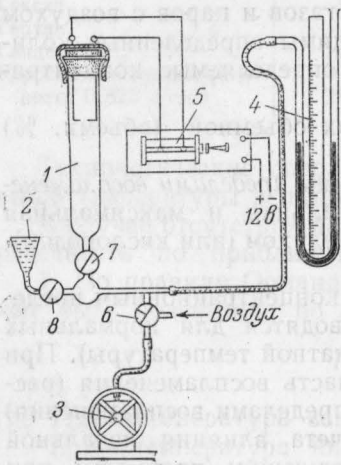


Рис. 7. Установка для определения концентрационных пределов воспламенения паровоздушных смесей:

1—взрывная пипетка; 2—воронка для приготовления испытуемой жидкости; 3—вакуум-насос; 4—ртутный манометр; 5—индуктор; 6, 7, 8—краны.

$$НП = \frac{100}{1 + (N - 1) \cdot 4,76} \text{ объемн. \%}$$

$$НП = \frac{M}{[(N - 1) \cdot 4,76] V_t} \text{ мг/л}$$

$$ВП = \frac{4 \cdot 100}{4 + 4,76N} \text{ объемн. \%}$$

$$ВП = \frac{4 \cdot 100}{4 + 4,76N} \text{ мг/л}$$

где НП—нижний концентрационный предел воспламенения;

ВП—верхний концентрационный предел воспламенения;

N—число атомов кислорода, необходимое для сгорания 1 моль горючего;

V_t —объем 1 моль газа при начальной температуре, л;

M—молекулярный вес горючего компонента смеси.

С увеличением молекулярного веса горючего компонента в пределах гомологических рядов снижаются как верхние, так и нижние концентрационные пределы воспламенения (рис. 8). При этом вследствие более быстрого падения кривой верхних пределов воспламенения область воспламенения сужается. При разветвлении структуры горючего компонента, с одной стороны, снижается температура вспышки вследствие увеличения упругости пара, а с другой стороны, повышаются нижние пределы воспламенения.

Например, при прочих равных условиях пропанол и изопропанол имеют соответственно следующие показатели: температура вспышки 20 и 8 °С; нижние пределы воспламенения 2,02 и 2,25%; верхние пределы 13,55 и 11,65%. Это объясняется уве-

личением термической стабильности веществ при разветвлении их молекулярной структуры.

Для сложной газо-паровоздушной смеси известного состава пределы воспламенения Π можно подсчитать по формуле Лешателье:

$$\Pi = \frac{100}{\frac{K_1}{\Pi_1} + \frac{K_2}{\Pi_2} + \dots + \frac{K_n}{\Pi_n}} \text{ объемн. \%}$$

где K_1, K_2, \dots, K_n — концентрации горючих компонентов в горючей части смеси, объемн. %; $K_1 + K_2 + \dots + K_n = 100\%$;

$\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_n$ — соответствующие пределы воспламенения чистых компонентов смеси, объемн. %.

При вычислении пределов воспламенения в единицах весовой концентрации в этой формуле K_1, K_2, \dots, K_n заменяют соответственно весовыми процентами горючих компонентов.

Пример. Необходимо определить, до какого значения снизится верхний предел воспламенения (ВП) смеси, состоящей из 60% водорода и 40% воздуха, если в нее ввести 5% пропана. $ВП_{H_2} = 74\%$ и $ВП_{C_3H_8} = 9,5\%$.

$$ВП = \frac{100}{\frac{\%H_2}{ВП_{H_2}} + \frac{\%C_3H_8}{ВП_{C_3H_8}}} = \frac{100}{\frac{92,3}{74,0} + \frac{7,7}{9,5}} = 48,5\%$$

где $\%H_2$ и $\%C_3H_8$ — концентрации горючих компонентов в смеси без учета не горючих компонентов; они равны:

$$\%H_2 = \frac{60 \cdot 100}{60 + 5} = 92,3$$

$$\%C_3H_8 = \frac{5 \cdot 100}{65} = 7,7$$

Взрываемость паров можно характеризовать либо концентрационными, либо (при наличии жидкостной фазы) температурными пределами воспламенения (взрываемости).

Нижним температурным пределом воспламенения называется самая низкая температура жидкости, при которой ее насыщенные пары с воздухом в замкнутом объеме образуют смесь, способную воспламениться при поднесении к ней импульса воспламенения.

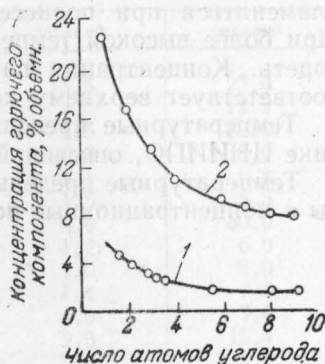


Рис. 8. Изменение концентрационных пределов воспламенения в ряду формиатов с увеличением числа атомов углерода:

1—нижний предел; 2—верхний предел.

Концентрация паров на нижнем температурном пределе соответствует нижнему концентрационному пределу.

Верхним температурным пределом воспламенения называется высшая температура жидкости, при которой ее насыщенные пары с воздухом в замкнутом объеме образуют смесь, способную воспламениться при поднесении к ней импульса воспламенения. При более высокой температуре образуется смесь, не способная гореть. Концентрация паров на верхнем температурном пределе соответствует верхнему концентрационному пределу.

Температурные пределы воспламенения определяют по методике ЦНИИПО, описанной в справочнике [9].

Температурные пределы воспламенения могут быть пересчитаны в концентрационные по следующим формулам:

$$НП = \frac{P_1 \cdot 100}{P_{атм.}}$$

$$ВП = \frac{P_2 \cdot 100}{P_{атм.}}$$

где НП и ВП—нижний и верхний концентрационные пределы, объемн. %;

P_1 и P_2 —давление насыщенных паров при температурах, соответствующих нижнему или верхнему температурному пределу, ат;

$P_{атм.}$ —атмосферное давление, ат.

Значения температурных пределов воспламенения для ряда веществ приведены в табл. 4, а концентрационных пределов— в табл. 5.

ТАБЛИЦА 4

Температурные пределы воспламенения жидкостей

| Жидкости | Температурные пределы воспламенения, °С | |
|---|---|---------|
| | нижний | верхний |
| Ацетон | —20 | +6 |
| Бензин Б-70 | —34 | —4 |
| Бензол | —14 | +12 |
| Диэтиловый эфир | —45 | +13 |
| Керосин осветительный (плотность 0,810 г/см³) | +45 | +86 |
| Керосин тракторный (плотность 0,814 г/см³) | +15 | +86 |
| Метиловый спирт | +7 | +40 |

Наиболее взрывоопасными являются жидкости с широкими пределами воспламенения (сероуглерод), а также с нижним пределом воспламенения менее 1% (бензол, толуол и др.) и темпера-

Концентрационные пределы воспламенения некоторых веществ при атмосферном давлении

| Вещества | Концентрационные пределы воспламенения, объемн. % | |
|--|---|---------|
| | нижний | верхний |
| Аммиак | 15,5 | 27,0 |
| Ацетилен | 2,6 | 12,2 |
| Ацетон | 1,5 | 82,0 |
| Бензин А-66 | 0,8 | 5,0 |
| Бензол | 1,1 | 6,8 |
| Бутан | 1,5 | 8,5 |
| Водород | 4,0 | 80,0 |
| Гексан | 1,2 | 6,0 |
| Гептан | 1,0 | 6,0 |
| Керосин тракторный (плотность 0,823 г/см³) | 1,4 | 7,5 |
| Ксилол | 1,0 | 7,6 |
| Метан | 2,5 | 15,4 |
| Пропан | 2,0 | 11,1 |
| Сероводород | 4,3 | 44,5 |
| Этан | 2,5 | 15,0 |
| Этиловый спирт (96%-ный) | 2,6 | 19,0 |

турой вспышки (нижним температурным пределом воспламенения) ниже +15 °С.

Понятие о пожарной опасности твердых веществ и материалов

Пожарная опасность твердых веществ и материалов характеризуется склонностью их к возгоранию и самовозгоранию.

Склонность веществ и материалов к возгоранию определяется: линейной скоростью распространения пламени по веществу или материалу (в см/сек);

массовой скоростью горения (в г/сек);

показателем горючести K .

Показатель горючести K выражается отношением:

$$K = \frac{q_{т.э.о}}{q_n}$$

где $q_{т.э.о}$ —тепловой эффект образца при специальных испытаниях, ккал;

q_n —тепловой импульс, ккал.

При $K \geq 2,1$ вещества характеризуются как сгораемые, при $K \leq 0,5$ —как трудносгораемые и при $K=0$ —как несгораемые; при $K=0,5 \div 2,1$ —как трудновоспламеняемые, для воспламенения которых требуется импульс повышенной мощности.

Кроме того, пожарная опасность твердых веществ и материалов характеризуется температурами самонагрева, воспламенения и самовоспламенения.

Методы определения всех перечисленных показателей описаны в справочнике [39].

Склонностью веществ к самовозгоранию называют способность этих веществ загораться при воздействии на них импульсов воспламенения с температурой ниже температуры самовоспламенения.

В зависимости от характера первоначального импульса самовозгорание может быть *тепловое, химическое и микробиологическое*.

Под тепловым понимается самовозгорание, связанное с нагревом вещества или материала при температурах ниже температуры самовоспламенения. Примером может служить самовозгорание теплоизоляции из древесных опилок или строительного войлока при умеренном длительном нагреве (при температурах 100—110 °C).

Первоначальным импульсом химического самовозгорания служит непосредственное взаимодействие исходного вещества с кислородом воздуха, сопровождающееся самонагреванием. Типичным примером этого вида самовозгорания является самовозгорание промасленных тряпок.

Сущность химического самовозгорания заключается в окислении ненасыщенных соединений.

Микробиологическому самовозгоранию подвержены вещества, являющиеся питательной средой для жизнедеятельности микроорганизмов, сопровождаемой экзотермическим эффектом, образованием легко окисляющихся продуктов и пирогенных соединений. К таким веществам относятся многие растительные материалы. Примером этого вида самовозгорания является самовозгорание фрезерного торфа, увлажненного сена, опилок и т. п.

Следует отметить, что указанное подразделение является условным, поскольку на различных стадиях процессов самовозгорания перечисленные условия могут проявляться одновременно.

Свойства и классификация самовозгорающихся веществ

Все подверженные самовозгоранию вещества делятся на следующие группы:

- 1) продукты растительного происхождения;
- 2) ископаемые угли;
- 3) масла и жиры;
- 4) химические вещества и смеси.

Продукты растительного происхождения. Самонагревание веществ с небольшой влажностью, например торфа, сена, древесины, опилок, возможно при наличии в них живых клеток, участвующих в процессе дыхания. Их жизнедеятельность вызывает

повышение температуры в массе продукта. При достижении 40—50 °C часть клеток гибнет и в дальнейшем температура повышается до 70—75 °C в результате дыхания оставшихся клеток. Наступающее разложение растительных продуктов приводит к образованию угля.

Дальнейшее выделение тепла, приводящее к горению, объясняется адсорбцией паров и газов на поверхности угля.

Из различных сортов торфа наиболее склонен к самонагреванию и последующему самовозгоранию фрезерный торф.

Самонагревание начинается при температуре ниже 60 °C и продолжается в результате окисления гуминовых кислот и лигнина. Затем при 120—140 °C происходит обугливание вещества и в дальнейшем его самовозгорание.

Ископаемые угли—бурый и каменный (кроме марки Т) содержат гуминовые кислоты, битум и другие органические вещества, способные окисляться на воздухе при нормальных условиях в толще угля. Процесс окисления интенсифицируется при достижении 60 °C и может привести к самовозгоранию угля.

Молодые угли содержат неопредельные углеводородные соединения, а некоторые мягкие угли— FeS_2 (пирит). Эти соединения легко окисляются кислородом воздуха, который хорошо адсорбируется молодыми углями. Этим объясняется повышенная склонность молодых углей к самовозгоранию.

Масла и жиры. При определенных условиях растительные масла и животные жиры способны самовозгораться. Растительные масла самовозгораются, если они в количестве не менее 3—5% нанесены на развитую поверхность волокнистых или измельченных материалов, обладающих малой теплопроводностью. В таких условиях протекает окисление масла кислородом воздуха, обычно сопровождающееся процессом полимеризации. Накопление тепла, выделяемого в больших количествах, приводит к воспламенению масла или пропитанного им материала.

Растительные масла содержат в своем составе значительное количество глицеридов неопредельных кислот: олеиновой $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$; линолевой $\text{C}_{17}\text{H}_{31}\text{COOH}$; линоленовой— $\text{C}_{17}\text{H}_{29}\text{COOH}$ и др. Процесс самовозгорания этих масел протекает более интенсивно, чем животных жиров.

Скорость самовозгорания зависит от сорта масла, степени промасленности материала и его свойств, наличия в материале и в масле влаги; от доступа воздуха к маслу, состава воздуха, температуры окружающей среды, от давления, которое действует на материал; наличия и свойства катализатора, теплоотдачи и других условий. При благоприятных условиях процесс самонагревания промасленных материалов может начаться при 10—15 °C и привести к горению через 3—4 ч. Если материал, на котором масло или жир распределены тонким слоем, при большой поверхности контакта с воздухом имеет малую теплопровод-

ность, то процесс протекает весьма энергично и может привести к самовозгоранию за более короткое время.

Принято считать, что самовозгоранию подвержены масла и жиры с иодным числом выше 80.

Химические продукты и смеси. Вещества, относимые к этой группе, делятся на четыре подгруппы.

а. Вещества, воспламеняющиеся при соприкосновении с воздухом. К этой группе относятся все *пирофорные* соединения, т. е. вещества, столь интенсивно окисляющиеся на воздухе, что их самовозгорание (самовоспламенение) происходит при обычных температурах.

К числу таких соединений относятся, например, сульфиды металлов. Так, при хранении и транспортировке сернистых нефтей в емкостях (и трубопроводах) возможно образование сульфида железа. При соприкосновении с воздухом свежееобразованное сернистое железо, как правило, самовозгорается. При наличии в емкости паров нефтепродуктов в результате проявления пирофорности может произойти взрыв. Подобные явления имеют место на практике.

Склонностью к окислению воздухом и самовозгоранию обладают также сульфиды калия K_2S и кальция CaS , сернистые барий BaS , натрий Na_2S и другие сульфиды, которые при хранении во влажном воздухе саморазогреваются.

Органические соединения, содержащие мышьяк, сурьму, фосфор и аммиакаты щелочноземельных металлов $Ca(NH_3)_6$, $Sr(NH_3)_6$, $Ba(NH_3)_6$, также самовозгораются в присутствии воздуха.

Алюминий и цинк, безопасные в виде цельных кусков, самовозгораются на воздухе при измельчении их в порошок или пудру. Способность алюминиевой пудры окисляться до самовозгорания значительно возрастает во влажном воздухе. В определенном соотношении с воздухом пудра образует взрывчатую смесь. К окислению и самовозгоранию склонны пыли и других металлов.

Свежеприготовленная или подмоченная сажа при хранении может самовозгораться.

В последнее время в химической и нефтехимической промышленности широко применяются металлоорганические соединения. Большинство из них обладает пирофорными свойствами. Особенно ярко выражены эти свойства у алюминийорганических соединений (триэтилалюминий, триизобутилалюминий и др.), применяющихся в качестве катализаторов при производстве синтетических каучуков, спиртов, многих полимерных материалов.

Высокой склонностью к самовозгоранию на воздухе обладают также кремнийорганические соединения, гидриды металлов и т. д.

б. Вещества, воспламеняющиеся при соприкосновении с водой. При взаимодействии щелочных металлов, карбида кальция, гидратов щелочных и щелочно-

земельных металлов, гидросульфида натрия, силанов, фосфористых кальция и натрия и ряда других соединений с водой образуются газы.

Эти газы самовоспламеняются за счет тепла реакции.

Щелочные металлы энергично соединяются с водой с разбрызгиванием расплавленного металла и образованием водорода, самовоспламеняющегося от разогревшихся (плавающих) частиц металла.

в. Окислители, вызывающие воспламенение смешанных с ними органических веществ. К подобным газообразным окислителям относятся кислород, хлор, фтор, пары брома, окислы азота. В сжатом кислороде самовоспламеняются масла и другие огнеопасные вещества. Ацетилен, водород, метан, этилен, многие другие органические вещества и металлы при взаимодействии с галоидами самовозгораются. Соединения CCl_4 и CBr_4 при температуре 65—70 °C реагируют со щелочами и металлами со взрывом.

Сильным окислителем является азотная кислота. При соприкосновении с дымящей азотной кислотой самовозгораются скипидар, этиловый спирт и другие органические вещества.

Твердые окислители—перекиси натрия, бария, марганцевокислый калий, хромовый ангидрид, хлораты, перхлораты, селитры вызывают самовозгорание спиртов, ацетона, глицерина и других смешивающихся с водой легковоспламеняющихся жидкостей.

г. Нестойкие вещества, разлагающиеся в процессе хранения с течением времени или под действием импульсов воспламенения. К этой группе относятся вещества, разложение которых сопровождается выделением тепла, приводящим к пожару или взрыву.

Примером может служить ферросилиций, разлагающийся в присутствии влаги с образованием самовоспламеняющегося на воздухе фосфина (PH_3).

Склонность вещества к самовозгоранию определяется условиями аккумуляции тепла, выделяемого в процессе его самонагревания. Благоприятные условия аккумуляции этого тепла определяются массой (или толщиной слоя) греющегося материала и продолжительностью процесса.

Характерной внешней особенностью процессов самовозгорания является большая их продолжительность (от нескольких часов до нескольких месяцев).

В результате исследований, проводившихся в ЦНИИПО [39] для количественного учета критических условий аккумуляции тепла, необходимых для самовозгорания веществ и материалов, предложены следующие формулы:

$$\lg t = a - n \lg x$$

$$\lg t = b - k \lg \tau$$

где t —температура окружающей среды, при которой происходит самовозгорание, °С;

x —толщина нагреваемого вещества или материала, см;

τ —продолжительность самонагревания, ч;

a, b, n, k —константы, характеризующие отдельные вещества и материалы.

Численные значения этих констант, а также данные по склонности к возгоранию, условиям хранения, транспортировке и т. д. приведены в справочнике [39].

Чтобы предупредить самовозгорание веществ, необходимо не допускать аккумуляции тепла. Для этого рекомендуется хранить материалы в небольших количествах и в наиболее компактном виде, вентилировать хранящиеся материалы и т. п.

Свойства и классификация пылей

Пыль горючих веществ, осевшая на оборудование, аппаратуру и стены зданий, способна тлеть и гореть. Во взвешенном состоянии пыль имеет сильно развитую поверхность, низкую температуру самовоспламенения, обладает большой химической активностью и образует с воздухом взрывоопасную смесь.

Взрывоопасность взвешенной пыли зависит от ее дисперсности, влажности, содержания летучих веществ и золы, мощности импульса воспламенения и других факторов.

В табл. 6 приведены свойства пылей.

ТАБЛИЦА 6

Свойства пылей

| Состав пылей | Вода % | Зола % | Температура самовоспламенения °С | Нижний концентрационный предел воспламенения г/м ³ | Давление при взрыве кг/см ² |
|------------------------|-----------|-----------|-------------------------------------|--|---|
| Алюминий | 0,27 | — | 925 | 58,0 | 0,950 |
| Канифоль | — | 0,05 | 900 | 5,0 | — |
| Сажа газовая | — | 0,55 | — | 20,0 | — |
| Сера | 0,05 | 0,36 | 280 | 2,3 | 0,725 |
| Цинк | — | — | 450 | 800,0 | — |
| Эбонит | — | — | 980 | 7,6 | — |

Взвешенная пыль тем опаснее, чем ниже ее нижний концентрационный предел воспламенения.

По вероятности воспламенения и взрыва в производственных помещениях взвешенные пыли делятся на две группы:

взрывоопасные, характеризующиеся нижним концентрационным пределом воспламенения;

пожароопасные, характеризующиеся температурой самовоспламенения.

Каждая из этих групп в свою очередь делится на два класса: взрывоопасные делятся на пыли с нижним концентрационным пределом воспламенения до 15 г/м^3 (эбонит, сера, пек и др.) и на пыли с нижним пределом воспламенения $16\text{—}55 \text{ г/м}^3$ (пыль древесной муки, торфа и др.);

пожароопасные делятся на пыли с температурой самовоспламенения до 250°C (пыли ретортного и древесного угля и др.) и пыли с температурой самовоспламенения выше 250°C (пыли древесных опилок и углей с зольностью до 32 до 36%).

Данная классификация неприменима для оборудования.

При взрыве пылевоздушной смеси давление не превышает $4\text{—}6 \text{ кг/см}^2$.

При содержании в пыли свыше 60% минеральных примесей она становится негорючей.

Связь свойств, характеризующих огнеопасность вещества, с его структурой

Физико-химическими показателями, характеризующими огнеопасность веществ, являются: строение и состав вещества, плотность, вязкость, температура плавления, давление насыщенных паров, скорость испарения и температура кипения, теплота сгорания, скорость разложения на свету, растворимость в воде, температура самовоспламенения, воспламенения, вспышки, горения, самовозгорания, электровозбудимость и т. д.

Горючие вещества при нагревании претерпевают различные превращения. Их характер в основном зависит от агрегатного состояния вещества и его химического состава.

Наиболее теплоустойчивыми из углеводородов являются ароматические соединения строения $\text{C}_n\text{H}_{2n-6}$, затем олефины C_nH_{2n} и, наконец, парафины $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$. Теплоустойчивость углеводородов в каждом гомологическом ряду уменьшается от низшего гомолога к высшему. Например, наибольшей теплоустойчивостью из парафинов обладает метан CH_4 , а значительно меньшей—декан $\text{C}_{10}\text{H}_{22}$.

Разложение кислородсодержащих органических соединений происходит при температурах более низких, чем температуры разложения углеводородов с тем же числом углеродных атомов. Особенно это относится к высокомолекулярным соединениям, входящим в состав древесины, торфа, каменного угля.

Непредельные углеводороды наиболее склонны к окислению. Процесс их окисления протекает при более низких температурах, чем предельных. Углеводороды изостроения окисляются труднее, чем углеводороды нормального строения. Окисление ароматических углеводородов происходит при более высоких температурах, чем предельных и непредельных, содержащих то же число углеродных атомов. Ароматические углеводороды с боковой цепью окисляются при более низкой температуре.

На горючие вещества одного и того же гомологического ряда, например предельные и ароматические углеводороды, спирты жирного ряда и т. п., распространяются некоторые закономерности в отношении температуры самовоспламенения. Первый член каждого гомологического ряда имеет температуру самовоспламенения более высокую, чем остальные. Предельные углеводороды имеют более высокую температуру самовоспламенения, чем соответствующие им непредельные. Температура самовоспламенения веществ нормального строения ниже температуры самовоспламенения их изомеров. Температура самовоспламенения низших углеводородов бензольного ряда выше, чем углеводородов жирного ряда с тем же количеством углеродных атомов. Температура самовоспламенения углеводородов выше, чем соответствующих им спиртов и альдегидов.

Температура самовоспламенения большинства твердых горючих веществ, способных при нагревании плавиться и испаряться, зависит от тех же факторов, которые определяют температуру самовоспламенения жидкостей (состав и количество продуктов разложения, наличие катализатора и т. д.). Температура самовоспламенения твердых веществ тем ниже, чем больше выделяется летучих продуктов при их нагревании.

Температура вспышки жидкостей одного гомологического ряда повышается от первого члена ряда к последующему с увеличением молекулярного веса и плотности, температуры кипения, с понижением упругости пара жидкостей (табл. 7).

ТАБЛИЦА 7

Зависимость между плотностью, давлением насыщенных паров и температурой вспышки для некоторых жидкостей

| Нефтепродукты | Фракции, °С | Плотность г/см ³ | Упругость паров при 50 мм рт.ст. | Температура вспышки °С |
|-------------------|-------------|--------------------------------|--|------------------------------|
| Грозненская нефть | 110—120 | 0,738 | 80 | —11 |
| | 120—130 | 0,748 | 60 | —4 |
| | 130—140 | 0,753 | 50 | +3,5 |
| | 140—150 | 0,763 | 40 | +10 |
| Лигроин | до 120 | 0,743 | 42 | —4 |
| | 120—130 | 0,753 | 39 | +10,5 |
| | 130—138 | 0,760 | 36 | +17,5 |

Однако температура вспышки смесей не подчиняется обычным законам смешения—она ниже средних арифметических значений примерно на 1—11 °С. Температура вспышки смесей полностью растворимых жидкостей, так же как и их температура кипения, изменяется в зависимости от их состава (кривые изменения температур вспышки и кипения смесей в зависимости от их состава

идентичны). Поэтому по кривой температуры кипения можно оценивать характер изменения температуры вспышки смесей.

Следовательно, на объектах всегда необходимо дополнительно уточнять строение и состав огнеопасных веществ.

Связь свойств, характеризующих огнеопасность жидкостей, со скоростью их испарения и давлением насыщенных паров

Огнеопасность жидкостей, а следовательно, и пожарная опасность производств, на которых их получают, перерабатывают, хранят или применяют, в значительной степени зависят от скорости их испарения.

При испарении горючих жидкостей над их поверхностью образуются смеси горючих паров с воздухом.

При испарении, например, нефтепродуктов в большей степени испаряются низкокипящие углеводороды и в меньшей степени — высококипящие.

Скорость испарения зависит от температуры кипения веществ. Наибольшей испаряемостью обладают жидкости с низкими температурами кипения. От скорости испарения зависят температура вспышки и время образования огнеопасных смесей.

Для оценки степени огнеопасности жидкости необходимо также знать давление ее насыщенного пара при различных температурах, так как оно определяет скорость ее испарения. Жидкость с высоким давлением насыщенных паров имеет большую скорость испарения, и наоборот.

Давление насыщенных паров нефтепродуктов изменяется в зависимости не только от температуры, но и от соотношения паровой и жидкой фаз. Это происходит потому, что при испарении меняется концентрация различных углеводородов в жидкой фазе. Например, при температуре 50 °С и при соотношении объемов жидкой и паровой фаз 1 : 1 давление насыщенных паров бензина равно 284 мм рт. ст., а при той же температуре, но при соотношении 1 : 100 оно снижается до 199 мм рт. ст.

По стандартному методу упругость паров нефтепродуктов определяют при соотношении объемов жидкой и паровой фаз 1 : 4.

Упругость пара жидкости дает возможность рассчитывать концентрацию паров внутри и вне сосудов (в помещениях), определять температуру вспышки и пределы взрываемости.

Минимальное количество жидкости, при испарении которой весь сосуд заполняется насыщенными парами, определяют следующим образом. Зная давление насыщенных паров при рабочей температуре жидкости, можно определить объемную концентрацию паров $C_{об.}$ по формуле:

$$C_{об.} = \frac{P_s \cdot 100}{P_{раб.}} \text{ объемн. \%}$$

где P_s —давление насыщенных паров, мм рт. ст.;

$P_{\text{раб.}}$ —давление в сосуде, мм рт. ст.

Объемную концентрацию паров можно перевести в весовую.

$$C_{\text{вес.}} = \frac{C_{\text{об.}} M}{100 V_t} \text{ г/л} = \frac{10 C_{\text{об.}} M}{V_t} \text{ г/м}^3$$

где M —молекулярный вес паров;

V_t —объем 1 моль пара при температуре жидкости, равный

$$V_t = \frac{22,4 (t + 273)}{273} \cdot \frac{760}{P_{\text{раб.}}} \text{ л}$$

Зная весовую концентрацию паров и объем сосуда, найдем количество испарившейся жидкости G :

$$G = C_{\text{вес.}} v \text{ г}$$

где v —объем сосуда, м^3 .

Чтобы определить минимальное количество жидкости G , которая при испарении может образовать взрывоопасную концентрацию в данном объеме v , достаточно знать величину нижнего предела взрываемости паров (г/м^3) и объем сосуда, тогда:

$$G = C_{\text{н.п.в.}} v \text{ г}$$

где $C_{\text{н.п.в.}}$ —нижний предел взрываемости, г/м^3 .

Данные по давлению насыщенных паров некоторых легковоспламеняющихся жидкостей приведены в табл. 8.

ТАБЛИЦА 8

Давление насыщенных паров некоторых легковоспламеняющихся жидкостей [33]

| Вещества | Давление насыщенных паров, (мм рт.ст.) при температуре, °C | | | |
|-------------------------|--|------|------|-----|
| | 10 | 20 | 50 | 100 |
| Ацетон | 120 | 190 | 700 | — |
| Изоамиловый спирт . . . | 1 | — | 14,3 | 210 |
| Изобутиловый спирт . . | 4,8 | 9,7 | 58 | 580 |
| Метиловый спирт | 54 | 95 | 400 | — |
| Пиридин | 8,5 | 16,7 | 77 | 480 |
| Тиофен | 38 | 60 | 240 | — |
| Уксусная кислота . . . | 7,0 | 12,0 | 58,0 | 400 |
| Уксусный ангидрид . . . | — | 4,7 | 22 | 200 |
| Этилацетат | 42 | 87 | 300 | — |

Итак, скорость испарения горючих жидкостей зависит от температуры жидкости, давления, скорости движения воздуха, формы сосуда, площади поверхности и других факторов.

Давление насыщенных паров смеси нерастворимых жидкостей зависит не от состава ее, а лишь от давления насыщенных паров компонентов.

Следует указать на некоторые физические свойства сжиженных газов. При нормальном атмосферном давлении они кипят при низких температурах. Например, технические бутан-бутиленовые фракции кипят в интервале от -10 до $+0,6$ °С, пропан кипит при -44 °С. Поэтому даже относительно небольшое повышение температуры в емкостях, в которых хранятся или транспортируются сжиженные газы, вызывает заметное повышение давления. Например, давление в емкости с жидким пропаном при температуре 20 °С равно $8,5$ ат, а при 30 °С оно повышается до 11 ат.

Сжиженные газы имеют высокие значения коэффициентов объемного расширения. При одном и том же повышении температуры пропан, например, расширяется в 16 раз больше, чем вода. При отсутствии паровой подушки в емкости со сжиженными газами они, расширяясь, могут деформировать или разрушить емкость.

Зная температуру сжиженного газа, по табл. 9 можно определить расчетное давление для емкости.

ТАБЛИЦА 9

Давление насыщенных паров углеводородов при различных температурах

| Углеводороды | Давление (в ат) при температуре, °С | | | | | | |
|--------------------|-------------------------------------|------|------|------|-----|------|------|
| | -30 | -20 | -10 | 0 | +10 | +20 | +30 |
| н-Бутан | 0,28 | 0,45 | 0,68 | 0,96 | 1,5 | 2,1 | 2,9 |
| Бутилен | 0,27 | 0,41 | 0,64 | 0,92 | 1,4 | 2,0 | 3,1 |
| Изобутан | 0,44 | 0,69 | 1,02 | 1,60 | 2,3 | 3,2 | 4,2 |
| Пропан | 1,8 | 2,7 | 3,7 | 4,8 | 6,4 | 8,5 | 11,0 |
| Пропилен | 2,0 | 3,0 | 4,1 | 5,8 | 7,6 | 10,3 | 13,3 |

Для предупреждения деформации сосуда, в котором хранится сжиженный газ, количество газа не должно превышать 85% от объема сосуда.

4. ИМПУЛЬСЫ ВОСПЛАМЕНЕНИЯ

Сообщая горючей смеси определенное количество энергии в виде импульса, можно добиться ее загорания. Этот импульс необходим для того, чтобы вызвать начало экзотермического окислительного процесса, приводящего к горению.

Импульс воспламенения образуется при переходе механической, электрической или химической энергии в тепло, а также в результате электрических разрядов.

В зависимости от характера процессов, способствующих образованию тепла, импульсы делятся на *тепловые, химические и микробиологические*.

Основными источниками теплового импульса воспламенения являются: открытое пламя, искры от несгоревших частиц топлива, электрическая искра или дуга, возникающие при ударе и трении, нагретые поверхности.

Пламя в топках печей и котлов, паяльных лампах, газовых горелках является импульсом воспламенения всех горючих смесей.

Искры, возникающие при неполном сгорании топлива, также могут вызвать воспламенение горючих смесей.

Импульсы, возникающие при переходе механической энергии в тепловую

Тепловые импульсы, возникающие при переходе механической энергии в тепловую, являются результатом отсутствия или недостаточной смазки движущихся частей машин и механизмов, а также трения и ударов искрящихся металлических и других поверхностей.

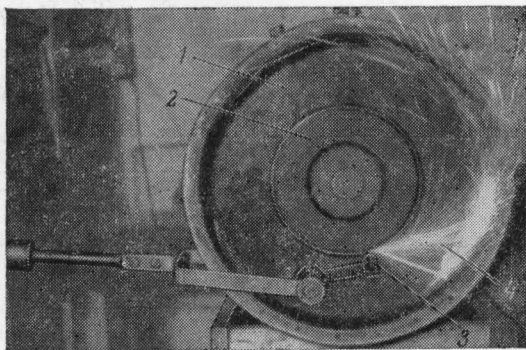


Рис. 9. Взрывная камера (крышка снята):

1—взрывная камера; 2—вращающийся диск; 3—испытуемый образец; 4—искры.

Исследования, проведенные на кафедре техники безопасности и противопожарной техники института нефти и химии им. М. А. Азизбекова, показали, что искры, получающиеся при трении или соударении испытуемого образца с вращающимся диском во взрывной камере (рис. 9), обладают меньшей энергией, чем электрические, но все же могут служить импульсами воспламенения. Искры, возникающие при трении стали о сталь и наждачного стержня о стальной диск, не воспламеняют воздушные смеси

паров бензина, нефтяного газа, этилового эфира, метана, гексана, но легко воспламеняют водород, ацетилен, окись углерода, сероводород. Искры, образующиеся при ударе, более опасны, чем искры, образующиеся при трении.

Размер искры, ее температура, время соприкосновения с огнеопасной смесью определяют индукционный период воспламенения этой смеси. Например, искра, обладающая температурой около 700°C , должна просуществовать более $1,5 \text{ сек}$ для воспламенения метано-воздушной смеси, в то время как более крупная искра, имеющая температуру около 800°C , поджигает эту же смесь при продолжительности действия менее 1 сек . Как при трении, так и при ударе, кроме образования искр, происходит нагрев взаимодействующих тел, что может также явиться импульсом воспламенения.

Величина силы трения зависит и от природы трущихся поверхностей, их состояния (шероховатости, загрязнения), размеров поверхности, давления и температуры. Все эти факторы учитываются коэффициентом трения f .

Зная величину коэффициента трения, нагрузку N (в кГ) и величину относительного перемещения l (в м), можно найти работу силы трения A по формуле:

$$A = P_{\text{тр.}} \cdot l = f N l \text{ кГ} \cdot \text{м}$$

где $P_{\text{тр.}}$ —сила трения, кГ .

Количество тепла, выделяющегося при трении (за исключением незначительного количества, расходуемого на износ поверхностей), можно определить по формуле:

$$Q = \frac{A}{427} = \frac{f N l}{427} \text{ ккал}$$

где 427—механический эквивалент теплоты, $\text{кГ} \cdot \text{м} / \text{ккал}$.

При длительном буксовании приводных ремней и транспортных лент относительно шкива и при механической обработке (резании, шлифовке) твердых материалов возникают значительные перегревы, что может привести к воспламенению горючих материалов. Перегревы могут возникнуть также в подшипниках.

Температуру поверхности подшипника (при недостаточном его охлаждении) можно приблизительно определить по формуле

$$t_{\text{п}} = \frac{q_{\text{тр.}} + \alpha t_{\text{в}}}{\alpha}$$

где $t_{\text{п}}$ —температура поверхности подшипника, $^{\circ}\text{C}$;

$q_{\text{тр.}}$ —количество тепла, выделяющегося при работе подшипника, $\text{ккал} / \text{м}^2 \cdot \text{ч}$;

α —коэффициент теплоотдачи от поверхности подшипника воздуху, $\text{ккал} / (\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град})$;

t_v —температура окружающего воздуха, °С.

Количество тепла $q_{тр.}$, выделяющегося при работе подшипника в 1 ч, отнесенное к 1 м² его наружной поверхности, можно найти по формуле:

$$q_{тр.} = 0,14 \frac{fNd n}{d_n l_n} \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ч}$$

где f —коэффициент трения;

N —нагрузка на подшипник, кг;

d —диаметр вала (цапфы), м;

n —скорость вращения вала, об/мин;

d_n и l_n —соответственно наружный диаметр и длина подшипника, м.

Коэффициент теплоотдачи α определяют расчетным путем или находят по таблицам. Он зависит от величины искомой температуры t_n .

При расчете задаются примерным значением этой температуры, а затем сравнивают вычисленное значение с заданным. Расхождение не должно превышать 5%.

Переход механической энергии в тепловую происходит также при сжатии газов и изменении формы пластических материалов. При этом нагревается сжимаемое вещество, а также конструктивные элементы компрессоров и прессов. При прессовании нитроклетчатки может произойти ее разложение, если имеются воздушные включения в сжимаемой массе или зазоры между цилиндром и поршнем.

Наиболее опасным в пожарном отношении является процесс адиабатического сжатия горючих газов и воздуха. Выделяющееся при этом тепло нагревает сжимаемый газ.

Температуру газа после адиабатического сжатия T_2 определяют по формуле:

$$T_2 = T_1 \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \text{ } ^\circ\text{K}$$

где T_1 —температура газа до сжатия, °K;

P_1 и P_2 —начальное и конечное давление газа, кг/см²;

k —показатель адиабаты, представляющий собой отношение теплоемкости при постоянном давлении к теплоемкости при постоянном объеме.

Импульсы, возникающие при переходе электрической энергии в тепловую

Электрическая энергия, перешедшая в тепловую, может явиться импульсом воспламенения в случаях перегрузки, короткого замыкания, больших переходных сопротивлений, проявления токов Фуко.

Под *перегрузкой* понимается явление, происходящее в машинах, приборах и проводах при прохождении через них электрического тока, сила которого превышает величину, допускаемую нормами. Количество тепла, выделяющегося при прохождении тока по проводнику, не должно превышать количества тепла, которое теряется в результате теплоотдачи в окружающую среду. При постоянной силе тока температура проводника также постоянна; при увеличении силы тока количество выделившегося тепла может превысить потери тепла, и проводник начнет нагреваться. Теплоотдача пропорциональна разности температур проводника и окружающей среды. Это справедливо для проводников, нагреваемых до сравнительно невысоких температур и для которых наибольшее значение имеют теплопроводность изоляционных материалов и условия теплоотдачи в окружающую среду. Максимальная температура нагреваемого проводника t при этом может быть определена по формуле:

$$t = \frac{I^2 \rho}{S \gamma K} \text{ } ^\circ\text{C}$$

где I —сила тока, а;

ρ —удельное электрическое сопротивление провода, $\text{ом} \cdot \text{см}$;

S —площадь поперечного сечения провода, мм^2 ;

γ —периметр сечения провода, мм ;

K —коэффициент теплопередачи, $\text{ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град})$.

Допускаемая сила тока для резиновой изоляции согласно электротехническим правилам установлена с таким расчетом, чтобы проводник при длительной работе нагревался до температуры не выше 55°C . Если, например, по проводу сечением 16 мм^2 течет ток, сила которого превышает допускаемые нормы для данного проводника, то при этом увеличивается и тепловая энергия, выделяемая проводом.

Провод при этом сильно нагревается и изоляционная оболочка может воспламениться.

Максимально допустимая температура нагрева хлопчатобумажной изоляции в воздухе 95°C , изоляции из асбеста или слюды 115°C .

При *коротком замыкании* сопротивление сети резко уменьшается и, следовательно (согласно закону Ома), значительно возрастает сила тока. Количество тепла, выделяемого проводником, возрастает в несколько десятков раз (по закону Джоуля—Ленца).

Сила тока, необходимая для воспламенения огнеопасных смесей, зависит от состава этих смесей.

Большие переходные сопротивления создаются при плохом контакте между звеньями электрической цепи. При этом в местах плохого контакта выделяется большое количество тепла, которое приводит к воспламенению изоляции и расположенных вблизи горючих веществ и материалов.

Индуктивные токи Фуко возникают в сердечниках трансформаторов, якорях машин и нагревают их. Повышение температуры может вызвать воспламенение изоляции.

Импульсы, возникающие при электрических разрядах

Электрические разряды (электрическая искра, электрическая дуга) могут быть результатом проявлений статического и атмосферного электричества и блуждающих токов.

Искра возникает в момент замыкания или размыкания электрической сети, в момент замыкания ее через воздух или землю. Искра представляет собой концентрированный заряд энергии с температурой, значительно превышающей температуру воспламенения горючих веществ.

Электрическая дуга представляет собой открытое пламя с весьма высокой температурой, достигающей до 3000 °С.

Статическое электричество возникает в результате ударов, нарушения контактов или трения диэлектриков о проводники или между собой. Образование и накопление электростатических зарядов на поверхности диэлектриков приводит к тому, что эти поверхности становятся как бы пластинами конденсатора. Величину напряжения между диэлектриками U можно определить по формуле:

$$U = \frac{Q}{C} \text{ в}$$

где Q —электрический заряд на одной из пластин, κ ;
 C —емкость конденсатора, ϕ .

Переход возникающих зарядов с одной пластины конденсатора на другую под действием электрического притяжения сопровождается электрической искрой.

Энергию искры, проходящей между пластинами конденсатора под действием высокого напряжения E , можно определить по формуле:

$$E = 0,5 CU^2 \text{ вт/сек}$$

где C —емкость конденсатора, ϕ ;
 U —напряжение между пластинами, в .

Чтобы определить степень взрывоопасности процесса при воздействии статического электричества, нужно знать степень электризации веществ, емкость незаземленных конденсаторов и минимальную конденсаторную энергию, необходимую для воспламенения веществ. При зарядах в 300 в могут образоваться искры, способные воспламенить бензол, при 1000 в —бензин, при 3000 в —большинство огнеопасных газов, при 5000 в —почти все горючие

газы. При движении частей некоторых машин, при трении резиновых и особенно плоских кожаных ремней величина потенциала может достигнуть больших величин (30—60 кВ).

Зависимость электрического потенциала, возникающего при трении кожаного ремня о металлический диск, от скорости вращения ремня приведена на рис. 10.

Так как накопление зарядов статического электричества и предотвращение этого явления зависят от очень многих переменных факторов, то необходимо прежде всего не допускать образования взрывоопасных смесей в местах возникновения статического электричества.

Особо следует оговориться о таких процессах, как перекачка нефтепродуктов по трубопроводам, налив емкостей, компаундирование, адсорбция, осушка в подвижном слое, пневмосушка и др. При этих процессах возникают весьма благоприятные условия для образования статического электричества. При движении и наливе огнеопасных жидкостей, являющихся диэлектриками, например при перекачке по трубопроводу, возникает электрический ток I силой, равной:

$$I = 0,305 T k v^{1,75} (1 - e^{-\frac{L}{Tv}}) a$$

где T —постоянная времени для продукта, представляющая собой произведение удельного сопротивления и диэлектрической проницаемости;

k —коэффициент, зависящий от диаметра трубы и условий на границе раздела продукт—труба;

v —средняя скорость, м/сек;

L —длина трубы, м.

Сила тока зависит от скорости движения продукта, шероховатости стенок, длины трубопровода и др.

Отверстие, через которое выбрасывается струя газа (пара), приобретает заряд противоположного знака по отношению к знаку заряда струи. Возникновению больших потенциалов способствует наличие пыли и капель в газе, выходящем через узкое отверстие под большим давлением. Возникающая при этом разность потенциалов приводит к появлению импульса воспламенения. Известны такие случаи воспламенения, которые приводят к взрыву, например при выпуске сжатых горючих газов (водорода) из баллонов.



Рис. 10. Изменение электрического потенциала кожаного плоского ремня в зависимости от скорости его вращения.

Минимальные значения энергии, необходимой для воспламенения веществ, приведены в табл. 10.

ТАБЛИЦА 10

Минимальная энергия, необходимая для воспламенения веществ в воздухе

| Вещества | Минимальная энергия, мдж* | Вещества | Минимальная энергия, мдж* |
|---------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|
| Сероуглерод | 0,15 | Бензол | 0,52 |
| Ксилол | 0,4 | Бутиловый спирт | 0,6 |
| Толуол | 0,4—0,5 | Ацетон | 0,6 |
| Этиловый спирт | 0,45 | Бутилацетат | 0,75 |
| Бензин | 0,5 | Метан | 1,1 |
| Метиловый спирт | 0,5 | Пентан | 2,3 |
| Этилацетат | 0,5 | Петролейный эфир | 2,3 |

* Данные относятся к стехиометрическим концентрациям.

Плотность электростатических зарядов σ связана с напряженностью электрического поля следующим уравнением:

$$\sigma = E\xi \text{ к/см}^2$$

где E —напряженность электростатического поля, в/см;

ξ —диэлектрическая постоянная воздуха, в системе единиц

$$\text{МКСА } \xi = 8,85 \cdot 10^{-14} \text{ ф/ом}$$

Атмосферное электричество представляет опасность в виде разрядов молнии. При грозе электрическое состояние атмосферы резко меняется. В вершине образующихся мощнокучевых облаков возникает смесь водяных капелек, ледяных кристаллов и переохлажденных частиц воды (до -40°C). При возникновении и росте облачных частиц, а также в результате их взаимодействия происходит значительная электризация и накопление электрических зарядов. Это приводит к увеличению напряженности электрического поля между разноименно заряженными облаками, а также между нижними слоями их и поверхностью земли.

Усилению электрического поля способствует электризация падающих с большой скоростью (20 м/сек) градин и их разрушение (рис. 11). Восходящие потоки воздуха сдувают с градин водяные оболочки в виде пыли и уносят с ними заряды, вызывая тем самым их перераспределение.

Когда градиент напряженности поля достигает определенной критической величины, возникает линейный разряд молнии.

Разряд молнии над территорией предприятий нефтяной и нефтехимической промышленности может явиться импульсом воспламенения и вызвать пожар, разрушение зданий и сооружений, а также гибель людей. Поражения, нанесенные прямыми ударами молний, называют первичными воздействиями молнии.

Сила тока в канале линейной молнии может достигать 200 000 а, напряжение—150 000 000 в; длина искры молнии—от сотен до нескольких тысяч метров. Продолжительность искры молнии от 0,1 до 1 сек. Температура в канале молнии равна 6000—10 000 °С.

Помимо первичного воздействия линейной молнии (прямого удара), различают вторичное воздействие молнии—явление, сопровождающее грозовые разряды. Ко вторичному воздействию молнии относятся электростатическая индукция разряжающегося облака и электромагнитное влияние тока грозового разряда. Электростатическая индукция—результат действия электрических зарядов разряжающегося грозового облака на изолированные от земли части зданий и сооружений. При определенной разности потенциалов на изолированных от земли контурах может возникнуть искровой разряд. Электромагнитное влияние тока грозового разряда выражается в появлении э. д. с. в контурах, перпендикулярных электромагнитному полю, возникающему при ударе молнии.

При наличии плохого контакта в контуре он нагревается, а в местах разрывов возникает искра.

Кроме того, высокие потенциалы, возникающие в результате электростатической индукции или прямого удара в здания и сооружения, могут быть переданы по различным проводникам на другие объекты и там вызвать появление импульса воспламенения. Такими проводниками могут явиться трубы, кабели, имеющие связь с системами заземления или размещенные вблизи последних.

Блуждающие токи возникают в случае отсутствия или повреждения изоляции проводников и утечки электрического тока в землю. Чаще всего они возникают в районах пролегания электрифицированных железных дорог, троллейбусных и трамвайных линий, в местах размещения электрических систем и установок.

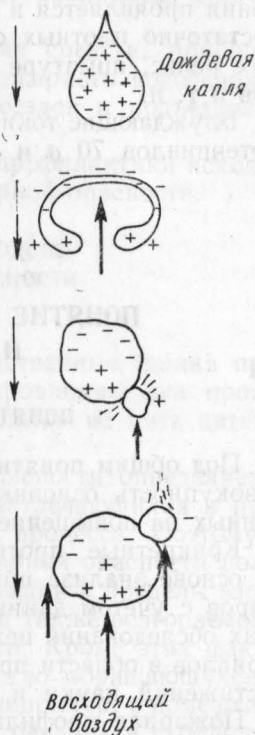


Рис. 11. Разрушение и электризация дождевых капель.

Проводниками, по которым блуждающие токи из земли могут поступать в различные объекты, служат трубопроводы, рельсовые пути, кабели, металлоконструкции, а также оборудование и аппаратура.

Действие блуждающих токов в качестве импульсов воспламенения проявляется в интенсивном искрообразовании в местах недостаточно плотных соединений проводников, например на стыках рельс, арматуре металлоконструкций, фланцах трубопроводов и т. п.

Блуждающие токи обладают силой до 70 а и создают разность потенциалов 70 в и более.

Глава III

ПОНЯТИЕ О ПОЖАРНОЙ ПРОФИЛАКТИКЕ И ПОЖАРНОЙ ТАКТИКЕ

1. ПОНЯТИЕ О ПОЖАРНОЙ ПРОФИЛАКТИКЕ

Под общим понятием *пожарная профилактика* подразумевают совокупность основных противопожарных мероприятий, направленных на повышение пожарной безопасности производства.

Конкретные противопожарные мероприятия разрабатывают на основе анализа причин возникновения и распространения пожаров с учетом данных пожарной статистики; пожарно-технических обследований цехов и установок; практических опытных материалов в области предупреждения и тушения пожаров, а также достижений науки и техники.

Пожарная профилактика объединяет мероприятия, осуществляемые как в процессе проектирования и строительства, так и в период эксплуатации предприятий нефтяной и нефтехимической промышленности.

Пожарная профилактика предусматривает:

- 1) исключение причин возникновения пожаров;
- 2) исключение причин распространения пожаров;
- 3) обеспечение успешной эвакуации людей и материальных ценностей из сферы пожара;
- 4) создание условий эффективного пожаротушения.

Первая группа включает мероприятия по обеспечению пожаробезопасных технологических процессов и оборудования; герметизации аппаратуры; механизации и автоматизации технологических процессов; рациональных систем вентиляции, освещения и отопления; защитных устройств; контроля за состоянием оборудования; постоянства технологического и противопожарного режимов.

Вторая группа включает планировку предприятий, методику выбора материалов конструкций зданий, сооружений и огнепреграждающих устройств; установление противопожарных разрывов.

Третья группа включает создание путей эвакуации, рациональных конструкций перепускных, сбросовых, аварийных систем, емкостей, ловушек и т. д.

Четвертая группа включает обеспечение средств, приборов и оборудования пожаротушения; противопожарного водоснабжения; пожарной сигнализации и связи; проездов и подъездов к объектам.

При разработке мероприятий пожарной профилактики исходят из классификации производств по их пожарной опасности.

2. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВ ПО СТЕПЕНИ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ И ВЗРЫВООПАСНОСТИ

Согласно СН и П (II-М. 2—62 «Производственные здания промышленных предприятий. Нормы проектирования») все производства по степени пожарной опасности делятся на пять категорий: А, Б, В, Г и Д.

Категория производств по пожарной опасности определяется физико-химическими свойствами веществ, встречающихся в производстве, и характером технологического процесса. Поэтому в основу классификации производств по пожарной опасности положены следующие факторы: температура вспышки и пределы взрываемости паров жидкостей, газов и пылей, а также возгораемость и условия обработки и применения веществ. Кроме этих факторов, существенное значение имеет количество обращающихся в производстве огнеопасных веществ. Если, например, в помещении проводят работы с небольшим количеством бензина и с большим количеством спирта, то категорию производства по пожарной опасности определяют по температуре вспышки спирта.

К а т е г о р и я А. Производства, связанные с получением, применением или хранением: а) веществ, имеющих температуру вспышки 28 °С и ниже; б) паров или газов с нижним пределом воспламенения 10% и менее в количествах, которые могут образовать с воздухом взрывоопасные смеси; в) горючих жидкостей при температуре нагрева их до 250 °С и выше; г) веществ, воспламенение или взрыв которых может последовать в результате воздействия воды или кислорода воздуха.

К а т е г о р и я Б. Производства, связанные с применением, получением и хранением или переработкой: а) жидкостей с температурой вспышки паров от 29 до 120 °С; б) горючих газов с нижним пределом взрываемости более 10% в количествах, которые могут образовать с воздухом взрывоопасные смеси; в) горючих волокон или пылей, выделяющихся в процессе производ-

ства и переходящих во взвешенное состояние в таком количестве, что они могут образовать с воздухом взрывоопасные смеси.

К а т е г о р и я В. Производства, связанные с обработкой или применением твердых сгораемых веществ и материалов, а также жидкостей с температурой вспышки паров выше 120 °С.

К а т е г о р и я Г. Производства, связанные с обработкой негорючих веществ и материалов в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, сопровождающейся выделением лучистого тепла, искр и пламени, а также производства, связанные со сжиганием твердого, жидкого и газообразного топлива.

К а т е г о р и я Д. Производства, связанные с обработкой и хранением негорючих веществ и материалов в холодном состоянии.

Подробный перечень производств нефтяной и нефтехимической промышленности, относимых к той или иной категории пожарной опасности, приведен в противопожарных нормах и технических условиях строительного проектирования (ПТУСП).

Классификация помещений, в которых размещено электрооборудование. Электрооборудование на предприятиях должно быть размещено в соответствии с «Правилами устройства электроустановок» (ПУЭ). Согласно ПУЭ все производственные помещения и установки, в которых размещается электрооборудование, по степени взрыво- и пожароопасности делятся на классы (табл. 11).

Производственные помещения, не представляющие опасности в отношении пожара или взрыва, но непосредственно граничащие с каким-либо пожаро- или взрывоопасным помещением, при размещении в них электрооборудования относят к пожаро- и взрывоопасным помещениям, расположенным на класс ниже.

Например, помещение, граничащее с производственным помещением класса В-I, при наличии между ними одной стены с дверью относится к классу В-Iа; если такое помещение при аналогичных условиях (одна стенка с дверью) граничит с производственным помещением класса В-Iа, то оно должно быть отнесено к классу В-Iб. Помещения, смежные с помещением, относящимся к классу В-Iб, не классифицируются. Помещения, в которых нет взрывоопасных сред, если они примыкают к помещениям класса В-II, относятся к классу В-IIа. Установки и помещения, расположенные рядом с помещениями класса В-IIа, не классифицируются.

Камеры или другие помещения, в которых расположены вентиляционные агрегаты взрывоопасных производственных помещений и установок, относятся к взрывоопасным помещениям того же класса, что и основные.

Категорирование электрооборудования. Силовое электрооборудование (электродвигатели, пусковые и регулирующие электрические аппараты) по конструктивному исполнению делится на следующие классы: открытые, защищенные от попадания к токоведущим частям мелких предметов; защищенные от брызг и капель;

Классификация помещений и установок с электрооборудованием по взрыво- и пожароопасности

| Класс помещения или установки | Характеристика производственных помещений и установок по взрыво- и пожароопасности |
|-------------------------------------|---|
| В помещениях | |
| В-I | Взрывоопасные смеси паров и газов могут образовываться не только при аварии, но и при нормальных режимах работы |
| В-Ia | Взрывоопасные смеси не образуются при нормальных условиях эксплуатации, но могут образоваться при авариях или неисправностях |
| В-Iб | а) Взрывоопасные смеси паров и газов (с нижним концентрационным пределом воспламенения 15% и более), образующиеся при аварии и нормальных условиях б) Взрывоопасные концентрации могут возникнуть на отдельных участках. в) Наличие небольших количеств огнеопасных газов, паров жидкости и работа с ними в вытяжных шкафах или под зонтами |
| В-II | Взрывоопасные смеси пылей и волокон могут образовываться не только при аварии, но и при нормальных режимах работы |
| В-IIa | Взрывоопасные смеси горючих пылей и волокон не образуются при нормальных условиях эксплуатации, но могут образоваться при аварии или неисправности |
| П-I | Обработка или хранение горючих жидкостей (с температурой вспышки выше 45 °С) |
| П-II | Наличие горючих пылей или волокон, способных находиться во взвешенном состоянии, не образуя взрывоопасных концентраций |
| П-IIa | Обработка или хранение твердых волокнистых горючих веществ (дерева, ткани) при отсутствии пыли и волокон во взвешенном состоянии |
| Вне помещения или установки | |
| П-III | Обработка или хранение горючих жидкостей (с температурой вспышки выше 45 °С), а также твердых горючих веществ |
| В-Iг | Наличие в герметичных системах взрывоопасных паров, газов и легко воспламеняющихся жидкостей. Взрывоопасные смеси могут образоваться только в результате нарушения герметичности систем |
| В помещениях и вне помещений | |
| Н | Отсутствие взрыво- или пожароопасных признаков |

Примечание. В — взрывоопасные, П — пожароопасные, Н — непожароопасные.

закрытые, но не исключаяющие проникновения газов и паров, с естественным охлаждением, продуваемые, обдуваемые; пыленепроницаемые; герметически закрытые или водонепроницаемые; взрывозащищенные.

Электрооборудование выбирают в зависимости от условий работы в производственном помещении—окружающей среды, технологического процесса и т. д.

Согласно ПУЭ при выборе, установке и эксплуатации электрооборудования, помимо учета помещений по взрыво- и пожароопасности, следует учитывать особенности помещений: сухие, отапливаемые, влажные и сырые, особо сырые, жаркие, пыльные, с химически активной средой. В зависимости от этого следует применять: электродвигатели закрытые продуваемые; обмотки и сердечники, защищенные покрытиями химически стойкими в отношении газов и паров, содержащихся в помещении, и т. п. В пожароопасных помещениях классов П-I и П-II устанавливают электродвигатели с короткозамкнутым ротором, у которых отсутствуют искрящие части. В этих помещениях не следует устанавливать электрические аппараты с искрящими контактами.

Электрооборудование, размещаемое в помещениях и наружных установках, относимых к классам В-I, В-Ia, В-Iб, В-Iг, В-II и В-IIa, должно быть во взрывозащищенном исполнении.

В последнее время находит применение специальное электрооборудование, например с использованием избыточного давления инертного газа или воздуха.

При выборе взрывозащищенного электрооборудования следует установить состав и свойства той среды, в которой оно будет работать. Согласно ПУЭ пары и газы, образующие с воздухом взрывоопасные смеси, делятся на четыре категории в зависимости от величины зазора, через который взрыв из оболочки может передаваться в окружающую среду, и на четыре группы—по воспламеняемости взрывной среды, в зависимости от температуры самовоспламенения и периода индукции (табл. 12). Взрывоопасные смеси, при взрыве которых пламя передается в окружающую среду через зазор шириной более 1,0 мм и длиной 10 мм, относятся к I категории; от 0,6 до 1,0 мм—к II категории; от 0,35 до 0,65 мм—к III категории; менее 0,35 мм—к IV категории.

Взрывозащищенному электрооборудованию присваивают условное обозначение (шифр): В—взрывонепроницаемое М—с масляным наполнением, Н—повышенной надежности, П—продуваемое при избыточном давлении, И—искробезопасное. Например, шифр ВIIIГ обозначает—взрывонепроницаемое (взрывозащищенное, взрывобезопасное), применяемое во взрывоопасных смесях III категории, группы Г. Подобное электрооборудование можно устанавливать в помещениях, где возможно образование взрывоопасных сред I, II и III категорий и групп А, Б и Г—по воспламеняемости.

Категории и группы взрывоопасных смесей

| Категория смеси по взрывоопасности | Группа смеси по воспламеняемости | | | |
|------------------------------------|---|---|-----------------------|-------------|
| | А | Б | Г | Д |
| I | Аммиак, метан | — | — | Уайт-спирит |
| II | Ацетон, бензин, бутан, этиловый спирт, этан, ксилол, толуол | Ацетальдегид, бензол, гексан, метиловый спирт, пентан, пропан | Этилацетат | — |
| III | Газ коксовый, светильный, этилен | — | Эфир | — |
| IV | Водород, газ водяной | — | Ацетилен, сероводород | Сероуглерод |

Во взрывоопасных помещениях классов В-I и В-II, где возможно образование взрывчатых сред, относящихся по взрывоопасности к III категории, а по воспламеняемости к группе Б, применяют электрооборудование с шифром BIVA.

Более подробные рекомендации по выбору электрооборудования приведены в литературе [41].

3. ПОНЯТИЕ О ВОЗГОРАЕМОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И КОНСТРУКЦИЙ

Для успешного осуществления пожарно-профилактических мероприятий, помимо классификации производств по степени пожарной опасности, необходимо знать склонность к возгоранию строительных материалов и конструкций.

Склонность к возгоранию—это свойство материала, подвергнутого местному воздействию высокотемпературного источника поджигания (импульса), самостоятельно гореть, распространяя горение по материалу [39].

Сопротивляемость строительных материалов и конструкций действию высоких температур (импульса) характеризуется степенью возгораемости (и огнестойкости).

Все строительные материалы и конструкции по степени возгораемости делятся на три группы: негоряемые, трудногоряемые и сгораемые [34].

Несгораемыми называют материалы, которые под воздействием огня или высокой температуры не воспламеняются, не тлеют или не обугливаются. Конструкции считаются негоряемыми, если они выполнены из негоряемых материалов.

Трудно сгораемыми называют материалы, которые под воздействием огня или высокой температуры с трудом воспламеняются, тлеют или обугливаются и продолжают гореть или тлеть только при наличии источника огня. После его удаления горение и тление прекращается.

К трудносгораемым относятся материалы, состоящие из органических и неорганических веществ (асфобитумные материалы; асфальтовые растворы и асфальтобетон; войлок, смоченный в глиняном растворе, и др.). К группе трудносгораемых конструкций относятся такие, которые выполнены из трудносгораемых материалов, а также конструкции из сгораемых материалов, защищенные от огня штукатуркой или облицовкой из несгораемых материалов.

Сгораемыми называют материалы, которые под воздействием огня или высокой температуры воспламеняются и продолжают гореть или тлеть после удаления источника огня.

К сгораемым относятся все органические материалы (лесоматериалы, асфальт, битум, гудрон, рубероид, войлок и др.).

К группе сгораемых конструкций относятся конструкции, выполненные из сгораемых материалов и не защищенные от возгорания.

Для правильного выбора строительных конструкций необходимо знать их возгораемость и сопротивляемость в условиях пожара, т. е. *огнестойкость*.

4. ПОНЯТИЕ ОБ ОГНЕСТОЙКОСТИ

Строительные конструкции при пожаре, подвергаясь действию высоких температур и резких температурных колебаний, возникающих при действии холодных струй воды, должны сохранять прочность и устойчивость.

Способность конструктивных элементов зданий и сооружений выдерживать расчетные нагрузки при действии высоких температур и других факторов в условиях пожара называется *огнестойкостью*.

Критерием для количественной характеристики огнестойкости является предел огнестойкости.

Пределом огнестойкости называется сопротивление строительных конструкций воздействию огня до: потери ими несущей способности и устойчивости; образования сквозных трещин; повышения температуры на необогреваемой поверхности в среднем более чем на 140°C или в любой точке этой поверхности более чем на 180°C (по сравнению с температурой конструкции до воздействия огня) или более чем на 220°C независимо от первоначальной температуры. Температура более 140°C принята в качестве контрольной вследствие того, что она является достаточной для воспламенения некоторых органических строительных материалов.

Пределы огнестойкости конструктивных элементов определяют экспериментально и выражают в часах.

Степень огнестойкости зданий и сооружений определяют в зависимости от группы возгораемости и предела огнестойкости отдельных конструктивных элементов: стен, колонн, перекрытий, бесчердачных перекрытий, перегородок и брандмауэров.

Оценка строительных конструкций зданий и сооружений по огнестойкости

Конструкция считается правильно запроектированной, если фактический предел огнестойкости ее ($P_{\text{ф}}$) равен или больше требуемого ($P_{\text{тр.}}$) и если фактическая группа возгораемости ($B_{\text{ф}}$) равна или выше требуемой ($B_{\text{тр.}}$).

Величины фактических пределов огнестойкости и групп возгораемости конструктивных элементов приведены в приложении к СН и П II-A.5—62. Для определения $P_{\text{ф}}$ и $B_{\text{ф}}$ достаточно знать материал и сечение запроектированной конструкции и уметь пользоваться указанным приложением.

В соответствии с этими нормами различают пять степеней огнестойкости зданий и сооружений.

При оценке строительных конструкций зданий и сооружений по огнестойкости исходят главным образом из физико-механических свойств строительных материалов, которые рассматриваются с точки зрения их сопротивляемости воздействию высоких температур [5]. Например, стальные конструкции при воздействии высоких температур теряют свои рабочие качества при нагреве до критической температуры, т. е. такой температуры, при которой предел текучести стали снижается до величины рабочих напряжений.

Критическая температура для статически неопределимых каркасных металлических конструкций не превышает 350 °С, поэтому предел огнестойкости незащищенных стальных конструкций весьма незначителен (0,25—0,5 ч).

Предел огнестойкости колонн, арматура и бетон которых работают на сжатие, зависит от сечения, теплотехнических показателей материала колонны, коэффициента изменения прочности бетона при действии высоких температур и соответствующей ему критической температуры.

Изменением этих показателей можно достигнуть увеличения пределов огнестойкости конструкций.

Фактическая степень огнестойкости зданий и сооружений характеризуется минимальной группой возгораемости и минимальной величиной предела огнестойкости их элементов. Увеличение пределов огнестойкости одной части или нескольких частей здания недостаточно для отнесения здания к более высокой степени огнестойкости. Для отнесения проектируемого (возведенного)

здания к определенной степени огнестойкости необходимо, чтобы группы возгораемости и фактические пределы огнестойкости всех его частей были не ниже норм (табл. 13), установленных для зданий данной степени огнестойкости (СН и П II-М.2—62).

Степень огнестойкости

ТАБЛИЦА 13

| Категории производств по пожарной опасности | Наибольшее допускаемое число этажей | Требуемая степень огнестойкости | Наибольшая допускаемая площадь между брандмауэрами, м ² | |
|---|-------------------------------------|---------------------------------|--|-------------------------|
| | | | для одноэтажных зданий | для многоэтажных зданий |
| А | 1 | I | Не ограничивается | |
| | 1 | II | 4000 | — |
| Б | 6 | I | Не ограничивается | |
| | 3 | II | 5000 | 2500 |
| В | Не ограничивается | I | Не ограничивается | |
| | | II | 7000 | 4000 |
| | | III | 3000 | 2000 |
| | | IV | 2000 | — |
| | | V | 1200 | — |
| Г | Не ограничивается | I и II | Не ограничивается | |
| | | III | 3000 | 2000 |
| | | IV | 2500 | — |
| | | V | 1500 | — |
| | | I и II | Не ограничивается | |
| Д | Не ограничивается | III | 4500 | 3000 |
| | | IV | 3000 | 2000 |
| | | V | 2000 | 1250 |
| | | V | 2000 | 1250 |

Требуемый предел огнестойкости конструкций можно определить по формуле:

$$П_{гр.} = K_0 T$$

где K_0 —коэффициент огнестойкости;

T —расчетная длительность горения, ч.

Коэффициент огнестойкости K_0 , учитывающий степень важности конструкций и насыщенности предприятий средствами пожаротушения, принимается равным: для стен и колонн 1,2; для перекрытий, покрытий, перегородок 1,0; для брандмауэров 1,4.

При использовании автоматических средств пожаротушения K_0 может быть принят меньшим единицы.

Расчетные пределы огнестойкости: для брандмауэров не более 9 ч; для несущих стен, колонн не более 5 ч; для перекрытий, покрытий, перегородок не более 3 ч.

Фактические пределы огнестойкости приведены в приложении к СН и П II-А.5—62.

Противопожарные требования считаются выполненными, если $П_{ф} \geq П_{гр.}$

5. ПОНЯТИЕ О ПОЖАРНОЙ ТАКТИКЕ

Если, несмотря на осуществление пожарно-профилактических мероприятий, возникает пожар, то успешная его ликвидация зависит от подготовленности персонала предприятия, а также военизированных (профессиональных) частей (команд) в области *пожарной тактики*.

Предметом пожарной тактики является изучение приемов и способов тушения пожаров. Вопросы использования пожарной техники, организации подразделений пожарной охраны и добровольных пожарных дружин, взаимодействия пожарной охраны и персонала предприятия при тушении пожара; принципы и методы руководства и управления пожарными командами, частями и формированиями при пожаротушении и т. п. также относятся к пожарной тактике.

Касаясь вопросов пожарной тактики, в дальнейшем остановимся только на рассмотрении особенностей тушения некоторых видов пожаров применительно к предприятиям нефтяной и нефтехимической промышленности, а также взаимных действий пожарной охраны и персонала этих предприятий при тушении пожаров (часть VI).

Уяснив основные понятия и определения противопожарной техники, можно перейти к составлению характеристики производств по пожарной опасности, а также к мероприятиям по исключению этой опасности.

ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОИЗВОДСТВ ПО ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ И ОСНОВНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО ИСКЛЮЧЕНИЮ ПРИЧИН ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПОЖАРОВ

Глава I

ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ

1. ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

На предприятиях нефтяной и нефтехимической промышленности в периоды установившейся работы технологических установок, их пуска и остановки, эксплуатации различного оборудования, а также в процессе строительно-монтажных и ремонтных работ могут иметь место различные явления, способствующие зарождению причин возникновения и распространения пожаров.

Подобными явлениями могут быть: повышение (сверх допустимых величин) давления и температуры, температурные напряжения, вибрационные нагрузки, гидравлические удары, химическая или электро-химическая коррозия, нерегулируемые экзотермические реакции и т. п.

Возникновение отмеченных явлений объясняется прежде всего специфичностью производств: огнеопасностью нефти, газа, сырья, продуктов; агрессивностью содержащихся в них примесей и применяемых реагентов; конструктивными особенностями аппаратуры, оборудования, размещением их на значительных высотах над землей; жесткими технологическими параметрами и т. п.

Наличие *примесей* в нефти и газе вызывает значительные осложнения при транспортировке, хранении и переработке. Так, буровые воды, сопутствующие переработке нефти, содержат растворенные соли, которые являются причиной коррозии внутренних стенок трубопроводов, арматуры и аппаратов. Коррозия протекает значительно интенсивнее в присутствии сероводорода, кото-

рый содержится в сырой нефти или образуется при разложении сернистых соединений.

Помимо химической коррозии внутренних стенок аппаратуры наблюдается механическое истирание стенок труб, сосудов и запорной арматуры, происходящее под действием содержащихся в нефти измельченных горных пород (песок) и иногда пород, специально вводимых в сырье при его переработке (гумбрин, известь).

Разъедание отдельных частей арматуры эксплуатационных фонтанных и компрессорных скважин может привести к открытому фонтанированию и пожару.

При транспортировке нефти и газа на дальние расстояния сероводород в присутствии воды вызывает активную коррозию металла труб, которая усиливается с ростом давления.

Наличие влаги в трубопроводах природного газа приводит к образованию кристаллогидратов и закупорке газопровода. При транспортировке газа возможно выпадение конденсатов, в состав которых входят вода, газовый бензин, смолы и др. Наличие этих веществ, а также двуокиси углерода и сернистых соединений вызывает коррозию труб и запорной арматуры, что может привести к аварии и пожару.

Наличие механических примесей также приводит к засорению теплообменников, в результате чего ухудшается предварительный подогрев сырья и повышается давление нагнетания сырьевого насоса. Нарушение установившегося технологического режима может привести к нарушению герметичности и пожару.

При содержании воды в нефти выше допустимых величин работа, например, атмосферной установки резко ухудшается, температура предварительного подогрева понижается, давление в колоннах повышается, а в трубопроводах создаются газовые пробки, что приводит к остановке насосов.

Наличие слишком большого количества воды, оставшейся в нефти после обезвоживания, приводит к ее вскипанию в ректификационной колонне, резкому повышению давления и разрыву колонны.

Особенно велики разрушения при взрывах технологического оборудования. Масштабы разрушений при взрыве зависят от многих факторов, основными из которых являются химические свойства и содержание вещества в воздухе, объем аппарата, давление и температура в нем.

Взрыв может быть результатом *засоса воздуха* в емкость, находящуюся под вакуумом и наполненную высокотемпературными жидкими углеводородами.

Взрыв и пожар в результате засоса произошли на одном из заводов, где воду из канализационного колодца, куда была опущена сбросовая линия барометрического конденсатора, отводили с нижней отметки (рис. 12). При опорожнении колодца обнажился конец сбросовой линии. Воздух по этой линии устремился в ва-

куумную колонну. Произошел взрыв, приведший к разрушению колонны и пожару на заводе.

Причинами взрывов и пожаров на компрессорных установках, работающих под вакуумом или под избыточным давлением, могут быть *перегрев стенок* цилиндра, неудовлетворительное качество смазочных масел, наличие взрывоопасных концентраций паров, газов, пыли в транспортируемом воздухе, превышение давления в системе. Перегрев стенок возникает вследствие сжатия воздуха в цилиндрах при прекращении подачи воды для охлаждения.

Если температура в системе превышает температуру самовоспламенения смазочного масла, на компрессорной установке может возникнуть пожар. Давление в системе при этом равно 5—10 ат.

Особенностью нефтеперерабатывающих производств является наличие *огневых печей* для нагрева взрывопожароопасных газов, паров или жидкостей. Одним из необходимых условий нормального горения в топочной камере является сохранение *оптимальной величины тяги*. В процессе эксплуатации величина тяги, отрегулированная при контрольном теплотехническом обследовании, изменяется в результате ряда причин, например в результате увеличения подсоса воздуха через неплотности кладки печи, отложения золы на поверхности конвекционных труб, засорения боров, а также изменения атмосферных факторов и т. д. Нарушение топочного режима вызывает изменение как температурного режима всей установки.

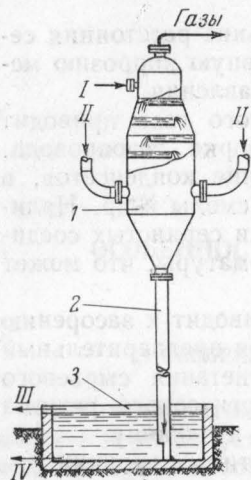


Рис. 12. Схема работы барометрического конденсатора:

1—барометрический конденсатор; 2—сбросовая труба; 3—колодец. Линии: I—вода; II—пары из колонны; III—отвод воды (верно); IV—отвод воды (неверно).

Вероятность аварии возрастает также при избытке кислорода воздуха в дымовых газах, приводящем к окислению наружной поверхности печных труб (газовая коррозия) и их прогару. Не меньшая опасность может возникнуть и в результате химической коррозии или эрозии внутренних стенок змеевика.

В процессе нагрева продукта в трубчатой печи пожар может возникнуть в результате *повышения (скачка) температуры* с последующим быстрым коксованием продукта в трубах и разрушением труб.

Скачок может произойти при уменьшении числа ходов горячего насоса или его остановке в результате значительного падения уровня жидкости в емкости или в колонне. При этом подача сырья в

змеевик сокращается, а время его пребывания в печи резко увеличивается.

В результате возникает тепловое перенапряжение металла труб, свойства металла изменяются и его механическая прочность уменьшается. В трубах появляются свищи и трещины и нагреваемый продукт попадает в топочное пространство.

Опасность взрыва и пожара может возникнуть при отключении аппаратов и установок. Остановка и пуск аппаратов связаны с необходимостью изменения ранее установленного технологического режима, ремонтом оборудования и т. п. В эти периоды возможны различные осложнения. Например, при перекрытии устья скважины образуется газовый грифон, и газ растекается на большие расстояния. Если быстро или неправильно перекрыть задвижки, то давление в системе повысится, что приведет к разрушению аппаратов, коммуникаций, арматуры и пожару на установке.

Повышенная пожарная опасность может возникнуть при *вводе в эксплуатацию* новых мощностей на действующих предприятиях. Например, при освоении скважины в период возбуждения пласта, осуществляемого понижением давления на забое, возможно резкое повышение давления на устье скважины, что может вызвать разрушение арматуры и открытое фонтанирование. При возбуждении пласта с помощью эрлифта из скважины выделяется большое количество газа, который создает реальную опасность возникновения пожара на промысле.

2. ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ

В процессе эксплуатации оборудования могут возникнуть условия, приводящие к образованию пожароопасных смесей внутри и вне аппаратов и оборудования.

Проникновение огнеопасных жидкостей и газов в окружающую среду может происходить в результате диффузии через стенки оборудования, просачивания через уплотняющие материалы в местах стыка разъемных соединений, при работе дыхательных устройств, а также в случаях аварий. Скорость утечки в окружающую среду различных веществ зависит от физических свойств, температурных условий и разности давлений внутри и вне оборудования, а также от характера и размеров неплотностей. Герметичность может нарушаться при эксплуатации оборудования в местах подвижных соединений, соединений подвижных деталей с неподвижными и реже в неподвижных соединениях.

При самой тщательной обработке и притирке уплотнительных поверхностей на них все же остаются царапины, выступы и другие малозаметные неровности. При достаточно чистой поверхности величины неровностей не превышают 0,1 мк. Они создают зазоры, представляющие собой капиллярные каналы, по которым газы и жидкости проникают из сосудов наружу. При расчете величины

утечки газа из аппаратов и оборудования вводится коэффициент, учитывающий ухудшение герметизации.

Величину потери газа q при эксплуатации оборудования под давлением определяют по приближенной формуле Н. Н. Репина:

$$q = KcV \sqrt{\frac{M}{T}} \text{ кг/ч}$$

где K —коэффициент запаса, учитывающий степень ухудшения герметичности оборудования, $K=1 \div 2$;

c —коэффициент, зависящий от давления в аппарате;

V —объем аппаратов и коммуникаций, находящихся под давлением, м^3 ;

M —молекулярный вес газов или паров, находящихся в аппаратах;

T —абсолютная температура паров или газов в аппаратах, $^{\circ}\text{К}$.

Значения коэффициента c следующие:

Рабочее (избыточное)

| | | | | | | | | |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| давление, ат | <1 | 1 | 6 | 16 | 40 | 160 | 400 | 1000 |
| Коэффициент c | 0,121 | 0,166 | 0,182 | 0,189 | 0,152 | 0,298 | 0,297 | 0,370 |

Важным фактором при оценке пожарной опасности производственных помещений является время, необходимое для создания выделяющимися из эксплуатационного оборудования жидкостями взрывоопасных концентраций в отдельных зонах или во всем объеме помещения.

Это время можно определить, зная скорость испарения жидкости m , рассчитанную по формуле:

$$m = 4rD \frac{M}{V_i} \cdot \frac{P_s}{P} \text{ г/сек}$$

где r —радиус свободной поверхности испарения, см ;

D —коэффициент диффузии паров жидкости, $\text{см}^2/\text{сек}$;

M —масса 1 моль жидкости, г ;

V_i —молярный объем при температуре испарения, см^3 ;

P_s —давление насыщенных паров жидкости при данной температуре, мм рт. ст. ;

P —атмосферное давление, мм рт. ст.

Коэффициент диффузии D определяют по формуле:

$$D = D_0 \left(\frac{T}{T_0} \right)^2 \text{ см}^2/\text{сек}$$

где D_0 —коэффициент диффузии при 0°C и 760 мм рт. ст. ;

T —температура испарения, $^\circ\text{K}$;

$T_0 = 273^\circ\text{K}$.

$$D_0 = \frac{0,8}{\sqrt{M}}$$

где M —молекулярный вес жидкости.

Зная m и ρ , можно подсчитать время τ (в ч), необходимое для испарения 1 л горючего вещества, по следующей формуле:

$$\tau = \frac{1000 \cdot \rho}{m \cdot 3600}$$

ρ —плотность жидкости, г/см^3 ;

m —скорость испарения, г/сек .

Зная массу (объем) испарившейся жидкости и нижний предел взрываемости ее паров, можно определить взрывоопасную концентрацию, которую могут образовать эти пары в объеме данного помещения.

Пример. Если за некоторое время испарился 1 л бензина плотностью $0,73\text{ г/см}^3$, а нижний предел взрываемости равен $32,5\text{ г/м}^3$, то за это время может образоваться взрывоопасная концентрация в объеме помещения, равном:

$$\frac{730}{32,5} = 22,5\text{ м}^3 \text{ (по воздуху)}$$

При большом объеме помещения взрывоопасные концентрации могут образоваться в отдельных его зонах. Можно подсчитать количество испаряемой жидкости, необходимое для образования взрывоопасных концентраций паров в 10 м^3 воздуха при температуре 20°C при разливе жидкости на площади диаметром 1 м [4].

При оценке пожарной опасности производственных помещений необходимо учитывать также интенсивность конвекционных потоков и воздухообмен.

Одной из особенностей эксплуатации резервуарного парка предприятий нефтяной и нефтехимической промышленности являются малые и большие «дыхания» емкостей.

При нагревании нефтепродуктов, например солнечными лучами, количество паров и их упругость возрастают, часть паров и воздуха выпускается из емкости (резервуара) через дыхательные клапаны. При понижении температуры часть паров конденсируется, упругость паров уменьшается, давление падает и в газовое пространство резервуара поступает через дыхательный клапан наружный воздух.

Это явление выпуска паров и впуска воздуха, обусловливаемое колебаниями температуры, носит название «малого дыхания» резервуара.

«Большим дыханием» называют выпуск воздуха и паров из резервуара при его наполнении и впуск воздуха при опорожнении резервуара.

В паровом пространстве аппаратов и хранилищ, заполненных жидкостями и газами, может образоваться огнеопасная смесь паров с воздухом. Степень насыщения парами парового пространства находится в прямой зависимости от упругости паров жидкости и ее температуры. При одной и той же температуре концентрация паров в емкостях и аппаратах может быть взрывоопасной и невзрывоопасной в зависимости от свойств данной жидкости.

Количество паров G , выделяющихся из емкости и аппаратов при «большом дыхании», можно определить по формуле:

$$G = (V_1 - V_2) c \frac{P_{\text{раб.}}}{P_0} \cdot \frac{T_0}{T_{\text{раб.}}} \cdot \frac{M_{\text{ж}}}{M_{\text{в}}} \rho_{\text{в}} \text{ г}$$

где V_1 —объем парового пространства сосуда перед наполнением, м^3 ;

V_2 —объем парового пространства сосуда после наполнения, м^3 ;

c —концентрация насыщенных паров, объемн. доли;

$P_{\text{раб.}}$ —давление в сосуде, мм рт. ст. ;

P_0 —атмосферное давление, мм рт. ст. ;

T_0 —абсолютная температура, $^{\circ}\text{К}$;

$T_{\text{раб.}}$ —температура газового пространства в сосуде, $^{\circ}\text{К}$;

$M_{\text{ж}}$ —молекулярный вес паров жидкости;

$M_{\text{в}}$ —молекулярный вес воздуха, равный 29;

$\rho_{\text{в}}$ —плотность воздуха, равная $1,29 \text{ кг/м}^3$.

Концентрацию насыщенных паров c определяют по формуле:

$$c = \frac{P_s}{P_{\text{раб.}}}$$

где P_s —давление насыщенных паров жидкости, мм рт. ст.

Количество жидкости $G_{\text{ж}}$, попадающей в помещение в результате повреждения, при известной площади отверстия можно определить по формуле:

$$G_{\text{ж}} = \mu f \rho \sqrt{2gH} \text{ кг/сек}$$

где μ —коэффициент истечения, зависящий от формы отверстия и свойств жидкости;

f —площадь отверстия, м^2 ;

ρ —плотность жидкости, кг/м^3 ;

g —ускорение силы тяжести, м/сек^2 ;

H —давление в аппарате, м вод. ст.

Значения μ в зависимости от вязкости жидкости при истечении ее через круглое отверстие (по данным проф. И. А. Чарного) следующие:

| | | | | | | | |
|---|----------|------|------|------|------|------|------|
| Кинематическая вязкость, $\text{см}^2/\text{сек}$ | 0,01—0,1 | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 1,0 | 2,0 |
| Коэффициент истечения μ | 0,61 | 0,51 | 0,41 | 0,36 | 0,33 | 0,30 | 0,26 |

Более опасные условия создаются в емкостях со сжиженными углеводородами, особенно в летнее время. При нагревании стенок емкости прямыми солнечными лучами резко возрастает давление, что может привести к разрыву емкости и пожару на предприятии.

При значительном охлаждении емкости со сжиженными газами в ней может снизиться давление и произойти подсос воздуха в емкость. Если емкость не рассчитана на возможность возникновения вакуума, то возможно ее разрушение или смятие.

При резком колебании температур может произойти разрыв в стыках труб и даже обрыв трубопроводов, если они не снабжены компенсаторами. Наземные трубы подвергаются действию атмосферных осадков, что способствует коррозии. При подземной прокладке трубопроводов происходит активная коррозия металла.

Разрушение подземных газопроводов может привести к поступлению газа на различные объекты и вызвать взрывы и пожары.

В последние годы широко применяется гидроразрыв пласта при высоких давлениях. При этом необходимо учитывать опасность, возникающую при эксплуатации оборудования, применяемого при закачке в скважину продавочной жидкости и жидкости разрыва. В качестве агента разрыва используют сырую нефть, мазут, керосин и другие огнеопасные жидкости. Эксплуатационное оборудование—трубопроводы, заливочная головка, насосы, цементировочные агрегаты—находится под давлением 300—500 ат. Недостаточный контроль за расходом жидкости разрыва, герметизацией всей системы, исправностью предохранительного клапана и т. п. может привести к выбросу огнеопасной жидкости под большим давлением и пожару на нефтепромысле.

3. ОСОБЕННОСТИ ВЕДЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ, МОНТАЖНЫХ И РЕМОНТНЫХ РАБОТ

При строительных, монтажных и ремонтных работах на предприятиях нефтяной и нефтехимической промышленности может возникнуть опасность пожара. Например, во время установки и ремонта фонтанной арматуры возможны выбросы нефти и газа во время спуска и подъема фонтанных труб и при возбуждении фонтана.

Аналогичные работы проводятся при необходимости быстро ликвидировать выход газа, нефти и других огнеопасных веществ из аппаратов и оборудования.

В условиях действующих предприятий опасность возникновения пожаров возрастает при проведении работ, связанных с образованием искр или применением открытого пламени (рубка, резка, чеканка, пайка, сварка и т. д.).

Во время производства большинства строительно-монтажных и ремонтных работ применяется резка и сварка металлов.

Обычно используют ацетилено-кислородную и электрическую сварку.

При эксплуатации стационарных и особенно передвижных ацетиленовых генераторов, сварочных агрегатов и баллонов с газами необходима особая осторожность во избежание опасности пожара. При утечке газа из генераторов и баллонов в производственных помещениях образуются взрывоопасные смеси ацетилена.

Во время сварки в сварочных горелках или резаках возникают так называемые обратные удары пламени, что объясняется наличием ацетилено-воздушных или ацетилено-кислородных смесей в шланге, разложением ацетилена при последовательном сжатии в результате распространяющейся взрывной волны и другими причинами. При обратных ударах пламя из горелки или резака устремляется по шлангу в генератор или ацетиленовый трубопровод.

Причинами возникновения обратных ударов пламени могут быть: неисправность редуктора; закупорка отверстия мундштука окалиной, расплавленным металлом и шлаком; сильный нагрев мундштука; увеличение диаметра его выходного отверстия; неполная посадка инжектора и мундштука газовых горелок и резаков.

Из-за неисправности предохранительного водяного затвора (рис. 13), которым снабжен каждый генератор и газосварочный пост, пламя, воздух и кислород проникают внутрь генератора, вызывая взрыв, приводящий к пожару.

Причиной пожара могут явиться жидкие и газообразные горючие вещества, находящиеся вблизи мест производства сварочных, паяльных или других, связанных с применением огня работ, а также вблизи мест работы кранов автомашин, тракторов, тягачей и других агрегатов.

Поэтому при составлении характеристики производств по пожарной опасности необходимо учитывать особенности проведения строительных, монтажных и ремонтных работ. Это относится к резервуарным паркам, сборным пунктам и особенно морским нефтепромыслам, где хранятся большие количества нефти и газа, расстояние между емкостями очень мало, а воздух насыщен парами и газами.

Если необходимо проводить работы в емкостях, содержащих огнеопасные жидкости и газы, их необходимо отключить и специально подготовить. Для отключения этих емкостей от остального оборудования необходимо разъединить фланцы. Закрывать запорную арматуру или устанавливать заглушку нельзя, так как при этом возможно затекание паров и газов по связывающему трубопроводу к месту работ. При недостаточной пропарке и промывке емкостей также образуются огнеопасные смеси, что приводит к взрыву или пожару.

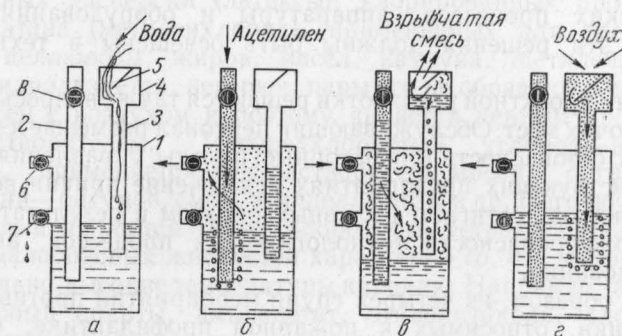


Рис. 13. Схема водяного предохранительного затвора низкого давления:

а—нерабочее положение: 1—корпус; 2—газотводящая трубка; 3—газотводящая трубка; 4—воронка; 5—отбойник; 6—газовыпускной кран; 7—контрольный кран; б—рабочее положение; в—обратный удар; г—возвращение в рабочее положение.

Если оборудование недостаточно герметизировано, то при опрессовке огнеопасными жидкостями может произойти их вытекание и воспламенение. Для устранения обнаруженной течи должно быть снижено давление в аппарате, а многократное подтягивание болтов, подчеканка и подвальцовка места пропуски только усиливают утечку продукта.

Существуют и другие особенности нефтяных производств: проведение взрывных, прострелочных работ (особенно если они производятся с целью вскрытия продуктивного пласта с большим пластовым давлением); повышенное давление на компрессорах в момент продавливания жидкости в скважине (опасность взрыва в цилиндрах компрессоров и нагнетательных линиях); загрязнение рабочего места разливающейся нефтью вследствие пропусков в муфтовых и фланцевых соединениях, устьевом сальнике и т. п.

Опасность возникновения и развития пожара значительно возрастает на действующих предприятиях при нарушении норм и правил проведения этих работ.

РАЗРАБОТКА ПОЖАРОБЕЗОПАСНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ОБОРУДОВАНИЯ

При проектировании предприятий определяются способ производства, принципиальные и технологические схемы процессов, а также выбирается необходимое оборудование. Исходя из характеристики производств по пожарной опасности, выявляются наилучшие противопожарно-технические решения, касающиеся технологических процессов, аппаратуры и оборудования. Более детально эти решения должны быть освещены в техническом проекте.

В стадии проектной разработки решаются также вопросы организации рабочих мест. Обслуживающий персонал размещается в зонах пожарной безопасности (операторные, пульта управления и т. п.).

На действующих предприятиях исключение причин возникновения пожаров достигается главным образом в результате уменьшения пожароопасности технологических процессов, аппаратов и оборудования.

Таким образом, из четырех групп мероприятий противопожарной техники, относимых к пожарной профилактике, наиболее важное значение имеет первая группа мероприятий, касающихся исключения причин возникновения пожаров. В нее входят мероприятия по созданию пожаробезопасных технологических процессов и оборудования, а также герметизация оборудования, механизация и автоматизация производств, рациональное освещение, вентиляция и отопление, контроль за состоянием оборудования, поддержание технологического и противопожарного режимов.

Окончательное решение относительно выбора того или иного технологического процесса с применением тех или иных исходных веществ, реагентов и оборудования принимается с учетом технологических и экономических факторов и пожарной опасности процесса.

Создание пожаробезопасных технологических процессов и оборудования в значительной степени зависит от физико-химической характеристики не только сырья, промежуточных фракций, готовой продукции, но и адсорбентов, абсорбентов, топлива, теплоносителей, катализаторов и др. Поэтому при проектировании стараются выбирать вещества, обладающие наименьшей пожароопасностью.

1. ПУТИ УМЕНЬШЕНИЯ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ВЕЩЕСТВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ПРОИЗВОДСТВЕ

Огнеопасные вещества, используемые в различных процессах, следует по возможности заменять негорючими веществами. Кроме того, надо устранять из производства или снижать пожароопас-

ность веществ, способных вызывать горение или образовывать взрыво-пожароопасные смеси.

Хладоагенты и растворители. Широкое применение в качестве взрывобезопасных хладоагентов получили низкомолекулярные фторпроизводные—фреоны, а также смазочные фторорганические масла. Взрывобезопасным смазочным материалом для воздушных компрессоров служит и графито-масляная смазка. В значительной степени снижается пожарная опасность некоторых процессов при использовании более пожаробезопасных растворителей: водных дисперсий (латексы), хлорированных производных метана, этана (метиленхлорид), применяемых для растворения эфиров, целлюлозы, жиров, масел, каучука. Метиленхлорид с трудом гидролизует, негорюч, пары его не образуют взрывоопасных смесей с воздухом и поэтому является ценным промышленным растворителем. Четыреххлористый углерод—негорючее вещество, применяется как растворитель многих органических соединений—битумов, смол, этилцеллюлозы и др. Негорючими растворителями являются также хлороформ, тетрахлорэтилен и др.

Для малоопасных жидкостей характерно то, что все они имеют относительно высокие температуры кипения. Например, амиловый и бутиловый спирты, амилацетат, этиленгликоль, хлорбензол, ксилол, метиленгликоль имеют температуру кипения выше 110 °С.

Эти вещества при 18—20 °С не образуют взрывоопасных смесей с воздухом.

Адсорбенты и абсорбенты. Для понижения взрыво- или пожароопасности процессов используют различные адсорбенты и абсорбенты. Например, во избежание полимеризации ацетилена при его хранении, идущей при давлении более 2 кг/см² и приводящей к самопроизвольному взрыву, ацетилен растворяют в ацетоне и хранят в баллонах с пористой массой (мелкий активированный древесный уголь и др.).

Адсорбенты применяют также для улавливания газов и паров. В качестве таких адсорбентов служат активированный уголь, силикагель и др. При введении в уголь небольших количеств нелетучих или слаболетучих кислот (фосфорной), а также избытка воды в значительной степени снижается вероятность его воспламенения.

Воспламеняемость адсорбентов, обладающих большой поверхностью, понижают, покрывая их тонким слоем олова, сахара, глицерина или многоатомных спиртов. Применение прочных углей марки АР-3 и др. в качестве адсорбентов повышает пожаробезопасность адсорбционных установок.

При применении негорючего силикагеля для адсорбции сильно разбавленных смесей уменьшается воспламеняемость поглощенных веществ, так как упругость их паров резко понижается.

Иногда при адсорбции паров и газов образуются недостаточно стойкие химические соединения. При этом в равновесной системе

давление адсорбируемого компонента значительно возрастает. Поэтому в качестве адсорбента выбирают вещества не только трудновоспламеняемые, но и обладающие способностью сильно понижать давление адсорбируемых паров.

Наиболее желательным и часто применяемым абсорбентом является вода.

Топливо. На предприятиях нефтяной и нефтехимической промышленности в основном применяют жидкое и газообразное топлива.

Эти виды топлива (особенно газообразное) сгорают наиболее полно, что облегчает ведение топочного режима. Кроме того, газообразное топливо позволяет применять автоматические устройства, прекращающие подачу газа в топочное пространство при прекращении горения. Наконец, этот вид топлива позволил создать более пожаробезопасную конструкцию печи—печь беспламенного горения. В этих печах тепло к нагреваемым поверхностям (трубам) передается радиацией и частично конвекцией.

Таким образом, при выборе топлива нельзя судить о его пожарной опасности только по физико-химическим свойствам. Следует учитывать производственные условия его использования.

Теплоносители. Из всех теплоносителей, применяемых для обогрева через стенки, прежде всего следует рекомендовать воду или пар, особенно если в аппаратах содержатся огнеопасные вещества. Огневой обогрев, обогрев дифенилом, дифениловым эфиром, дифенилоксидом или их эвтектическими смесями, маслом, нафталином, декалином и другими легко воспламеняющимися и горючими веществами является более взрыво-пожароопасным.

При использовании этих веществ в качестве теплоносителей должны быть исключены причины возникновения взрывов и пожаров. Так, при различных каталитических процессах (крекинг с неподвижным слоем катализатора и др.) в качестве теплоносителя используют тройную смесь, содержащую (по массе) 40% NaNO_2 , 7% NaNO_3 и 53% KNO_3 . Применяя этот теплоноситель, нельзя перегревать селитру, а также допускать соединения смеси с органическими веществами, приводящими к взрывам на установках.

Знание физико-химических свойств теплоносителей позволяет выбирать самые пожаробезопасные из них и одновременно создавать наиболее пожаробезопасные технологические процессы. Например, эвтектическая смесь, состоящая из 26,5% дифенила $(\text{C}_6\text{H}_5)_2$ и 73,5% дифенилового эфира $\text{C}_6\text{H}_5\text{—O—C}_6\text{H}_5$, применима для рабочих температур до 380 °С. По термической стойкости она превосходит другие органические теплоносители; местного перегрева стенок аппаратуры не вызывает. Смесь не дает твердых отложений на стенках аппаратов при длительной работе, как это бывает при обогреве маслом. Поэтому коэффициент теплоотдачи при применении этого теплоносителя высок. Кроме того, можно

точно регулировать температуру в широких пределах (от 15 до 380 °С). При применении паров дифенила упрощается эксплуатация нагревательных установок. Применение паров дифениловой смеси—наиболее эффективный и экономичный способ при температурах до 380 °С.

В качестве теплоносителей используют также ртуть и расплавленные металлы. Ртуть термически стойка, негорюча. Но ртутные пары ядовиты, поэтому система обогрева должна работать под вакуумом или иметь весьма надежные уплотнения во всех соединениях.

Катализаторы обладают различной активностью, зависящей от наличия примесей, находящихся в них или на их поверхности. Эти вещества (активаторы, промоторы или ингибиторы) повышают активность катализатора, ускоряют ход реакции или ослабляют активность катализатора.

При гидрогенизации ароматических нитросоединений в присутствии катализаторов (платина, палладий, никель, железо) возможно внедрение водорода в ароматическое ядро по окончании восстановления нитрогруппы. Это происходит, например, при получении анилина из нитробензола, когда анилин может перейти в весьма взрывоопасный циклогексиламин. Этого можно избежать, применяя малоактивные катализаторы. Поэтому правильный выбор и дозировка катализатора позволяют создавать более пожаровзрывобезопасные условия протекания каталитических реакций.

Чтобы предупредить отравление катализатора загрязненным воздухом, подаваемым в контактный аппарат, необходимо тщательно очищать воздух от пыли, паров масла и других примесей. Благодаря этому отпадает необходимость в частой замене катализатора, а следовательно, вероятность взрывов и пожаров.

2. ПУТИ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ВЗРЫВО- И ПОЖАРООПАСНЫХ СМЕСЕЙ

Чтобы предупредить образование взрыво- или пожароопасных смесей в аппаратуре (оборудовании и трубопроводах), необходимо применять в технологических процессах такие вещества, которые не дают подобных смесей. Например, при очистке ацетилена от вредных примесей рекомендуется применять сравнительно безопасный геротрол. Еще более безопасной является жидкая хромовая смесь.

Снизить опасность образования взрывоопасных смесей можно также, вводя в огнеопасные газы и пары различные негорючие вещества: Ag, Ni, He, CO₂, Cl₂, а также водяной пар и очищенные отходящие газы. Для этой цели емкость из-под огнеопасных жидкостей заполняют охлажденными дымовыми газами перед ведением ремонтно-сварочных работ, без предварительной их зачистки, пропарки и дегазации. Сухой размол плавленной

серы в вибромельницах в токе углекислого газа или азота обеспечивает полную безопасность производимых работ.

Сжатый воздух, применяемый при передавливании огнеопасных жидкостей на друкфильтрах и в пневмотранспортере, заменяют сжатым азотом или смесью воздуха с азотом, исключающей образование взрывоопасной смеси*. Предупредить возможность образования взрывоопасных концентраций паров в аппаратах и хранилищах можно, ликвидируя паровоздушные пространства, максимально заполняя емкость продуктом, плавающими телами или создавая соответствующие температурные условия, исключающие образование взрывоопасных смесей.

Чтобы предупредить образование взрывоопасных смесей в аппаратах, необходимо, чтобы значения рабочих температур были вне области температурных пределов воспламенения, т. е.:

$$t_{н.п} > t_{ап.} > t_{в.п}$$

где $t_{н.п}$ —нижний температурный предел воспламенения, °С;

$t_{ап.}$ —температура в аппарате, °С;

$t_{в.п}$ —верхний температурный предел воспламенения, °С.

Для большинства аппаратов нефтяной и нефтехимической промышленности принятые рабочие температуры лежат значительно выше верхних температурных пределов взрываемости.

Подобрав соответствующую смазку для трущихся поверхностей, также можно предупредить образование взрывоопасной смеси. Например, для воздушного компрессора подбирают смазочное масло, температура вспышки которого выше рабочей температуры в компрессоре.

При работе аппаратов под вакуумом нельзя допускать подсоса воздуха в аппараты и образования в них взрывоопасных смесей.

Количество воздуха, подсасываемого через неплотности соединений Q_v , можно определить по формуле:

$$Q_v = \mu f \sqrt{\frac{2gH}{\gamma}} \cdot \frac{T}{T_0} \text{ м}^3/\text{сек}$$

где μ —коэффициент расхода, равный для воздуха 0,6—0,75;
 f —сечение неплотностей, через которые подсасывается воздух, м^2 ;

g —ускорение силы тяжести, $\text{м}/\text{сек}^2$;

H —величина разрежения, $\text{кг}/\text{м}^2$;

γ —удельный вес воздуха, равный $1,29 \text{ кг}/\text{м}^3$;

T —температура в аппарате, °К;

T_0 —температура воздуха, °К.

* Большинство нефтепродуктов (углеводородов) способно воспламеняться лишь при содержании в воздухе не менее 10—12% кислорода.—Прим. ред.

Зная количество газа, транспортируемого по трубопроводу, и секундный объем воздуха, засасываемого в систему, можно установить взрывоопасность образующейся смеси.

Пример. По трубопроводу при нормальных условиях транспортируется ацетилен; секундный расход $Q=3 \text{ м}^3/\text{сек.}$ Через неплотность в трубе подсосало $Q_{\text{в}}=0,10 \text{ м}^3/\text{сек}$ воздуха.

Концентрация воздуха в смеси (а) составит:

$$a \approx \frac{Q_{\text{в}} \cdot 100}{Q} = \frac{0,10 \cdot 100}{3} = 3,3\%$$

При такой концентрации воздуха в ацетилене образуется взрывоопасная смесь, что совершенно недопустимо.

Установки могут работать под глубоким вакуумом. Для создания взрывобезопасных эксплуатационных условий необходимо тщательно герметизировать аппаратуру и контролировать состав газов на присутствие воздуха (кислорода). Возможность создания взрывоопасной среды при развакуумировании аппаратов предупреждается их блокировкой с системой подачи в аппарат инертных газов.

Если сравнить состояние окружающего воздуха в компрессорных, насосных, центрифужных, фильтровальных и других помещениях, где протекают технологические процессы под разрежением, с помещениями, в которых процессы осуществляются под избыточным давлением, то в последних вероятность образования взрыво- или пожароопасных смесей более высока.

При работе аппаратов и оборудования под разрежением утечка газов, паров и пыли становится минимальной.

Кроме того, вакуум позволяет целый ряд процессов (дистилляция, сушка и др.) вести при пониженных температурах, что исключает образование побочных продуктов, термическое разложение исходных веществ и устраняет температурные напряжения, которые являются причиной появления неплотностей и утечки продуктов.

Вот почему технологические процессы под вакуумом менее пожароопасны.

При определении взрыво- и пожароопасности процесса надо знать тепловой эффект протекающей реакции и максимальную рабочую температуру. Тепловой эффект реакции (количество выделяемого тепла в ккал/моль) определяют по закону Гесса [17], а затем подсчитывают количество тепла, выделяемого при вступлении в реакцию 1 кг вещества ($Q_{\text{выд.}}$). На основании теплового баланса определяют потери тепла ($Q_{\text{пот.}}$) и количество тепла, затрачиваемого на нагрев вещества в зоне реакции. Максимальную температуру t_2 определяют по формуле:

$$t_2 = t_1 + \frac{Q_{\text{выд.}} - Q_{\text{пот.}}}{\Sigma mc} \text{ } ^\circ\text{C}$$

где t_1 —начальная температура, °C;

m —масса веществ, образующихся при вступлении в реакцию
1 кг исходного вещества, кг;

c —теплоемкость, ккал/(кг·град).

Пожароопасность процесса можно уменьшить, если вести его при пониженном давлении, так как при этом рабочие температуры становятся ниже температур самовоспламенения и разложения образующихся веществ.

Чтобы предупредить образование взрывоопасной смеси в аппаратах, останавливаемых на ремонт, их необходимо продуть или пропарить. Продувка паром, негорючими газами производится и с целью удаления воздуха из аппарата, включаемого в эксплуатацию.

Время, необходимое для продувки аппарата τ , можно определить по формуле:

$$\tau = \frac{KV}{3600v} \text{ ч}$$

где V —объем аппарата, м³;

v —скорость пара или газа, подаваемого для продувки, м³/сек;

K —коэффициент, зависящий от допускаемой концентрации удаляемого газа и конструктивных особенностей аппарата; $K=10 \div 12$ при допускаемой концентрации газа около 0,5%.

Продолжительность пропарки отдельных аппаратов, емкостей и трубопроводов предусматривается соответствующими производственными инструкциями. Для резервуаров емкостью 1000—5000 м³ $\tau=15 \div 24$ ч.

3. УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ОБОРУДОВАНИЯ

Технологические процессы делятся на периодические и непрерывные, причем периодические процессы постепенно заменяют непрерывными. Это выгодно, в частности, с противопожарной точки зрения. На установках каталитического крекинга с неподвижным катализатором каталитические камеры работают периодически, хотя в целом установка работает непрерывно. Аппаратура для переключения камер с одной операции на другую весьма сложна.

Это создает ряд нежелательных осложнений в процессе эксплуатации.

В процессе очистки масел глинами применяют фильтрпрессы периодического действия. После окончания фильтрования открывают нижнюю крышку, диски и полотно фильтра очищают от гумбина, пропитанного маслом, пары которого попадают в помещение

пеха. Глину сбрасывают в воронку, под которую подводят вагонетку, прицепку автокары или автомашину.

Подобные операции на установках с периодическими процессами, как правило, обуславливают высокую пожарную опасность этих установок.

При осуществлении непрерывного технологического процесса исключается периодическое открывание крышек и загрузочных люков; устраняется опасность насыщения производственной атмосферы газами и парами огнеопасных веществ; облегчается регулирование процесса; достигается равномерность и постоянство режима; снижается общий объем аппарата. Кроме того, в значительной степени облегчаются механизация и автоматизация производственного процесса, а также герметизация аппаратуры.

Например, установка каталитического крекинга непрерывного действия с подвижным пылевидным катализатором обладает всеми указанными выше преимуществами перед такой же установкой периодического действия. Периодически работающие камеры заменены непрерывно работающим реакторным блоком. Высокоразмельченный катализатор можно как жидкость переливать из сосуда в сосуд, подавать насосами по трубопроводам; уровень катализатора в аппарате можно регулировать при помощи задвижек и клапанов. В противопожарном отношении эти установки более совершенны, чем установки периодического действия.

Оборудование. Выбор пожаробезопасного оборудования тесно связан с характером технологических процессов. Например, одним из важнейших вопросов в процессе каталитического дегидрирования нормальных бутенов является разработка конструкций реактора. Трудности при выборе конструкции реактора обусловлены тем, что процесс идет при низких парциальных давлениях исходных и получаемых углеводородов. При создании изотермического реактора было предложено применять в качестве разбавителя водяной пар, являющийся в то же время теплоносителем. Благодаря тому что поступающие бутены разбавляются паром, температурный перепад на слое катализатора снижается, а парциальное давление бутенов становится равным 100 мм рт.ст. В результате отпадает необходимость в периодической регенерации катализатора воздухом, устраняются воздухоудвки, лишние коммуникационные линии, развитая система клапанов и т. д.

Применение разбавителя более целесообразно, чем небольшое разрежение, так как при этом исключается подсос воздуха. Кроме того, реакционные газы поступают в линию всасывания компрессора под атмосферным давлением. Катализаторы в процессе дегидрирования с разбавленным паром должны сохранять избирательность и устойчивость в присутствии водяного пара.

Большое количество огнеопасных веществ в аппаратуре, работающей под высоким давлением, нежелательно. Особенно этого следует избегать в емкостях и в обогревательных печах.

В подобных случаях рекомендуется применять аппараты, смонтированные из труб. При этом снижается объем аппарата и повышается его прочность при одновременной экономии металла. К таким аппаратам относятся: теплообменники, конденсаторы, холодильники; костровая печь, печь с выносной топкой, конвекционная печь, радиантно-конвекционная печь, печь для крекинга, пиролиза и другие трубчатые печи; всевозможные контактные и пароперегревательные змеевики и др.

Из огневых аппаратов следует отдавать предпочтение беспламенным печам, работающим на газообразном топливе.

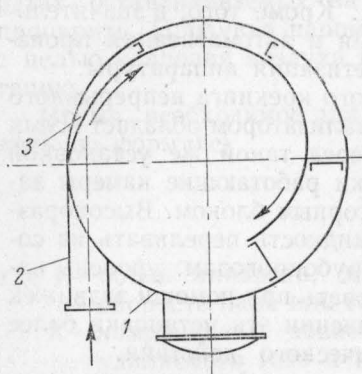


Рис. 14. Размещение улиты в аппарате:

1—корпус аппарата; 2—продуктоподводящий штуцер; 3—улиты.

Что касается печей с электрическим обогревом, то необходимо указать на печи сопротивления и индукционные печи, а также на высокочастотные печи как наиболее пожаробезопасные обогревательные аппараты.

Конденсаторы и холодильники погружного типа получили наибольшее распространение на нефтеперерабатывающих заводах, так как они наиболее пожаробезопасны. Эти аппараты, имея определенный запас воды, менее чувствительны к кратковременным и внезапным прекращением подачи воды, нежели аппараты смешения, трубчатые и оросительные.

Прочность аппаратов и оборудования зависит от материала, который выбирают на основе соответствующего расчета прочности.

Помимо обоснованного выбора конструкции и материала аппарата и расчета поперечного сечения (толщины) основных частей, принимают меры против разрушающего действия эрозии. Например, сырье в ректификационную колонну вводится через специальное устройство—улиты (рис. 14), которая предохраняет стенку аппарата от удара струи жидкости. Для смягчения удара струи и уменьшения ее разъедающего действия на компрессорных полуфонтанных скважинах устанавливают бефер (с манометром для контроля за давлением в устье скважины).

При усовершенствовании технологии процессов, конструкции оборудования с учетом пожарной опасности производств уменьшается количество причин, вызывающих пожары на предприятиях нефтяной и нефтехимической промышленности. Приведем ряд примеров.

В нефтедобывающей промышленности. Применение турбинного бурения и электробурения позволило

уменьшить общее количество двигателей, в том числе и двигателей внутреннего сгорания, на территории нефтепромыслов. Охлаждение тормозного устройства лебедки устранило один из импульсов воспламенения, возникавший при спуско-подъемных операциях.

Переход на бурение скважин уменьшенного и малого диаметра, использование облегченных труб (из сплавов) снижает общую нагрузку на вышку и надземное оборудование для одних и тех же глубин. Это повышает надежность, безаварийность бурения. Применение высокопроизводительных долот (алмазных и др.) или иных средств разрушения горных пород (гидромониторы, трехшарошечные долота ГС-9М, ГС-10М с гидромониторным соплом) уменьшает опасность, возникающую при частых спуско-подъемных операциях.

Пожарная опасность значительно снизилась и в результате внедрения закрытой фонтанной эксплуатации; бескомпрессорной закачки попутного газа в пласт; использования эрлифта и газлифта, бесштанговых электропогружных насосов (без станков-качалок); ремонта нефтяных скважин без подъема труб и т. п.

В нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности также сделано многое для уменьшения вероятности возникновения пожаров благодаря внедрению целого ряда прогрессивных процессов, например непрерывного процесса переработки нефтяных песков; замене двух ректификационных колонн на одну ректификационную колонну с предварительным испарителем.

Произведено укрупнение установок и комбинирование нескольких технологических процессов в единый производственный комплекс, что позволило снизить общее количество печей, промежуточных резервуарных парков, насосных трубопроводов и т. д.

Перспективным в противопожарном отношении является введение безогневого обогрева инфракрасными лучами в сушильном производстве для быстрого разогрева жидкостей, загустевших на холоде в цистернах.

Применение катализаторов, например при получении синтез-газа, позволило осуществить процесс при температуре 870—700 °C вместо 1200 °C без катализатора. Сополимеризация бутадиена и стирола осуществляется также при низких температурах (около 0 °C), при охлаждении реакторов холодильным рассолом. Процесс идет в присутствии специальных активаторов (водный раствор пирогосфата натрия, глюкозы и железного купороса).

Значительно снижена пожарная опасность процесса получения дивинила в результате внедрения новой схемы получения дивинила дегидрированием бутана на крупной промышленной установке в кипящем слое пылевидного катализатора. Еще большие результаты достигнуты при получении каучука из газов нефтепереработки, минуя стадию их превращения в спирты.

В последнее время находит применение акустическая коагуляция при очистке газов и осаждении пыли. Для этой цели используют акустические и статические сирены, представляющие собой свистки специальной конструкции, собранные в группы для увеличения мощности звука. Преимущество статических сирен перед обычными заключается в отсутствии в них вращающихся частей. Звуковая коагуляция идет в широких диапазонах температур (от 0 до 500 °C), не зависит от электрических свойств частиц и исключает опасность воспламенения.

Началось освоение нового, более безопасного оборудования: кожухотрубчатых конденсаторов; конденсаторов воздушного охлаждения, устраняющих сброс загрязненных нефтепродуктом сточных вод; ректификационных колонн с S-образными элементами, обладающих хорошим погоноразделением; сетчатых ректификационных тарелок с отбойными элементами вместо устаревших колпачковых; кожухотрубных укрупненных теплообменников поверхностью 1250 м².

Все шире внедряются в производство высокопроизводительные центробежные нефтяные насосы, электроприводные поршневые насосы с регулируемой подачей и дозирочные; производится замена центробежных консольных насосов типа НК монобалочными электронасосами новой серии типа НКЭ, монтируемыми непосредственно на взрывонепроницаемом электродвигателе. Эти насосы не требуют смазки и охлаждения.

Приведенные примеры показывают, что усовершенствование процессов и оборудования ведет к дальнейшему понижению пожарной опасности производств.

Выбор и размещение оборудования необходимо согласовывать с категорией производств по пожарной опасности. Например, в производственном помещении расположены насосы по перекачке масла с температурой вспышки 180 °C. Согласно ПТУСП данная насосная по пожарной опасности относится к производству категории В.

Проект реконструкции установки предусматривает размещение в этом помещении дополнительного насоса по перекачке мазута с температурой 324 °C. При разработке этого проекта насосное помещение должно быть отнесено к производству категории А. Следовательно, такое размещение насосов недопустимо, и для нового насоса необходимо отдельное помещение.

4. ВЫБОР МАТЕРИАЛОВ АППАРАТОВ И ОБОРУДОВАНИЯ

Использование строго определенных материалов для изготовления аппаратов и оборудования позволяет снизить пожароопасность производств.

При добавлении Ni стабильность стали повышается вследствие ее обуглероживания. Вместо стали Ст.3 для аппаратов, работаю-

щих под давлением, выбирают низколегированные и легкосвариваемые стали повышенной прочности марок 09ГДТ(М), 16ГТ(ЗН) и биметаллы с плакированными слоями из сталей ЭИ496, 1Х18Н9Т, Х18Н112М2Т; для теплообменных пучков кожухотрубчатых аппаратов—трубки из стали Х8, алюминия, латуней ЛО-70-1, ЛН-77-2, стабилизированных мышьяком, что повышает срок службы в два раза. Для печных и коммуникационных труб применяют стали Х8ВФ, ЭИ756 (отказ от высоколегированных никелем).

Широкое применение в нефтеперерабатывающей промышленности находят пластмассы и другие синтетические материалы. Из этих материалов в нефтедобывающей промышленности изготовляют крышки маслоотделителей, отдушины редукторов для станков-качалок типов СКН-5, СКН-3, СКН-2, шары рукояток для передвижных буровых установок АКБ-1 и другие ответственные детали, а также газо- и нефтепроводы. Трубы из пластмасс инертны к углеводородам, коррозионноустойчивы, долговечны, не требуют огнеопасных строительно-монтажных и ремонтных работ, а также гидроизоляции и сложной электрозащиты.

В химической промышленности используют трубы, изготовленные из поливинилхлорида, сополимеров стирола, фаолита, текстолита, пластмасс на основе эпоксидных смол и из графита.

Трубопроводы из винипласта (непластифицированного поливинилхлорида) в ряде случаев оказываются надежнее металлических. Винипласт рекомендуется использовать и в дугогасящих электроаппаратах, так как он не горит, а обугливается с выделением хлористого водорода, обладающего дугогасящими свойствами. Винипласт используют и вместо некоторых цветных металлов и легированных сталей.

В некоторых аппаратах с коррозионной взрывоопасной средой детали арматуры изготовляют из фторопласта и тефлона. Из материалов АТМ (композиции из феноло-формальдегидных смол с графитовым наполнителем) изготовляют коррозионностойкие и взрывобезопасные мембраны, детали арматуры, а также центробежные насосы, холодильники и другую аппаратуру.

Ряд аппаратов и насосов изготовляют из графитовых материалов.

На одной из установок производства хлорбензола продолжительное время эксплуатируется оросительный холодильник с трубами из графита, пропитанного феноло-формальдегидной смолой. Соединительные колена (калачи) выполнены из фаолита. Графитовые трубы соединены с калачами кислотоупорной замазкой.

Хорошим теплоизоляционным материалом для аппаратов и трубопроводов является мипора (вспененная мочевино-формальдегидная синтетическая смола).

Из армированных пластмасс изготавливают баллоны для сжатых газов, пружины и др. Пружины из искусственных смол, армированных стеклянным волокном, в отличие от металлических не меняют своих свойств при частых изменениях температуры (от -20 до $+70$ °C) и не уступают им по прочности.

Кремнийорганические огнестойкие пластики применяют для изготовления электрооборудования установок. Из пластмасс изготавливают и сантехническое оборудование. Например, вентиляторы, изготовленные из пластмасс, являются взрывобезопасными, так как при ударе крыльев вентилятора о кожух исключена возможность искрообразования.

В связи с этим они могут широко применяться во взрывоопасных производственных условиях.

Глава III

ГЕРМЕТИЗАЦИЯ

1. ГЕРМЕТИЗАЦИЯ ПОДВИЖНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Повышение пожарной безопасности систем и установок предприятий нефтяной и нефтехимической промышленности достигается максимальной герметизацией всего производственного оборудования.

Труднее всего герметизировать оборудование в местах прохождения вращающихся валов и движущихся деталей.

Уплотнение этих мест обеспечивается путем создания: постоянного малого зазора; потери напора в результате многократного чередования последовательно расположенных зазоров и расширительных камер (лабиринтных уплотнений); плотного прилегания колец, манжет и набивок к уплотняемой поверхности.

Уплотнения с постоянным малым зазором создают для герметизации оборудования и аппаратуры с абсолютно чистыми жидкостями и газами при отсутствии значительных температурных колебаний (в аппаратуре из стекла, керамики, в точных приборах, в топливных и масляных насосах).

Уплотнительная смазка для запорной арматуры (кран, задвижка) должна быть нерастворимой в продукте; обладать минимальным пусковым моментом, максимальным сроком службы; помогать легкому и плавному вращению запорного устройства (пробкового крана), полированной поверхности корпуса и пробки крана (плашек задвижки).

Например, для пробковых кранов типа КСП-50-160 (рис. 15) уплотнительная смазка, нерастворимая в бензине, керосине и других нефтепродуктах, состоит из мыла (бариевого, натриевого,

магниевого, касторового или окисленного касторового масла) и наполнителя (каолина, графита или слюды).

При использовании погруженных центробежных электронасосов (типа ЭЦН6-160-750 и ЭЦН5-80-800) для герметизации системы применяется арматура с игольчатыми задвижками на резьбе и уплотнением силового электрокабеля манжетами из нефтестойкой резины. Под действием веса установки и труб обеспечивается надежность уплотнения.

Лабиринтные уплотнения применяют главным образом в печах, турбинах, газодувках, вращающихся трубчатых сушилках, кристаллизаторах и в другом оборудовании при наличии быстро вращающихся валов и рабочей среды с высокой температурой. Лабиринтное уплотнение применяется и для герметизации ответственных неподвижных разъемных соединений, например для соединений фланцев трубной и колонной головок фонтанной арматуры (на 75 и 100 ат пробного давления): два бурта на одном фланце (верхнем) и две выточки на другом (нижнем).

Лабиринтные уплотнения позволяют непосредственно снижать скоростной напор газа или пара при их протекании через специальные зазоры и расширительные камеры. Благодаря уплотнениям исключается трение отдельных частей системы даже при прогибе вала, термическом расширении и износе подшипника.

Кольца-набивки применяют в нейтральных средах при высоких температурах и давлениях.

Чтобы выбранная набивка плотно заполняла пространство сальниковой камеры, она должна иметь соответствующие размеры и создавать необходимое (расчетное) нажимное усилие. Толщину слоя сальниковой набивки S можно вычислить по формуле:

$$S = K \sqrt{d} \text{ мм}$$

где K —коэффициент, принимаемый равным от 1,5 до 2,5;
 d —диаметр вала, мм.

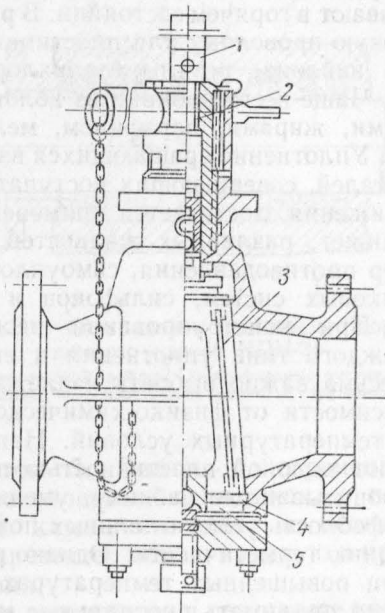


Рис. 15. Схема крана типа КСП-50-160:

1—нажимной болт; 2—канал; 3—вертикальные канавки; 4—кольцевой канал; 5—полость.

В качестве сальниковых набивок используются шнуры из фторопласта, хлорвинила, полиэтилена, резины, стеклянных нитей, асбеста, пеньки, бумаги. В наиболее ответственные узлы, например в редукционный клапан, установленный на линии выхода продукта из печи высокого давления крекинг-установки, в асбестовый шнур вплетают медную проволоку для повышения упругости и плотности прилегания набивки. Набивку запрессовывают в горячем состоянии. В ряде случаев в набивку вводят свинцовую проволоку или пластинки из меди, свинца, а также шнуры из нейлона, резины, полихлорвинила.

Чаще всего набивки из волокна пропитывают смазочными маслами, жирами, парафином, мелко истолченным графитом.

Уплотнение вращающихся валов, штоков и других движущихся деталей, совершающих поступательно-возвратное и колебательное движения, достигается применением набивок, колец, воротников, манжет, различных жидкостей, систем отсоса, специальных камер противодействия, самоуплотняющихся конструкций, бессальниковых систем, сильфонов и др.

При конструировании необходимо учитывать особенности каждого типа уплотнения и его эксплуатационные показатели. Весьма важно выбрать надлежащий материал для набивки в зависимости от физико-химической характеристики рабочей среды и температурных условий. Например, асбестовые набивки обладают высокой пластичностью при низких температурах. Масло, пропитывающее набивку, уменьшает трение и поддерживает гидрофобность уплотнительных поверхностей, что способствует улучшению герметичности. Однако работа сальника резко ухудшается при повышенных температурах рабочей среды. Поэтому необходимо принимать специальные меры для поддержания в сальнике пониженных температур: охлаждать сальник, выносить его в область низких температур, отключать от рабочей среды и т. п. При повышенных температурах набивочный материал теряет свою первоначальную пластичность. Микрозазоры на уплотнительных поверхностях не заполняются маслом. Для устранения этого нежелательного явления предусматривается дополнительное сжатие набивки.

Что касается нажимного усилия, то оно зависит не только от свойств выбранной набивки, температуры рабочей среды, но и от давления в системах. При высоких давлениях это усилие достигает 350 кг/см^2 , при низких давлениях $200\text{--}250 \text{ кг/см}^2$.

Для нефти и минеральных масел при рабочем давлении 60 ат и температуре до 100°C применяется пеньковая просаленная черная набивка, а при давлении 25 ат и температуре 300°C — асбестовая.

Манжетные уплотнения плунжеров применяют для обеспечения надежной герметизации насосов, вулканизационных котлов, гидравлических прессов и других аппаратов. В последнее время

для достижения гидрофобности манжеты покрывают кремнийорганическими жидкостями (полиметилсилоксановыми, полиэтилсилоксановыми). Такие уплотнения, как обтюраторы, выполняются в виде манжет и воротников из фторопласта, хлорвинила, кожи и резины. На рис. 16 изображен сальник для поршневого насоса НПН-3, предназначенного для перекачки холодного бензина.

Для герметизации систем применяется и специальное оборудование. Например, для перекрытия устья скважины в процессе бурения с целью предупреждения выбросов предусматриваются превентеры (рис. 17,а). В частности, превентер плащечный типа ППМ (рис. 17,б) перекрывает скважину при наличии и отсутствии в скважине бурильных труб. Он снабжен двумя плашками 2 с резиновыми уплотнениями. Плашки при закрытии и открытии превентера перемещаются при помощи двух винтов 3. Винты одновременно вращаются в полугайках 4, установленных в плашках, с помощью штурвала 5 посредством карданного вала и цепной передачи. Открывать и закрывать превентер можно вручную и при помощи электрического управления.

Герметизация в вакуум-системах достигается в результате применения трех типов основных подвижных уплотнений: резинового сальника, конического шлифа и сальфона.

Например, при разрежении до 10 мм рт. ст. успешно применяются резиновые прокладки.

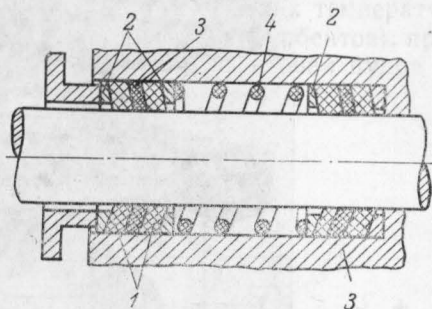


Рис. 16. Сальниковое уплотнение поршневого насоса НПН-3:

1—технический войлок; 2—профильные чугунные кольца; 3—бензостойкая резина; 4—пружина.

2. ГЕРМЕТИЗАЦИЯ НЕПОДВИЖНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Металлические и неметаллические соединения герметизируют путем сварки, пайки, клепки, развальцовки, чеканки, а также при помощи замазок, цементов, клеев. Для склеивания металлов используют эпоксидную смолу, резорцино-формальдегидный клей БФ-4, ВДУ-3, карбинольный клей и др.

Для лучшей герметизации систем необходимо свести до минимума количество соединений, использовать литые, цельнотянутые, цельнокатаные, сварные трубы, аппараты и оборудование.

В нефтяной и химической промышленности наибольшее количество разъёмных соединений приходится на долю трубопрово-

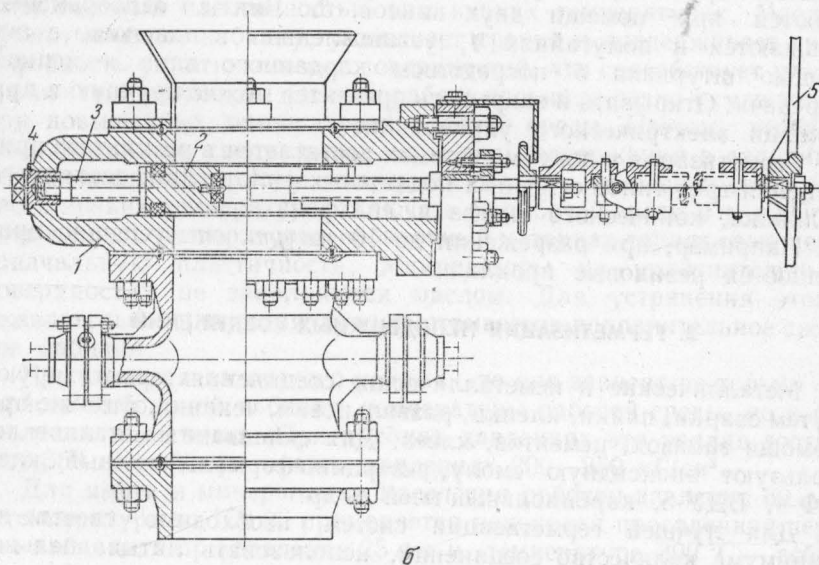
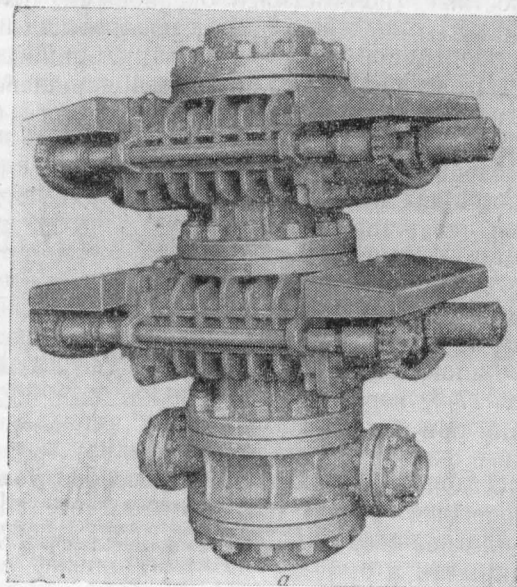


Рис. 17. Превентер:

а—общий вид; *б*—схема; 1—корпус; 2—плашки; 3—винт; 4—полугайка; 5—штурвал.

дов. Соединения трубопроводов могут быть муфтовыми, фланцевыми (рис. 18) и раструбными. Муфтовые (резьбовые) соединения в основном встречаются в нефтепромысловой практике, но они не обладают высокой герметичностью. Путем подмотки пенных промасленных волокон или применения мягких прокладок, специальных паст улучшается их герметичность.

В резьбовые соединения, работающие при высоких температурах и давлениях (например, соединения пробок ретурбентов), при завинчивании вносится графитовая мастика (графитовая пудра и соляровое масло). Мастику наносят с таким расчетом, чтобы небольшая часть ее выдавливалась наружу. Этим гарантируется заполнение мастикой всего пространства между гнездом ретурбента и пробкой. При разогреве труб достигается наилучшая герметичность соединения в результате спекания выдавленной части мастики.

Конструкция резьбы обсадных труб не обеспечивает надежной герметичности соединения, поэтому канал между вершинами и впадинами резьбы должен быть заполнен смазкой и инертным наполнителем, не вступающим в газоконденсатной среде. Таким наполнителем является, например, силиконовая смазка № 2.

При сборке деталей на фланцевых соединениях в результате упругой и частично пластической (раздавливание) деформации прокладочного материала силами, образующимися при затяжке болтов и шпилек, создаются плотные соединения.

Для предупреждения самопроизвольного отвинчивания болтов и шпилек, особенно при наличии сотрясений и вибраций, могут быть использованы специальные пасты, которые наносят на резьбу перед завинчиванием. Пасты не склеивают металл, не вытекают, не изменяются со временем, химически стойкие, обладают водоотталкивающими свойствами, предохраняют металл от коррозии.

Кроме паст, обеспечивающих герметизацию соединений, находит применение специальный гаечный замок, который заменяет

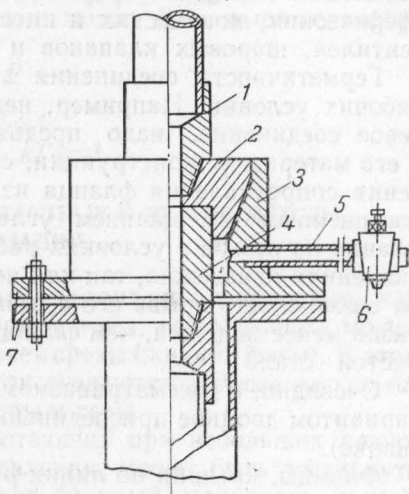


Рис. 18. Схема фланцевого соединения (противовыбросового приспособления):

1—подквадратный переходник; 2, 4—специальный переходник; 3—корпус; 5—выкид; 6—кран высокого давления; 7—фланцы.

контргайки, пружинные замки, шплинты, фасонные гайки и т. п. Замок представляет собой нейлоновую пробку, запрессованную в нарезную часть болта. При ввинчивании болта резьба гайки вдавливается в слегка выступающую часть пробки и деформирует ее. Сжатая пробка давит на резьбу гайки, не позволяя ей отвинтиться.

В трубопроводах и аппаратах применяют беспрокладочные разъемные соединения, уплотнение которых достигается благодаря упругим деформациям. Эти соединения оправдывают себя при небольших площадях соприкосновения хорошо шлифованных сферических, конических и плоских уплотнений седел, клапанов, вентилей, шаровых клапанов и т. д.

Герметичность соединения зависит от среды и конкретных рабочих условий. Например, недостаточно только выбрать фланцевое соединение, надо предъявить определенные требования к его материалу, конструкции, соединению. Часто в целях увеличения сопротивления фланца изгибу его изготавливают из стали с повышенным содержанием углерода, но присоединение такого фланца на резьбе в условиях работы при высоких температурах и давлениях ненадежно, так как неизбежны пропуски и не исключена возможность срыва его с резьбы. Приварка такого фланца гораздо менее надежна, чем фланца, изготовленного из малоуглеродистой стали.

Очевидно, в рассматриваемом случае следует признать лучшим вариантом двойное присоединение фланца к трубе (на резьбе и на сварке).

Фланцы, крышки по линии разъема могут соприкасаться гладкими поверхностями, имеющими уступы или канавки и гребень. Эти соединения нуждаются в уплотняющих прокладках из тефлона, хлорвинила, Армко-железа, алюминия, свинца, меди, асбеста, резины, паронита, фибры, картона.

Встречаются и комбинированные прокладки—мягкие в сочетании с медной сеткой или стальной, железной, медной, алюминиевой обкладкой.

Плоские фланцы применяют только при низких температурах. Из гладкого фланцевого соединения под влиянием внутреннего давления мягкие прокладки могут быть выдавлены. Вот почему предпочтительнее фланцевое соединение, имеющее риски или канавки с гребнем. В этом случае увеличивается поверхность соприкосновения и обеспечивается лучшая герметичность. Подобные соединения предусматриваются для систем с огнеопасными жидкостями независимо от рабочего давления.

Смачиваемость прокладки уменьшается, если смазать ее маслом, проварить в олифе или посыпать графитом, тальком, окисью свинца.

Герметизация зависит от степени сжатия прокладки болтами. Герметизация трубопроводов и аппаратуры, работающей под вы-

соким давлением, не имеет установленных и научно обоснованных расчетов и конструктивного оформления. Нагрузка на болты Q , необходимая для начального смятия прокладки, определяется по формуле:

$$Q = qF \text{ кг}$$

где q —удельное давление смятия прокладки, зависящее от материала прокладки, кг/см^2 ;
 F —площадь прокладки, см^2 .

Сила, прижимающая детали друг к другу $Q_{\text{раб.}}$ (сила затяжки болтов) для создания герметичности, может быть выражена формулой:

$$Q_{\text{раб.}} \geq P + p$$

где P —внутреннее давления, кг/см^2 ;
 p —остаточная деформация, кг/см^2 .

3. ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ, БЕСКОНТАКТНЫЕ И ДРУГИЕ МЕТОДЫ ГЕРМЕТИЗАЦИИ

В ряде аппаратов, заполненных огнеопасной жидкостью, над поверхностью которой имеются пары и газы, герметизация может быть достигнута за счет самой рабочей среды (жидкой фазы). В этом случае в местах перетока жидкости создаются *гидравлические затворы*, которые не пропускают пары и газы.

Герметичность аппаратов, работающих при небольших разностях внутреннего и наружного давления, может быть достигнута с помощью гидравлических затворов (мокрый газгольдер и др.). Затворы заполняют минеральным маслом, глицерином, расплавленным парафином, гудроном и другими некорродирующими, вязкими, высококипящими жидкостями.

В практике применяют *сальниковые уплотнения с противодавлением*. В местах уплотнения движущихся частей устроены специальные камеры, в которые вводят под давлением, равным рабочему, жидкости или инертный газ. Кроме того, применяют безопасные сальники, имеющие систему отсоса паров и газов, просачивающихся через неплотности.

В мембранных насосах и другом аналогичном оборудовании и аппаратах применяют *бесконтактный метод герметизации*, при котором движущиеся части изолируются от рабочей среды разделительными диафрагмами. Примером использования бесконтактного метода герметизации может служить установка манометров и других приборов и аппаратов, где вместо диафрагм применяют масло, керосин.

Для своевременного обнаружения утечки особо опасных продуктов можно рекомендовать добавление к ним в небольших количествах сильно пахнущих веществ.

Крыши специальной конструкции. При хранении нефтепродуктов в вертикальных цилиндрических резервуарах применяют крыши специальной конструкции. Эти крыши снижают потери продуктов от испарения, изменяя объем газового пространства в зависимости от температурного режима и количества поступающей в резервуар или выходящей из него газо-воздушной смеси; сводят к минимуму или полностью ликвидируют газовое пространство над уровнем нефтепродукта.

Изменение объема газового пространства достигается применением *дышащих* крыш с *гибкими* или *куполообразными мембранами*.

Уменьшение или ликвидация газового пространства достигается применением *плавающих* крыш.

Гибкие дышащие крыши выполняют в виде стальных мембран (пластин) или баллонов. Эти крыши применяют главным образом для резервуаров с малым дыханием или с 50%-ным заполнением полезного объема.

Применяют и *безмоментные* кровли. Они работают как пространственные оболочки. Металлическая оболочка (кровля) покоится на специальном периферийном каркасе резервуара и на металлическом зонте, размещенном на опорной трубе, установленной по центру днища резервуара.

Мембранный газокомпенсирующий металлический купол устанавливают на обычных резервуарах с пологой крышей. В купол вставлена эластичная мембрана из бензостойкой ткани. Купол создает возможность расширения и уменьшения газового пространства без выпуска газов в атмосферу. Он может быть установлен на каждом резервуаре или служить для нескольких резервуаров уравнильной емкостью.

Плавающие крыши работают на принципе разобшения зеркала испарения жидкости от окружающей среды. Крыша представляет собой свободно плавающий понтон на поверхности жидкости. Герметизация зазора между корпусом резервуара и понтоном достигается специальными уплотнительными герметизирующими затворами.

Затворы могут быть двух типов: шторные (щелевые) и линейные (контактные).

Основной частью шторных затворов является башмак, выполненный из ленты цветного металла. Башмак прижимается по всей окружности резервуара системой рычагов и пружин. Кольцевое пространство между башмаком и понтоном перекрывается эластичной шторой.

Линейные затворы выполняются из гибких неметаллических бензоустойчивых материалов, например технической ткани бельтинг, прорезиненной с двух сторон. Пластины бельтинга сложены в виде петли с прокладкой из полихлорвиниловой пленки. Затворы выполняются и в виде уплотнительного кольцевого сосуда из

гибкого материала (найлоновой ткани, покрытой бензоустойчивым каучуком), заполненного жидкостью и плавающего в пространстве между стенкой резервуара и затвором крыши.

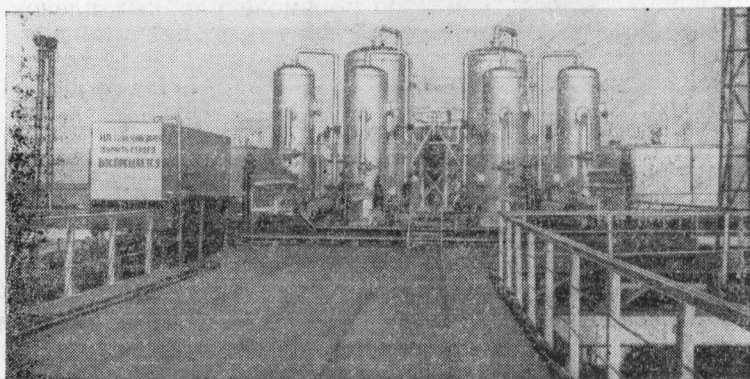
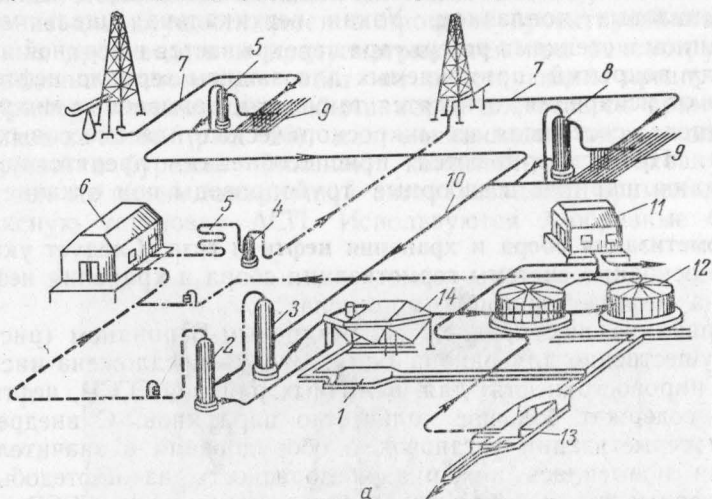


Рис. 19. Герметизация сбора нефти по системе Везирова-Бароняна:

а—схема: 1—песколовка; 2—осушительный сепаратор; 3—газосепараторы сборного пункта; 4—сепаратор; 5—теплообменник; 6—компрессорная станция; 7—выкидные продуктопроводы; 8—замерные трапы; 9—распределительные батареи групповых установок; 10—коллекторная сеть; 11—насосная; 12—сборные резервуары; 13—нефтеловушка; 14—горизонтальные отстойники; б—сборный пункт на морской эстакаде.

Конструкцию плавающей крыши, в которой петлеобразный затвор выполнен в сочетании с прижимными рычажными устройствами, называют «*следающей системой*».

Применяют и плавающие пластиковые *крыши-экраны*. Экран— это полихлорвиниловая лента толщиной 0,3 мм, которая поддерживается большим количеством маленьких яйцеобразных полихлорвиниловых поплавков. Узкая вертикальная щель между воротником и стенками резервуара перекрывается в верхней части. К числу покрытий, применяемых для защиты зеркала нефтепродуктов от испарения, относятся также так называемые микрошарики (пена, состоящая из микроскопических пластмассовых шариков). Предусматриваются приспособления, препятствующие попаданию шариков в заборные трубопроводы при откачке продукта.

Герметизация сбора и хранения нефти и газа. Следует указать на две основные системы герметизации сбора и хранения нефти и газа на нефтедобывающих промыслах.

Первая из них предложена Везириным-Бароняном (рис. 19) преимущественно для района Баку. Вторая предложена институтом «Гипровостокнефть» для восточных районов СССР, нефти которых содержат большое количество парафинов. С внедрением систем герметизации установок и оборудования в значительной степени повысилась пожарная безопасность на нефтедобывающих промыслах и нефтехимических предприятиях СССР.

В последнее время появились сведения об изоляции поверхностей нефтепродуктов с помощью мономолекулярных пленок.

Глава IV

МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ

1. МЕХАНИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Частичная механизация затрагивает отдельные производственные операции. Этот вид механизации называют также микромеханизацией, или малой механизацией. К средствам малой механизации относятся: специальные тележки для перевозки баллонов с огнеопасными газами; электро- и автокары; лебедки; клиновые захваты, встроенные в ротор типа ПКР-Ш8 или ПКР-У7; крюки; трубные элеваторы; спайдеры; подвески; механизмы для свинчивания и развинчивания насосно-компрессорных труб (АД-25, АПР-2); механические ключи с пневмоприводом (АКБ-3 и др.); гайковерты; приспособления для чистки теплообменных аппаратов (при помощи растворителей); гидромеханическая и воздушная очистка труб и днища холодильников; автосамосвалы; автоцистерны для сжиженных газов, кислот, огнеопасных жидкостей; плавсредства; лифты и др.

Комплексная механизация—это механизация всех основных и вспомогательных производственных операций, при которой работа смежных механизмов и машин согласована между собой. Этот вид механизации осуществляется в процессе проектирования современных производств и предусматривается при реконструкции и проведении ремонтных работ на действующих предприятиях. Например, механизация добычи нефти достигается применением станков-качалок (рис. 20), для механизации спуско-подъемных операций в бурении применяют комплексную установку МСП; для тех же целей (с частичной автоматизацией) применяют комплексную установку АСП. Используются А-образные буровые

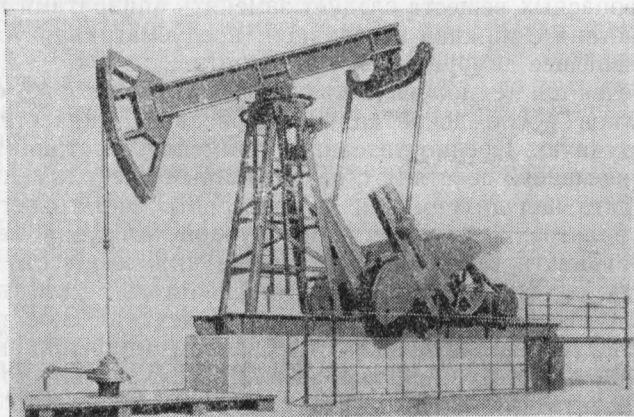


Рис. 20. Станок-качалка для механизированной добычи нефти.

вышки типа ВАС-42 с установками БУ-75Бр, буровые установки БУ-75Бр.Э, 9Д, 10Э и др. Применяют также вакуум-пневматические установки, транспортеры огнеопасных веществ и материалов и т. д.

В процессе проектирования отдельных производств могут выявляться характерные для них опасности. Эти опасности могут быть значительно снижены или вовсе устранены в результате осуществления частичной или комплексной механизации всего производственного цикла.

Механизмы, аппаратура, арматура, для обслуживания которых требуется применение ручного труда и непосредственный контакт обслуживающего персонала с огне-взрывоопасными веществами, должны быть модернизированы или заменены более совершенными.

В первую очередь подлежат механизации начальные и конечные производственные стадии как наиболее опасные: выгрузка,

слив поступающего огнеопасного сырья, его транспортировка и загрузка в аппараты, расфасовка, взвешивание, погрузка, налив готовой продукции, удаление отходов производства.

Переливание огнеопасных жидкостей во избежание образования взрыво- и пожароопасных смесей производят по трубам при помощи насосов или под вакуумом, а не вручную—ведрами или примитивными сифонами, в которых разрежение создается вследствие отсасывания воздуха самим рабочим. Легколетучие жидкости лучше перемещать методом передавливания инертными газами. Сероуглерод и другие особо пожароопасные жидкости, не смешивающиеся с водой, хранят в ней и передавливают с ее помощью.

Аппараты периодического действия с верхней ручной разгрузкой огнеопасных веществ следует заменять аппаратами непрерывного действия с нижней разгрузкой, предусматривая устройство, обеспечивающее саморазгрузку аппарата.

Встречаются технологические процессы, в которых осадки из отстойников после декантации огнеопасных жидкостей выгружают вручную. Предпочтительнее применять отстойники (конусы) непрерывного действия с вертикальным расположением одного аппарата над другим или использовать фильтры-сгустители. В нутч-фильтрах для облегчения ручной выгрузки необходимо предусматривать откидное дно. Лучше нижнюю часть аппарата соединять со сборниками гибкими шлангами. Для перемешивания химически активных жидкостей механическое перемешивание следует заменить барботированием (пропусканием через жидкость мелких пузырьков газа или воздуха). Однако при этом следует учитывать возможность побочных реакций.

Выбор и размещение оборудования и систем механизации должны согласовываться с категорией производств по взрыво-пожароопасности.

2. МЕХАНИЗАЦИЯ ХРАНЕНИЯ И ОТПУСКА ОГНЕОПАСНЫХ ВЕЩЕСТВ

Пожарная опасность работ, производимых на складах по хранению и отпуску огнеопасных жидкостей, значительно снижается в результате замены ручного труда механизированным.

В тарных хранилищах широко используются бочкоподъемники разных конструкций, краны и другие приспособления для погрузки и выгрузки бочек из автомашин, железнодорожных платформ и вагонов. Для горизонтального перемещения бочек успешно применяют транспортеры различных видов, узкоколейные пути с вагонетками.

Отпуск нефтепродуктов в мелкую тару рекомендуется производить с помощью механизированных разливочных колонок. При наливке огнеопасных жидкостей в бачки и автоцистерны применяют различного типа наконечники, предотвращающие перелив огнеопасных жидкостей через край сосудов.

Взрыво- и пожароопасные пылевидные вещества и материалы (эбонит, уголь и др.) хранят в силосных башнях и бункерах. Погрузку, выгрузку и перемещение, взвешивание, расфасовку в тару, закупорку барабанов, зашивку мешков с этими веществами и материалами надлежит производить механизированным путем на специальных машинах.

Пылевидные огне-взрывоопасные вещества лучше перемещать с помощью пневматических систем. Эти системы более пожаробезопасны, чем применяемые для тех же целей вращающиеся трубы, ленточные или роликовые транспортеры, переносные роликовые дорожки (слег), конвейеры, норрии, механические лопаты, канатные скреперы, имеющие привод от электромоторов, и другие трущиеся и вращающиеся поверхности.

При транспортировке измельченных пылевидных веществ и материалов следует удалять из них посторонние металлические предметы (гвозди, болты, гайки). Для этой цели на пути движения измельченных веществ и материалов в бункер и в тару устанавливают магнитный сепаратор.

Для полного освобождения бункера от пылевидных веществ, а также во избежание образования в нем залежей этих веществ (мертвых пространств), особенно склонных к самовозгоранию, угол наклона нижних стенок бункера (или воронок) должен быть не менее 60° , а углы между стенками сосуда—закругленными. Нельзя допускать отложения пыли в тупиках, коллекторах, мешках.

Для обеспечения полного слива вязких горючих жидкостей (масло, мазут и т. п.) из емкостей железнодорожных цистерн и наливных сосудов по сливным лоткам и желобам их подогревают водяным паром.

Количество тепла, необходимого для обогрева нефтепродуктов в железнодорожной цистерне Q , может быть определено по формуле:

$$Q = \frac{q_n \cdot G}{n} + q_{\text{пот.}} \text{ ккал/ч}$$

где q_n —количество тепла, затрачиваемого на разогрев 1 кг продукта, ккал/кг;

G —масса нефтепродукта в цистерне, кг;

n —продолжительность подогрева, ч;

$q_{\text{пот.}}$ —потери тепла при разогреве, ккал/ч.

Количество тепла, затрачиваемого на разогрев 1 кг продукта, можно определить по формуле:

$$q_n = (t_k - t_0) c + \frac{\alpha \cdot \sigma}{100} \text{ ккал/кг}$$

где t_k —конечная температура разогрева, $^\circ\text{C}$;

t_0 —начальная температура, $^\circ\text{C}$;

c —теплоемкость нефтепродукта, $\text{ккал}/(\text{кг}\cdot\text{град})$;

α —содержание парафина, %;

σ —теплота плавления парафина, $\text{ккал}/\text{кг}$.

Для приближенных расчетов можно принимать $c=0,5 \text{ ккал}/(\text{кг}\cdot\text{град})$; $\sigma=50 \text{ ккал}/\text{кг}$.

Для нефтепродуктов, не содержащих парафин, второй член уравнения отпадает.

Потери тепла при разогреве $q_{\text{пот.}}$ приближенно определяют по формуле:

$$q_{\text{пот.}} = FK_0(t - t_{\text{н.в}}) \text{ ккал/ч}$$

где F —охлаждающаяся поверхность цистерны, м^2 ;

K_0 —коэффициент теплопередачи от нефтепродукта к наружному воздуху через стенки цистерны, $\text{ккал}/(\text{м}^2\cdot\text{ч}\cdot\text{град})$;

t —средняя температура нефтепродукта во время подогрева, $^{\circ}\text{C}$;

$t_{\text{н.в}}$ —температура наружного воздуха, $^{\circ}\text{C}$.

Для приближенных расчетов начальную температуру нефтепродуктов можно находить по соответствующим таблицам в зависимости от вязкости продукта, части и пояса территории СССР, а также типа цистерны (широкий или узкий котел).

Для высоковязких продуктов в северном поясе европейской части СССР при одной цистерне $t_0 = -10^{\circ}\text{C}$.

Конечная температура подогрева (в зависимости от вязкости) $t_{\text{к}} = 10 \div 50^{\circ}\text{C}$, а для битума $t_{\text{к}} = 100^{\circ}\text{C}$.

Срок слива партии цистерн должен быть не более 6 ч. При $t_{\text{н.в}} < -5^{\circ}\text{C}$ этот срок может быть увеличен до 10 ч.

При обогреве лотков отработанным паром (после цистерн) расход его не учитывается. В случае подогрева лотков и желобов свежим паром его количество q может быть вычислено по формуле:

$$q = Fa \text{ кг/ч}$$

где F —поверхность нагрева паровой рубашки лотка (желоба), м^2 ;

a —удельный расход пара на 1 м^2 паровой рубашки, кг/ч .

Для практических приближенных расчетов можно принимать следующее значение величины a :

| | | | |
|---|----|----|----|
| Температура нефтепродукта, $^{\circ}\text{C}$. . . | 30 | 50 | 70 |
| Удельный расход пара a , кг/ч . . . | 10 | 12 | 14 |

По данной формуле можно ориентировочно подсчитать количество пара, необходимое для обогрева нефтепродуктов в сливных баках, резервуарах, отпускных мерниках и т. п.

В настоящее время находит применение прогрессивный способ обогрева—инфракрасными лучами. Этот способ наиболее пожаробезопасный из существующих.

Слив и налив нефти и нефтепродуктов в танкеры производят только в специально оборудованных гаванях у пристаней и причалов. Все операции по сливу и наливу механизированы. Для этих целей используют лебедки с крановыми устройствами для прокладки шлангов и механические насосы для транспортировки жидких углеводородов. Насосы размещают как на судах, так и на береговых, пристанских и плавучих насосных станциях.

Перевозка сжиженных огнеопасных газов, углеводородов, аммиака, азотной кислоты и других опасных веществ производится в специальных цистернах, которые разгружают при помощи сифонных труб, расположенных в верхней части цистерны. Чтобы предупредить разлив ЛВЖ при сливе из цистерн, имеющих нижний слив, рекомендуется использовать универсальный прибор, показанный на рис. 21. Химически агрессивные жидкости поднимают на сравнительно небольшую высоту сжатым воздухом (или инертным газом) при помощи монтежу. Монтежу используют и для нагнетания суспензии в фильтрпрессы.

Итак, внедрение частичной или комплексной механизации производственного цикла, в котором встречаются огнеопасные вещества, позволяет значительно повысить пожарную безопасность предприятий нефтяной и нефтехимической промышленности.

Известно, что высшей стадией механизации является автоматизация.

Поэтому вполне естественно, что она также должна способствовать исключению причин пожаров на промышленных предприятиях.

3. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Существуют производственные процессы, где присутствие обслуживающего персонала нежелательно, а в ряде случаев и недопустимо. Это главным образом процессы, сопровождающиеся вспышками, возможными взрывами, пожарами, а также процессы, при которых в производственной обстановке могут возникнуть токсичные, взрыво- или пожароопасные смеси паров, газов, пыли.

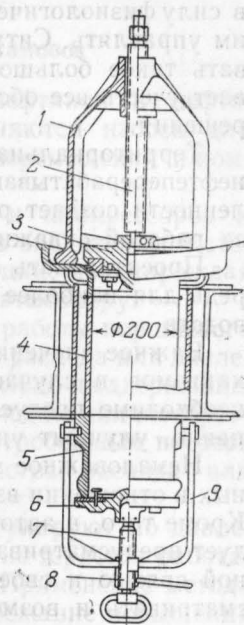


Рис. 21. Универсальный прибор для нижнего слива легко воспламеняющихся жидкостей из железно- цистерн:

1—стойка; 2—штанга; 3—
клапан; 4—кожух; 5—кор-
пус; 6—крышка; 7—нажим-
ной винт; 8—стопорная
гайка; 9—скоба.

Разумеется, что в этих случаях не может быть никаких сомнений в целесообразности применения автоматов, как бы сложно и дорого ни было автоматическое устройство.

С каждым годом скорость технологических процессов повышается. Иногда процесс производства идет с такой быстротой, что человек в силу физиологических и психологических ограничений не может им управлять. Ситуация меняется так быстро, приходится учитывать такое большое количество факторов, что человек не успевает учесть все обстоятельства для принятия нужного и лучшего решения.

Территориальная разбросанность объектов нефтехимической, нефтеперерабатывающей и особенно нефтедобывающей промышленности создает ряд дополнительных трудностей в наблюдении за работой скважин, аппаратов и установок.

Проектировать системы автоматизации следует в первую очередь для наиболее вредных, взрыво- или пожароопасных производств.

Важное значение имеет дублирование работы приборов и механизмов в случае отказа автоматических устройств. Поэтому необходимо предусматривать подобную возможность, что, несомненно, улучшит управление производством.

Немаловажное значение имеет и блокировка в наиболее опасных в отношении взрыва и пожара узлах технологического цикла. Кроме того, в автоматизируемых технологических процессах следует предусматривать аварийную сигнализацию. Наряду с надежной связью и своевременной сигнализацией необходимо предусматривать и возможность автоматической дистанционной локализации и ликвидации возникшего пожара.

Автоматизация должна не только освобождать рабочих от тяжелого и вредного труда, помогать изоляции обслуживающего персонала из взрыво-пожароопасных зон производства, но и надежно охранять социалистическое имущество от пожара.

При решении задач автоматизации приобретает большое значение *телемеханика*, позволяющая связать отдельные элементы автоматической системы, разделенные расстоянием. Применение систем телеавтоматики позволяет удалить человека из взрыво- и пожароопасных участков, исключить непосредственное его участие в сложных производственных процессах. Для связи исполнительного и диспетчерского пунктов применяют либо проводную связь, либо радиоканал.

Средствами автоматизации и телемеханизации можно осуществлять регулирование, управление, контроль, защиту, блокировку, сигнализацию.

Комплексной автоматизации подлежат в первую очередь процессы не только опасные, но и протекающие очень быстро или настолько сложные, что на составление программы человеку понадобилось бы слишком много времени. У обслуживающего пер-

сонала остаются функции контроля и наблюдения за состоянием оборудования и приборами автоматики.

Остановимся на некоторых примерах осуществления автоматизации как основного мероприятия противопожарной техники по исключению причин возникновения пожаров.

Автоматизация оборудования и установок

Автоматизация насосов и компрессоров. В нефтяной и нефтехимической промышленности широко применяются насосы для перемещения жидкостей и компрессоры для перемещения и компримирования газов.

Постоянство производительности насосов и компрессоров и давления на выкиде при переменном расходе в значительной степени повышает пожаробезопасность эксплуатации, предупреждая вытекание паров и газов в производственную атмосферу.

Примером автоматического регулирования работы поршневого насоса может явиться применение регулятора расхода или давления. Регулятор давления способствует не только поддержанию постоянного давления на выкиде, но и исключению толчкообразной работы насоса. Регулирование работы центробежных насосов также проводится путем обеспечения постоянства расхода или напора.

Поршневые газомоторные компрессоры регулируют по давлению не на приеме, а на выкиде. В этом случае не теряется работа, затраченная на сжатие перепускаемого газа. Применение метода перепуска требует расчетов и проверки во избежание повышения температуры сжимаемого газа и возможного взрыва.

Регулировать работу газомоторных компрессоров можно также, изменяя число оборотов.

Автоматически поддерживать постоянное давление на приеме и на выкиде можно в компрессорах с приводом от электродвигателя.

Автоматическая защита воздушного компрессора (рис. 22) обеспечивает поддержание в резервуаре сжатого воздуха определенного давления и выключение компрессора в случае прекращения подачи охлаждаемой воды, предупреждая его перегрев.

При повышении температуры нагнетания более допустимых пределов используют датчики, обеспечивающие остановку электродвигателя и компрессора.

Температуру подшипников контролируют с помощью чувствительных элементов, устанавливаемых непосредственно в подшипник, или датчика, контролирующего температуру масла в картере.

Для защиты от перегрева обмоток электродвигателя применяют электрические тепловые реле, которые выключают электродвигатель при увеличении силы тока или при повышении температуры обмоток двигателя.

Для защиты электродвигателей, приборов и сетей от токов короткого замыкания, перегрузки и перегрева применяют автоматические тепловые реле, встраиваемые в магнитные пускатели.

Применение нейтрализаторов зарядов статического электричества (термические, электрические и радиоактивные ионизаторы воздуха) в автоматизированных системах позволяет уменьшить пожарную опасность.

Автоматизация огневых аппаратов. Автоматизация процессов сжигания газа основана на электропроводности факела горящего газа. Во время горения газа в печи между факельным электродом и корпусом горелки благодаря электропроводности пламени про-

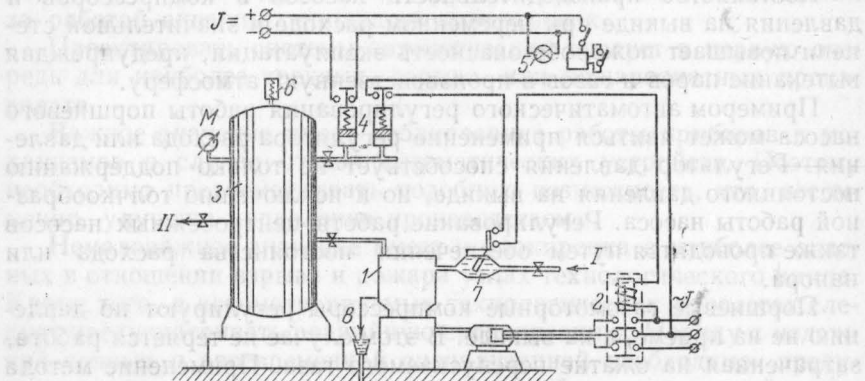


Рис. 22. Схема автоматической защиты компрессорной установки:

1—компрессор; 2—магнитный пускатель; 3—резервуар; 4—реле давления; 5—световой и звуковой сигналы; 6—предохранительный клапан; 7—струйное реле; 8—сливная трубка.
Линии: I—охлаждающая вода; II—сжатый воздух к потребителю.

текает слабый электрический ток, который усиливается электронным усилителем и удерживает в открытом состоянии электромагнитный запорный клапан на топливопроводе печи. При прекращении горения ток исчезает, и клапан перекрывает доступ газа к горелке.

Преимуществами автоматики, основанной на электропроводности факела горящего газа, являются ее малая инерционность, т. е. способность практически мгновенно срабатывать, малая зависимость действия от температуры топки или наличия теплоизлучений; возможность широкого использования дистанционного управления.

Для управления процессом горения и его регулирования используют давление самого газа. Для устройства сигнализации на контрольном пункте используют ток низкого напряжения.

Печи со сложным технологическим и тепловым режимом оснащаются сигнализацией, предупреждающей об увеличении температуры над перевалом, падении давления топлива и др.

Требуемая температура нагреваемой жидкости в трубчатой печи поддерживается системой автоматического регулирования по температуре подогреваемого продукта или топочных газов на выходе из печи. На рис. 23 представлена схема контроля и регулирования температуры продукта в многокамерной трубчатой крекинговой печи. Температурный режим в каждой камере печи

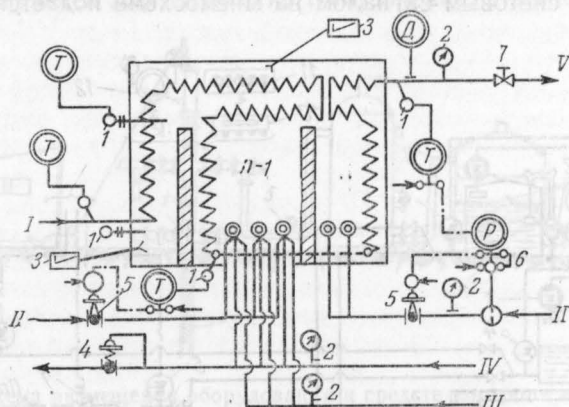


Рис. 23. Схема контроля и регулирования многокамерной трубчатой печи:

1—термодатчики; 2—манометры показывающие; 3—тягомеры; 4—регулятор давления; 5—клапаны регулирующие; 6—панель переключения на ручное управление; 7—редукционный вентиль.
Линии: I—вход продукта в печь; II—топливный газ; III—водяной пар; IV—жидкое топливо; V—выход из печи.

регулируется самостоятельно: в средней части—регулятором, изменяющим расход топливного газа; в правой части температура регулируется по двум параметрам. Здесь установлены корректирующий регулятор температуры и регулятор расхода, стабилизирующий топливную нагрузку печи. Применяется также мембранный исполнительный механизм типа ВО (воздух открывает) или ВЗ (воздух закрывает), который предупреждает аварийные случаи. Например, на топочной линии, идущей к форсунке печи, размещают механизм типа ВО, а на продуктопроводе—механизм типа ВЗ. В случае прекращения подачи воздуха или электроэнергии клапан механизма типа ВО перекроет подачу топлива в печь, а клапан механизма типа ВЗ закроет поступление продукта в нагретые трубы печи.

Наиболее совершенными системами регулирования всего процесса являются *взаимосвязанные каскадные схемы*.

Автоматизация неогневых аппаратов и установок. Для регулирования уровня границы раздела нефти и воды обычно применяют прибор типа РУКЦ-800 с большим диапазоном регулирования. Для автоматического поддержания уровня в сепараторе используют регуляторы уровня РУМ-3 или РУПШ-16.

Принципиальная схема автоматического управления процессом наполнения резервуара представлена на рис. 24.

Процесс заправки контролируют по мнемосхеме. Когда уровень в соответствующем резервуаре становится максимальным, то одновременно со световым сигналом на мнемосхеме подается импульс

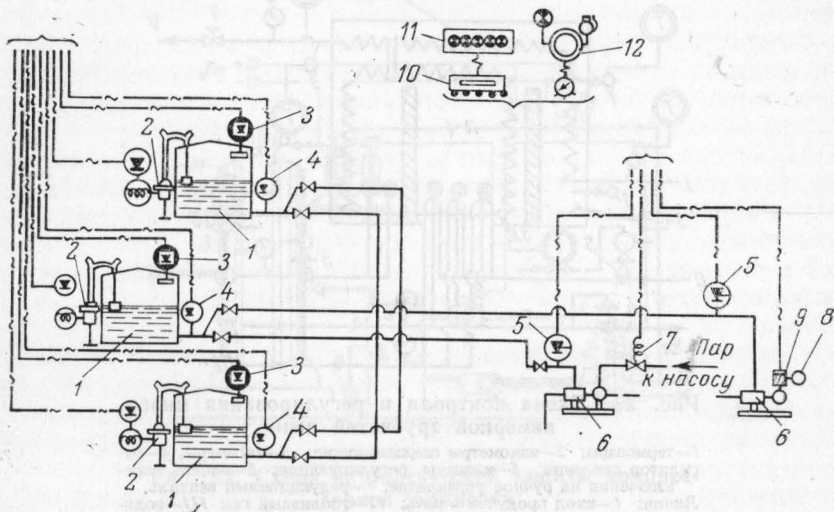


Рис. 24. Схема автоматизации процесса заправки продуктов в резервуары:

1—резервуар; 2—дистанционный указатель уровня; 3—датчик сигнализатора максимального уровня; 4, 5—реле давления; 6—насос; 7—запорный клапан; 8—кнопка управления; 9—магнитный пускатель; 10—пульт управления; 11—мнемосхема; 12—пульт контроля и сигнализации уровня.

для автоматической остановки насоса. Кроме того, резервуары оборудованы дистанционными указателями уровня 2 типа УДУ-2, а коммуникации—реле давления 4 и 5.

При определенном (заданном) уровне в емкости откачку жидкости может обеспечить автомат АО-4. Перемещение поплавка вызывает поворот оси автомата и включение микропереключателя аварийного уровня. Одновременно кулачок, закрепленный на оси, включает пневматический клапан, который соединяет газовое пространство емкости (сепаратора) с отсекающим мембранным клапаном ОМК-1, и установка (скважина) будет остановлена до вмешательства оператора.

Автоматизация работы ректификационной колонны атмосферной установки может быть представлена простейшей схемой связанного регулирования процесса ректификации.

Основой этой схемы является регулятор, получающий импульс от приборов, измеряющих различные параметры (в частности, температуру верха колонны), изменение которых влияет не только на состав продукта, выходящего с верха ректификационной колонны, но и на весь процесс.

Автоматизация фонтанной скважины. Для дистанционного измерения давления в затрубном пространстве и в буфере фонтанной арматуры предназначены датчики давления 1 (рис. 25), преобразующие величину измеряемого давления в импульсы тока соответствующей длительности. Напряжение, снимаемое в этом

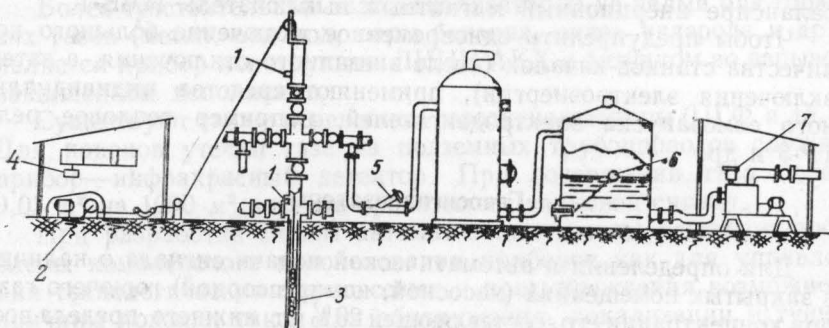


Рис. 25. Схема размещения оборудования и средств контроля и автоматизации фонтанной скважины:

1—датчики давления; 2—АДУ-2; 3—летающие скребки; 4—реле аварийной сигнализации; 5—отсекающий клапан; 6—автомат откачки; 7—клапан автоматического сброса газа.

случае со вторичного прибора, пропорционально измеряемой величине и поэтому позволяет судить о значении давления в скважине.

Автоматизация компрессорной скважины. Заданный режим работы компрессорной скважины регулируется подачей воздуха в скважину. Расход воздуха, нагнетаемого в скважину, контролируется расходомерами переменного перепада. Расход рабочего агента измеряется по перепаду давления на диафрагме, которое по импульсным трубкам передается измерительному элементу регулятора. Внутри корпуса регулятора расположено пневматическое реле, поддерживающее в трубке исполнительного механизма давление, зависящее от рассогласования двух стрелок. Одной из них является стрелка измерительного элемента (дифференциального манометра), а другой—стрелка задатчика, указывающая положение первой стрелки (расход), которое должно поддерживаться регулятором.

Автоматизация глубиннонасосной скважины осуществляется посредством блок-схемы системы телединамометрирования глубиннонасосных скважин. К одному динамоскопу подключается

до 96 скважин по четырем направлениям. Любая из скважин может быть выбрана для контроля при помощи селективного пункта СП. Электрические сигналы от датчиков усилий и положений поступают на динамоскоп, где на экране электронно-лучевой трубки (ЭЛТ) изображается динамограмма глубинного насоса. Специальный датчик положений позволяет записывать изменение нагрузки в зависимости от хода полированного штока.

Для предупреждения крупной аварии и возможного пожара при различных поломках или обрыве штанг глубиннонасосной установки ее необходимо останавливать, для чего размещают на балансирах инерционный магнитный выключатель ИМВ-1.

Чтобы предупредить одновременное включение большого количества станков-качалок (после внезапного отключения, а затем включения электроэнергии), применяют средства индивидуального самозапуска электродвигателей, например тепловое реле ТР-3 и др.

Газосигнализаторы

Для определения и автоматической подачи сигнала о наличии в закрытых помещениях (насосной, компрессорной) горючего газа при концентрации его, составляющей 20% от нижнего предела воспламенения, предназначен сигнализатор типа СГГ2, датчик которого

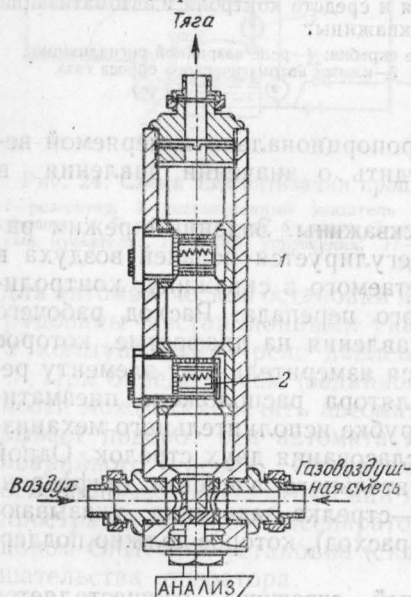


Рис. 26. Схема датчика сигнализатора СГГ2:

1—рабочая спираль; 2—сравнительная спираль.

изображен на рис. 26. Прибор состоит из датчика, электрического блока питания и вторичного прибора. Выпускается он в двух модификациях: СГГ2-В2Б и СГГ2-В4А.

Датчик к прибору СГГ2 выполнен во взрывозащищенном исполнении. Вторичный прибор и блок питания выполнены в нормальном исполнении и устанавливаются в помещениях, где исключена возможность появления горючих газов.

Действие прибора основано на сравнении величины электрического сопротивления двух нагретых платиновых спиралей, при соприкосновении с одной из которых происходит сжигание газа. Обе спирали—измерительная (или рабочая) и сравнительная—являются плечами моста, Уитстона, два

два других плеча которого представляют собой постоянные манганиновые сопротивления. Вследствие сгорания газа на рабочей спирали происходит разбаланс моста, и вторичный прибор указывает наличие горючего газа. При содержании горючих примесей до 20% от нижнего предела воспламенения срабатывает аварийное сигнальное устройство, предупреждающее о наличии в воздухе горючих газов.

На этом же принципе работает универсальный сигнализатор взрывоопасных сред СВК-3. Его универсальность заключается в том, что он применим практически для любых газов и паров без предварительной градуировки прибора на заданную среду.

Более чувствительным газосигнализатором на целый ряд горючих газов (метан, водород, пары бензина, окись углерода и др.) является прибор конструкции ЛНИИ АКХ с датчиком во взрывозащищенном исполнении.

Существуют также переносные газосигнализаторы (ПГФ и др.). Для поисков утечки газа из подземных трубопроводов служит прибор—инфракрасный детектор. При содержании газа более 0,05 м³ на 1000 м³ воздуха срабатывает звуковой сигнал.

При разработке систем автоматизации должны решаться проблемы комплексного использования приборов как для управления технологическими процессами и предупреждения возможной причины пожара, так и для обнаружения, локализации и тушения пожара.

Классификация и выбор средств автоматизации

Выбор автоматических устройств должен согласовываться с условиями их использования. При этом необходимо учитывать классификацию производственных помещений и установок, а также приборов и аппаратов контроля и автоматизации по степени их опасности в отношении взрыва и пожара.

По степени опасности в отношении взрыва и пожара приборы и аппаратура контроля и автоматизации делятся на следующие классы.

а. Механические приборы без применения электроэнергии. Они безопасны во взрыво-пожароопасной среде. К этому классу относятся: манометры и дифманометры (механические и с ртутным заполнением); пневматические и гидравлические приборы; большая часть блоков агрегатно-унифицированной системы (АУС); газонаполненные и ртутные манометрические термометры, пневматические индикаторы расхода (ротаметры) и другие приборы, у которых привод отдельных узлов (печатных схем, диаграмм) осуществляется с помощью часового механизма.

б. Электрические приборы в нормальном исполнении с питанием от сухого элемента (напряжение 1,5 в, сила тока 40 ма). К этому классу относятся: термометры с магнитоэлектрическими

гальванометрами; электрические термометры сопротивления; показывающие милливольтметры; самопишущие милливольтметры с часовым механизмом.

в. Электрические приборы и аппаратура во взрывозащищенном исполнении. Например, сигнализаторы уровня (взрывонепроницаемые) типа СУ-ВЗГ-4, сигнальные табло типа СЛУ-ВЗГ-1, манометрические термометры и манометры (электроконтактные), газоанализаторы типа (ПГФ-2-ВЗГ).

г. Электрические приборы и аппаратура в нормальном исполнении. Например, электрические газоанализаторы, автоматические электронные потенциометры марки ЭПП-09, электросирены и т. п. Электроизмерительные приборы и аппаратура (вольтметры, предохранители, выключатели) в эту классификацию не входят и устанавливаются в соответствии с ПУЭ.

К размещению в помещениях и установках класса В-I допускаются приборы классов «а», «б», «в»; классов В-Ia, В-II—приборы всех классов при избыточном давлении в защитных кожухах или в камерах; классов В-IIa, В-Iб, П-I, П-II. П-IIa—приборы всех классов, но приборы класса «г» помещаются в сплошные несгораемые кожухи (камеры); класса В-Iг—приборы всех классов, но приборы класса «г» заключаются в защитные кожухи (камеры) с избыточным давлением в них; класса П-III—те же приборы, что для П-IIa, П-II, П-I, В-IIa; класса Н—приборы всех классов без ограничений.

Во взрывоопасных условиях рекомендуется устанавливать приборы и аппаратуру, не требующие электроэнергии—пневматические, механические и магнитные. Могут быть допущены к использованию некоторые приборы, способные самовыключаться задолго до наступления опасных условий, а также во взрывобезопасном исполнении.

Глава V

РАЦИОНАЛЬНОЕ ОСВЕЩЕНИЕ

1. ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМЕ ОСВЕЩЕНИЯ

Большинство предприятий нефтяной и нефтехимической промышленности работает круглосуточно. Для непрерывного наблюдения за показаниями приборов контроля и автоматики, за состоянием аппаратов, оборудования, установок и коммуникаций необходимо рациональное освещение. Требования к рациональному освещению сводятся к достаточной яркости освещаемой поверхности; достаточной равномерности распределения яркости на рабочей поверхности и в окружающем пространстве; постоянст-

ву освещенности рабочей поверхности во времени; отсутствию в поле зрения светящихся блестящих поверхностей.

В условиях нефтепромыслов и нефтехимических предприятий освещение должно обеспечивать взрыво- и пожаробезопасность в тех местах, где возможно образование опасных по взрыву и пожару смесей.

В помещениях, где прекращение освещения может привести к взрыву или пожару, а также в помещениях, где недопустимо длительное нарушение технологического процесса, предусматривается аварийное освещение для продолжения работ. Это освещение должно создавать освещенность, равную 10% нормативной величины (при общем освещении лампами накаливания). Кроме того, предусматривается аварийное освещение для эвакуации людей, а также сеть охранного освещения по периметру территории предприятия (ПУЭ, 1959).

При выполнении всех этих требований создаются наиболее безопасные условия труда и устраняются причины возникновения пожаров. Вот почему создание рационального освещения является одним из основных мероприятий противопожарной техники.

Расчет искусственного общего освещения производится различными методами. Одним из таких методов является расчет по световому потоку. Можно также определить требуемую световую площадь S , задавшись световым потоком. В этом случае расчет производят по формуле:

$$S = \frac{Fz\tau}{N\eta E} \text{ м}^2$$

где F —световой поток лампы, лм ;

z —поправочный коэффициент светильника, или отношение минимальной освещенности условной рабочей поверхности к ее средней рабочей освещенности;

τ —коэффициент запаса на непрозрачность воздуха (дым, туман, запыленность), равный 1,2—1,3;

N —число светильников, назначаемое произвольно в зависимости от конфигурации помещения и специфических задач освещения;

η —коэффициент использования светового потока, т. е. отношение потока, падающего на расчетную площадь, к суммарному потоку всех ламп;

E —минимальная освещенность для данного рабочего места по нормам (ПУЭ, 1959), лм/м^2 .

Условной рабочей поверхностью считается горизонтальная плоскость, находящаяся на высоте 0,8 м от пола. Значение z принимается в зависимости от типа светильника и отношения расстояния от рабочего места до места подвеса светильника к высоте его подвеса над рабочим местом и составляет от 1,0 до 1,5.

Коэффициент η приводится в соответствующих таблицах [22] и выбирается в зависимости от типа светильников и индекса помещения i , который вычисляют по формуле:

$$i = \frac{S}{h(A+B)}$$

где S —площадь помещения, m^2 ;

h —расчетная высота светильника над рабочей поверхностью, m ;

A и B —длина и ширина помещения, m .

Определив световой поток, выбирают мощность и тип лампы (ГОСТ 2239—54).

Для наружных рабочих мест во взрыво- или пожароопасных помещениях лампы размещают в специальной арматуре.

2. ВЫБОР И РАЗМЕЩЕНИЕ СВЕТИЛЬНИКОВ

Чтобы исключить действие световых лучей на глаза, достигнуть лучшего распределения светового потока, защитить лампу от пыли, механических повреждений и химических воздействий, предусматривается специальная осветительная арматура. Эта арматура в совокупности с лампой образует светильник. Лампы присоединяются к сети патроном. По конструкции патроны бывают герметические, не дающие возможность парам, газам, жидкости и пыли проникать в токоведущие части; защищенные, т. е. предохраненные от соприкосновения с токоведущими частями; открытые.

По конструкции светильники делятся на шесть групп: а) открытые (неуплотненные); б) защищенные от непосредственного соприкосновения колбы лампы с пылью и водой; в) закрытые от пыли, воды, паров и газов (негерметичные); г) герметичные, защищенные от паров и газов; д) взрывозащищенные; е) для освещения помещений через проемы.

К группе герметичных светильников относятся рудничный светильник типа РГ для ламп от 100 до 200 *вт* и газо-пыленепроницаемый с блокировкой для химических производств типа БХ-60 и БХ-200. К взрывозащищенным относятся светильники типа ВЗГ-200 В4А-100 и др.

Светильники, предназначенные для помещений классов П-I и П-II, должны быть в пыленепроницаемом исполнении (закрытые, герметические). Для помещений класса П-IIа допускаются защищенные и открытые светильники. Пыленепроницаемые и влагозащищенные светильники применяются для наружных установок класса П-III.

Светильники, применяемые в помещениях класса В-I, должны иметь исполнение: взрывонепроницаемое, искробезопасное, спе-

циальное; в помещениях классов В-Ia и В-II—взрывозащищенное повышенной надежности против взрыва; в помещениях классов В-Iб и В-IIa—пыленепроницаемое. При размещении светильников в наружных установках класса В-Iг в непосредственной близости от аппаратов последние предусматриваются во взрывозащищенном исполнении.

Если в нормальных условиях эксплуатации установок не образуются взрыво-пожароопасные смеси, но они могут возникнуть в результате производственных осложнений, то светильники должны быть также повышенной безопасной конструкции. Например, объекты разведывательной и других буровых (у устья скважин, в редукторном помещении) следует рассматривать как наружные взрывоопасные установки класса В-Iг (при наличии газопроявлений).

Что касается люминесцентных ламп, то они выгодно отличаются от ламп накаливания: обеспечивают улучшенную цветопередачу (оттенки цветов воспринимаются почти так же, как при естественном освещении); имеют незначительную степень яркости (0,87—0,9 *сб*); не вызывают слепящего действия. Колбы ламп не нагреваются, поэтому они относятся к разряду менее пожароопасных, чем лампы накаливания. К недостаткам этих ламп следует отнести некоторую вибрацию световых волн и погасание при большом напряжении. Надежных люминесцентных светильников для использования во взрыво-пожароопасной среде пока нет.

Конструкция светильников взрывозащищенного типа, например ВЗГ-200, выполнена по принципу взрывонепроницаемой оболочки. Взрывонепроницаемость светильника достигается заключением лампы накаливания в прозрачный стеклянный колпак, обладающий достаточной механической и термической прочностью, чтобы противостоять взрыву внутри колпака. Для этого между корпусом светильника и стеклом устроен зазор такой ширины, что продукты сгорания при взрыве внутри светильника выходят из него охлажденными до безопасной температуры. Благодаря этим же зазорам в значительной степени ослабляется взрывное давление внутри светильника, так как через них выходят газы, образующиеся при взрыве. Этим увеличивается надежность светильника, так как прочность его рассчитывается на максимальное взрывное давление.

Одной из основных деталей светильника является искробезопасный патрон (рис. 27). Безопасность патрона обеспечивается тем, что электрическая цепь при вывертывании лампы прерывается не между цоколем лампы и контактным прижимающим штифтом патрона, а в искрогасительной камере. В отличие от обычного патрона в искробезопасном патроне на пружинном контактном штифте электрического напряжения нет.

На рис. 28 представлен светильник В4А-100. В отличие от ВЗГ-200 он имеет автоматическую блокировку, изолирующую

токоведущие части светильника, находящиеся под напряжением. Его отличительной особенностью является надежность в отношении внешних воздействий. Для местного освещения служит низковольтный светильник В4А-50.

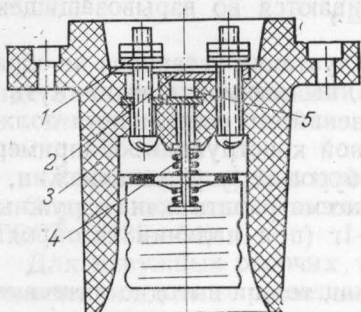


Рис. 27. Искробезопасный патрон для светильников:

1—подводящий контакт; 2—неподвижный контакт; 3—корпус; 4—пружинный контакт; 5—искрогасительная камера.

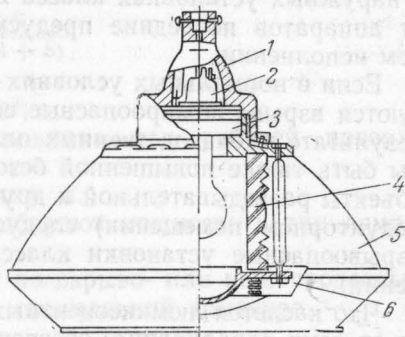


Рис. 28. Взрывобезопасный светильник типа В4А-100:

1—крышка; 2, 3—блокирующие устройства; 4—цилиндрическая линза; 5—стальной отражатель; 6—щит.

В помещениях классов В-Ia и В-IIa применяют светильники повышенной надежности против взрыва НОБ-150, НОГ-100 (рис. 29). При нормальной работе этих светильников исключается возможность появления теплового импульса в производственной среде.

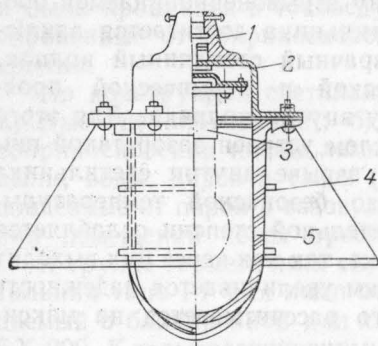


Рис. 29. Светильник повышенной надежности против взрыва:

1—фланец; 2—корпус; 3—искробезопасный патрон; 4—защитная сетка; 5—защитный стеклянный колпак.

Светильники необходимо располагать там, где размещаются аппаратура, оборудование, приборы контроля и автоматики, эвакуационные пути, первичные средства пожаротушения и т. д. При этом нужно обеспечить равномерность освещения всех рабочих мест и исключить поломку осветительных систем, размещая их в наиболее безопасных местах, например в стороне от линии работ предохранительных мембран, клапанов и других устройств.

Если характер производства не позволяет располагать осветительную арматуру внутри помещения или нет специальных светильников, но есть возможность освещения этих помещений извне,

то электрическое освещение, например взрыво-пожароопасных помещений, может быть осуществлено стационарными светильниками нормального исполнения при условии их изоляции от производственной среды. Освещение в этих случаях производится: а) через наглухо закрытые двойные фрамуги окон; при одинарном остеклении светильники снабжаются защитными стеклами или стеклянными колпаками; б) через устроенные в стенах здания закрытые ниши с двойным остеклением и естественной вентиляцией; в) через крышечные фонари двойного остекления специального типа со светильниками и устройством для естественной вентиляции; г) через коробки с небьющимся стеклом, находящиеся под избыточным давлением воздуха или инертного газа.

Температура поверхности остекления, обращенной к взрывоопасному помещению, не должна превышать 120 °С.

На рис. 30 и в табл. 14 показано размещение светильников на буровых с вышкой высотой 41 м.

ТАБЛИЦА 14

Размещение светильников

| Места, подлежащие освещению | Буровая с вышкой высотой 41 м | | | |
|---------------------------------|-------------------------------|--|---------------------------|---------------------------|
| | число точек | угол наклона оси светильника к вертикали градусы | мощность точки, <i>вт</i> | № светильников на рис. 30 |
| Основание вышки | 5 | 30—50 | 300 | 1, 2, 3, 4, 5 |
| Полати верхового | 2 | 60 | 300 | 11, 12 |
| Путь талевого блока | 1 | 65 | 300 | 10 |
| | 1 | 90 | 150 | 13 |
| Кронблок | 1 | 55 | 150 | 14 |
| Пульт с приборами | 1 | 75 | 100 | 7 |
| Редукторное помещение | 4 | 0 | 150 | — |
| Приемные мостки | 3 | 60 | 300 | 9, 6 |
| Насосное помещение | 3 | 0 | 200 | — |
| Прием насосов | 2 | 0 | 200 | — |

Для освещения открытых площадей используют прожекторы заливающего света типа ПЗ-45 для ламп 100 *вт*, типа ПЗ-35 для ламп 300—500 *вт*, типа ПЗ-24 и для ламп 150 *вт*.

При открытом фонтанировании или выбросах буровые освещаются прожекторами, расположенными со стороны моста. Глубиннонасосные и компрессорные эксплуатационные скважины освещаются водо-пыленепроницаемыми светильниками, установленными на столбах на расстоянии не менее 5 м от устья скважин. Газораздаточные станции, сливные и наливные эстакады чаще всего освещаются прожекторами, размещенными по периметру предприятия.

Осветительная проводка выбирается в соответствии с категорией производства. Для подвода тока применяются провода марок

ПР-500, ПРГ-500 и ПРТО-500 сечением $1,5 \text{ мм}^2$. Проводку для взрыво- или пожароопасных производств заключают в газовые стальные трубы или защищают покрытиями (асфальтовый лак, эмалевая краска).

Распределительные электрические сети по территории предприятий нефтяной и нефтехимической промышленности располагают преимущественно в подземных кабелях.

В условиях бурения допускается применение проводок из коротажного кабеля.

Например, для взрыво- или пожароопасных производств применяют провода марки ПР-500 при номинальном напряжении в сети не выше 500 в в местах, где не требуется особой гибкости проводов. Эти провода прокладывают в стальных (газовых) трубах: в пожароопасных помещениях—при открытой прокладке труб; во взрывоопасных—при скрытой прокладке труб. В последнем случае трубы герметизируют путем опрессовки воздухом под давлением 2,5 ат.

Провод марки ПРГ-500 применяют в местах, где не требуется особой гибкости проводов. Прокладываются они также в трубах (герметичных для взрывоопасных помещений) при наличии большого количества изгибов и в сетях постоянного тока до 1000 в (в пожароопасных помещениях).

Прокладываются они в таких же трубах, что и ПР-500. Трубы герметизируют при помощи нарезных муфт с уплотнениями в местах стыка. Концы труб заделывают непосредственно в корпус прибора или при помощи переходных коробок, имеющих газовую резьбу.

В местах, опасных в отношении образования взрыво-пожароопасной смеси, применяют переносные взрывобезопасные аккумуля-

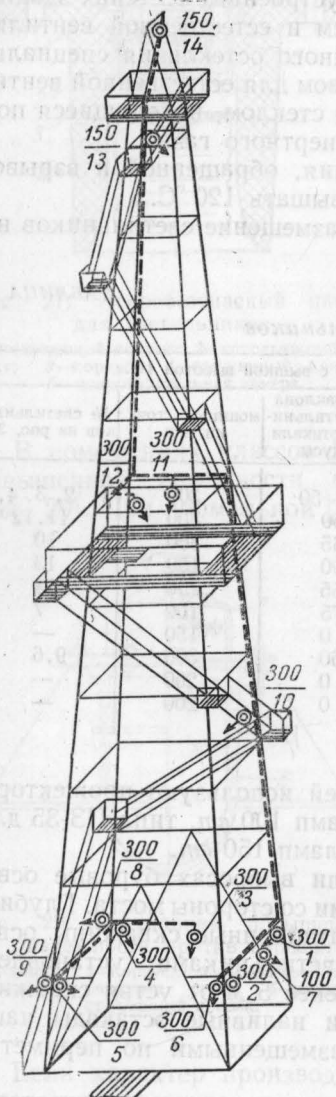


Рис. 30. Освещение вышки буровой с газовыделениями.

муляторные лампы. При разрушении стеклянного колпака лампа выключается, не воспламеняя взрывоопасную среду.

Наряду с рациональным освещением производственных территорий весьма важное значение имеет рациональная вентиляция.

Глава VI

РАЦИОНАЛЬНАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ

1. КЛАССИФИКАЦИЯ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ УСТАНОВОК

Атмосфера производственных помещений нуждается в постоянном воздухообмене для очистки от огне- и взрывоопасных, а также токсичных паров, газов и пыли. Санитарные нормы (СН 245—63) устанавливают допустимые концентрации вредных примесей в производственных помещениях в зависимости от токсичности и легучести веществ. Эти концентрации веществ в смеси с воздухом значительно ниже нижнего предела их взрываемости (табл. 15).

ТАБЛИЦА 15

*Значения предельно допустимых
концентраций и нижних концентрационных
пределов воспламенения некоторых веществ*

| Вещества | Предельно до- пустимые кон- центрации мг/м ³ | Нижний предел вос- пламенения мг/л |
|-------------------------|--|---|
| Аммиак | 20 | 112,0 |
| Анилин | 5 | 61,0 |
| Ацетон | 200 | 38,6 |
| Бензол | 100 | 42,0 |
| Бензин, керосин | 300 | 60,0 |
| Бутиловый спирт | 200 | 53,0 |
| Метиловый спирт | 50 | 46,5 |
| Оксись углерода | 20 | 145,0 |
| Сероводород | 10 | 61,0 |
| Сероуглерод | 10 | 31,5 |
| Скипидар | 300 | 41,3 |
| Этиловый спирт | 1000 | 50,0 |

Рациональная вентиляция в значительной степени улучшает санитарно-гигиенические условия труда и повышает пожаробезопасность производства.

Вентиляция классифицируется по ряду признаков. По способу воздухообмена она может быть естественной и искусственной. По направлению движения воздуха—приточной, вытяжной и

приточно-вытяжной. По площади действия—общеобменной и местной. Часто применяют комбинированную вентиляцию: общую и местную с использованием естественного и механического способов перемещения воздуха.

В зависимости от вида перемещаемых паров, газов, пыли и других отходов производства вентиляционные установки делятся на пять категорий.

1. Приточные и вытяжные, перемещающие воздух, не содержащий взрыво- или пожароопасных примесей.

2. Вытяжные—для удаления сгораемых, но невзрывоопасных производственных пылей и отходов (древесные опилки и стружки, шерсть, хлопок).

3. Вытяжные—для удаления воздуха или дыма с температурой выше 60 °С (дымососные установки, отсосы от горнов, печей).

4. Вытяжные—для удаления взрыво- и пожароопасных пылей и отходов (целлулоидная и сахарная пыль, сажа).

5. Вытяжные—для удаления или перемещения воздуха, содержащего взрывоопасные и легковоспламеняющиеся газы и пары (бензин, бензол, сероуглерод, спирт, эфир).

Неправильно запроектированная вентиляционная система может способствовать возникновению и распространению пожара. Поэтому при проектировании следует учитывать приведенную выше классификацию вентиляционных установок по степени пожарной опасности.

В холодное время года температура наружного воздуха ниже температуры воздуха в производственных помещениях. В иное время года температура воздуха внутри помещений может быть равна или ниже наружной температуры. За счет этой разности температур происходит движение воздуха, т. е. **естественная вентиляция**. Возникающее при этом давление называется *тепловым напором*. Воздухообмен в помещении будет тем интенсивнее, чем больше расстояние от нижних приточных отверстий до верхних выходных отверстий и чем больше разность удельных весов воздуха внутри помещения и снаружи.

Известно, что ветер давит на встречающиеся на пути здания, сооружения. При обтекании их возникает разрежение над кровлей, на наветренной и боковых сторонах. Действующее при этом давление называется *ветровым напором*.

Подачу наружного воздуха в помещения регулируют посредством перекрытия оконных, фонарных и других проемов. Для наибольшей эффективности естественного проветривания (аэрации) здание должно быть расположено своей длиной перпендикулярно к направлению господствующих ветров или под углом около 30°.

Для увеличения естественной вентиляции производственных помещений предусматривается устройство вытяжных каналов, которые заканчиваются на перекрытиях зданий специальными

насадками—дефлекторами. Действие дефлекторов основано на аэродинамическом законе обтекания ветром цилиндрических тел, согласно которому ветер создает давление на $\frac{2}{7}$ поверхности цилиндра, а на остальных $\frac{5}{7}$ —разрежение. Благодаря разрежению удаляется загрязненный воздух из помещения. Применяют звездобразные, круглые и квадратные (типа ЦАГИ) дефлекторы.

Более совершенным является дефлектор типа ЦАГИ. Вытяжная труба для облегчения выхода воздуха оканчивается расширением (диффузором). Этот дефлектор полностью предохраняет помещение от попадания дождя и снега.

Искусственная вентиляция, местная и общеобменная, работает независимо от наличия теплового и ветрового напора. Она позволяет забирать воздух в любом месте, а также очищать его, нагревать и увлажнять. В этом преимущество искусственной вентиляции перед естественной.

Чистый воздух лучше забирать с наветренной стороны зданий и сооружений, а выводить загрязненный—с подветренной. При необходимости забирать свежий воздух и сбрасывать воздух из помещений в одном и том же месте следует отверстие для сброса размещать на расстоянии не менее чем 5 м ниже по вертикали и не менее чем 15 м по горизонтали от отверстия для забора воздуха; последнее располагать на высоте не менее 1,5—2,0 м от поверхности земли. Всасывающие трубы следует относить от устья дымовых каналов и труб и перекрывать защитными сетками.

Местная вытяжная вентиляция удаляет пары, газы и пыль у места их возникновения (насос, компрессор и т. д.).

Местная приточная вентиляция позволяет создавать у рабочего места сосредоточенный приток воздуха (так называемые воздушные души и воздушные оазисы). При воздушном душировании направленная струя воздуха подается в место постоянного пребывания рабочего. На постоянных рабочих местах в больших помещениях создают воздушные оазисы, частично изолируя рабочие места от всего помещения и подавая в изолированную зону чистый воздух.

Для того чтобы создать избыточное давление (подпор), препятствующее проникновению загрязненного воздуха из соседних помещений, предусматривается приточная и вытяжная вентиляция.

Вытяжная вентиляция применяется в тех помещениях, где имеются вредные выделения, пребывание людей кратковременно. Для помещений с длительным пребыванием в них людей устраивается более совершенная вентиляция—приточная.

Более безопасными считаются *вентиляционные установки, основанные на принципе эжекции*. Они применяются для помещений, в воздухе которых содержатся пары огнеопасных веществ (спирт, эфир и др.). Эти системы используют воду как эжектирую-

щий агент. Эжекционные установки имеют невысокий коэффициент полезного действия и потому не всегда могут быть применимы.

При попадании в производственные помещения больших количеств опасных газов, паров или пыли начинает работать *аварийная вентиляция*. Не следует забывать, что никакая вентиляционная система не в состоянии полностью исключить взрыв или пожар, в том числе и при авариях на установках. Поэтому первоочередная задача при проектировании и эксплуатации установок— это обеспечение максимальной герметизации, изоляции, механизации и укрытия производственного оборудования.

При создании аварийных вентиляционных систем кратность воздухообмена рекомендуется принимать равной 20, а для производств взрыво- и пожароопасных—до 60. Вентиляторы для аварийных систем должны обладать высокой производительностью. Для транспортировки огнеопасных газов, паров и пылей используют осевые пропеллерные вентиляторы низкого давления (до 100 кг/м^2). Вентиляторы размещают в оконных проемах, над дверями и в специальных стенных нишах.

Ручное включение аварийной системы предусматривается внутри помещения и вне его. Автоматическое включение обеспечивают размещенные в цехах и на установках специальные газосигнализаторы (см. стр. 104).

2. ВЫБОР ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ УСТАНОВОК В СООТВЕТСТВИИ С ПОЖАРООПАСНОСТЬЮ ПРОИЗВОДСТВ

В производственных помещениях должен быть осуществлен воздухообмен, условия создания которого зависят прежде всего от свойств и количеств выделяющихся паров, газов или пыли. Эти выделения в свою очередь зависят от особенностей технологического процесса, применяемого оборудования и его размещения. Поэтому заранее выясняют все эти данные и решают вопрос о выборе системы вентиляции.

В помещениях, где имеют место тепловыделения (горячие насосные, компрессорные и др.), напор воздуха H (при движении снизу вверх) подсчитывают по формуле:

$$H = h(\gamma_{\text{нар.}} - \gamma_{\text{вн.}}) \text{ кг/м}^2$$

где h —расстояние от нижнего приточного отверстия до верхнего выходного отверстия, м;

$\gamma_{\text{нар.}}$ —удельный вес воздуха вне помещения, кг/м^3 ;

$\gamma_{\text{вн.}}$ —удельный вес воздуха внутри помещения, кг/м^3 .

Разность температур уходящего и нагретого воздуха Δt °С можно определить с помощью графика (рис. 31). На этом графике q —величина удельных тепловы-

делений, $\text{ккал}/(\text{м}^3 \cdot \text{ч})$; m —температурный коэффициент, определяемый по формуле:

$$m = \frac{t_p - t_n}{t_y - t_n}$$

где t_p —температура воздуха в рабочей зоне, $^{\circ}\text{C}$;

t_n —температура наружного воздуха, $^{\circ}\text{C}$;

t_y —температура уходящего воздуха, $^{\circ}\text{C}$.

Если, например, $q = 110 \text{ ккал}/(\text{м}^3 \cdot \text{ч})$, то величина m по графику будет равна 0,48.

При $(t_p - t_n) = 5^{\circ}\text{C}$

$$\Delta t = t_y - t_n = \frac{t_p - t_n}{m} = \frac{5,0}{0,48} = 10^{\circ}\text{C}$$

Этот график позволяет рассчитать аэрацию для летнего периода.

При незначительном выделении огнеопасных (или токсичных) веществ, отсутствии тепловыделений, а следовательно, и теплового напора при малом объеме помещения можно ставить только местную вентиляцию. В холодной насосной, где перекачивается бензин, предусматривается естественная вентиляция как наиболее взрывопожаробезопасная с использованием дефлекторов.

Величина дефлектора, характеризующаяся диаметром его вытяжной трубы, может быть определена, если известны: количество воздуха, которое нужно извлечь из помещения; скорость движения ветра; сопротивление канала, которое должно быть преодолено; тип дефлектора.

Скоростное давление ветра h_1 определяют по формуле:

$$h_1 = \frac{\omega_1^2 \gamma}{2g} \text{ кг}/\text{м}^2$$

где ω_1 —скорость ветра, $\text{м}/\text{сек}$;

γ —удельный вес загрязненного воздуха, $\text{кг}/\text{м}^3$; принимается равным 1,2;

g —ускорение силы тяжести, $\text{м}/\text{сек}^2$.

При сопротивлении дефлектора h_2 , равном сопротивлению канала h_3 , по графику (рис. 32) находят отношение $\frac{\omega_2}{\omega_1}$, где ω_2 —скорость движения воздуха в трубе дефлектора, $\text{м}/\text{сек}$.

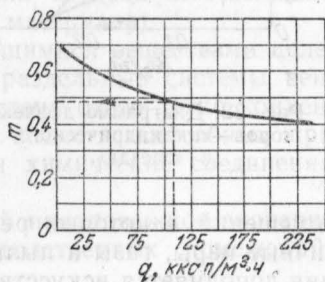


Рис. 31. Зависимость величины удельных тепловых выделений от температурного коэффициента.

Площадь горла дефлектора F может быть найдена по формуле:

$$F = \frac{V}{3600 \omega_2} \text{ м}^2$$

где V —количество воздуха, которое необходимо извлечь из помещения, $\text{м}^3/\text{ч}$.

Диаметр вытяжной трубы d , на которую насажен дефлектор, определяют по формуле:

$$d = 0,019 \sqrt{\frac{V}{\omega_2}} \text{ м}$$

Вытяжные трубы устанавливают у нижних и верхних отметок зданий (в зависимости от плотности паров, газов).

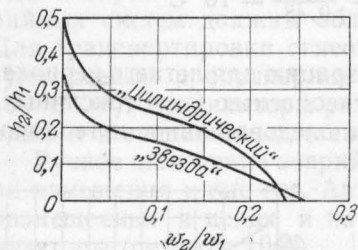


Рис. 32. Диаграмма дефлекторов—«цилиндрического» и «звезда».

Дефлекторы устанавливают так, чтобы они возвышались над коньком здания и не были экранированы близко расположенными высокими зданиями и сооружениями.

При ширине здания более 25 м дефлекторы располагают в два ряда. Расстояние между отдельными дефлекторами должно быть не более 10 м.

При безветрии ухудшается тяга через вытяжную трубу, поэтому применение только одних дефлекторов не может быть рекомендовано для

помещений, в которых регулярно выделяются огнеопасные, токсичные пары, газы и пыль. В этом случае естественная вентиляция дополняется искусственной.

В помещениях с незначительным выделением опасных веществ (моторные коридоры, пульты управления, тамбуры) целесообразно с помощью общеобменной приточной и вытяжной вентиляции создавать некоторое избыточное давление. Подпор препятствует проникновению загрязненного воздуха из смежных помещений.

При значительных выделениях выбирают естественную систему вентиляции в сочетании с местными механическими вытяжками и притоком воздуха на рабочие места. В производствах, где требуется особо надежный и повышенный обмен воздуха, выбирают систему приточной и вытяжной механической вентиляции.

Кратность обмена воздуха K при общеобменной вентиляции определяют по формуле:

$$K = \frac{W}{V} \text{ ч}^{-1}$$

где W —объем воздуха, удаляемого из помещения в единицу времени, $\text{м}^3/\text{ч}$;

V —объем помещения, м^3 .

При выделении огнеопасных веществ объем удаляемого воздуха W определяют по формуле:

$$W = \frac{q \cdot 1000}{C_d - C_o} \text{ м}^3/\text{ч}$$

где q —количество выделяющихся огнеопасных веществ, $\text{кг}/\text{ч}$;

C_d —предельно допустимая концентрация огнеопасных веществ, $\text{г}/\text{м}^3$;

C_o —концентрация огнеопасных веществ в подаваемом чистом воздухе, $\text{г}/\text{м}^3$.

При обеспечении расчетного воздухообмена количество вредных примесей должно быть ниже предельно допустимых нормативных величин (см. табл. 15); при этом концентрации веществ в смеси с воздухом будут значительно ниже нижнего предела их взрываемости.

Чтобы исключить соприкосновение огнеопасных смесей с вращающимися частями вентилятора, нельзя присоединять вытяжную сеть непосредственно к вентилятору (или следует изготавливать колесо вентилятора из неискрящего материала).

На участках с различными выделяющимися веществами целесообразно выбирать самостоятельные, отдельные системы вентиляции. Нельзя объединять в одну систему отсос легко конденсирующихся паров и пыли, а также веществ, способных при смешении создавать воспламеняющиеся химические соединения или взрывоопасные смеси.

Наряду с рациональной вентиляцией немаловажное значение имеет рациональное отопление производственных помещений.

Глава VII

РАЦИОНАЛЬНОЕ ОТОПЛЕНИЕ

1. МЕСТНОЕ ОТОПЛЕНИЕ

Рациональное отопление имеет большое значение не только для здоровья обслуживающего персонала, но и для создания пожаро-безопасных производственных условий. Поэтому обеспечение рационального отопления является одним из основных мероприятий противопожарной техники.

Нерациональная система отопления, низкая температура или перегрев воздуха в производственных помещениях могут послужить причиной перебоев в ведении технологического процесса.

Выбор системы отопления определяется санитарно-гигиеническими и технико-экономическими требованиями с учетом категории производств по пожарной опасности и классов отопления.

Системы отопления делятся на шесть классов: I класс—местное отопление переносными печами; II класс—местное отопление стационарными печами с открытыми топками, в том числе газовыми и электрическими; III класс—центральное паровое отопление высокого давления (до 2 ат) или водяное перегретой водой с температурой до 180 °С; IV класс—центральное паровое отопление низкого давления при нагреве труб и батарей от 100 до 110 °С при давлении не более 0,5 ат; V класс—центральное водяное отопление низкого давления при нагреве труб и батарей не выше 95 °С; VI класс—центральное отопление при нагревании воздуха вне помещений в калориферах паром или водой.

Как правило, системы отопления I и II классов в производственных и складских зданиях и сооружениях предприятий нефтяной и нефтехимической промышленности не применяются.

Местное отопление стационарными печами может применяться в общественных зданиях высотой до трех этажей включительно.

Газопроводы внутри здания прокладывают открыто, без какой-либо заделки.

У печей предусматриваются два вентиля: нижний—рабочий и верхний—запорный.

Местные отопительные приборы с температурой до 150 °С необходимо устанавливать от сгораемых конструкций на расстоянии 38 см. В месте прохождения дымовых труб и каналов местного отопления через сгораемые части здания предусматриваются защитные разделки от дыма шириной 38 см из несгораемых материалов.

Электрическое отопление допускается в тех помещениях, где нет легковоспламеняющихся жидкостей, горючих газов и пылей.

Для отопления используют реостатные приборы двух категорий; нетеплоемкие, состоящие из витков голой проволоки, ленты или сетки, помещенные в футляры; теплоемкие, имеющие наружную изразцовую оболочку и внутреннее ядро из огнеупорного материала, на котором смонтированы нагревательные элементы в виде проволок и лент из сплавов с высоким сопротивлением (нихром, никелин и т. п.).

2. ЦЕНТРАЛЬНОЕ ОТОПЛЕНИЕ

Центральное отопление применяется очень широко. В настоящее время большинство предприятий нефтяной и нефтехимической промышленности получает тепло от районных и собственных теплоэлектроцентралей (ТЭЦ), часть предприятий—от производственных котельных.

В зависимости от теплоносителя центральные системы отопления делятся на четыре группы: водяные, паровые, воздушные и комбинированные (редко применяемые).

Различают системы гравитационные и с механическим побуждением. В гравитационных системах теплоноситель перемещается благодаря разности его объемных весов в нагретом и охлажденном состоянии. Механическим побудителем в водяных и паровых системах отопления являются насосы.

Схема водяной системы представлена на рис. 33. Горячая вода от котла поднимается по главному стояку в распределительный бак и затем по питающим стоякам—в нагревательные батареи. Пройдя их, горячая вода отдает свое тепло и по обратному стояку II возвращается в котел. Такая система носит название «двухтрубной системы с верхней разводкой».

Отопление водой, нагретой до температуры 120—160 °С, можно применять во всех производствах, за исключением помещений, в которых работают с сероуглеродом, горючими пылями, киноплёнкой и т. п. Температура поверхности нагревательных батарей не должна превышать 90 °С.

Водяное и паровое отопление не допускается в помещениях, где имеются щелочные металлы, металлоорганические соединения, силаны, карбиды и другие вещества, способные при взаимодействии с водой загораться или разлагаться с выделением взрывоопасных и ядовитых продуктов.

Нагревательные приборы должны иметь гладкие поверхности, удобные для систематической очистки.

При паровом отоплении теплоносителем является пар, теплосодержание которого зависит от давления.

Паровое отопление низкого давления с температурой поверхности нагревательных приборов 100—110 °С устанавливают в производственных помещениях, в которых нет взрывчатых веществ, фосфора, сероуглерода и других веществ, бурно реагирующих с водой.

Устройство паровой системы, которая мало отличается от водяной, изображено на рис. 34.

Воздушная, или калориферная, система центрального отопления состоит из калорифера и воздухопроводов.

Холодный воздух, проходя через нагретые каналы калорифера, нагревается и поступает в обогреваемые помещения. Наиболее широко применяются водяные и паровые калориферы. Воздушное отопление с огневыми калориферами на предприятиях нефтяной и нефтехимической промышленности может быть применено только в производствах категорий Г и Д.

Точечное отопление является одним из видов воздушного. Оно может быть применено для утепления небольших площадок у рабочих мест в больших неотапливаемых цехах. Стены, перекрытия, окна и двери в подобных цехах необходимо утеплять.

Теплый отходящий воздух может содержать взрыво-пожаро-опасные примеси паров, газов и пыли. Поэтому повторное его использование (рециркуляция) для производств, относимых по пожарной опасности к категориям А и Б, а также при наличии в воздухе ядовитых веществ не допускается.

Резкое понижение температуры и сквозняки могут быть устранены с помощью тамбуров, защитных стенок и т. п.

Чтобы холодный воздух не проникал в помещение, когда открываются двери, целесообразно устраивать воздушные тепловые завесы.

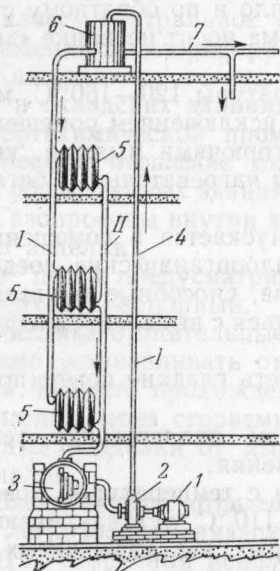


Рис. 33. Схема центрального водяного отопления:

1—электромотор; 2—насос; 3—котел; 4—главный стояк; 5—нагревательная батарея; 6—распределительный бак; 7—разводящая труба.
Линии: I—горячая вода; II—холодная вода.

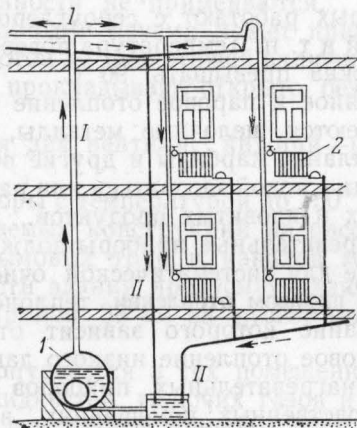


Рис. 34. Схема центрального парового отопления:

1—паровой котел; 2—нагревательная батарея.
Линии: I—пар; II—конденсат.

В больших цехах, где работает немного людей, топить весь цех нецелесообразно. В таких помещениях (с площадью пола на одного работающего более 100 м^2 , как и для работающих на открытом воздухе) нормальную температуру воздуха поддерживают только в установленных местах отдыха (специальные комнаты отдыха, культбудки, теплушки и т. п.).

ЗАЩИТНЫЕ УСТРОЙСТВА, ГАРАНТИРУЮЩИЕ ПОЖАРНУЮ БЕЗОПАСНОСТЬ

Рациональные системы, аппараты, механизмы, оборудование, инструмент требуют специальных защитных и предохранительных устройств и приспособлений. Их назначение—способствовать исключению причин возникновения пожаров при нарушении технологических процессов производства, при неисправности инструмента и оборудования, при ошибочных действиях обслуживающего персонала установок и т. п.

В зависимости от конкретных производственных условий, наличия того или иного здания, аппарата, механизма или инструмента конструкции и принципы действия защитных устройств весьма разнообразны. К таким устройствам относятся: ограничители; регуляторы температуры, давления, веса, движения; блокировочные приспособления; компенсаторы; предохранители; вышибные проемы в зданиях и сооружениях [28] и т. п.

Защитные устройства предусматриваются в процессе проектирования зданий, сооружений, конструирования и изготовления оборудования и являются его неотъемлемой частью. В нефтяной и нефтехимической промышленности широко применяются и такие защитные устройства, которые являются дополнительной частью к основному или вспомогательному оборудованию, инструменту, механизму: грозозащита, заземление, ионизация и др.

1. ГРОЗОЗАЩИТА

Основными устройствами, служащими для защиты зданий и сооружений от прямых ударов молнии, являются *молниеотводы*. Они состоят из молниеприемников, токоотводов и заземлителей. Молниеотводы бывают стержневые, антенные и сеточные.

Все здания и сооружения, защищаемые от проявлений атмосферного электричества, делятся на три категории.

I категория. Здания и сооружения, в которых находятся взрывчатые вещества, длительное время сохраняются или систематически образуются смеси газов, паров и пыли с воздухом, способные взорваться от электрической искры с разрушительными последствиями и человеческими жертвами.

II категория. Здания и сооружения, в которых находятся взрывчатые вещества, длительное время сохраняются или систематически образуются смеси газов, паров и пыли с воздухом, способные взорваться от электрической искры, не вызывая при этом значительных разрушений или человеческих жертв. К этой категории относятся металлические резервуары с ЛВЖ, газгольде-

ры, цистерны, установки, на которых находятся ЛВЖ и горючие газы, и т. п.

III категория. Здания и сооружения, представляющие народнохозяйственную, научную и культурную ценность, а также производственные сооружения, в которых отсутствуют взрывчатые или легковоспламеняющиеся вещества. К этой категории относятся высокие сооружения, дымовые трубы, механические мастерские, гаражи, склады тарного хранения горючих жидкостей и т. п.

Способ защиты от прямых ударов молнии выбирают в зависимости от характера и от категории сооружения, определяемой в соответствии с приведенной выше классификацией.

Невысокие (до 15 м) сооружения I категории защищаются молниеотводами, стоящими отдельно или устанавливаемыми на самом сооружении, но изолированно от него. Высокие сооружения (30 м и выше) защищают неизолированными молниеотводами, устанавливаемыми на самом сооружении.

Сооружения II категории защищают, как правило, молниеотводами, устанавливаемыми непосредственно на самом сооружении. Если защищаемый объект, например газгольдер или резервуар, имеет дыхательный клапан или газоотводящие трубы, молниеприемник должен возвышаться над ними на 3—5 м. При отсутствии подобных устройств герметичные емкости с толщиной металлических стен более 5 мм защищают присоединением корпусов этих объектов к заземлителю.

Сооружения III категории защищают неизолированными молниеотводами, устанавливаемыми на самом здании. Для защиты больших площадей, а также для большей надежности зоны защиты применяют многократные стержневые молниеотводы.

От вторичных воздействий молнии защищают здания и сооружения I и II категорий. Сооружения III категории, а также резервуары мелких товарных парков общей емкостью продукта до 3000 м³ от вторичных проявлений молнии не защищают.

Магистральные нефте- и газопроводы снабжают заземляющими устройствами в начале линии, на конце и на всех ее ответвлениях. Отдельно стоящие аппараты заземляют самостоятельно или присоединяют к общей заземляющей магистрали при помощи отдельного ответвления.

Для зданий и сооружений I категории предусматривается раздельное заземление от первичного и вторичного проявлений молнии; для сооружений II категории допускается единое заземление.

При устройстве молниеотводов, особенно для взрыво-пожароопасных объектов, нужно следить за тем, чтобы проводники не накалялись. Приблизленную температуру нагрева стального цилиндрического проводника T определяют по формуле:

$$T = 1,22 \cdot 10^{-4} \frac{I_c}{q} \text{ } ^\circ\text{C}$$

где I —сила тока, a ;
 τ —эффективная длительность воздействия разряда, сек;
 q —сечение проводника, мм^2 .

При создании грозозащиты следует учитывать грозоопасность района, характер и значение объекта, степень огнестойкости сооружений, состояние оборудования.

Расстояние от защищаемого здания или сооружения до молниеотвода S определяют по формуле:

$$S \geq 15 \left[4 - \frac{300 - R}{300 + R} \left(4 - \frac{h_0}{150} \right) \right] \text{ м}$$

где R —сопротивление заземлителя, ом ;

h_0 —длина токоотвода, м .

Общее сопротивление заземлителей не должно превышать 10 ом . Во избежание перехода разряда от молниеприемника на объект защиты провода антенны также должны быть удалены от него на расстояние, определяемое по формуле:

$$S = 0,1 \left(\frac{l_1}{2} + l_2 \right) \text{ м}$$

где l_1 —длина горизонтального антенного провода, м ;

l_2 —длина вертикальных проводов, м .

Схема стержневого молниеотвода представлена на рис. 35.

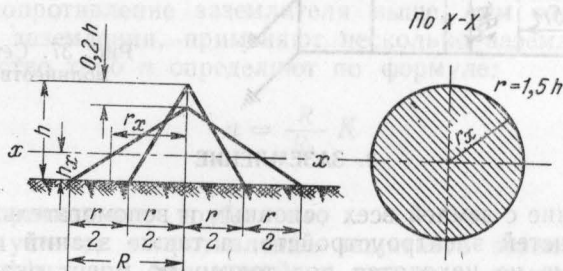


Рис. 35. Стержневой молниеотвод.

Зона защиты стержневым молниеотводом высотой h представляет собой конус. Основанием конуса является окружность радиусом $r = 1,5 h$.

На рис. 36 приводится схема защиты с дальним антенным молниеотводом. Для изоляции токоотвода от здания обычно сооружают опоры из древесины.

На рис. 37 показаны сеточные молниеотводы, которые применяются для защиты зданий и сооружений I и II категорий (со

взрывчатыми веществами и особо ценными материалами). Размер квадратов или прямоугольников сетки принимается равным $1,0 \times 1,0$ и $1,0 \times 1,5$ м.

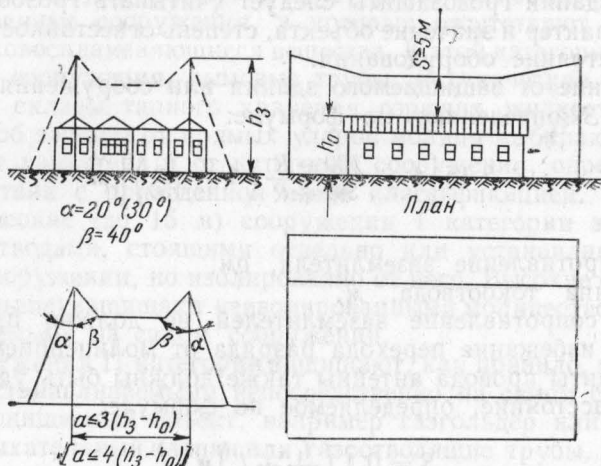


Рис. 36. Схема защиты с помощью двойных трассовых молниеотводов (дальний антенный молниеотвод).

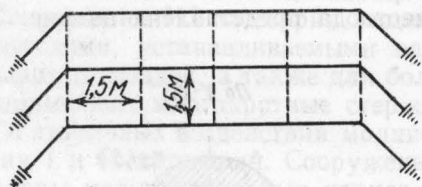


Рис. 37. Сеточные молниеотводы.

2. ЗАЗЕМЛЕНИЕ

Соединение с землей всех основных и вспомогательных металлических частей электроустройств, а также зданий и сооружений, которые не находятся под током, но могут оказаться под ним, называется *защитным заземлением*.

Назначение защитного заземления—предупредить не только поражение людей током, но и возникновение теплового импульса (искрение, короткое замыкание и пр.). Защитное заземление предусматривается при наличии и отсутствии рабочего заземления.

Защитное заземление применяют в трехпроводных сетях с изолированной нейтралью при напряжении до 1000 в и при напряжении выше 1000 в во всех случаях независимо от нейтрали. Кроме того, защитное заземление необходимо применять: а) в пожароопасных и взрывоопасных помещениях, в сырых и особо сырых помещениях и наружных устройствах при напряжении более

65 в; б) в производственных помещениях независимо от свойств окружающей среды и наружных устройствах при напряжении выше 150 в.

Присоединение нетоковедущих металлических частей электроустановки к многократно заземленному нулевому проводу называется *защитным занулением*. Зануление обязательно в четырехпроводных сетях напряжением до 1000 в, нейтраль которых заземлена наглухо.

Зануление обеспечивает защиту людей от поражения током в результате перегорания плавких предохранителей или срабатывания максимальной защиты. Зануление позволяет в сравнительно короткое время отключить электрооборудование в случае, если на нем возникает напряжение в результате пробоя изоляции или каких-либо других повреждений. Применение в одной и той же сети одновременно зануления и заземления запрещается.

В качестве заземлителя обычно применяют вертикально забиваемые в землю стальные трубы диаметром 25—50 мм и длиной 3 м. Сопротивление трубчатого заземлителя R можно определить по формуле:

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \ln \frac{4L}{d} \text{ ом/см}^2$$

где ρ —удельное сопротивление грунта, *ом/см*;

L —глубина проникновения трубы в землю, *см*;

d —наружный диаметр трубы, *см*.

Если сопротивление заземлителя выше, чем сопротивление защитного заземления, применяют несколько заземлителей.

Количество труб n определяют по формуле:

$$n = \frac{R}{R_3} K$$

где R —сопротивление трубы, *ом*;

R_3 —допустимое сопротивление защитного заземлителя, *ом*;

K —коэффициент, зависящий от сезонных изменений сопротивления, экранирования, расположения труб и других факторов (при $n < 20$ $K = 1,5 \div 3,7$; для других заземлителей $K = 1,5 \div 6,3$).

Сопротивление заземлителя R_3 должно быть: не более 0,5 *ом* при напряжениях больше 1000 в и токе замыкания 500 а; не более 10 *ом* при токе замыкания не больше 500 а; не более 4 *ом* в сетях с напряжением до 100 в.

Если заземление предназначено только для защиты от статического электричества, то сопротивление заземления может быть больше 100 *ом*. Если заземление служит одновременно для отвода в землю разрядов статического и атмосферного электричества, то

R_0 принимается равным не более 0,5 ом для объектов I категории и не более 10 ом для объектов II категории.

Для защиты от искрообразования, возникающего от блуждающих токов, производят отсоединение участков, на которых они могут представить опасность, от основных (магистральных) железнодорожных, трамвайных линий и заводских путей, по которым двигаются электровозы. С этой целью в нескольких местах между опасным участком и магистралью предусматриваются вставки изоляторов между стыками рельс.

Для лучшей защиты от блуждающих токов заземляют рельсы в районе опасного участка (тупика, сливо-наливной эстакады и др.). Заземляют также трубопроводы, металлоконструкции и другие подземные коммуникации и сооружения.

Если предусмотрен электродренаж (т. е. все подземные сооружения связаны проводниками и присоединены к специальному проводу), то предупреждается обратный выход блуждающего тока из трубы или свинцовой оболочки кабеля в почву. Разрушения металлов (корродирующего действия тока) при этом не происходит.

Расчет заземления. Расчет и устройство заземлителей однотипно как для электрооборудования, так и для отвода статического и атмосферного электричества, а также блуждающих токов.

При расчете сечения заземляющей проводки величина максимально допустимой температуры нагрева заземляющей шины должна быть на 50% меньше температуры самовоспламенения паров и газов, которые могут находиться в производственной атмосфере.

При начальной температуре нагрева 20 °С и максимально допустимой температуре 200—300 °С допустимое сечение шины q определяют по формуле:

$$q = I \frac{\sqrt{\tau}}{63} \text{ мм}^2$$

где I —сила тока короткого замыкания, а;

τ —продолжительность короткого замыкания, сек.

Трубы, в которых прокладывают электропровода, присоединяют к заземляющей магистрали.

3. ЗАЩИТА ОТ СТАТИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА

Существуют следующие основные способы защиты от статического электричества: ионизация среды при помощи радиоактивных изотопов и токов высокой частоты; увеличение относительной влажности воздуха до 85%; увлажнение поверхности электризующегося вещества; заземление.

Последний способ изложен выше.

Местные радиоактивные ионизаторы (нейтрализаторы) на основе источников α - и β -частиц выполняются в виде пластин-подложек,

на которые наносят радиоактивный препарат (полоний-210, плутоний-239, стронций-90, таллий-204).

Высокочастотные ионизаторы для производств, где имеются огнеопасные пары, газы и пыль, должны быть во взрывобезопасном исполнении.

В некоторых производствах в электризирующую среду добавляют антистатические вещества (электропроводящие—графит, олеиновокислый магний). При этом опасность накопления зарядов снижается. Для этих же целей очищают жидкости и газы от загрязнения, а газы—от взвешенных жидких и твердых частиц, а также заполняют аппараты инертными газами.

4. ПРЕДОХРАНИТЕЛИ И ОГРАНИЧИТЕЛИ

Для защиты электросетей, электромашин, электроаппаратов от аварий и пожаров в результате перегрузок и короткого замыкания применяют *предохранители*. Они являются неотъемлемой частью всякой электрической сети и установки.

Предохранители делятся на *плавкие* и *автоматические*.

Действие плавких предохранителей основано на плавлении вставки из легкоплавкого материала при прохождении тока, сила которого больше допускаемой нормами (ПУЭ).

По конструкции плавкие предохранители делятся на пробочные, пластинчатые и трубчатые.

Пробочные предохранители рассчитаны на ток: от 25 до 60 *a* (с большой резьбой); от 15 до 25 *a* (со средней резьбой) от 5 до 10 *a* (с малой резьбой).

Пластинчатые предохранители выпускаются промышленностью на силу тока 10, 15, 20, 25, 35, 60, 80, 100, 125, 220, 235, 260, 300, 350 *a*.

Трубчатые предохранители выпускаются на силу тока 10, 15, 20, 25, 35, 60, 80, 100, 125, 160, 190, 225, 260, 300, 360 *a*.

Наименьшая допускаемая величина номинального тока плавкой вставки определяется величиной расчетного тока в цепи, величиной тока перегрузки, условиями селективного действия защиты последовательных ступеней сети.

Номинальный ток плавкой вставки I_B определяют по формуле:

$$I_B = \frac{I_M}{\alpha} a$$

где I_M —максимальная величина тока в цепи, *a*;

α —коэффициент, зависящий от характера, продолжительности перегрузки и вида предохранителя.

Под величиной I_M подразумевается наибольшее значение пускового тока I_n или тока нагрузки приемника при наличии одного

приемника. При наличии n приемников величину I_m определяют по формуле:

$$I_m = I_p(n - 1) + I_n$$

где $I_p(n-1)$ —максимальный расчетный ток в цепи от всех включенных потребителей, исключая потребителя, имеющего наибольший пусковой ток, a ;

I_n —пусковой ток для одного потребителя, a .

Практически коэффициент a равен: 2,5—для короткозамкнутых двигателей с нормальным пуском; от 1,6 до 2—для двигателей с тяжелым пуском (частые и длительные пуски).

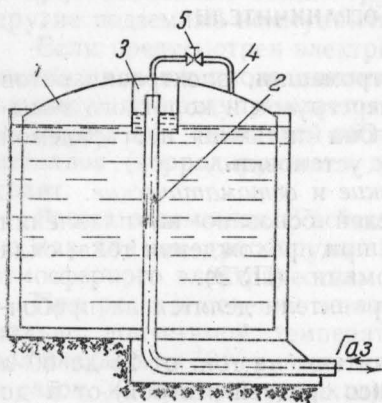


Рис. 38. Предохранительное устройство для мокрого газгольдера:

1—колокол; 2—газоотводящая труба; 3—предохранительная труба; 4—перепускной газопровод; 5—отключающая задвижка.

Предохранительные клапаны. Аппараты и оборудование, работающие под давлением, оборудуются предохранительными клапанами. Их назначение—не допустить повышения давления в аппаратах сверх заданных пределов; исключить разложение и утечку продукта, появление неплотностей, разрыв аппаратов от перенапряжения металла их стенок и т. д. Клапаны бывают рычажно-грузовые, пружинные и мембранно-пружинные. Устройство мембранно-пружинного клапана изображено на рис. 39.

Клапаны рассчитывают на открытие сбросового отверстия при давлении на 10—15% выше рабочего.

Пропускную способность клапана G определяют по формуле:

$$G = 220 PF \frac{M}{T} \text{ кг/ч}$$

Ограничители уровня. Чтобы предупредить повышение или понижение уровня продукта в аппарате выше или ниже допустимых пределов, ставятся ограничители уровня. Ограничитель, предохраняющий мокрый газгольдер низкого давления от чрезмерного опорожнения изображен на рис. 38.

При наибольшем отборе газа труба 2, по которой отводится газ из емкости, входит в предохранительную трубу 3, отбор газа прекращается, и колокол 1 перестает опускаться.

Открывая отключающую задвижку 5 на перепускной линии 4, обеспечивают дальнейшее наполнение газгольдера. При нормальном режиме перепускная линия отключена.

где P —абсолютное давление, кг/см^2 ;
 F —рабочее сечение клапана, см^2 ;
 M —молекулярный вес пара или газа;
 T —абсолютная температура пара или газа, $^{\circ}\text{К}$.

Площадь сечения клапана тарельчатого типа f определяют по формуле:

$$f = 2,22 dh \text{ см}^2$$

где d —внутренний диаметр седла, см ;

h —высота подъема клапана, см .

Клапаны инерционные, т. е. открываются с опаздыванием, причем бывают случаи, когда они открываются не полностью, а иногда и совсем не открываются. Кроме того, клапан не всегда можно установить. Вот почему в практике находят применение мембраны, разрывные пластины, предохранительные диафрагмы (на рукавных и электрофильтрах, при работе с взрывоопасной пылью, в ацетиленовом генераторе, абсорберах и другой аппаратуре).

Для предохранения трубчатых печей, топок и боровов котлов и некоторых типов промышленных печей от взрыва устанавливают взрывные пластины, представляющие собой тонкие листы асбеста в рамке. Взрывные проемы (окна) перекрывают металлическими откидными крышками, свободно подвешенными на шарнирах. Клапаны и окна предусматриваются при обмуровке печей; котлов и стенок боровов. Взрывное (слабое) сечение в газопроводах создают, оставляя выходные концы труб открытыми и перекрывая их промасленной калькой, ватманом или свинцовой фольгой. Пластины и диафрагмы должны разрушаться раньше, чем какая-либо часть установки.

При расчете мембранных клапанов находят их общую площадь и количество, диаметр и толщину мембраны. Сначала определяют удельную площадь предохранительного клапана, т. е. площадь, приходящуюся на единицу объема аппарата или системы аппаратов. Удельную площадь предохранительного клапана можно найти, определив объем газов, образующихся при взрыве 1 м^3 смеси, и пропускную способность клапана.

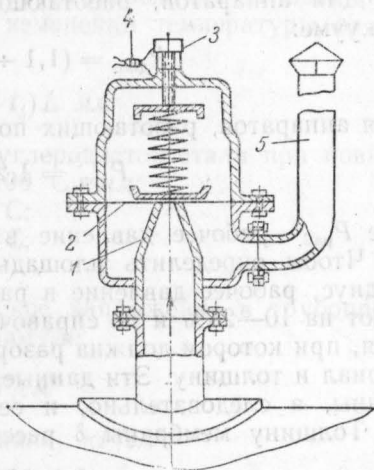


Рис. 39. Мембранно-пружинный клапан:

1—патрубок клапана; 2—гибкая мембрана;
 3—регулирующий винт пружины;
 4—пломба; 5—сбросовая труба.

Избыточный объем газообразных продуктов, образующихся при взрыве ΔV_t , которые необходимо отвести из 1 м³ аппарата, определяют по формуле:

$$\Delta V_t = V_t - V_0 \frac{P_{\text{доп.}}}{P_0} \text{ м}^3$$

где V_t —весь объем газообразных продуктов, образующихся при взрыве, м³;

$V_0 = 1 \text{ м}^3$;

$P_{\text{доп.}}$ —давление в аппарате, при котором должен сработать клапан, кг/см²;

P_0 —атмосферное давление, кг/см².

Для аппаратов, работающих при атмосферном давлении и вакууме:

$$P_{\text{доп.}} = (1,1 \div 1,2) P_{\text{раб.}} \text{ кг/см}^2$$

для аппаратов, работающих под избыточным давлением:

$$P_{\text{доп.}} = 1,25 P_{\text{раб.}} \text{ кг/см}^2$$

где $P_{\text{раб.}}$ —рабочее давление в аппарате, кг/см².

Чтобы определить площадь мембраны, когда неизвестен ее радиус, рабочее давление в рассматриваемом аппарате увеличивают на 10—25% и по справочным таблицам для данного давления, при котором должна разорваться пластина, выбирают ее материал и толщину. Эти данные позволяют определить радиус пластины, а следовательно, и ее площадь.

Толщину мембраны δ рассчитывают по формуле:

$$\delta = kPD \cdot 10^{-3} \text{ см}$$

где k —коэффициент (для меди $k=0,12 \div 0,15$; для алюминия $k=0,33 \div 0,38$);

P —разрывное давление, кг/см²;

D —диаметр мембраны, см.

Для давлений до 0,5 ат мембраны изготовляют из мягкой жести толщиной до 0,5 мм или листового алюминия с надрезами (в виде сетки) глубиной не менее половины толщины мембраны. При давлениях 100—150 мм вод. ст. применяют мембраны из свинцовой фольги или асбестового картона толщиной 3—5 мм, уложенного на проволочную сетку, с размером ячеек 50×50 мм. Площадь мембраны должна составлять 60—75% сечения сосуда или трубопровода.

Толщину чугунной пластины δ определяют по формуле:

$$\delta = r \sqrt{\frac{0,75 p}{\sigma_p}} \text{ см}$$

где r —радиус пластины, см;

p —давление (на 25% больше рабочего), при котором должна разрушиться пластина, кг/см^2 ;

σ_p —предел прочности на разрыв, кг/см^2 .

Толщину пластинки (в корпусе клапана, привариваемого к трубопроводу) в зависимости от давления и твердости чугуна можно определить по специальной номограмме.

Компенсаторы. Назначение компенсаторов—исключить деформации и разрушение трубопроводов, аппаратов в результате термических напряжений, возникающих при температурных колебаниях.

Удлинение ΔL прямого участка трубопровода L с неподвижно закрепленными его концами при изменении температуры от t_1 до t_2 определяют по формуле:

$$\Delta L = 1,2(t_2 - t_1)L \text{ мм}$$

где 1,2—удлинение 1 м трубы из углеродистой стали при повышении температуры на 100°C , мм;

t_2 —конечная температура, $^\circ\text{C}$;

t_1 —начальная температура, $^\circ\text{C}$;

L —длина трубопровода, м.

Предельно допустимое термическое напряжение в трубопроводах σ_t можно подсчитать по формуле:

$$\sigma_t = Ee \text{ кг/см}^2$$

где E —модуль упругости материала, кг/см^2 ;

$e = \frac{\Delta L}{L}$ —относительное удлинение трубопровода.

Зная σ_t , определяют предельную разность температур, при которой не требуется компенсация. Для труб из винипласта эта температура равна 36°C , а для стали 32°C .

Силу p , при достаточно больших изменениях температуры, способную разрушить трубопровод, определяют по формуле:

$$p = EeF \text{ кг}$$

где E —модуль упругости материала, кг/см^2 ;

e —относительное удлинение трубопровода;

F —площадь поперечного сечения стенок трубы, см^2 .

В нефтяной и нефтехимической промышленности применяют лирообразные, линзовые, П-образные и сальниковые компенсаторы. В ряде случаев для более надежной температурной компенсации используют комбинированные компенсаторы. Например, шлемовые трубы ректификационных колонн изготовляют в виде лиро-линзообразного компенсатора.

КОНТРОЛЬ ЗА СОСТОЯНИЕМ ОБОРУДОВАНИЯ

1. СВОЕВРЕМЕННЫЙ И КАЧЕСТВЕННЫЙ РЕМОНТ

Тщательно следя за исправностью оборудования и своевременно его ремонтируя, можно избежать возникновения и распространения пожаров. Вот почему своевременный контроль за состоянием оборудования является одним из основных мероприятий противопожарной техники.

Существует немало способов, приемов и методов контроля за состоянием оборудования и его качественного ремонта. К ним относятся: планово-предупредительный ремонт; испытание сосудов на герметичность и на прочность; просвечивание сварных швов рентгеновскими и γ -лучами; статическое и динамическое испытания подъемных механизмов; металлографические исследования; тензометрирование; химический анализ стружки, снятой со стенки испытуемого сосуда; методы испытаний—цветной, магнитные, ультразвуковые, люминесцентные, спектроскопические, с помощью меченых атомов и др.

Планово-предупредительный ремонт (ППР) включает следующие виды работ: текущее обслуживание и круглосуточный надзор за оборудованием; периодические осмотры; текущий и капитальный ремонты.

Текущее обслуживание и круглосуточный надзор за состоянием оборудования осуществляются производственным персоналом на протяжении всей смены. Надзор усиливается в случае ожидания технологических осложнений.

Например, в процессе бурения при прохождении пластов с нефтегазовыми проявлениями проверяется исправность превентера и задвижек перед каждым спуском и подъемом бурильных труб.

При приеме—сдаче вахты обязательно производится проверка состояния оборудования и всех предохранительных и аварийных устройств.

Проверка проводится согласно утвержденным инструкциям, в которых предусматривается регулярная смазка и очистка оборудования; опробование свободного открывания взрывных окон продувка предохранительных клапанов, дымовых труб, искрогасителей (рис. 40) и конденсатосборников; устранение всех обнаруживаемых неплотностей путем подтяжки и набивки сальниковых уплотнений и т. п. Одновременно необходимо регулярно проверять безотказность действия вентиляционных и осветительных систем, устройств сигнализации, блокировки, средств связи, систем аварийной остановки, а также оборудования противопожарного водоснабжения и всей системы пожаротушения.

Одним из ответственных объектов нефтяной промышленности являются морские нефтедобывающие промысла. Надзор за состоянием металлоконструкций, настила, пролетных строений, ригелей, несущих прогонов, связей, сварных швов, болтовых соединений и других элементов морской эстакады, а также приэстакадных площадок, индивидуальных оснований и прочих нефтепромысловых сооружений осуществляется работниками цеха по эксплуатации и ремонту морских нефтепромысловых сооружений (обходчиками), за каждым из которых закреплены отдельные основания, участки эстакад и сооружений.

Дефекты, выявленные в результате осмотра, должны быть немедленно устранены. В журнале осмотра указывается местоположение дефекта (№ пролета, пикет, направление, № авторазъезда, № площадки и т. п.), характер производственной работы, фамилии исполнителей (и их росписи) и ответственного лица, принявшего работу.

Плановые осмотры оборудования (наружные и особенно внутренние) проводят для того, чтобы определить его техническое состояние (степень износа), сроки дальнейшей безопасной эксплуатации, необходимые ремонтные работы. При наружных осмотрах обращается внимание на состояние фундаментов, обвалований, подводной части трубопроводов и т. п. Например, не реже одного раза в неделю проверяется исправность превентера и задвижек (буровым мастером).

Плановому наружному осмотру подвергаются также и металлоконструкции, в первую очередь ответственные сооружения—эстажерки, эстакады, основания, вышки.

Буровую вышку осматривают не реже чем через два месяца. Кроме того, вышку осматривают в следующих случаях: а) перед спуском обсадной колонны; б) перед началом и после окончания ловильных работ, требующих расхаживания прихваченной колонны труб; в) после сильного ветра (6—8 баллов); г) до начала и после окончания передвижки вышки без разборки; д) после открытых нефтегазовых проявлений.

Результаты технических осмотров оформляют соответствующим актом, а обнаруженные недостатки немедленно устраняют.

Центрировать вышку можно только при наличии оттяжек. У машин систематически проверяется прочность болтовых соеди-

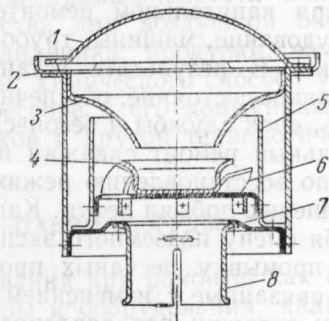


Рис. 40. Искрогаситель для тракторов:

1—крышка; 2—корпус; 3—отражатель; 4—направляющий стакан; 5—внутренний стакан; 6—завихритель; 7—дно; 8—патрубок.

нений, надежность посадки шпонок на валу, крепление головок шатунов, пальцев кривошипов и других частей машин, а также нагрев подшипников. Не реже одного раза в месяц следует проверять уравнишенность компрессоров, станков-качалок и других машин.

Текущий и капитальный ремонты. Текущий ремонт (мелкий и средний)—основной вид ремонта. К этому виду относятся: очистка теплообменников, испарителей, змеевиков печей, колонн, конденсаторов, холодильников и прочей аппаратуры, машин и трубопроводов; замена неисправных штанг, труб, обгоревших подвесок, фасонных двойников, колпачков, тарелок, прокладок и других деталей аппаратуры и арматуры; исправление и регулировка контрольно-измерительных приборов, блокировочных и автоматических устройств и приспособлений.

При капитальном ремонте заменяют изношенные аппараты, оборудование, машины, трубопроводы, приборы контроля и автоматики. В результате установки приобретают первоначальное исправное состояние, обеспечивающее нормальную производительность, срок службы и безопасность эксплуатации. Например, капитальный ремонт скважин является одной из основных операций по восстановлению режима работы скважин, стабилизации и повышению добычи нефти. Капитальный ремонт скважин включает в себя смену подземного эксплуатационного оборудования, чистку и промывку песчаных пробок, геолого-технические мероприятия, связанные с изменением режима работы скважин, цементировку скважин под давлением, ликвидацию цементных пробок, крепление прифилтровой зоны и т. п.

Немаловажное значение имеет надзор за исправностью ремонтных механизмов, инструмента, устройств и приспособлений.

Сложные ремонтные работы нельзя начинать с мачт, не рассчитанных на такую нагрузку. Подъемные (и ловильные) работы с нагрузками, превышающими грузоподъемность данной вышки, следует проводить домкратами, укрепив основание подземного сооружения. При работе с трактора-подъемника необходимо укреплять и его (не забывая устанавливать на выхлопной трубе трактора искрогаситель). Штанги и трубы можно спускать только при наличии предохранительной защелки на крюке.

Новые методы ремонта. Совершенствование технологии производства направлено на максимальное удлинение межремонтного цикла работы установок и оборудования, на сокращение или исключение отдельных видов ремонтных работ, на повышение пожарной безопасности предприятий. Например, для производства подземного ремонта на промыслах до сих пор устанавливают над устьем скважины стационарные вышки или мачты. Это приводит к дополнительным работам на территории действующего промысла по установке и ремонту этих сооружений. В настоящее время применяется «скважина постоянного типа», в которой устанавли-

вают стационарное оборудование, обеспечивающее выполнение различных операций без подъема насосно-компрессорных труб.

Эти скважины ремонтируют при помощи передвижных агрегатов и лебедок легкого типа, установленных на колесном ходу.

Для ликвидации подъема труб, связанного со сменой глубинного штангово-трубного насоса и представляющего определенную пожарную опасность, следует применять бесштанговый гидропоршневой (вставной) насос. Подъем и спуск этого насоса осуществляются с помощью рабочей жидкости, которая при переключении вентиля в устье скважины «выдавливает» насос по трубам на поверхность. Эти работы не требуют ни вышки, ни подъемника. Примером усовершенствования ремонтных работ и одновременного повышения пожаробезопасности ведения этих работ на заводах нефтяной и нефтехимической промышленности является применение: стационарного устройства для воздушной очистки труб и днища погруженного холодильника; продувки, выжига, термохимической очистки труб печи; химического способа удаления масляных отложений в компрессоре и его коммуникациях; химической очистки теплообменников и другой технологической аппаратуры без ее разборки.

2. МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ И ИСПЫТАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

Контроль и испытание оборудования при ремонте, как и при изготовлении и монтаже аппаратуры и оборудования, являются одними из основных мероприятий по исключению причин пожаров.

Качество сварных соединений контролируют по качеству материалов (стальных листов, труб, электродов, присадочной проволоки); по соответствию сборки соединений техническим правилам, а также при внешнем осмотре стыка, механическом испытании на растяжение и на загиб шва; при просвечивании готовых сварных соединений рентгеновскими или γ -лучами.

Контроль за качеством сварки включает проверку: правильности центровки соединений частей сосуда; совпадения кромок, величины зазора; зачистки кромок; расположения и качества прихваток. Кроме того, проверяют правильность ведения сварки, сварочного режима, порядка наложения швов, зачистки шлака, отсутствие подрезов и других видимых дефектов шва.

Наиболее эффективным средством испытания сварного шва является просвечивание γ -лучами. Качество швов оценивают по трехбалльной системе (с помощью эталонных снимков), приведенной в табл. 16.

При выявлении брака проводят дополнительную проверку других швов, выполненных тем же сварщиком. Если повторная проверка выявила дефекты сварки, то производится браковка или же сплошная проверка всех сварных стыков.

Испытанию на герметичность подвергают аппараты (сосуды), работающие под давлением, при высоких температурах или содержащие огнеопасные жидкости.

ТАБЛИЦА 16

Оценка качества сварных швов

| Качество шва | Баллы |
|--|-------|
| Хороший (отсутствуют трещины и непровары; могут быть единичные газовые поры и мелкие шлаковые включения) | 3 |
| Удовлетворительный (не имеет трещин, глубина непровара не превышает 10% от толщины стенки сосуда по глубине и не носит характера сплошной сетки в шве) | 2 |
| Негодный (имеются трещины, непровары, шлаковые включения, раковины, газовые пары, расположенные в виде сплошной сетки) | 1 |

При наружных и внутренних осмотрах этих аппаратов необходимо обращать внимание на состояние их кожуха, трубопроводов, запорных устройств, предохранительных приспособлений, приборов контроля и автоматики, чтобы обнаружить малейшие признаки утечки через их соединения.

Степень герметичности n определяют по формуле:

$$n = \frac{P_2 \cdot 100}{P_1 \tau} \%$$

где P_1 —начальное избыточное давление, ат;

P_2 —конечное избыточное давление, ат;

τ —продолжительность испытания, ч.

Потери герметичности аппаратов с огнеопасными веществами не должны превышать 0,1%. Испытание оборудования и трубопроводов на герметичность проводят после получения положительных результатов испытаний на прочность.

После ликвидации аварий все оборудование и коммуникации также опрессовывают. Например, после прекращения выброса нефти или газа устье скважины с превентером, а также все линии его обвязки опрессовывают на давление, установленное в паспорте.

Гидравлическое испытание аппаратов и трубопроводов на прочность проводят при давлении, превышающем рабочее давление в 1,5 раза, а иногда и больше.

В результате испытаний на прочность в стенках сосуда создаются напряжения, которые вызывают остаточные деформации. Эти деформации не должны превышать 0,04% для сосудов, рабо-

тающих под давлением до 300 ат, и не более 0,07% при давлении более 300 ат. Остаточные деформации замеряют при помощи механических или электрических тензометров.

Состояние баллонов для сжатых, сжиженных и растворенных газов, а также бочек и цистерн, предназначенных для транспортировки сжиженных газов, давление которых при температуре +50 °С превышает 1 кг/см², контролируют в соответствии со специальными правилами Госгортехнадзора. При осмотре баллонов, бочек и цистерн выявляются коррозия, трещины, вмятины. Эти сосуды подвергают гидравлическому испытанию продолжительностью не менее 1 мин, после чего баллоны испытывают не менее 2 мин при рабочем давлении, погружая их в ванну с водой. Ацетиленовые баллоны, заполненные пористой массой, испытывают только сжатым воздухом, не погружая в ванну.

Баллоны для некорродирующих газов испытывают один раз в пять лет, а для корродирующих газов—один раз в два года.

Статическое и динамическое испытания. Механизмы, предназначенные для подъема грузов, в том числе сосудов, наполненных сжатыми и сжиженными газами, взрыво- и пожароопасными веществами, подвергают один раз в год десятиминутному статическому испытанию при удвоенной рабочей нагрузке. Затем они проходят динамическое испытание—многократный подъем и опускание груза, вес которого на 10% превышает вес рабочего груза. Обязочные канаты, цепи, тросы испытывают каждые шесть месяцев также при удвоенной нагрузке.

Цветной метод испытаний позволяет обнаружить поверхностные дефекты в изделиях. Этот метод заключается в том, что поверхность исследуемого изделия покрывают красной краской, хорошо проникающей в трещины. Просушив изделие и удалив с поверхности краску, наносят проявляющее вещество (адсорбент), которое вытягивает остатки краски. На белом фоне адсорбента возникает кроваво-красный след, показывающий границы трещин. Адсорбентом может служить водяной раствор каолина.

Люминесцентный метод основан на способности некоторых жидкостей светиться под влиянием ультрафиолетовых лучей. К таким жидкостям относятся трансформаторное и машинное масла. Используя этот метод, можно обнаруживать трещины длиной до 0,01 мм и глубиной до 0,002 мм.

Ультразвуковой метод позволяет обнаружить даже межкристаллитные трещины, иногда возникающие в аппаратах, работающих под давлением.

Ультразвуковой метод основан на способности ультразвуковых колебаний отражаться от границы двух сред, образуемой неоднородными материалами.

Магнитный и другие методы испытаний. При испытании по магнитному методу деталь сильно намагничивают постоянным током и погружают в эмульсию, на поверхности которой равно-

мерно распределяют железные опилки (порошок). Опилки под влиянием электромагнитного поля перераспределяются и собираются по линии трещин.

К этому методу относится и *электромагнитная дефектоскопия*.

Кроме указанных методов широко применяются рентгеноскопия металлов, рентгеноструктурный анализ, рентгеновская микроскопия (контактный и дифракционный способы) и рентгеноспектральный анализ. Весьма перспективным является метод радиоспектроскопии.

Приборы контроля

В нефтяной и нефтехимической промышленности широкое распространение получили тензометры—электрические, электро-механические или звуковые приборы для измерения линейных и угловых деформаций.

К современным приборам контроля за состоянием аппаратов, оборудования, различных деталей, швов и изоляции относятся также следующие:

1) рентгеновский дефектоскоп с возможным использованием изотопов (Co^{60} , Eu^{152} , Tl^{204} , Se^{75});

2) электромагнитный, магнитографический (МД-11);

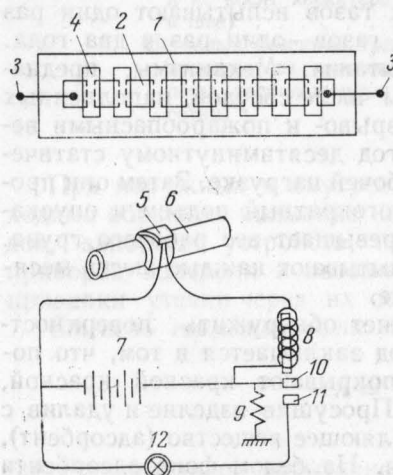
3) ультразвуковые дефектоскопы—импульсный с приемом отраженного сигнала и теневой с непрерывным излучением (с частотой ультразвука от нескольких сот килогерц до 5—6 мГц);

4) искровой дефектоскоп полупроводниковый, позволяющий обнаруживать изъяны в изоляции трубопроводов;

5) катодно-осциллографическая установка для регистрации де-

Рис. 41. Контактная схема прибора для обнаружения течи огнеопасной жидкости:

1—электроизоляционная полоса; 2, 4—фольга; 3, 10, 11—контакты; 5—контактная система; 6—продуктопровод; 7—источник питания (12 в); 8—электромагнит; 9—пружина; 12—сигнальная лампа.



формации при высоких давлениях и ударах (улавливает изменения в ударяющихся деталях в 10^{-6} сек) и для обнаружения вибраций;

7) профилограф—прибор, зарисовывающий разрез поверхности детали в любом сечении и дающий возможность измерять высоту и глубину неровностей;

8) детектор—дефектоскоп для контроля за состоянием изоляции, защищающей металл аппаратов и трубопроводов от коррозионного разрушения и действия блуждающих токов;

9) для фотографирования мгновенных процессов (взрыв, детонация и др.) — прибор «Лупа времени» (ЛВ-I), позволяющий за 10^{-5} сек воспроизвести 146 кадров или $33 \cdot 10^6$ кадров в 1 сек (300 полнометражных кинофильмов);

10) сверхмикроскопы ионные и электронные для изучения строения и состава металлов (дающие увеличение в $2 \cdot 10^5$ раз), а также проекторы—ионные и электронные (дающие увеличение в $3 \cdot 10^7$ раз). Существует также ряд других приборов контроля, предназначенных для различных целей. В качестве примера на рис. 41 показана контактная схема прибора для обнаружения течи неэлектропроводной жидкости из трубопроводов и емкостей. В качестве индикатора течи используется электрическая цепь напряжением 12 в со смачиваемой контактной системой. Неэлектропроводная жидкость, проникая между пластинками фольги, разъединяет электрическую цепь, что указывает на наличие течи.

Глава X

СОБЛЮДЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО И ПРОТИВОПОЖАРНОГО РЕЖИМОВ

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Для безопасности эксплуатации производственных установок необходимо постоянно поддерживать заданные технологические режимы, т. е. основные параметры процессов. К этим параметрам относятся температура, давление, концентрация реагирующих веществ, время (или очередность) загрузки сырья и реагентов, пребывание их в аппаратуре, скорость протекания реакции и др.

С этой целью установки эксплуатируют в строгом соответствии с технологической картой (паспортом) и производственными инструкциями, разрабатываемыми отдельно для каждой установки.

В соответствии с этими документами и исходя из общей пожарной опасности производства, устанавливают надлежащий противопожарный режим на установках, в цехах, на промыслах и заводах.

Таким образом, противопожарный режим на предприятиях нефтяной и нефтехимической промышленности неразрывно связан с технологическим режимом. В технологической карте отмечаются оптимальные условия проведения процесса, в производственной инструкции подробно описываются правила пуска, нормальной эксплуатации и остановки, способы ликвидации аварий и возможных пожаров на установке, а установленный противопожарный режим на каждой установке записан в специальной противопожарной инструкции.

Весь персонал, обслуживающий данную установку, должен детально изучить технологическую карту, производственные и

противопожарные инструкции, причем знание этих инструкций периодически проверяется.

Однако эти документы не являются неизменными. При внедрении предложений, улучшающих технологический процесс, одновременно стремятся повысить пожаробезопасность установки. Поэтому в технологическую карту и инструкции периодически вносят изменения, характерные для данного периода работы установки. Исходя из этого и не останавливаясь на содержании производственных (технологических) инструкций и типовых правил пожарной безопасности на предприятиях нефтяной и нефтехимической промышленности, укажем на характерные примеры соблюдения технологических и противопожарных режимов на установках. В настоящее время большое количество процессов автоматизировано, однако необходимость знания и строго выполнения правил технологических и противопожарных инструкций не снижается, а возрастает.

2. ВКЛЮЧЕНИЕ И ВЫКЛЮЧЕНИЕ АППАРАТОВ

На предприятиях нефтяной и нефтехимической промышленности имеется огромное количество запорной арматуры. От правильного обращения с ней во многом зависит безопасность производства. Для этого обслуживающий персонал должен знать технологию производства и производственные и противопожарные инструкции, касающиеся работы с задвижками, вентилями и кранами. Обычно после опрессовки и проверки состояния аппаратов установки включают в эксплуатацию. Сначала в аппараты подают холодную жидкость, а затем горячую, осуществляя *холодную* и *горячую циркуляцию*. Холодная циркуляция позволяет проверить герметичность коммуникаций и аппаратуры. Постепенно повышая температуру и давление в аппаратах, установку выводят на заданный технологический режим.

Сушильные барабаны, каландры и другие быстроходные машины вводят в эксплуатацию при заправочных режимах, т. е. при малых оборотах.

Включают и выключают аппараты только после достижения строго определенных условий, исключающих вспышку, воспламенение или взрыв. Например, лопасти смесителя на установке блочной полимеризации синтетического каучука включают только после частичного удаления из аппарата воздуха. Этим предупреждается образование взрыво-пожароопасной смеси в аппарате при накоплении и проявлении в ней зарядов статического электричества. Открывать смеситель разрешается после остановки лопастей и введения в аппарат инертного газа.

Перед выключением аппаратов и установок осуществляют сначала горячую, потом холодную циркуляцию, а затем постепенно снижают число оборотов двигателей, обслуживающих аппаратуру, до полной их остановки.

3. МОНТАЖНЫЕ И РЕМОНТНЫЕ РАБОТЫ

На действующих предприятиях нефтяной и нефтехимической промышленности огневые, монтажные и ремонтные работы можно производить только после соответствующего письменного разрешения лица, ответственного за подготовку ремонта, и согласования с местной пожарной охраной.

Лица, ответственные за производство этих работ (начальник, механик цеха и непосредственный руководитель ремонтных бригад), обязаны тщательно проверить надежность принятых мер пожарной безопасности. Производство монтажных и ремонтных работ на действующих аппаратах, агрегатах и трубопроводах, как правило, запрещается.

Перед вскрытием для очистки или ремонта аппарат и емкость, в которых находились огнеопасные вещества, освобождают от них, промывают, пропаривают, охлаждают и отъединяют ото всех коммуникаций и источников электрического тока. Аппарат, в котором содержались сернистые нефтепродукты, пропаривают в течение нескольких суток. При отсутствии пара, необходимого для зачистки емкости, внутреннюю поверхность резервуара тщательно промывают сильной струей воды. После промывки резервуар доверху заливают водой и выдерживают 4 ч, затем анализируют воздух емкости, чтобы подтвердить взрывобезопасность среды.

Сварочные работы не проводятся: при неисправной сварочной аппаратуре; при нахождении свариваемых деталей под давлением или под электрическим напряжением; на свежеокрашенных конструкциях ранее двух дней после их окраски; при наличии взрыво- или пожароопасных смесей. Не допускается переносить провода от сварочной машины под напряжением, прокладывать голые провода и использовать металлические предметы для заземления.

При газосварочных работах баллоны, наполненные газом, необходимо оберегать от ударов и нагрева. Ацетиленовые генераторы устанавливают вдали от открытого огня и прекращают работу при неисправности гидравлического затвора.

Сварочные работы на действующих газопроводах можно начинать только после снижения давления в газопроводе до 40—100 мм вод. ст. Это давление поддерживают в газопроводе до окончания огневых работ. Избыточное давление в газопроводе предотвращает опасность взрыва в трубе.

Сваривать различные детали и аппараты можно только на специальных площадках.

Осуществление технологического и противопожарного режимов, как и всех основных мероприятий, относимых к первой группе пожарной профилактики, позволяет создать на производстве безопасные условия труда.

ОСНОВНЫЕ ПРОТИВОПОЖАРНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО ИСКЛЮЧЕНИЮ ПРИЧИН РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПОЖАРОВ

Глава I

ПЛАНИРОВКА ПРЕДПРИЯТИЙ

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПЛАНИРОВКИ ПРЕДПРИЯТИЙ

Устранить причины развития пожара, как и причины его возникновения, можно еще в стадии проектирования предприятий нефтяной и нефтехимической промышленности.

Исходя из характеристики проектируемого предприятия по пожарной опасности, при выборе площадки под застройку и при составлении генерального плана предприятия учитывают ряд основных противопожарных требований. Эти требования относятся к рельефу местности; направлению господствующих ветров; размещению аппаратов, оборудования, установок, а также дорог, проездов, трасс трубопроводов, импульсных линий КИП и автоматики, линий связи, электрокабелей и т. д.

Территорию, отводимую для размещения предприятий нефтяной и нефтехимической промышленности, выбирают в соответствии с генеральным планом застройки и реконструкции района, со всеми видами снабжения, с водными, железнодорожными и автомобильными трассами (рис. 42).

Подобный подход к выбору площадки для предприятия позволяет создать наиболее благоприятные эксплуатационные условия, обеспечить предприятие водой для технологических и противопожарных целей, исключить скученность застройки района, обеспечить своевременное прибытие пожарных формирований.

Конструктивные элементы проектируемых зданий и сооружений должны быть огнестойкими, а специальные противопожарные преграды должны быть расположены как внутри зданий, так и на территории предприятия.

Основными и обязательными инструкциями при проектировании являются «Строительные нормы и правила» (СН и П) и «Про-

тивопожарные нормы и технические условия строительного проектирования для предприятий нефтяной и нефтехимической промышленности» (ПТУСП).

Генеральные планы предприятий нефтяной и нефтехимической промышленности составляют на основе наиболее выгодного и экономически целесообразного расположения всех объектов на выбранной территории.

При выборе территории, как и при компоновке установок, цехов и предприятия, особое внимание обращается на исключение переброски огня при пожаре с одного из соседних объектов на другой.

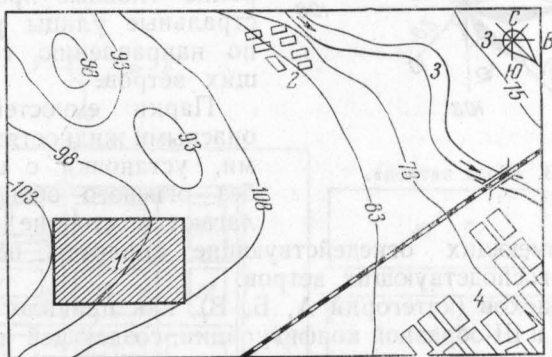


Рис. 42. Ситуационный план расположения нефтехимического предприятия:

1—площадка предприятия; 2, 4—населенные пункты; 3—река.

Большую часть аппаратов, емкостей, насосов и другого оборудования размещают вне зданий на открытых площадках. Подобное размещение позволяет снизить как опасность образования горючих смесей, так и развитие возникшего пожара на производственных территориях.

Зная физико-химические свойства огнеопасных веществ и особенности производства, можно предупредить растекание этих веществ при пожаре, ограничить его развитие. С этой целью для производственных территорий выбирают земельные участки, расположенные ниже населенных пунктов, верфей, пристаней, затонов, мостов и других объектов.

Однако на выбранной территории газокompрессорную, например, нельзя размещать в низких местах, потому что там будут накапливаться тяжелые нефтяные газы. Это создает благоприятные условия для возникновения и распространения пожаров. Поэтому компрессорную необходимо сооружать на возвышенной площадке, расположенной по отношению к господствующим ветрам так, чтобы создать наилучшую естественную вентиляцию.

Предприятия нефтяной и нефтехимической промышленности преимущественно располагают с подветренной стороны по отношению к населенным пунктам и предприятиям, не входящим в его состав. Сведения о направлении преобладающих ветров для интересующего района получают в местной метеорологической станции. Данные, характеризующие направление, повторяемость и скорость ветра, сведены в таблицы, на основе которых строят диаграммы «розы ветров» по 8 или 16 румбам (рис. 43).

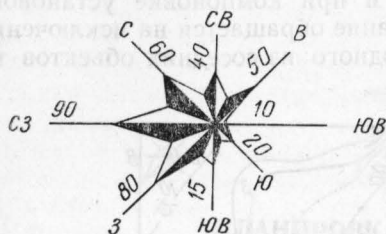


Рис. 43. «Роза ветров».

Для обеспечения наилучших условий для аэрации широкие главные проезды, магистральные улицы располагают по направлению господствующих ветров.

Парки емкостей с огнеопасными жидкостями или газами, установки с аппаратурой без огневого обогрева располагают в стороне от цехов и

установок, имеющих огнедействующие аппараты, по линии направления господствующих ветров.

Здания цехов (категорий А, Б, В), как правило, не должны быть П-, Т- и Ш-образной конфигурации, создающей плохие условия для аэрации и наилучшие для распространения пожара.

При планировке территории предприятия нужно также учитывать численность персонала цехов и установок. Цехи с большой численностью персонала размещают возможно ближе к выходному узлу территории и в зоне минимальных грузопотоков.

Для ведения ремонтно-монтажных работ и возможных реконструкций установок предусмотрены резервные площади (10—15%).

При компоновке генерального плана предприятия долгое время применялся метод локального построения, сущность которого заключается в размещении небольших производственных мощностей на площадках, отделенных от смежных сооружений значительными расстояниями. Подобное построение приводило к удлинению всех коммуникаций (продуктопроводов, газопроводов и т. д.), что отрицательно сказывалось на производственной деятельности и на общей пожарной безопасности объекта. Вот почему лучшим вариантом генерального плана является тот, который позволяет резко сократить внутрипроизводственные коммуникации при удовлетворении противопожарных требований.

Метод локального построения неприемлем для сооружения современных предприятий, так как значительно затрудняется автоматизация технологических процессов и внедрение поточно-скоростных методов строительства. Поэтому новый секционно-блоч-

ный метод компоновки генерального плана строительства предприятий нефтяной и нефтехимической промышленности предусматривает объединение однотипных установок в блоки (кусты).

Зонирование территории промышленных предприятий

При планировке предприятий необходимо выделять однотипные по степени пожарной опасности производства в соответствующие противопожарные зоны (рис. 44). Расстояния между зонами должны быть от 40 до 200 м.

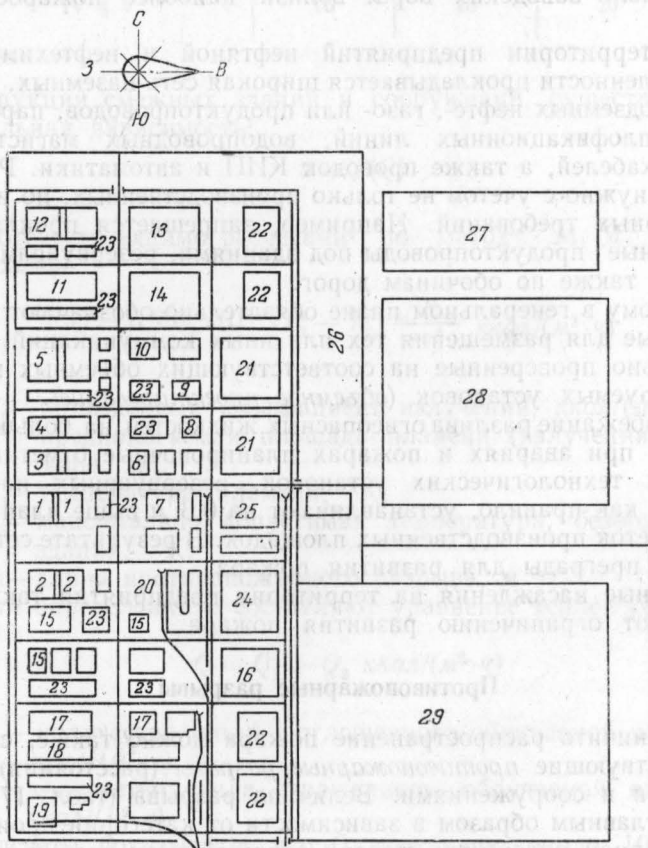


Рис. 44. Генеральный план нефтехимического предприятия:
1—25—зона производственных зданий, сооружений и установок; 26—зона административно-хозяйственных и бытовых зданий; 27—зона аварийных и расходных складов; 28—зона подсобных цехов; 29—зона товарных и сырьевых резервуарных парков, тарных хранилищ, сливо-наливных устройств и нефтепричалов.

В пожарно-профилактическом отношении подобное зонирование преследует цель исключить причины возникновения и распространения пожара, а также создать наиболее благоприятные условия для эвакуации и пожарно-тактических действий пожарных подразделений при тушении пожаров.

В отдельные зоны необходимо выделять материальные склады, паровозные и мотовозные депо, электростанции и подстанции ТЭЦ и подсобные производства, так как эти объекты непосредственно не связаны друг с другом в производственном цикле, а некоторые из них размещать в одной зоне опасно.

Пожарное депо по возможности располагают на возвышенном месте около заводских ворот вблизи наиболее пожароопасных цехов.

На территории предприятий нефтяной и нефтехимической промышленности прокладывается широкая сеть наземных, надземных и подземных нефте-, газо- или продуктопроводов, паропроводов, теплофикационных линий, водопроводных магистралей, электрокабелей, а также проводок КИП и автоматики. Располагать их нужно с учетом не только производственных, но и противопожарных требований. Например, запрещается прокладывать транзитные продуктопроводы под зданиями, резервуарами и над ними, а также по обочинам дорог.

Поэтому в генеральном плане обязательно обозначают трассы, отводимые для размещения тех или иных коммуникаций и предварительно проверенные на соответствующих объемных макетах проектируемых установок (*объемное проектирование*).

Во избежание разлива огнеопасных жидкостей на большой территории при авариях и пожарах планировочные отметки дорог в зонах технологических установок, резервуарных парков и эстакад, как правило, устанавливают на 0,3 м выше планировочных отметок производственных площадок. В результате сеть дорог создает преграды для развития пожара.

Зеленые насаждения на территории предприятия также способствуют ограничению развития пожара.

Противопожарные разрывы

Ограничить распространение пожара можно также, создавая соответствующие *противопожарные разрывы* (расстояния) между зданиями и сооружениями. Величина разрыва (табл. 17) выбирается главным образом в зависимости от категории производств по пожарной опасности; степени огнестойкости зданий и сооружений, их формы, размеров и взаимного расположения; наличия преград, ограничивающих распространение лучистой энергии, а также от экономической целесообразности.

Между длиной противопожарного разрыва n и количеством лучистой энергии Q , которая способна воспламенить сгораемые

**Противопожарные разрывы между
производственными зданиями и сооружениями**

| Степень огнестойкости зданий и сооружений | Разрывы (в м), при степени огнестойкости зданий и сооружений | | |
|--|---|-----|--------|
| | I и II | III | IV и V |
| I и II | 10 | 12 | 16 |
| II и III | 12 | 16 | 18 |
| IV и V | 16 | 18 | 20 |

конструкции смежных зданий и сооружений, существует функциональная зависимость:

$$n = f(Q) \quad (1)$$

Соответствующими расчетами* по методу М. Я. Ройтмана установлено:

$$Q = 0,7 C_0 \cdot 10^{-8} (T_1^4 - T_2^4) \frac{F}{\pi n^2} \text{ ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч}) \quad (2)$$

где C_0 —приведенный коэффициент излучения, $\text{ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град}^4)$;

F —предполагаемая площадь пламени (излучения) при пожаре, м^2 ;

T_1 —температура пламени, $^{\circ}\text{K}$;

T_2 —максимально допустимая температура, безопасная для здания, $^{\circ}\text{K}$;

n —длина противопожарного разрыва, м.

Для определения n составляют уравнение теплового баланса:

$$Q = Q_1 + Q_2 \text{ ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч}) \quad (3)$$

где Q_1 —количество тепла, поглощенного облучаемой площадкой, $\text{ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$;

Q_2 —количество тепла, отраженного облучаемой площадкой, $\text{ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$.

Подсчеты показывают, что Q_1 составляет около 10% от Q_2 , тогда:

$$Q = 1,1 Q_2 \text{ ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч}) \quad (4)$$

* Расчет ведется для 1 м^2 площади конструкций.

Для условий стационарного теплообмена:

$$Q_2 = \alpha (T_2 - T) \text{ ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч}) \quad (5)$$

где α —коэффициент теплоотдачи, $\text{ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град})$;

T_2 —максимально допустимая температура, безопасная для здания, °K;

T —температура среды, °K.

Подставив значения Q и Q_2 в уравнение (2) и решив его относительно n , получим:

$$n = \sqrt{\frac{0,7 C_0 \cdot 10^{-8} (T_1^4 - T_2^4) F}{1,1 \pi \alpha (T_2 - T)}} \quad (6)$$

Имея в виду сделанные допущения и считая величины C_0 , T_1 , T_2 , T и α постоянными при данных условиях теплообмена, обозначим:

$$K = \sqrt{\frac{0,7 C_0 \cdot 10^{-8} (T_1^4 - T_2^4)}{1,1 \pi \alpha (T_2 - T)}} \quad (7)$$

тогда формула для определения противопожарного разрыва примет следующий вид:

$$n = K \sqrt{F} \quad (8)$$

Значения K для наиболее часто встречаемых случаев представлены в табл. 18.

ТАБЛИЦА 18

Значения коэффициента K

| Категории зданий | T_1 °K | T_2 °K | t_2 °C | t_1 °C | K |
|------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------|
| Производства категорий А и Б | 1273 | 513 | 240 | 20 | 1,22 |
| Склады ЛВЖ и ГЖ | 1273 | 573 | 300 | 20 | 1,44 |
| Производства категории В . | 1173 | 513 | 240 | 20 | 1,47 |
| Производства категорий Г и Д | 1073 | 513 | 240 | 20 | 1,22 |

При этом принимают $C_0 = 3,4 \text{ ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град})$ и $\alpha = 7 + \frac{t_2}{20}$ (где $t_2 = T_2 - 273$); T_1 находят по стандартной кривой «температура—время» (см. рис. 1); T_2 берут с учетом возможности воспламенения древесины, торфа и угля.

В тех случаях, когда определяют противопожарный разрыв между зданиями и сооружениями различного назначения и размера, расчет ведут для самого невыгодного случая.

Величины разрывов между аппаратурой приводятся в ПТУСП и зависят от степени ее огнестойкости, между складами—в СН и П и зависят от емкости складов.

Для резервуаров с ЛВЖ и ГЖ рекомендуется предполагаемую площадь пламени F принимать равной площади равнобедренного треугольника с основанием и высотой, равными диаметру резервуара. В зданиях, выполненных из несгораемых материалов, площадь пламени определяется как площадь световых проемов части фасада, ограниченного противопожарными преградами. При отсутствии преград площадь пламени определяют как площадь световых проемов всего фасада. При наличии зданий с несгораемыми стенами, но со сгораемыми перекрытиями и покрытиями к площади световых проемов прибавляют площадь проекции ската кровли на вертикальную плоскость.

Глава II

ОГРАНИЧЕНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ОГНЯ В ЗДАНИЯХ

1. ВЫБОР ОГНЕСТОЙКИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Чтобы ограничить распространение огня во время пожара в зданиях, необходимо применять соответствующие несгораемые конструкции, а также различные противопожарные преграды: брандмауэры, межэтажные перекрытия, противопожарные зоны и др. Для защиты проемов и отверстий в несгораемых стенах и перекрытиях предусматриваются несгораемые двери, окна, заслонки, кожухи, сальниковые затворы и т. п.

Степень огнестойкости зданий и сооружений, а также выбор строительных материалов и конструкций определяют в соответствии с СН и П II-A.5—62. Согласно этим нормам требуемая степень огнестойкости здания или сооружения устанавливается, исходя из категории производств по пожарной опасности, наибольшего допускаемого числа этажей и наибольшей допускаемой площади пола в одном этаже между брандмауэрами (см. стр. 153).

При этом следует учитывать характеристику производства, на территории которого предполагается возвести здание или сооружение. Например, на территории зоны резервуарных парков, тарных хранилищ, сливо-наливных устройств и нефтепричалов все возводимые здания и сооружения должны быть не ниже второй степени огнестойкости.

При составлении характеристики производств необходимо установить пожароопасность производственных процессов во всем здании и в отдельных помещениях. Степень огнестойкости всего здания или его частей, выделенных брандмауэрами, устанавливают по наиболее пожароопасному производству, размещаемому в здании. Это положение справедливо в том случае, если площадь

или объем помещения, занятого производством с наиболее высокой пожарной опасностью, велики по сравнению с площадью или объемом помещения с менее опасными процессами. В противоположном случае степень огнестойкости здания в целом устанавливают по категории менее опасного основного производственного процесса. Но при этом в помещении с повышенной опасностью необходимо осуществить специальные противопожарные мероприятия (местная вентиляция, перегородки, камеры и т. п.).

Применение автоматических водораспылительных устройств в производственных помещениях позволяет увеличить площадь пола, ограниченного брандмауэрами, на 50%.

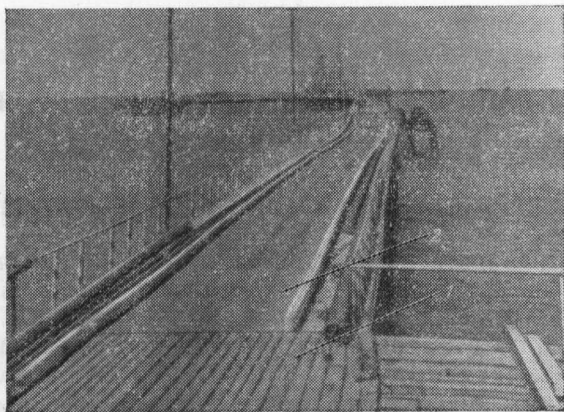


Рис. 45. Противопожарная преграда на металлической эстакаде:

1—сплошной сгораемый (деревянный) настил; 2—несгораемая перемычка (железобетонные плиты с асфальтовым покрытием).

Выяснив пожарную опасность производств, устанавливают категорию производств по пожарной опасности в отдельных помещениях и во всем здании. Предварительно определяют размеры производственных площадей и число этажей в зданиях. Затем по табл. 9 определяют степень огнестойкости здания (сооружения), в соответствии с которой (по таблице, данной в приложении к СН и П II-A.5—62) устанавливают требуемые пределы огнестойкости и группы возгораемости основных конструктивных элементов здания.

Имея эти данные, определяют материалы, а также толщины или наименьшие размеры сечений конструктивных элементов зданий (сооружений).

Одним из мероприятий борьбы против распространения пожара является повышение огнестойкости строительных конструкций зданий и сооружений [5]. Например, металлические конструкции

под аппаратурой, несущие нагрузку, во избежание деформации во время пожара защищают от температурных воздействий. Для высоких конструкций защитный слой достигает по высоте 4—7 м. Нижнюю часть открытых металлических эстажерок на высоту первого этажа, включая площадку, защищают термоизоляционным материалом, с тем чтобы предел огнестойкости конструкции был не менее 3 ч. Высота железобетонного основания реакторов и регенераторов крекинг-установок с пылевидным катализатором должна быть равна 7 м. Защитный термоизоляционный слой должен быть из материалов, не впитывающих нефтепродукты. К таким материалам относятся глиняный обожженный и силикатный кирпич, бетон, железобетон и др.

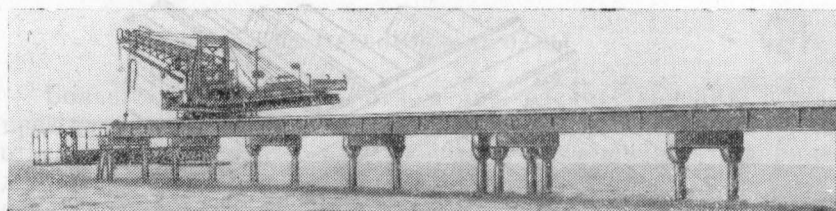


Рис. 46. Железобетонная эстакада.

Чтобы ограничить развитие пожара на сплошных сгораемых настилах морских эстакад, на них необходимо создавать зоны (рис. 45) из несгораемых материалов (бетона). В последнее время металлические эстакады заменяют железобетонными (рис. 46).

Что касается защиты от огня сгораемых деревянных конструкций, то она достигается путем глубокой (под давлением) пропитки, опрыскивания или вымачивания дерева водными растворами солей—*антипиренами*.

Чтобы понизить возгораемость древесины, на нее наносят слой известковой или известково-алебастровой штукатурки толщиной 15—20 мм по дроби, рогоже, металлической сетке или слой цементной штукатурки толщиной 20—25 мм.

2. БРАНДМАУЭРЫ И ПРОТИВОПОЖАРНЫЕ ЗОНЫ

Брандмауэр—это несгораемая стена, обладающая пределом огнестойкости не менее 5 ч, глухая или с отверстиями (защищенными противопожарными дверями, воротами и т. п.), опирающаяся непосредственно на фундамент и перерезающая все сгораемые и трудносгораемые элементы здания.

Брандмауэры применяют для разделения на секции больших производственных и складских площадей; разделения на секции производственных и складских помещений с различной пожарной

опасностью; отделения складских, административно-бытовых помещений от производственных; уменьшения противопожарных разрывов между зданиями и между зданиями, сооружениями и аппаратурой; разделения общественных и жилых зданий на противопожарные отсеки.

В зависимости от назначения брандмауэры могут быть внутренними, наружными, висячими и свободностоящими.

Если перекрытия, покрытия, фонари и другие выступающие над крышей здания конструкции сгораемые или трудносгораемые, то поперечные брандмауэры должны выступать над этими конструктивными элементами на 70 см. Продольные брандмауэры должны возвышаться над кровлей на 70 см независимо от материала кровли.

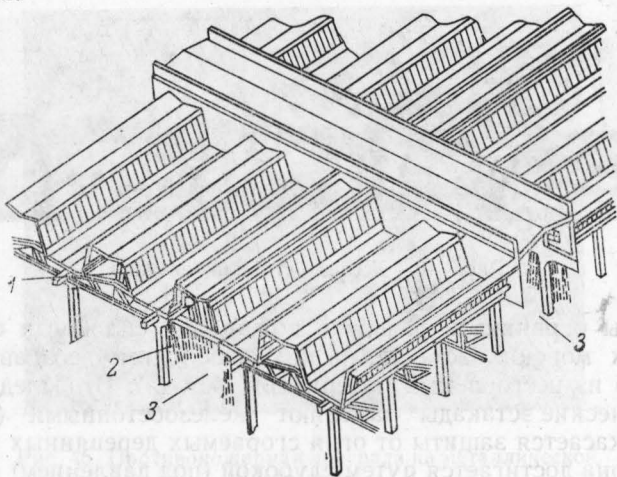


Рис. 47. Противопожарная зона с водяной завесой:

1—несгораемый световой фонарь; 2—водяная завеса; 3—противопожарная зона.

При сгораемых и трудносгораемых наружных стенах брандмауэры должны выступать за наружную их плоскость, а также за карнизы и свесы крыш не менее чем на 40 см.

Установлено, что если брандмауэр возвышается над сгораемой кровлей на 70 см, то при пожаре конвекционные потоки отклоняются на высоту, безопасную для участка кровли, находящегося за брандмауэром. Однако такое возвышение брандмауэра над кровлей не исключает полностью переход огня на соседний участок, а лишь замедляет его.

Количество брандмауэров в зданиях может быть определено по табл. 9 в зависимости от категории производства по пожарной опасности, степени огнестойкости, этажности и площади здания.

В одноэтажных зданиях противопожарные зоны (рис. 47) должны быть III—V степени огнестойкости в тех случаях, когда уст-

ройство брандмауэра не представляется возможным по условиям технологических процессов. Эти зоны состоят из несгораемого покрытия длиной 6 м, опирающегося на один или несколько рядов несгораемых опор. Торцовые части этих зон окаймляются вертикальными гребнями, выступающими над кровлей не менее чем на 70 см. Внутри здания они окаймляются стенками, опускающимися: 1) до низа затяжек или нижних поясов ферм—при расстоянии до 5 м от края зоны до ближайшей фермы; 2) на 25 см ниже сгораемой или трудносгораемой конструкции, примыкающей к зоне,—при расстоянии более 5 м от края зоны до ближайшей фермы.

Пределы огнестойкости несущих стен и колонн в противопожарных зонах должны быть не менее 5 ч, покрытий—не менее 2 ч.

3. ОТВЕРСТИЯ И ПРОЕМЫ

Большую опасность в отношении распространения пожара представляют различные отверстия в стенах, особенно в стенах, отделяющих смежные взрывоопасные помещения. Например, для защиты от распространения огня через отверстия, сквозь которые проходит приводной вал, применяют сальниковый затвор (рис. 48), не пропускающий взрывоопасные смеси газов и паров в смежное помещение.

Перекрытия проемов в брандмауэрах выполняют из несгораемых или трудносгораемых конструкций с пределом огнестойкости не менее 1,5 ч. Полотнища дверей могут быть выполнены [5] из досок, обшитых кровельной сталью по асбестовому картону или войлоку, вымоченному в глинистом растворе. Для удаления продуктов разложения древесины, образующихся при нагревании дверей во время пожара, в обшивке предусматривают два несквозных отверстия. Диаметр каждого отверстия d определяют по формуле:

$$d = 6\sqrt{F} \text{ см}$$

где F —площадь полотнища, м^2 .

Отверстия закрываются кровельной сталью, припаяваемой легкоплавким сплавом. Огнестойкость двери зависит от толщины деревянной части полотнища. Предел огнестойкости полотнища,

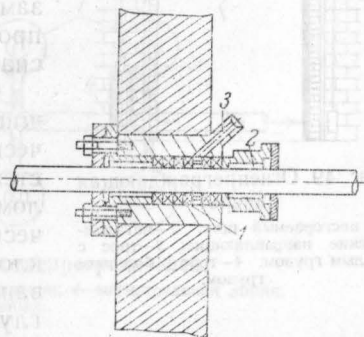


Рис. 48. Огнепреграждающий сальник:

1—асбестовая сальниковая набивка; 2—контргайка; 3—тавотница.

например толщиной 5 см, равен 2 ч. Дверные коробки изготавливают из негорюемых материалов с пределом огнестойкости не ниже предела огнестойкости полотна.

В каждом отсеке здания I и II степени огнестойкости (насосной и др.) должна быть противопожарная дверь с пределом огнестойкости 0,75 ч.

Подсобные и служебные помещения в этих зданиях должны быть связаны с машинным залом только через тамбуры с плотно закрытыми противопожарными дверями с тем же пределом огнестойкости.

Чтобы предотвратить протекание жидкостей через дверные проемы, рекомендуется устраивать пандусы или канавы, перекрытые решетками и сообщающиеся с промканализацией через гидрозатвор.

Применяют также скользящие опускающиеся двери, состоящие из дверного щита, системы подвеса и контргруза с тросом, а иногда и с легкоплавким замком (рис. 49). При большой ширине проема щит делают из двух половин и снабжают водяной завесой.

Оконные проемы в брандмауэрах защищают железобетонными и металлическими переплетами, заполненными стеклоблоками или армированным стеклом, имеющим в своей толще металлическую сетку. Сетка предохраняет стекло от рассыпания при его растрескивании. Железобетон применяют для глухих (неоткрывающихся) переплетов.

Более надежно можно защитить оконные проемы, применяя армированное стекло и водяную завесу. Размещать окна и двери в здании насосной I и II степени огнестойкости в сторону аппаратуры, содержащей нефтепродукты с температурой нагрева выше 250 °С, не разрешается. Объясняется это возможностью самовоспламенения вытекающего нефтепродукта при аварии и пожаре. Размещать двери в сторону печей, расположенных ближе 15 м, по тем же соображениям не разрешается.

Во избежание распространения пожара через вентиляционные каналы, проложенные в огнепреграждающих стенах или межэтажных перекрытиях, устанавливают огнезадерживающие заслонки. Заслонки могут закрываться как автоматически, так и вручную. Управление заслонкой расположено с обеих сторон преграды. Вместо заслонок для той же цели можно использовать предохранительный затвор.

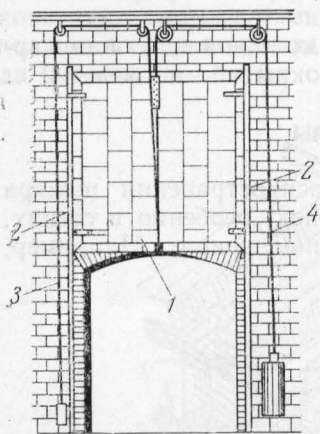


Рис. 49. Огнепреграждающая дверь:

1—негорюемый щит; 2—металлические направляющие; 3—трос с малым грузом; 4—трос с большим грузом.

Противопожарные стены, гребни этих стен, водяные завесы выполняют также роль экранов, отражающих лучистую энергию пожаров.

Глава III

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ПРОТИВОПОЖАРНЫЕ ПРЕГРАДЫ

Помимо рассмотренных преград, в здании имеются также специальные преграды для огня в виде огнепреградителей, гидравлических и сухих затворов, перемычек, водяных завес, обвалований и других устройств.

1. ОГНЕПРЕГРАДИТЕЛИ

Огнепреградители устанавливают на дыхательных линиях резервуаров, мерников и аппаратов с легковоспламеняющимися жидкостями, газами и горючей пылью. Схема размещения огнепреградителей дана на рис. 50.

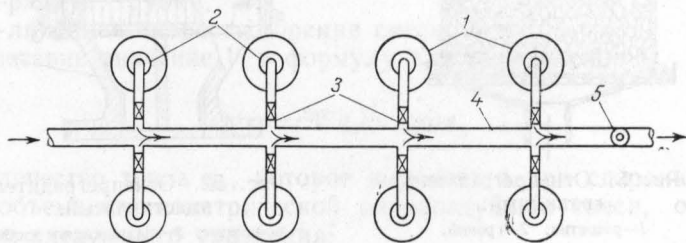


Рис. 50. Схема размещения огнепреградителей:

1—мерники с ЛВЖ; 2—люки; 3—огнепреградители; 4—магистральная линия; 5—дыхательный клапан.

Огнепреградители (рис. 51 и 52) заполняются насадкой. Насадкой может служить неизменяющийся при повышенных температурах материал с высокоразвитой свободной поверхностью: гравий, кирпич, черепица, кольца Рашига, цилиндры из обожженной глины и фольговые кассеты.

Расчет огнепреградителей. Величина критического диаметра отверстия огнепреградителя может быть определена как опытным путем, так и аналитически. Представим, что в трубе с паро- или газовоздушной смесью поставлен огнепреградитель в виде пучка трубок малого диаметра. Очевидно, что пламя легче проходит по центральным трубкам, так как боковые более интенсивно охлаждаются. Следовательно, расчет нужно вести по центральным трубкам, диаметр которых равен $d_{кр}$.

Фронт пламени при горении смеси в трубках обычно имеет форму полусферы, обращенной своей выпуклой частью в сторону

движения пламени. Радиус полусферы принимается равным радиусу трубки r . Теплота химической реакции, протекающей во фронте пламени, затрачивается на подогрев исходной горючей смеси, на нагревание получающихся продуктов горения и на потери тепла через стенки трубок.

Температура в зоне реакции на наружной поверхности полусферы равна температуре самовоспламенения газовой смеси $t_{св.}$, а на внутренней поверхности полусферы—температуре горения газовой смеси t_r . В зоне прогрева исходной горючей смеси температура постепенно уменьшается по мере удаления от фронта

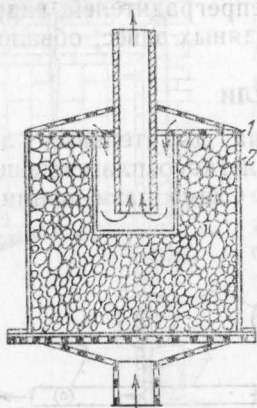


Рис. 51. Огнепреградитель гравийный:

1—решетка; 2—гравий.

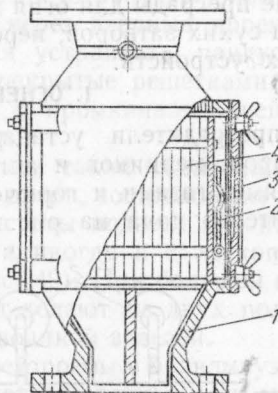


Рис. 52. Огнепреградитель пластинчатый:

1—корпус; 2—выдвижная коробка; 3—крышка; 4—пластины из листового гофрированного алюминия или латуни.

пламени, достигая начальной температуры смеси t_0 . Изменение температуры при этом подчиняется закону степенной функции. Протяженность зоны прогрева зависит от многих факторов и главным образом от теплопроводности исходной горючей смеси λ . В зоне продуктов горения температура примерно одинакова и численно равна температуре горения смеси t_r .

Так как горение смеси происходит в трубках, имеющих критический диаметр, то тепловые потери будут численно равны количеству тепла, выделяющегося при горении, что может быть выражено следующим уравнением:

$$Q_1 = Q_2 + Q_3 + Q_4$$

где Q_1 —количество тепла, выделяющегося при горении смеси, ккал;

Q_2 —количество тепла, расходуемого на нагревание продуктов горения, ккал;

Q_3 —количество тепла, расходуемого на нагревание исходной смеси, ккал;

Q_4 —количество тепла, уходящего через стенки труб, ккал.

Раскроем значение величин, входящих в состав уравнения теплового баланса, и найдем критический диаметр трубки огнепреградителя.

а. Количество тепла Q_1 , выделяющегося при горении смеси, равно:

$$Q_1 = Vq_n d\tau \text{ ккал}$$

где V —объем исходной смеси, которая сгорает в единицу времени, $\text{м}^3/\text{сек}$;

q_n —низшая теплотворная способность смеси, ккал/ м^3 ;

τ —время, сек.

Объем исходной смеси, сгорающей в единицу времени V , можно определить по формуле:

$$V = \pi r^2 W \text{ м}^3/\text{сек}$$

где r —радиус трубки, м;

W —линейная скорость горения смеси, м/сек.

Подставив значение V в формулу для определения Q_1 , будем иметь:

$$Q_1 = \pi r^2 W q_n d\tau \text{ ккал} \quad (1)$$

Количество тепла q_n , которое выделяется при сгорании единицы объема стехиометрической паровоздушной смеси, определяют из следующего уравнения:

$$q_n = k Q_n \frac{T_0}{T_{\text{ср}}} \text{ ккал}/\text{м}^3 \quad (2)$$

где k —стехиометрическая концентрация горючей смеси, объемные доли;

Q_n —низшая теплотворная способность чистого газа или паров жидкости, ккал/ м^3 ;

$T_0 = 273^\circ \text{К}$;

$T_{\text{ср}}$ —средняя температура горючей смеси, $^\circ \text{К}$.

Стехиометрическая концентрация может быть определена из реакции горения смеси как отношение количества молекул горючего вещества n к общему числу молекул смеси N , участвовавших в горении:

$$k = \frac{n}{N}$$

Отношение температур $T_0/T_{\text{ср}}$ является коэффициентом, учитывающим изменение объема исходной горючей смеси при нагре-

вании, так как табличные значения Q_n даны при нормальных условиях. Среднюю температуру горючей смеси $T_{\text{ср.}}$ определяют по формуле:

$$T_{\text{ср.}} = 273 + \frac{t_{\text{св.}} + t_n}{2} \text{ } ^\circ\text{K}$$

где $t_{\text{св.}}$ —температура самовоспламенения смеси, $^\circ\text{C}$;

t_n —начальная температура смеси, $^\circ\text{C}$.

б. Количество тепла Q_2 , расходуемого на нагревание продуктов горения, определяют по формуле:

$$Q_2 = V_{\text{п.г.}} c_t (t_r - t_{\text{св.}}) d\tau$$

где $V_{\text{п.г.}}$ —объем продуктов горения, $\text{м}^3/\text{сек}$;

c_t —теплоемкость продуктов горения, $\text{ккал}/(\text{м}^3 \cdot \text{град})$;

t_r —температура продуктов горения, равная температуре горения смеси, $^\circ\text{C}$;

$t_{\text{св.}}$ —температура самовоспламенения смеси, $^\circ\text{C}$.

Объем продуктов горения можно выразить через объем исходной горючей смеси:

$$V_{\text{п.г.}} = mV \text{ м}^3/\text{сек}$$

где m —коэффициент, показывающий, во сколько раз изменился объем продуктов горения против объема начальной смеси.

Подставив это значение в формулу для Q_2 , будем иметь:

$$Q_2 = \pi r^2 W m c_t (t_r - t_{\text{св.}}) d\tau$$

Произведение $m c_t$ можно считать величиной постоянной и равной объемной теплоемкости продуктов горения при нормальных условиях, так как m при повышении температуры газа увеличивается, а c_t примерно на ту же величину уменьшается. Тогда:

$$Q_2 = \pi r^2 W c_p (t_r - t_{\text{св.}}) d\tau \quad (3)$$

где c_p —теплоемкость продуктов горения при нормальных условиях, $\text{ккал}/(\text{м}^3 \cdot \text{град})$.

в. Количество тепла Q_3 , расходуемого на нагревание исходной смеси, можно определить, исходя из следующего.

Тепло в трубках малого диаметра передается преимущественно за счет теплопроводности. Явлением конвекции в данном случае можно пренебречь. Так как температура исходной смеси в направлении радиуса (вектора) R изменяется, вводят градиент температуры $\left(-\frac{dt}{dR}\right)$, характеризующий интенсивность падения температуры на единицу длины трубки.

Так как тепло передается от зоны горения, имеющей форму полусферы, то Q_3 будет равно:

$$Q_3 = S\lambda \left(-\frac{dt}{dR} \right) d\tau = -2\pi r^2 \lambda \frac{dt}{dR} d\tau \quad (4)$$

где S —площадь поверхности полусферы, равная $2\pi r^2$, m^2 ;
 λ —теплопроводность исходной смеси при средней температуре, $ккал/(м \cdot сек \cdot град)$.

Градиент температур равен:

$$\left(-\frac{dt}{dR} \right) = \frac{t_{св.} - t_n}{r}$$

Подставив в формулу (4) значение градиента температур, получим:

$$Q_3 = 2\pi r^2 \lambda \left(-\frac{dt}{dR} \right) d\tau = 2\pi r^2 \lambda \left(\frac{t_{св.} - t_n}{r} \right) d\tau$$

или:

$$Q_3 = 2\pi r \lambda (t_{св.} - t_n) d\tau \quad (5)$$

г. Тепловые потери через стенки трубок отсутствуют, следовательно, $Q_4 = 0$.

Найденные значения Q_1 , Q_2 , Q_3 , Q_4 подставляем в уравнение теплового баланса:

$$\pi r^2 W q_n d\tau = \pi r^2 W c_p (t_r - t_{св.}) d\tau + 2\pi r \lambda (t_{св.} - t_n) d\tau$$

Сделав соответствующие сокращения и преобразования, получим:

$$r = \frac{2\lambda (t_{св.} - t_n)}{W [q_n - c_p (t_r - t_{св.})]}$$

Но $d_{кр.} = 2r$, поэтому

$$d_{кр.} = \frac{4\lambda (t_{св.} - t_n)}{W [q_n - c_p (t_r - t_{св.})]}$$

Чтобы огнепреградитель надежно гасил пламя, диаметр его отверстий должен быть несколько меньше критического диаметра, т. е.:

$$d = (0,5 \div 0,8) d_{кр.}$$

Пример. Определить требуемый диаметр отверстия огнепреградителя, установленного на дыхательной линии емкости с бензолом. Известно, что температура бензола в емкости $15^\circ C$.

Критический диаметр отверстия огнепреградителя определяем по формуле

$$d_{кр.} = \frac{4\lambda (t_{св.} - t_n)}{W [q_n - c_p (t_r - t_{св.})]}$$

где λ —теплопроводность исходной смеси, $\text{ккал}/(\text{м} \cdot \text{сек} \cdot \text{град})$;

$t_{\text{св.}}$ —температура самовоспламенения паров бензола, равная 625°C ;

$t_{\text{н}}$ —начальная температура смеси; в данном случае температура смеси равна температуре бензола, т. е. 15°C ;

W —скорость горения смеси; в данном случае скорость горения смеси паров бензола с воздухом принимаем равной $0,3 \text{ м/сек}$;

$q_{\text{н}}$ —количество тепла, выделяющегося при горении 1 м^3 смеси, $\text{ккал}/\text{м}^3$;

c_p —теплоемкость продуктов горения, $\text{ккал}/(\text{м}^3 \cdot \text{град})$;

$t_{\text{г}}$ —температура горения паров бензола; принимаем ее равной 1550°C .

Для определения коэффициента теплопроводности λ и теплоты сгорания исходной смеси $q_{\text{н}}$ необходимо знать величину стехиометрической концентрации. Напишем реакцию горения бензола:



тогда:

$$k = \frac{n}{N} = \frac{1}{1 + 7,5 + 7,5 \cdot 3,76} = 0,027 \approx 0,03$$

Коэффициент теплопроводности исходной смеси при ее средней температуре равен:

$$\lambda = k\lambda_6 + (1 - k)\lambda_{\text{в}}$$

Средняя температура смеси:

$$t_{\text{ср.}} = \frac{t_{\text{св.}} + t_{\text{н}}}{2} = \frac{625 + 15}{2} = 320^\circ\text{C}$$

Коэффициент теплопроводности при $t_{\text{ср.}} = 320^\circ\text{C}$ для паров бензола: $\lambda_6 = 0,036 \text{ ккал}/(\text{м} \cdot \text{ч} \cdot \text{град})$ [1, приложение 4]; для воздуха: $\lambda_{\text{в}} = 0,040 \text{ ккал}/(\text{м} \cdot \text{ч} \cdot \text{град})$. Следовательно:

$$\lambda = 0,03 \cdot 0,036 + 0,97 \cdot 0,040 \approx 0,040 \text{ ккал}/(\text{м} \cdot \text{ч} \cdot \text{град})$$

Теплотворную способность паровоздушной смеси определяем по формуле:

$$q_{\text{н}} = kQ_{\text{н}} \frac{T_0}{T_{\text{ср.}}} \text{ ккал}/\text{м}^3$$

Весовая теплотворная способность чистого бензола:

$$Q'_{\text{н}} = 10\,000 \text{ ккал}/\text{кг}$$

Объемная теплотворная способность:

$$Q_{\text{н}} = Q'_{\text{н}} \rho \text{ ккал}/\text{нм}^3$$

где ρ —плотность паров бензола при нормальных условиях, равная:

$$\rho = \frac{M}{22,4} = \frac{78}{22,4} = 3,49 \text{ кг}/\text{м}^3$$

где M —молекулярный вес бензола, равный 78;

22,4—объем, занимаемый 1 моль смеси, м^3 .

Следовательно:

$$Q_{\text{н}} = 10\,000 \cdot 3,49 = 34\,900 \text{ ккал}/\text{м}^3$$

Подставляя найденные значения, получим:

$$q_{\text{н}} = 0,03 \cdot 34\,900 \frac{273}{273 + 320} = 490 \text{ ккал}/\text{м}^3$$

Теплоемкость продуктов горения c_p при нормальных условиях принимается равной теплоемкости воздуха, т. е.:

$$c_p = 0,24 \text{ ккал/(кг} \cdot \text{град)}$$

Объемная теплоемкость

$$\rho c_p = 0,24 \cdot \gamma_{\text{возд.}} = 0,24 \cdot 1,29 = 0,31 \text{ ккал/(м}^3 \cdot \text{град)}$$

Подставив эти данные в первоначальную формулу, найдем:

$$d_{\text{кр.}} = \frac{4 \cdot 0,040 \cdot (625 - 15)}{0,3 \cdot 3600 \cdot [490 - 0,31(1550 - 625)]} = 0,00043 \text{ м, или } 0,43 \text{ мм}$$

Принимая коэффициент запаса равным 0,7, определяем требуемый диаметр отверстия огнепреградителя:

$$d = 0,7 d_{\text{кр.}} = 0,7 \cdot 0,43 = 0,301 \approx 0,3 \text{ мм}$$

Наиболее распространены следующие огнепреградители: 1) с фольговой кассетой из гофрированной ленты или пластин (с высотой гофра 1—2 мм); 2) гравийные (диаметр зерна 5—8 мм); 3) с латунными или стальными фильтровальными сетками (с числом отверстий 144—196 на 1 см²).

Насадка огнепреградителя не должна пропускать пламя при любых концентрациях паров и газов в воздухе и максимально возможных скоростях горения. Она не должна терять защитных свойств при действии взрывной волны и не оказывать большого сопротивления прохождению паров и газов.

Коэффициент местного сопротивления ϵ для различных видов набивок огнепреградителей можно определить по формуле:

$$\epsilon = \frac{2gh}{v^2 \rho}$$

где g —ускорение силы тяжести, м/сек²;

h —сопротивление, мм вод. ст. (кг/м²);

v —скорость движения воздуха, м/сек;

ρ —плотность воздуха, кг/м³.

Средний коэффициент местного сопротивления равен: для гравия размером от 5,25 до 8,25 мм при высоте слоя 20—100 мм 1,96—3,82, для слоя стеклянной ваты высотой 5 мм — 76.

Гравий, используемый в качестве материала для набивки пакетов огнепреградителей, обладает огненепроницаемостью и относительно малым сопротивлением газозадушному потоку. Жаропрочность, устойчивость против химических воздействий, механическая прочность и легкость сортировки и укладки позволяют отнести гравий к наиболее пригодным заменителям дефицитных материалов в пакетах огнепреградителей.

Более совершенным дополнителем для огнепреградителей является стеклянная вата. Однако механическая нестойкость, трудность стандартизации и недостаточная огнестойкость препятствуют ее широкому применению.

Пакет огнепреградителя содержит от 7000 до 10 000 каналов. В результате коробления, вмятин, раздвигания пластин и т. п. возможны отклонения одного или нескольких каналов от критического диаметра. Поэтому пакеты после окончательной сборки подвергают тщательному техническому контролю, при котором пакеты с каналами диаметром более 1,5 мм бракуют.

Несколько латунных или стальных сеток не могут предотвратить распространение пламени, вызванного наиболее огнеопасными газами, парами или пылью. В этих случаях сетки снабжают автоматическими заслонками, закрывающимися термозлементом с целлулоидной пластинкой.

2. ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ЗАТВОРЫ

Роль огнепреградителей на жидкостных и газовых линиях выполняют гидравлические затворы различных типов (рис. 53). Их устанавливают на всех линиях производственной канализации,

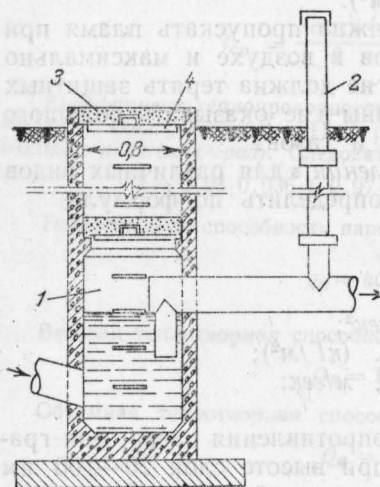


Рис. 53. Гидравлический затвор:
1—колодец; 2—вентиляционная труба;
3—песок; 4—крышка.

идущих от аппаратов, резервуаров, зданий и сооружений, в местах присоединения к основной магистрали. На магистральной линии гидравлические затворы размещают через каждые 250 м перед ловушкой и после нее на расстоянии не менее 10 м.

Известно, что горение смеси паров и газов с воздухом происходит над поверхностью жидкости. Одновременно прогревается верхний слой. Чтобы предотвратить распространение огня по трубопроводам и каналам, высота запирающего слоя жидкости должна быть не менее 25 см.

Прогрев движущейся жидкости на такую глубину практически осуществить трудно. При турбулентном режиме движения жидкости возможен проскок пламени, поэтому запирающий слой увеличивают до 45 см.

На линиях транспортировки легковоспламеняющихся жидкостей гидравлические затворы устанавливают только в том случае, если жидкость перемещается периодически, например в напорных, расходных, переливных, сливных и аварийных линиях мерников, резервуаров и т. п.

3. ПЕРЕМЫЧКИ

Чтобы предотвратить распространение огня по трубным канавам в случае растекания по ним огнеопасных жидкостей, устанавливают огнепреграждающие *перемычки* (рис. 54).

Перемычки представляют собой насыпи из песка и гравия длиной 4 м, располагаемые через каждые 80 м по магистральной канаве и в местах ответвлений, создавая изолированные отсеки. При этом засыпают как трубы, так и лоток канавы. Жидкость по канаве в нефтеловушку движется через гидравлические затворы.

Чтобы предотвратить протекание огнеопасных жидкостей через сальник запорного устройства, расположенного в узле задвижек (манифольде), это запорное устройство окружают сплошной несгораемой стеной. Стена должна быть не ниже корпуса задвижек, а скапливающаяся жидкость из ограждения отводится через гидрозатвор в ловушку.

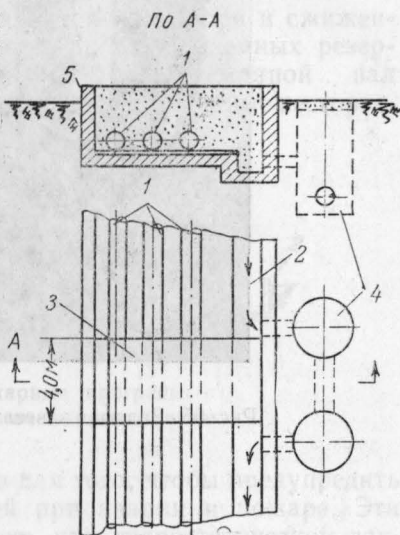


Рис. 54. Противопожарная перемычка в трубной канаве:

1—трубопроводы; 2—лоток для стока жидкости; 3—противопожарная перемычка; 4—гидрозатвор двухколдезный; 5—выступающая стенка.

4. ВОДЯНЫЕ ЗАВЕСЫ

Ограничить распространение пожара можно также, охлаждая поверхности, подверженные действию огня. Поэтому целый ряд аппаратов и сооружений обеспечивают системой *противопожарных завес* (рис. 55). Например, для защиты поверхности резервуаров от действия радиации при горении огнеопасной жидкости в соседней емкости применяют водяные оросители, создающие водяные завесы. Оросители, размещенные по наружному периметру верхнего пояса резервуара, равномерно охлаждают стенки емкости, предупреждая деформацию и разрушение резервуара при горении продукта в нем.

С той же целью для защиты зданий и буровых вышек применяют *целевые распылители* (рис. 56, а, б). Водяные завесы, создаваемые с их помощью, ограничивают развитие пожара по высоте и площади зданий, буровых, установок и т. д. При фонтанировании скважин эти распыленные струи воды снижают опасность воспламенения фонтана.

Для крыш насосных, компрессорных и других зданий, имеющих деревянную обрешетку, используют крышесные оросители,

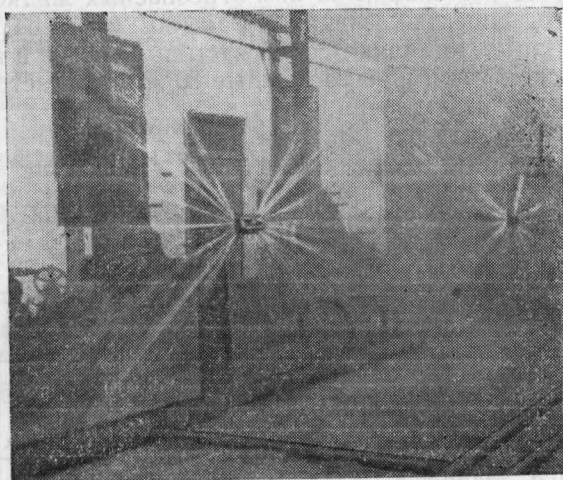


Рис. 55. Водяная завеса перед зданием нефтенасосной.

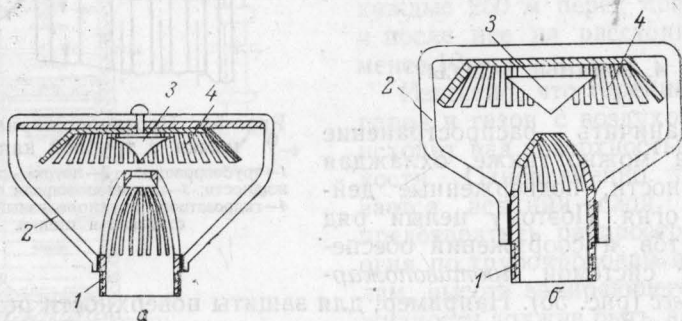


Рис. 56. Распылители:

а—с продольными щелями; *б*—с винтовыми щелями; 1—корпус; 2—дуга; 3—дефлектор; 4—розетка.

отличающиеся от обычных форм розетки. Для орошения сгораемых стен, окон и карнизов здания применяют оросители, розетка которых имеет форму лопаты.

Водяные завесы, а также орошение площадей предусматриваются и для внутренних помещений.

На питательной трубе разбрызгивателей, сообщаемой с водопроводом, устанавливают задвижку, которая постоянно за-

крыта и открывается только в нужный момент. Рядом с задвижкой монтируют спускной ventиль, а в непосредственной близости от задвижки на питательном трубопроводе—приспособление для включения в сеть автонасосов. Это приспособление состоит из соединительной гайки и обратного клапана.

5. ОБВАЛОВАНИЕ

При хранении легковоспламеняющихся жидкостей и сжиженных газов вокруг отдельных наземных и полуподземных резервуаров или группы их устанавливают глино-земляной вал (рис. 57), а если это технически невозможно,—сплошные несгорае-

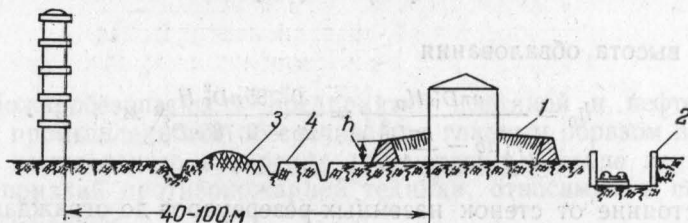


Рис. 57. Противопожарные преграды:
1—обвалование; 2—трубная канава; 3—дорога; 4—кювет.

мые стены. Обвалование необходимо для того, чтобы предупредить растекание огнеопасных жидкостей при аварии и пожаре. Эти преграды рассчитывают на прочность при гидростатическом давлении разлившейся жидкости.

Высота преград должна быть не менее 1 м. Но при значительных объемах резервуаров она может оказаться недостаточной, поэтому высоту вала или стенок определяют расчетным путем. Расчет проводят в следующей последовательности. Если необходимо разместить рядом n наземных резервуаров диаметром D и с наибольшей возможной высотой жидкости в них H , то объем жидкости в каждом резервуаре v_p будет:

$$v_p = \frac{\pi D^2}{4} H \text{ м}^3$$

Объем жидкости во всех резервуарах:

$$V_n = \frac{n\pi D^2}{4} H \text{ м}^3$$

Обозначив высоту ограждения через h_0 , длину и ширину участка, заключенного в обвалование, соответственно a и b , найдем объем вместилища V_b , образованного внутренними стенами обва-

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭВАКУАЦИИ ЛЮДЕЙ И МАТЕРИАЛЬНЫХ ЦЕННОСТЕЙ ПРИ ПОЖАРЕ

Пожаробезопасность предприятий нефтяной и нефтехимической промышленности обеспечивается главным образом в результате комплексного внедрения рассмотренных выше двух групп мероприятий противопожарной техники, относимых к *пожарной профилактике*.

Однако на случай возникновения пожара необходимо заблаговременно предусмотреть также следующие две группы основных мероприятий.

1. Обеспечение успешной эвакуации людей и материальных ценностей.

2. Обеспечение эффективного пожаротушения.

Поэтому перейдем к изучению этих групп основных мероприятий.

Глава I

ОСНОВНЫЕ ПУТИ ЭВАКУАЦИИ ЛЮДЕЙ

1. ПУТИ ЭВАКУАЦИИ В ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЯХ

Одной из основных задач противопожарной техники является заблаговременное создание условий для успешной эвакуации людей, оборудования, огнеопасных жидкостей, газов и других материальных ценностей из сферы пожара.

Несмотря на то что производственные, подсобные и административно-хозяйственные здания имеют в основном один-два этажа, а количество одновременно находящихся в них людей невелико, при проектировании этих зданий необходимо создавать достаточное количество *эвакуационных выходов*. Такими выходами являются проходы, двери, ворота, ведущие из помещения: а) непосредственно наружу; б) на лестничную клетку с выходом наружу непосредственно или через вестибюль; в) в проход или коридор с непосредственным выходом наружу или на лестничную

клетку; г) в соседние помещения с огнестойкостью не ниже III степени, не содержащие производств с пожарной опасностью категорий А, Б, В и имеющие выходы наружу непосредственно или через лестничную клетку.

Под термином *пути эвакуации* понимают такие пути, которые ведут к эвакуационному выходу и обеспечивают безопасное движение в течение определенного времени,—это проходы, площадки, коридоры, фойе и лестницы.

Одним из показателей эффективности эвакуации является время, в течение которого все люди могут выйти из помещения или здания.

При эвакуации людей должны быть соблюдены следующие основные требования: расстояние от наиболее удаленного рабочего места до выхода наружу или на лестницу должно быть кратчайшим; пути движения людских потоков не должны пересекаться или встречаться. В зданиях подсобных цехов—механических мастерских, промысловых и заводских лабораториях, а также в административно-хозяйственных и бытовых зданиях—промысловых управлениях, заводоуправлениях, столовых максимальные потоки образуются в часы начала и окончания вахт. Продолжительность этого периода должна быть минимальной, она зависит от количества запроектированных эвакуационных выходов и путей эвакуации, их протяженности и ширины, а также от мер, обеспечивающих организованное и спокойное движение людей.

Суммарная ширина дверей производственных зданий и лестничных маршей на путях эвакуации принимается в зависимости от высоты зданий и числа людей, находящихся на наиболее населенном этаже здания, кроме первого этажа. На 1 м ширины прохода, двери, ворот или марша приходится: в двухэтажных зданиях—125 человек, в трехэтажных и более—100 человек.

Ширина марша лестниц, служащих для эвакуации, должна быть не менее 1,2 м и не более 2,2 м; ширина лестничной площадки—не менее ширины марша. Такие размеры необходимы для предупреждения задержки людей и остановки движения.

2. ВЫБОР ПУТЕЙ ЭВАКУАЦИИ И ИХ ЭКСПЛУАТАЦИЯ

Количество выходов из помещения зависит от количества работающих в нем людей; пожарной опасности размещенных рабочих сред и оборудования; огнестойкости здания и числа этажей, а также от размеров помещений. В табл. 19 приведены предельные расстояния от наиболее удаленного рабочего места до эвакуационного выхода, по которым определяют необходимое число эвакуационных выходов.

Люди при эвакуации из зданий должны выходить через те двери, которыми они пользуются ежедневно, а запасные двери, тем более не раскрытые настежь, а забитые, не могут быть включены в число выходов, обеспечивающих безопасную эвакуацию.

ТАБЛИЦА 19

Предельные расстояния до эвакуационных выходов

| Категория производств по пожарной опасности | Степень огнестойкости здания | Наибольшие допускаемые расстояния, м | | Категория производств по пожарной опасности | Степень огнестойкости здания | Наибольшие допускаемые расстояния, м | |
|---|------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|---|------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|
| | | в одноэтажном здании | в многоэтажном здании | | | в одноэтажном здании | в многоэтажном здании |
| А | I и II | 30 | 25 | Г | I и II | Не ограничиваются | |
| Б | I и II | 75 | 50 | | III | | |
| В | I и II | 75 | 50 | | IV и V | 60 | 50 |
| | III | 60 | 40 | Д | I и II | Не ограничиваются | |
| | IV | 50 | 30 | | III | 100 | 75 |
| | V | 50 | — | | IV | 60 | 50 |
| | | | | | V | 50 | 40 |

Все двери из производственных помещений наружу должны быть легко открывающимися по направлению движения.

Устраивать винтовые лестницы, разрезные площадки и забежные ступени на путях эвакуации не разрешается.

Ко всякого рода вышкам (кроме плавающих буровых) должны вести только маршевые лестницы. Расстояние между маршами должно быть не более 5 м по вертикали с уклоном не более 50°. Кроме того, при аварии или пожаре рабочий может эвакуироваться, помимо лестницы, с помощью карабина или специального устройства по буровой оттяжке (рис. 58).

Если несколько аппаратов находятся на одной площадке, то ставят две маршевые лестницы или одну лестницу, а с другой стороны—стремянку. Для выхода из резервуарного парка по обе стороны обвалования или ограждающей стены ставят лестницы-переходы (не менее двух на каждую группу резервуаров).

Необходимо, чтобы число эвакуационных выходов из производственных, вспомогательных и общественных зданий или помещений, а также с площадок обслуживания аппаратов и эстакад (рис. 59) было не менее двух.

Устройство одного эвакуационного выхода допускается только из помещений, в которых размещены производства категорий А, Б и В площадью до 100 м², и из помещений с производствами категорий Г и Д площадью до 200 м².

Нельзя располагать открытые лестницы со стороны вентиляционных вытяжных каналов или предохранительных устройств, так как при открытии противовзрывных (поворотных) окон или мембран могут пострадать работники, оказавшиеся в это время на лестнице. Все здания, имеющие высоту более 10 м, оборудуют пожарными лестницами. Пожарные лестницы к зданиям высотой до 30 м должны быть вертикальными (рис. 60), а более 30 м—наклонными. Пожарная лестница с уклоном 60° может служить запасным путем эвакуации людей. В этом случае из каждого эта-

жа здания устраивают выход на площадку пожарной лестницы. Лестницы располагают в простенках между проемами.

Эвакуировать рабочих с морских эстакад, связанных с берегом, значительно легче, чем с отдельных оснований или эстакад,

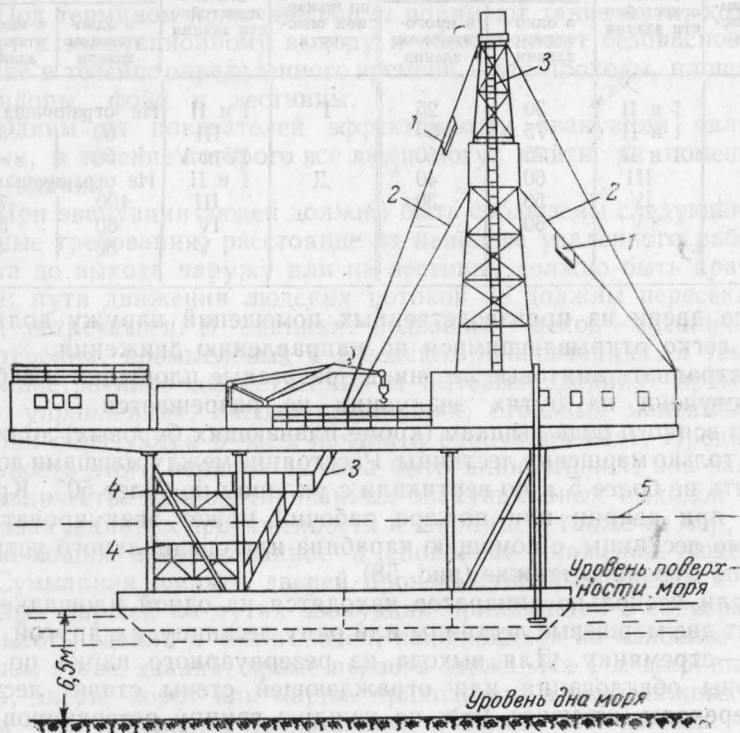


Рис. 58. Схема эвакуационных путей на плавучей буровой установке:
1—тележка для эвакуации; 2—трос; 3—лестницы; 4—посадочная площадка; 5—линия погружения.

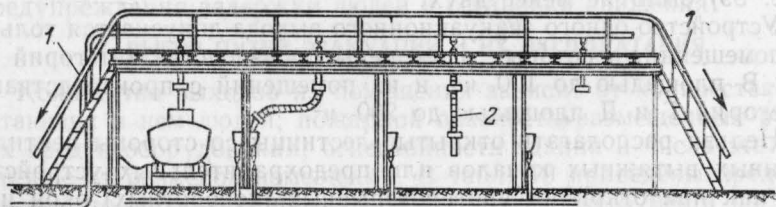


Рис. 59. Пути эвакуации с наливной эстакады:

1—маршевая лестница; 2—наливной шланг.

не связанных с сушей. У каждого морского основания устраивают специальные посадочные площадки с лестницей, спускающейся с основания для посадки на плавсредства.

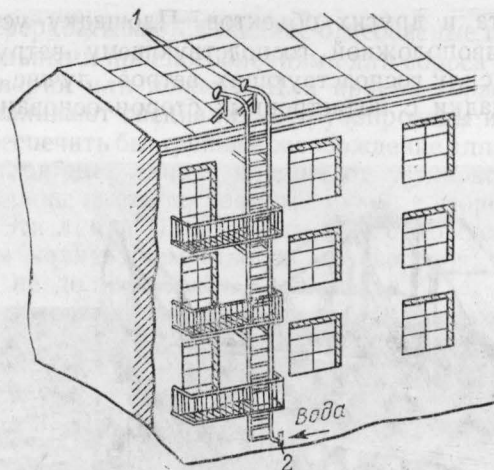


Рис. 60. Вертикальная пожарная лестница:

1—полугайка; 2—полугайка с заглушкой.

Причальную площадку индивидуальных морских оснований сооружают на сваях, не связанных с основанием буровой, нефте-

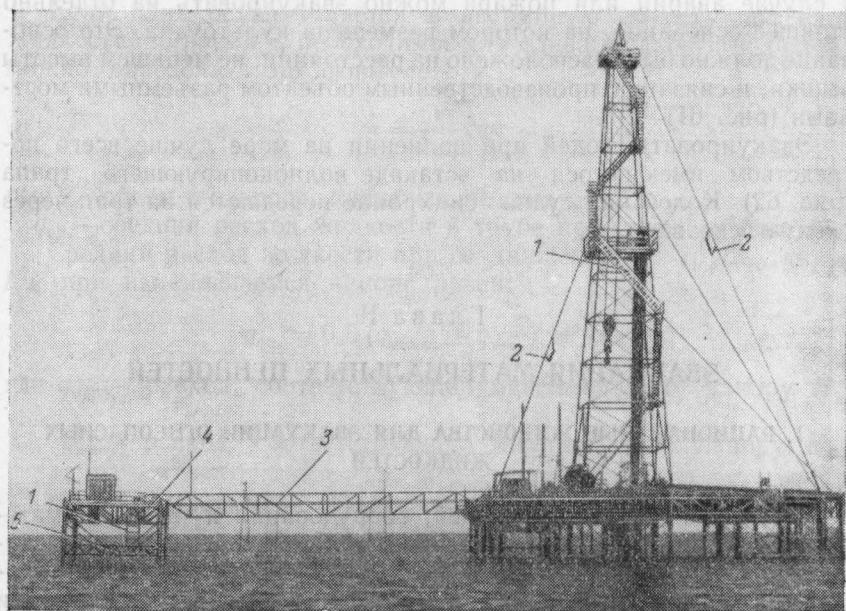


Рис. 61. Пути эвакуации с буровой вышки на отдельное основание:

1—лестница; 2—тележка; 3—откидной мостик; 4—отдельное основание; 5—посадочная площадка.

сборного пункта и других объектов. Площадку устраивают со стороны, противоположной господствующему ветру. Учитывая направление и силу господствующих ветров, лучше всего соорудить две площадки с подветренных сторон основания. Рабочих

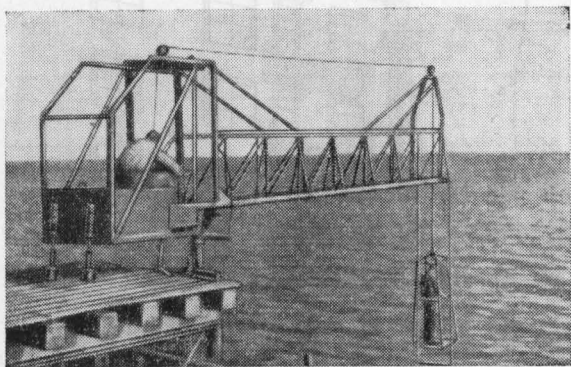


Рис. 62. Волнокопирующий трап.

в случае аварии или пожара можно эвакуировать на отдельно стоящее основание, на котором размещена культбудка. Это основание должно быть расположено на расстоянии, не меньшей высоты вышки, и связано с производственным объектом разъемными мостками (рис. 61).

Эвакуировать людей при волнении на море лучше всего посредством имеющегося на эстакаде волнокопирующего трапа (рис. 62). Колебания судна синхронно передаются на трап через гибкую связь.

Глава II

ЭВАКУАЦИЯ МАТЕРИАЛЬНЫХ ЦЕННОСТЕЙ

1. РАЦИОНАЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ЭВАКУАЦИИ ОГНЕОПАСНЫХ ЖИДКОСТЕЙ

Наряду с эвакуацией людей, оборудования и ценных материалов на предприятиях нефтяной и нефтехимической промышленности огромное значение имеет своевременная и полная эвакуация огнеопасных жидкостей и газов из сферы пожара или аварии.

Например, печи и аппаратура установок термического крекинга и риформинга, а также все аппараты высокого давления,

в которых перерабатываются жидкие огнеопасные продукты, снабжают специальными приспособлениями для сброса этих продуктов на случай аварии или пожара. Для приема сбрасываемого продукта устанавливают специальные трубопроводы и емкости.

Чтобы обеспечить быстрее освобождение аппаратов и трубопроводов, аварийные линии, идущие от установок к аварийным емкостям, должны иметь постоянный уклон в сторону аварийного резервуара. Эти линии должны быть по возможности прямыми с минимальным количеством отводов и поворотов. По всей длине трубопровод не должен иметь задвижек.

Время, необходимое для эвакуации продукта из емкости самоотекотом, приближенно можно определить по формуле:

$$t = \frac{4FH}{3\mu\omega\sqrt{2gH}} \text{ сек}$$

где F —площадь емкости, м^2 ;

H —высота столба жидкости в емкости, м ;

μ —коэффициент расхода; для нефти и нефтепродуктов принимается равным 0,62;

ω —площадь сечения аварийной линии, м^2 ;

g —ускорение силы тяжести, м/сек^2 .

Если слив осуществляется в аварийную емкость под слой жидкости, то время τ , необходимое для слива жидкости под слой, можно определить по формуле:

$$\tau = \frac{V}{q_{\text{ср}}} \text{ сек}$$

где V —объем жидкости, подлежащей сливу, м^3 ;

$q_{\text{ср}}$ —средний расход жидкости в трубе при сливе, $\text{м}^3/\text{сек}$.

Средний расход жидкости при ее движении по трубе длиной l м при изменяющемся напоре равен:

$$q_{\text{ср.}} = 0,5 (q_{\text{макс.}} + q_{\text{мин.}}) \text{ м}^3/\text{сек}$$

где $q_{\text{макс.}}$ —расход, соответствующий максимальному напору H_1 , $\text{м}^3/\text{сек}$;

$q_{\text{мин.}}$ —расход, соответствующий минимальному напору H_2 , $\text{м}^3/\text{сек}$.

Расход жидкости a определяют по формуле:

$$a = \mu f \sqrt{2gH} \text{ м}^3/\text{сек}$$

где μ —коэффициент расхода системы;

f —площадь сечения трубы, м^2 ;

g —ускорение силы тяжести, м/сек^2 ;

H —свободный напор, м вод. ст.

При истечении в слой жидкости коэффициент расхода μ равен:

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{\frac{\lambda l}{d} + \sum \xi}}$$

где λ —коэффициент линейных потерь от трения при движении жидкости;

ξ —коэффициент местного сопротивления.

Коэффициент сопротивления трению (коэффициент линейных потерь от трения) λ зависит от вязкости жидкости, характера и скорости ее движения и диаметра трубопровода.

Коэффициент сопротивления трению λ при турбулентном режиме движения жидкости можно определить по формуле Ф. И. Шевелева:

$$\lambda = \frac{0,21}{d^{0,3}}$$

где d —диаметр трубопровода, м.

Для определения коэффициента трения жидкостей можно пользоваться также готовыми таблицами [6]. Так, при турбулентном движении жидкости в зависимости от ее вязкости коэффициент сопротивления трению можно принимать в пределах значений, указанных в табл. 20.

При диаметрах труб больших, чем указано в таблице, λ лежит в пределах 0,03—0,04.

ТАБЛИЦА 20

Коэффициент сопротивления трению

| Диаметр трубы мм | Кинематическая вязкость ν см ² /сек | λ |
|---------------------|--|-----------|
| 38 | 0,01—0,02 | 0,020 |
| | 0,02—0,03 | 0,025 |
| | 0,03—0,07 | 0,030 |
| | 0,07—0,10 | 0,034 |
| 50 | 0,01—0,03 | 0,020 |
| | 0,03—0,05 | 0,025 |
| | 0,05—0,10 | 0,030 |
| 65 | 0,01—0,03 | 0,020 |
| | 0,03—0,06 | 0,025 |
| | 0,06—0,10 | 0,030 |

Величина местных сопротивлений ξ принимается равной:

| | |
|---|----------|
| на входе струи при отверстиях с острыми | |
| краями | 1,2—1,78 |
| в колене | 1,00 |
| в задвижке | 0,05—0,1 |
| в вентиле | 0,6—5,0 |
| на выходе струи (так же как и на входе) | 1,2—1,78 |

Пример. Определить время, необходимое для аварийного слива 10 м^3 бензола из промежуточной емкости в аварийный резервуар, если известно, что $H_1=12 \text{ м}$, $H_2=10 \text{ м}$; общая длина аварийной линии 28 м , диаметр линии 65 мм , линия имеет четыре колена. Температура слива 20°С .

Решение.

1. Определяем коэффициент линейных потерь от трения; вязкость бензола при $t=20^\circ\text{С}$ равна $0,8 \cdot 10^{-2} \text{ г/(см} \cdot \text{сек)}$; кинематическая вязкость равна:

$$\nu = \frac{0,8 \cdot 10^{-2}}{\rho} = \frac{0,8 \cdot 10^{-2}}{0,8} = 0,01 \text{ см}^2/\text{сек}$$

где ρ —плотность бензола, г/см^3 .

По табл. 20 для трубы диаметром 65 мм $\lambda=0,02$.

2. Определяем величину местных сопротивлений для системы вход—четыре колена—задвижка—выход:

$$\Sigma \xi = 1,78 + 4 \cdot 1,00 + 0,1 + 1,78 = 7,66$$

3. Подставляя найденные значения, определяем:

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{\frac{\lambda l}{d} + \Sigma \xi}} = \frac{1}{\sqrt{\frac{0,02 \cdot 28}{0,065} + 7,66}} = 0,248 \approx 0,25$$

4. Расход бензола при сливе определяем по формуле:

$$f = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{q}{\mu f \sqrt{2gH}} = \frac{3,14 \cdot 0,065^2}{4} = 0,0033 \text{ м}^2$$

5. Определяем средний расход жидкости при сливе:

$$q_{\text{макс.}} = 0,25 \cdot 0,0033 \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 12} = 0,0127 \text{ м}^3/\text{сек}$$

$$q_{\text{мин.}} = 0,25 \cdot 0,0033 \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 10} = 0,0116 \text{ м}^3/\text{сек}$$

$$q_{\text{ср.}} = 0,5 (0,0127 + 0,0116) = 0,0122 \text{ м}^3/\text{сек}$$

6. Определяем время, необходимое для слива:

$$\tau = \frac{V}{q_{\text{ср.}}} = \frac{10}{0,0122} = 820 \text{ сек, или } 13,5 \text{ мин}$$

Таким образом, при данных условиях 10 м^3 бензола будет слито в аварийную емкость приблизительно за 14 мин .

Один аварийный резервуар может быть соединен с несколькими аппаратами и емкостями, в этом случае его объем принимается равным не менее 30% суммарного объема соединенных с ним аппаратов и емкостей, но не менее объема наибольшей емкости.

Аварийную эвакуацию ЛВЖ из емкостей и аппаратов, расположенных внутри производственного здания, производят в спе-

циальные подземные или полуподземные резервуары, которые размещаются вне пределов здания со стороны глухой стены на расстоянии не ближе 1 м от нее; при наличии проемов—не менее 5 м.

Аварийные резервуары, как правило, размещают вне территории, занятой производственными цехами и установками. Чтобы температура спускаемой в аварийную емкость жидкости была ниже температуры ее самовоспламенения, ее пропускают через холодильник или прокладывают аварийный трубопровод в траншее, по которой циркулирует холодная вода. Иногда разрешается устанавливать аварийные резервуары на территории, занятой производственными цехами и установками, на расстоянии не менее 40 м от этих цехов и установок. Аварийные емкости опускают в землю на такую глубину, чтобы обеспечить самотек спускаемой жидкости. Чтобы полностью отвести со дна резервуара остатки огнеопасной жидкости и воду, его дно делают с уклоном. Для приема горячего нефтепродукта аварийную емкость снабжают линией подвода пара с целью прогрева аварийной линии и емкости. На случай возможного выброса нефтепродукта из аварийного резервуара его оборудуют выбросовой трубой. Труба, размещаемая в центре крыши резервуара, соединяет емкость с канализационной системой завода.

На установках гидрирования сооружают аварийные башни. Каждая аварийная башня присоединяется не более чем к трем блокам жидкой фазы гидрирования и не более чем к пяти блокам паровой фазы гидрирования.

В цехах мокрой сероочистки газов для приема раствора из абсорберов, регенераторов и других аппаратов также устанавливают аварийные баки емкостью, равной количеству раствора в одном абсорбере с регенератором или в одном абсорбере с десорбером и теплообменниками.

Расходные баки для жидкого топлива к двигателям внутреннего сгорания также оборудуют контрольно-сливными трубами, ведущими в подземную емкость. Подобными устройствами снабжают и дежурные бачки питания форсунок трубчатых печей и другие емкости, расположенные на фундаментах высотой более 3 м.

При авариях и пожарах растекающиеся огнеопасные жидкости эвакуируют через гидрозатворы в земляные амбары, ловушки и дальше в резервуары.

Ряд аппаратов (печи и др.) оборудуют приспособлением для эвакуации (продувки) продукта не только в аварийную емкость (против хода процесса), но и по ходу процесса в другие технологические емкости. При отсутствии аварийных емкостей огнеопасные жидкости насосами эвакуируют в другие емкости.

Помимо специальных аварийных трубопроводов и резервуаров для огнеопасных жидкостей, предприятия нефтяной и нефте-

химической промышленности оборудуют целой системой канализационных каналов, аварийных продуктоотделителей и аварийных емкостей при продуктовых ловушках.

При центральных нефтеловушках в 20 м от них может быть сооружена специальная аварийная емкость, рассчитанная на прием не менее половины объема наибольшего заводского резервуара для нефти и нефтепродуктов. Если можно использовать для откачки из нефтеловушки один из свободных оперативных резервуаров, то специальная аварийная емкость не сооружается.

2. СБРОСОВЫЕ И ФАКЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ЭВАКУАЦИИ ГАЗА

Газ, выделяющийся в атмосферу в нормальных и аварийных производственных условиях, должен быть направлен в закрытые системы для утилизации.

Если специальных устройств для сбора паров и газа нет, то предусматривают сбросовые и выхлопные устройства, расположенные выше производственных зданий и сооружений. Например, водород и углеводородные газы продувают в атмосферу через продувочные свечи, выведенные выше конька крыши ближайшего здания не менее чем на 2—3 м, а для сжиженных газов не менее чем на высоту 30 м.

Если для жидкостных систем продувку проводят паром, то газовую аппаратуру и газопроводы с горючими газами продувают с помощью специальных устройств инертным газом, преимущественно углекислым газом или азотом.

Факельные установки предназначены для сжигания избыточных газов, стравливаемых из технологического оборудования и коммуникаций при нормальной эксплуатации, а также при аварийном отключении аппаратов или трубопроводов.

Факельные установки сооружают на нефтегазоперерабатывающих установках, на установках получения синтетического спирта, дивинила из бутана и др. Высота ствола факела должна быть не менее 25 м. Конструкция факельного устройства должна обеспечивать непрерывность сжигания газа. Для этой цели «маяк» (постоянно горящее пламя) питается от специальной газовой линии.

Для расчета общезаводских магистралей общее количество газов Q , направляемых на факельную установку, принимается равным:

$$Q = 1,2 A \text{ м}^3/\text{ч}$$

где A — наибольший часовой газовый поток из всех потоков, направляемых на факел от отдельных цехов или установок, $\text{м}^3/\text{ч}$.

Скорость газов в стволе принимают равной от 4 до 6 м/сек.

Если известно, как изменяется концентрация сравливаемого газа в зависимости от высоты свечи и скорости ветра, то можно приблизительно определить, на каком расстоянии следует ожидать образования опасных газоздушных концентраций.

Ориентировочно величину максимальной концентрации газа на уровне земли C в зависимости от высоты сравливающей линии и скорости ветра можно рассчитать по упрощенным формулам П. И. Андреева [3]:

$$C = 0,0655 \frac{G}{W (H + \Delta H)^2} \text{ г/м}^3$$

где G —количество сравливаемого газа, г/ч;

W —скорость ветра, м/сек;

H —высота сравливающей линии над уровнем земли, м;

ΔH —высота подъема струи газа над устьем сравливающей линии (свечи), м.

Величина ΔH может быть определена из следующего уравнения:

$$\Delta H = \frac{1,9 d W_r}{\varphi W} \text{ м}$$

где d —диаметр сравливающей линии, м;

W_r —скорость выхода газа из сравливающей линии, м/сек;

φ —поправочный коэффициент;

W —скорость ветра, м/сек.

Величину φ в зависимости от высоты свечи и струи газа $(H + \Delta H)$ можно выбрать по табл. 21.

ТАБЛИЦА 21

Значение коэффициента φ

| $(H + \Delta H)$, м . . . | 20 | 60 | 100 |
|----------------------------|------|-----|-----|
| φ | 1,15 | 1,8 | 1,5 |

Естественно, что формула П. И. Андреева может дать только примерные результаты, так как она не учитывает всех факторов, влияющих на рассеивание газа (плотность и температуру газа, температуру окружающей среды, характер местности и т. п.).

Пример 1. На установке ректификации этан-этиленовой фракции производится аварийное сравливание этилена из аппаратов со скоростью 200 кг/ч по сравливающей линии диаметром 100 мм и высотой 10 м от уровня земли. Определить, чему равна концентрация газа на поверхности земли, если известно, что скорость ветра равна 2 м/сек, а скорость выхода газа из сравливающей линии—20 м/сек. Будет ли концентрация газа представлять пожарную опасность, так как вблизи от места сравливания расположены трубчатые печи с огневыми форсунками?

Решение. 1. Определяем величину ΔH по формуле:

$$\Delta H = \frac{1,9 dW_r}{\varphi W} = \frac{1,9 \cdot 0,1 \cdot 20}{1,15 \cdot 2} = 1,65 \text{ м}$$

2. Определяем концентрацию газа по формуле Андреева:

$$C = 0,0655 \frac{G}{W(H + \Delta H)^2} = \frac{0,0655 \cdot 200\,000}{2(10 + 1,65)^2} = 48,2 \text{ г/м}^3$$

Так как $(H + \Delta H)$ менее 20 м, по табл. 21 $\varphi = 1,15$.

Нижний предел взрываемости этилена в смеси с воздухом равен 35 г/м³, следовательно, концентрация газа в момент срабатывания этилена при высоте свечи 10 м, равная 48,2 г/м³, является опасной и газ может быть воспламенен форсунками трубчатых печей.

Пример 2. На той же установке при тех же условиях аварийное срабатывание осуществляется через свечу высотой 30 м. Определить максимальную концентрацию газа на поверхности земли и его пожарную опасность.

Решение. В данном случае: $G = 20 \text{ кг/ч} = 20\,000 \text{ г/ч}$; $W = 2,0 \text{ м/сек}$; $d = 100 \text{ мм} = 0,1 \text{ м}$; $W_r = 20 \text{ м/сек}$; $H = 30 \text{ м}$.

Так как $(H + \Delta H)$ будет несколько больше 30 м, принимаем согласно данным табл. 21 $\varphi = 1,25$. Тогда:

$$\Delta H = \frac{1,9 dW_r}{\varphi W} = \frac{1,9 \cdot 0,1 \cdot 20}{1,25 \cdot 2} \approx 1,5 \text{ м}$$

следовательно:

$$C = 0,0655 \frac{G}{W(H + \Delta H)^2} = 0,0655 \frac{20\,000}{2(30 + 1,5)^2} = 6,6 \text{ г/м}^3$$

Эта концентрация значительно меньше величины нижнего предела взрываемости этилена в смеси с воздухом и пожарной опасности не представляет.

Свеча, служащая для выпуска или сжигания, например, сероводорода после этаноламиновой очистки или пропана, используемого для деасфальтизации масел, и других газов, располагается на расстоянии не менее 100 м от установок, зданий и сооружений с производствами категорий А, Б и В (считая до вертикали трубы и с учетом «розы ветров»), 150 м от промежуточных и 500 м от сырьевых складов сжиженных газов. Газ, сбрасываемый из свечи, желательно разбавлять водяным паром, для чего к свече подводят паропровод.

Сбрасываемый газ можно направлять на сжигание в специальные печи, располагаемые на территории предприятия на расстоянии 40 м от зданий и сооружений, а от промежуточных складов с сжиженными газами — на 100 м.

Порядок и последовательность эвакуации при пожаре материалов и оборудования описаны в противопожарных инструкциях для цехов и складов. В этих инструкциях отмечаются ответственные лица за организацию эвакуации и охрану этих ценностей.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОГО ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ

Глава I

СРЕДСТВА ПОЖАРОТУШЕНИЯ

1. ТРЕБОВАНИЯ К ВЫБОРУ ОГНЕГАСЯЩИХ СРЕДСТВ

Успешность тушения пожара зависит от правильного выбора и размещения средств, приборов, оборудования, устройств пожаротушения и подготовленности обслуживающего персонала.

Средства, приборы и оборудование выбирают, исходя из характеристики производства по пожарной опасности.

При выборе средств пожаротушения большое значение имеют физико-химические свойства веществ, применяющихся в данном производстве, а также конструкции элементов производственных зданий и сооружений.

Одновременно учитываются начальная стадия и развитие горения веществ и материалов, условия прекращения их горения, требования, предъявляемые к огнегасительным средствам.

Пожаротушение заключается в создании в зоне горения таких условий, при которых процесс горения становится невозможным.

Подавлять процесс горения различных веществ можно следующими способами:

охлаждением реагирующих компонентов и продуктов сгорания (снижение температуры ниже температуры самовоспламенения);

изоляцией горючих паров или поверхности горючего материала от кислорода воздуха;

химическим торможением (ингибированием) процесса горения с помощью специальных веществ, оказывающих антикаталитическое действие на процессы окисления.

Первый способ пожаротушения осуществляется с помощью воды—наиболее распространенного средства пожаротушения.

Метод тушения, основанный на изоляции кислорода, осуществляется с помощью различного рода покрывал, пен, некоторых порошков и т. д.

Химический способ тушения осуществляют с помощью специальных ингибиторов. В качестве последних наиболее распространены галоидированные углеводороды.

Следует отметить, что огнегасительные средства действуют одновременно по нескольким направлениям. Например, вода, помимо охлаждающего, оказывает разбавляющее действие (за счет образующихся паров), что ведет к снижению в зоне реакции содержания кислорода. Порошковые составы, помимо изолирующего действия, оказывают специфический ингибирующий эффект на пламя.

К огнегасительным средствам могут быть отнесены твердые, жидкие и газообразные вещества. Эти вещества должны отвечать следующим требованиям: а) обладать высоким эффектом тушения (при малом расходе быстро прекращать горение на большой поверхности); б) быть доступными и дешевыми; в) не оказывать вредного действия на организм человека при использовании и хранении; г) не оказывать существенного вреда подвергающимся их действию веществам и материалам.

Основными средствами тушения пожара являются вода, пены, галоидированные углеводороды, инертные газы, пары, порошкообразные вещества, а также одеяла, кошмы, плотные покрывала и т. д.

Рассмотрим характеристику огнегасительных средств и их применение.

2. ЖИДКИЕ ОГНЕГАСИТЕЛЬНЫЕ СРЕДСТВА

Вода с успехом применяется для тушения пламени твердых горючих веществ и огнеопасных жидкостей с температурой вспышки 60°C и выше. Воду применяют в тонкораспыленном состоянии (диаметр капелек воды 100 мк и менее) и компактными струями. Огнеопасные жидкости можно тушить водой в тонкораспыленном состоянии (за исключением бурно реагирующих с водой металлоорганических соединений, гидридов ряда металлов и др.).

Огнегасительные свойства воды объясняются ее большой теплоемкостью $[1\text{ ккал}/(\text{кг}\cdot\text{град})]$, способностью отнимать большое количество тепла от горящего вещества. При тушении пожара 1 л воды, нагреваясь и испаряясь, поглощает 539 ккал/кг , тем самым снижая интенсивность горения. С другой стороны, при испарении 1 л воды образуется до 1700 л пара, который занимает определенный объем над поверхностью горючих веществ, затрудняет доступ кислорода воздуха к его поверхности, тем самым уменьшая, а иногда и прекращая горение.

Стекая при тушении по горящим конструкциям, вода смачивает поверхности, не затронутые горением, затрудняя их воспла-

менение. Вода в тонкораспыленном состоянии испаряется особенно интенсивно, так как мелко раздробленные капли воды наиболее полно соприкасаются с поверхностью горения вещества. Кроме того, вода способствует вспениванию и образованию эмульсий (при горении нефтепродуктов с температурой вспышки 120 °C и выше), которые, закрывая поверхность жидкости, изолируют ее от кислорода воздуха, а также препятствуют выходу паров из нее.

При этом достигается изоляция поверхностного слоя жидкости от лучистой энергии пламени.

Для повышения огнегасительных свойств воды в нее вводят растворы солей, которые можно применять и как самостоятельные средства пожаротушения. К ним относятся растворы двууглекислой соды, углекислой соды, поташа, хлористого кальция, хлористого аммония, поваренной соли, глауберовой соли, аммиачно-фосфорной соли, сернокислой меди. Дополняя огнегасящее действие воды, соли, выпадая из раствора, образуют изолирующие пленки, которые, разлагаясь в зоне горения, отнимают дополнительное количество тепла; при этом выделяются инертные огнегасящие газы.

Вводя в воду сульфанола, сульфаты и другие вещества, можно существенно повысить ее смачивающую способность, а в некоторых случаях и распыляемость.

Компактные струи воды при тушении пламени газов, горючих жидкостей, твердых веществ и материалов способны сбивать пламя, разрушать твердые вещества и проникать в глубь очагов пожаров.

Необходимо, однако, помнить, что если холодные струи воды подавать на раскаленные поверхности, например в боров трубчатой печи, то кладка стен борова может разрушиться. Нельзя применять воду при наличии карбида кальция на месте пожара, так как при соединении его с водой выделяется взрывоопасный газ—ацетилен.

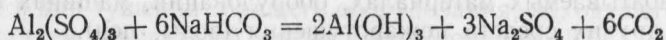
Огнегасительные пены применяют для тушения пламени всех огнеопасных жидкостей (кроме бурно реагирующих с водой).

Пена представляет собой смесь газа с жидкостью. Множество отдельных мелких пузырьков газа заключено в тонкие оболочки—пленки из жидкости. Чем выше устойчивость (неразрушаемость) пленки, тем выше огнегасительная способность пены. Поэтому в жидкость вводят вещества, снижающие поверхностное натяжение пленки жидкости. Такие вещества называются пенообразователями. Они обладают способностью, находясь в коллоидном состоянии, адсорбироваться в поверхностном слое раствора на границе жидкость—газ. К таким веществам относятся экстракт лакричного корня, сапонин, некаль, керосиновый и другие контакты, альбумины, а также смачиватели типа ОП-7,ДБ и др.

В нефтяной и нефтехимической промышленности получили широкое применение два вида устойчивых огнегасительных пен: химическая и воздушно-механическая.

Химическая пена представляет собой пузырьки диоксида углерода, окруженные оболочкой из водных солей.

Химическая реакция образования пены протекает по уравнению:



Пена, находясь на поверхности горящего нефтепродукта, сильно уменьшает его испарение, так как скорость диффузии паров горячей жидкости через ячейки пены очень мала.

Воздушно-механическая пена применяется для тушения пламени горючих жидкостей, в том числе и легковоспламеняющихся, за исключением авиационного бензина. Воздушно-механическую пену получают, смешивая 90% воздуха, 9,6—9,8% воды, 0,2—0,4% пенообразователя.

В последнее время широкое распространение получил метод тушения с помощью высокократной пены (увеличенной по объему). Особенно перспективно применение этой пены для тушения пожаров в подвалах, трюмах и т. п.

Пенообразователь ПО-1 состоит из керосинового контакта с содержанием сульфокислот не менее 44%, костного клея, этилового спирта (сырца) или концентрированного (95%-ного) этиленгликоля, каустической соды (технического едкого натра).

Пенообразователь ПО-6 состоит в основном из технической крови крупного рогатого скота.

Тушение пенами пламени горючих жидкостей в резервуарах емкостью до 1000 м³ включительно достигается при уровне горящего не ниже 2 м от верхней кромки борта емкости. Пены успешно защищают от лучистой энергии пожара смежно расположенные сгораемые конструкции.

Воздушно-механическая пена разрушается быстрее, нежели химическая. При ее разрушении выделяется воздух, а при разрушении химической пены—углекислый газ.

Галогенированные углеводороды (бромистый метил, хлорбромметан, трифторбромметан, трифтортрихлорметан, хлористый метил и др.) относятся к веществам с высокой огнегасительной способностью. Содержание их в воздухе от 3 до 5% обеспечивает пожаротушение. Однако токсичность и относительно высокая стоимость ограничивают их применение. Огнегасительные средства, в состав которых входят фтор и бром, являются наиболее эффективными.

В ЦНИИПО разработано новое огнегасительное средство, представляющее собой эмульсию бромэтила в воде и обладающее очень высоким огнегасительным эффектом.

3. ГАЗООБРАЗНЫЕ И ТВЕРДЫЕ СРЕДСТВА ПОЖАРОТУШЕНИЯ

Инертные газы—двуокись углерода и азот—с успехом применяются для тушения пламени жидкостей и газов. Не применяют их для прекращения горения магния, калия, электрона, алюминия. Эти газы плохо тушат хлопок, древесину, ткани и другие вещества и материалы, способные тлеть. Они не оставляют следов на обрабатываемых материалах, оборудовании, машинах в отличие от других средств пожаротушения (воды, пен).

Для большинства веществ огнегасящая концентрация CO_2 составляет 30—35 объемн. %.

Дымовые и выхлопные газы, предварительно очищенные от CO и O_2 , также используют как средство пожаротушения.

Пар является средством пожаротушения, главным образом в закрытых пространствах, причем отработанный пар более эффективен, чем перегретый.

Наиболее эффективно применение пара в тех объемах, где есть возможность полностью перекрыть все проемы. Для успешного тушения необходимо не менее 35% пара по отношению к объему воздуха в помещении, где возник пожар.

За последние годы разработаны также новые средства газового тушения, основными компонентами которых являются фторбромпроизводные этана (составы «3,5», «7», СЖБ, ЧНД и др.). Применяются они для тушения пламени огнеопасных жидкостей, твердых горючих веществ, горящего оборудования, находящегося под электронапряжением, двигателей внутреннего сгорания и т. п.

Рекомендуется для тушения этими составами использовать стационарные противопожарные установки с автоматическим и ручным приводом.

К твердым и порошкообразным огнегасящим веществам относятся хлориды щелочных и щелочноземельных металлов (флюсы), карналит, двууглекислая и углекислая сода, поташ, квасцы, сухой остаток после выпарки сульфитных щелоков, твердая двуокись углерода, твердая углекислота, песок, сухая земля и т. п.

Применяются они для тушения горящих жидкостей и твердых веществ. Огнегасительное действие большинства этих веществ заключается в том, что они, образуя при плавлении пленку, изолируют поверхность горящего вещества от пламени. Одновременно при их разложении выделяются газы, которые затрудняют горение веществ.

В последнее время в ЦНИИПО разработаны новые весьма эффективные порошковые составы типа СИ, способные подавлять горение практически всех горючих жидкостей.

Порошковые составы являются единственным средством для тушения пламени щелочных металлов, алюминийорганических соединений и др.

Твердая углекислота, находясь на поверхности горящего вещества, нагревается и переходит в газообразное состояние, минуя жидкую фазу. Жидкий CO_2 переходит в твердое состояние, образуя снегообразную, мелкокристаллическую массу. Температура ее кипения равна $78,5^\circ\text{C}$, теплота испарения $136,9 \text{ ккал/кг}$, плотность $1,53 \text{ г/см}^3$. Горение прекращается главным образом вследствие охлаждения горящего вещества. Применяют ее и для тушения горящего оборудования, находящегося под напряжением, двигателей внутреннего сгорания (ДВС), а также ценных (архивных) документов, книг и т. д.

Глава II

ПРИБОРЫ, ОБОРУДОВАНИЕ, УСТРОЙСТВА И МАШИНЫ ДЛЯ ПОЖАРОТУШЕНИЯ

1. ПРИБОРЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПОЖАРОТУШЕНИЯ

К ручным приборам, предназначенным для тушения загораний и небольших пожаров, относятся огнетушители с химической, воздушно-механической, масляной пеной, а также с галоидированными углеводородами, сухими порошками и углекислотой.

Огнетушители с химической пеной—ОП-3, ОП-5, ОПМ. Заряд огнетушителя состоит из кислотной и щелочной частей. В огнетушителе ОП-3 (емкостью 10 л) щелочная часть состоит из водного раствора двууглекислой соды с примесью экстракта лакрицы. В двух стеклянных колбах помещается кислотная часть заряда: в одной—серная кислота, в другой—серноокислый глинозем (алюминий).

ОП-3 применяют преимущественно для тушения пламени легковоспламеняющихся жидкостей.

Более совершенным прибором является огнетушитель ОП-5 (рис. 63). Кислотная часть его заряда расположена в стеклянном стакане емкостью 0,5 л, щелочная—в баллоне. Выход пены составляет 48—55 л, время действия 60—65 сек. ОП-5 обладает целым рядом преимуществ перед другими огнетушителями: увеличенным выходом пены, повышенной огнегасительной способностью, повышенной надежностью работы (благодаря стаканам многократного действия), применением единого состава кислотной части заряда.

ОПМ—огнетушитель типа ОП-5, но имеющий вставной небьющийся стакан с кислым серноокислым нефелином.

Огнетушители ОП-3 приводятся в действие при переворачивании, а ОП-5 и ОПМ—при предварительном открытии стакана и смешении кислотной и щелочной частей заряда.

Огнетушитель углекислотный (снежный)—ОУ-2 (рис. 64). Заряд огнетушителя, состоящий из жидкой двуокиси углерода, заливается в баллон. Стремясь превратиться в газ, пары жидкой двуокиси углерода развивают в баллоне давление от 40 до 70 ат (в зависимости от температуры). При медленном повороте вентиля огнетушителя (справа налево) двуокись углерода под давлением своих паров вытесняется по сифонной трубке в снегообразователь. Мгновенно испаряясь, она превращается в газ, а затем, охлаждаясь, образует снежную массу и твердые хлопья «углекислого снега».

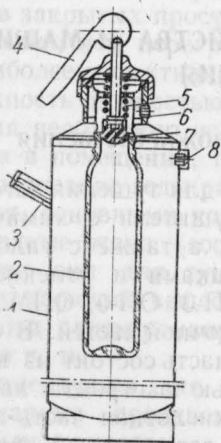


Рис. 63. Разрез огнетушителя ОП-5:

1—корпус; 2—кислотный стакан;
3—ручка; 4—рукоятка; 5—пружина;
6—спрыск; 7—клапан; 8—мембрана.

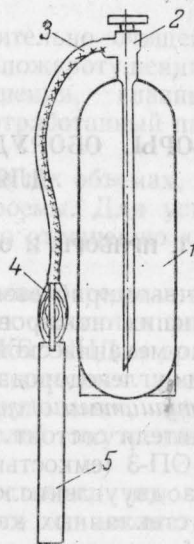


Рис. 64. Разрез ручного углекислотного огнетушителя:

1—баллон с сжиженным CO_2 ; 2—вентиль; 3—шланг; 4—сопло; 5—диффузор (снегообразователь).

которыми тушат пламя. При переходе жидкой двуокиси углерода в газообразное состояние ее первоначальный объем увеличивается в 500 раз. Время работы ОУ-2 около 30 сек. Длина струи около 1 м. Наряду с ручными углекислотно-снежными огнетушителями ОУ-2, ОУ-5, ОУ-8 и СУМ-8 применяют огнетушители УП-2М, УП-1М. Огнетушитель типа УП-2М углекислотный передвижной имеет два баллона емкостью по 40 кг каждый (с жидкой углекислотой по 4 кг в каждом), расположенных на передвижной тележке. Продолжительность работы каждого баллона 45 сек. В последнее время появились углекислотно-бромэтиловые огнетушители ОУБ-3 и ОУБ-7, являющиеся более эффективными, чем огнетушители ОУ.

Огнетушители порошковые—ОПС-6, ОПС-10, ОППС-100 с зарядами; ПС-1 и ПС-2—для тушения натрия, калия, магния; ПС-12—для тушения лития.

Заряд выбрасывается сжатым воздухом или азотом при открытии вентиля воздушного баллончика, смонтированного на корпусе огнетушителя.

Пеногенераторы применяют для получения химической пены в больших количествах. Они относятся к подвижным аппаратам непрерывного действия.

В практике получили распространение переносные пеногенераторы ПГ-50М, ПГ-50 и ПГ-100 (для стационарных систем). Принцип действия этих генераторов одинаков. Отличаются они только производительностью. Пеногенераторы работают от водяных насосов или от пожарных гидрантов водопровода. При появлении воды в пеногенератор начинают засыпать порошок.

Порошок из загрузочной воронки подсасывается вследствие разрежения, создаваемого в камере в результате выхода из сопла воды со значительной скоростью (расход воды 5—6 л/сек). Давление у водяного штуцера должно быть не менее 4—6 ат. Пена образуется при смешении пенопорошка в диффузоре и в пенопроводе. Диаметр пенопровода должен быть равен 66—75 мм.

Пригодная для тушения пена образуется на расстоянии от 40 до 80 м от места пожара.

Пеногенераторы ПГ-50 применяют для резервуаров всех размеров; ПГ-100—для всех емкостей при стационарных системах пожаротушения. Применяют также переносные пеносмесители.

Воздушно-пенные стволы (СВП) предназначены для получения воздушно-механической пены и подачи ее непосредственно в зону горения.

Производительность СВПМ-2 и СВПМ-4 соответственно 2,0 и 4,0 м³/мин при напоре воды перед стволом 6 кг/см², при кратности пены 8—10, расходе воды 3,9 и 7,8 л/сек.

В воздушно-пенном стволе пенообразователь перемешивается с воздухом, образуя воздушно-механическую пену, которая и выбрасывается на горящее вещество или предмет. Пенообразователь из цистерны или ранца (помещенного у бойца за спиной) вводится в воду непосредственно у насоса или в воздушно-пенный ствол специальной конструкции.

Предварительно приготовленная смесь воды с пенообразователем может быть подана к стволу как по выкидным пожарным рукавам, так и по специальным трубопроводам. В последнее время находят применение передвижные воздушно-пенные огнетушители.

Универсальная пенокамера служит для слива воздушно-механической или химической пены в резервуары (рис. 65). Она состоит из двух цилиндров. В первый из них диаметром 450 мм вставлен второй цилиндр, перекрываемый сверху мембраной

(свинцовая фольга, промасленная чертежная бумага и пр.). В кольцевом пространстве между цилиндрами образуется стабильная химическая пена. Внутренний цилиндр снабжен тремя патрубками: два боковых служат для поступления кислотного и щелочного растворов при работе с двумя порошками, а центральный — для подачи водного раствора пенообразователя. Пена, образованная из одного порошка с водой в трубопроводе, подается в камеру по этим же двум патрубкам.

Воздух подсасывается через боковые патрубки при движении раствора через насадок и диффузор. Из кольцевого пространства пена по центральному патрубку поступает в резервуар.

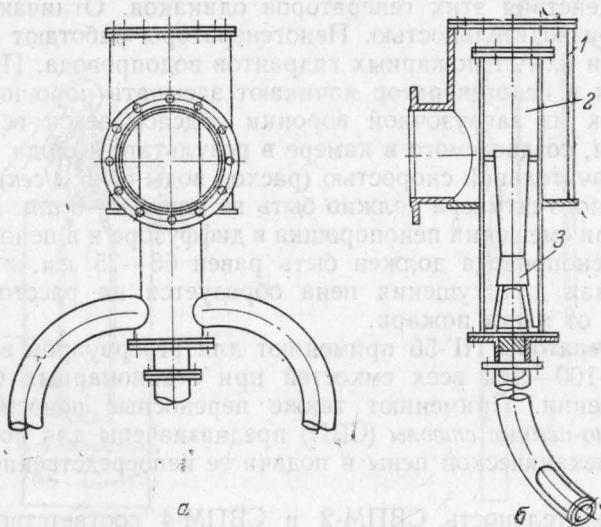


Рис. 65. Универсальная пенокамера:

а—внешний вид; б—разрез: 1—цилиндр; 2—цилиндр внутренний; 3—диффузор.

При отсутствии пенокамер применяют пеномачты, пеноподъемники, закидные пеносливы.

Распылители воды (диаметр капель 100 мк) бывают двух типов: центробежные и пневматические (ручные и стационарные). Применяют также щелевые и дефлекторные распылители (см. стр. 166). Вода в распылители поступает по трубопроводам-стоякам, которые монтируют на стенках резервуаров.

Принцип работы щелевых распылителей заключается в том, что поток воды, проходя через щель, вследствие резкого уменьшения сечения и, следовательно, увеличения скоростей распадается на капли и образует при выходе из распылителя веер из распыленной воды.

Распылители размещают вблизи внутренних стенок резервуара на расстоянии 0,2—0,3 м от уровня жидкости. При включении они создают кольцевой пояс распыленной воды над зеркалом жидкости, покрывая от $\frac{1}{3}$ до $\frac{1}{2}$ всей площади зеркала.

Известны также винтовые распылители ЦНИИПО, пригодные для тушения пламени некоторых нефтепродуктов в металлических резервуарах.

2. УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПОЖАРОТУШЕНИЯ

Для тушения пожаров применяют стационарные, полустационарные и передвижные системы. Аппараты, оборудование и устройства стационарных систем для подачи огнегасительных средств устанавливают постоянно (рис. 66), и средства пожаротушения подводят непосредственно к защищаемому объекту.

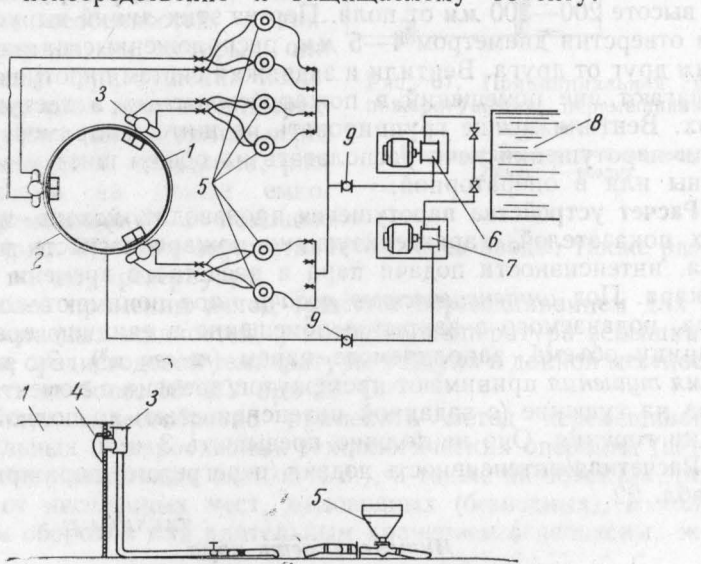


Рис. 66. Принципиальная схема стационарной системы тушения пожаров химической пеной:

1—резервуар; 2—оросительное кольцо; 3—универсальная пенокамера; 4—отбойный козырек; 5—пеногенератор; 6—насос с электромотором; 7—насос с ДВС; 8—водоем; 9—водомер.

При полустационарной системе постоянно устанавливают некоторые приборы и устройства для подачи огнегасительных средств на поверхность горящего вещества, например пенокамеры, распылители и подводящие к ним трубопроводы. Пеногенераторы и насосы делают переносными (привозными). В передвижных системах все оборудование доставляют во время пожара.

Полустационарные и передвижные системы паротушения применяют для наземных резервуаров, а также для полуподземных и подземных емкостей. К полустационарным системам паротушения относятся устройства, состоящие из паропроводов, подводящих пар на территорию производственной установки и заканчивающихся стояками—кранами. Последние размещают не дальше чем в 15 м от мест возможных пожаров и снабжают паровыми шлангами.

Стационарные системы паротушения эффективно используют в производственных помещениях объемом не более 500 м³, а также в перекрываемых пространствах (трубные канавы, шкафы фасонных двойников трубчатых печей и т. п.).

Пар к зданиям подводят с двух сторон от различных магистральных паропроводов. Внутренние парораспределительные перфорированные линии укладывают по всему периметру помещений на высоте 200—300 мм от пола. Пар из этих линий выпускают через отверстия диаметром 4—5 мм, расположенные на расстоянии 5 мм друг от друга. Вентили и задвижки систем паротушения располагают вне помещений в пожаробезопасных и доступных местах. Вентили лучше группировать на щите; например, все вентили паротушения печи располагать на общем щите у ее глухой стены или в операторной.

Расчет устройства паротушения производят, исходя из основных показателей, характеризующих пожароопасность производства, интенсивности подачи пара и расчетного времени тушения пожара. Под *интенсивностью подачи пара* понимают количество пара, подаваемого в закрытое помещение в единицу времени на единицу объема, заполняемого паром (кг/сек. м³). За *расчетное время тушения* принимают промежуток времени с момента подачи пара на тушение (с заданной интенсивностью) до полной ликвидации горения. Оно не должно превышать 3 мин.

Расчетная интенсивность подачи (перегретого) пара приводится в табл. 22.

ТАБЛИЦА 22
Интенсивность пара

| Помещения | Расчетная интенсивность кг/(сек. м ³) |
|---|--|
| Помещения (объемы), в которых перекрыты все проемы . . . | 0,002 |
| Помещения, в которых не перекрыты проемы окон и световых вентиляционных фонарей | 0,005 |

Устройства для перемешивания жидкостей. Малая эффективность и сложность использования пенного и углекислотного тушения, а также трудности в хранении средств тушения заставляют переходить к более простым методам, не требующим больших

материальных затрат. Таким методом является тушение пламени горючих жидкостей в резервуаре перемешиванием воздухом или струями той же жидкости.

При перемешивании поверхностный прогретый слой горячей жидкости смешивается с нижними холодными слоями и охлаждается. Температура жидкости становится ниже температуры вспышки ее паров, поток паров в зону горения резко сокращается и пожар прекращается.

Устройствами для тушения пожаров методом перемешивания могут быть оборудованы все наземные резервуары (кроме горизонтальных цилиндрических) независимо от их размеров, конструктивных особенностей, а также материалов, из которых они изготовлены. При тушении пожара нижние слои жидкости посредством насоса нагнетаются через систему вводов с насадками, расположенными на днище емкости. Перемешивание с помощью воздуха (рис. 67) тоже осуществляется через вводы, также размещаемые по дну резервуара.

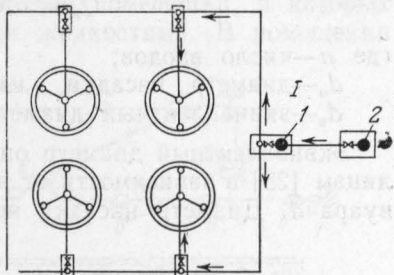


Рис. 67. Принципиальная схема пожаротушения перемешиванием жидкости:

1—влагоотделитель; 2—компрессор.
Линии I—воздух.

Наиболее применим метод тушения перемешиванием для таких огнеопасных жидкостей, у которых температура вспышки на 5°C выше среднегодовой температуры воздуха в данной местности, а вязкость не более 10°ВУ при 20°C .

Наиболее целесообразно применять метод перемешивания для отдельных пожароопасных технологических операций (петролатумных и закалочных ванн и т. п.), а также на объектах, удаленных от населенных мест, маловодных (безводных), с малым суточным оборотом или длительным хранением огнеопасных жидкостей.

Общий расход воздуха Q , необходимого для тушения, определяют по формуле:

$$Q = \frac{\pi d^2}{4} q \text{ л/сек}$$

где d —диаметр резервуара, м;

q —интенсивность подачи воздуха, л/(м²·сек).

Интенсивность подачи воздуха на 1 м² поверхности горения должна составлять не менее 0,5—1 л/сек.

Устройство для тушения перемешиванием обеспечивается компрессором, баллонами и является стационарным. Полустацио-

нарные устройства включают только вводы в резервуар для подачи воздуха от передвижного компрессора (баллона).

Расход нефтепродукта, проходящего через систему вводов, который необходим для тушения нефтепродукта в данном резервуаре Q_m , определяют по формуле [25]:

$$Q_m = 0,0355 n d_n d_s^2 \text{ м}^3/\text{ч}$$

где n —число вводов;

d_n —диаметр насадки, мм;

d_s —эквивалентный диаметр, м.

Эквивалентный диаметр определяют по соответствующим таблицам [25] в зависимости от вариантов вводов и диаметра резервуара d . Диаметр насадки не должен быть меньше $1,8 \cdot 10^{-3} d$.

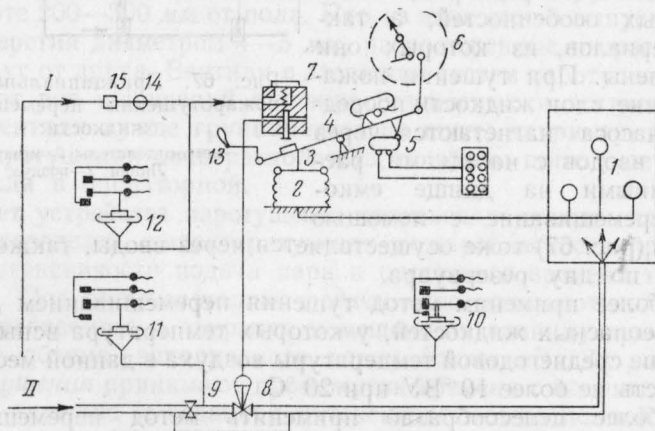


Рис. 68. Схема автоматической пневматической установки пожаротушения:

1—полые шары (чувствительные элементы); 2—сильфон; 3—штифт; 4—рычаг; 5—ртутные переключатели; 6—указатель герметичности; 7—пневмоклапан; 8—мембранный клапан; 9—защелка клапана; 10—реле давления; 11—рычаг двойного действия; 12—редуктор; 13—фильтр. Линии: 1—сжатый воздух; 11—средство тушения.

На рис. 68 представлена принципиальная схема **установки объемного (газового) пожаротушения** в помещении.

При возрастании температуры или возникновении пожара в помещении воздух внутри тепловых чувствительных элементов 1 значительно расширяется. Под давлением воздуха открывается клапан 8 и средство тушения поступает к месту пожара. С открытием клапана реле давления 10 разрывает цепь управления двигателями агрегата, размещенного в помещении. Одновременно с остановкой двигателя автоматически срабатывают световая и звуковая сигнализация.

Аналогично действуют устройства автоматического паротушения в трубчатых печах (установках), которые одновременно отключают питающие (топливные, сырьевые) линии и включение сбросового, аварийного трубопровода. В данном случае используются фотоэлементы или специальные датчики.

Устройство для автоматического объемного тушения пожара составом 3,5В (рис. 69) применяют для помещений, в которых размещены емкости с огнеопасными жидкостями. В помещении

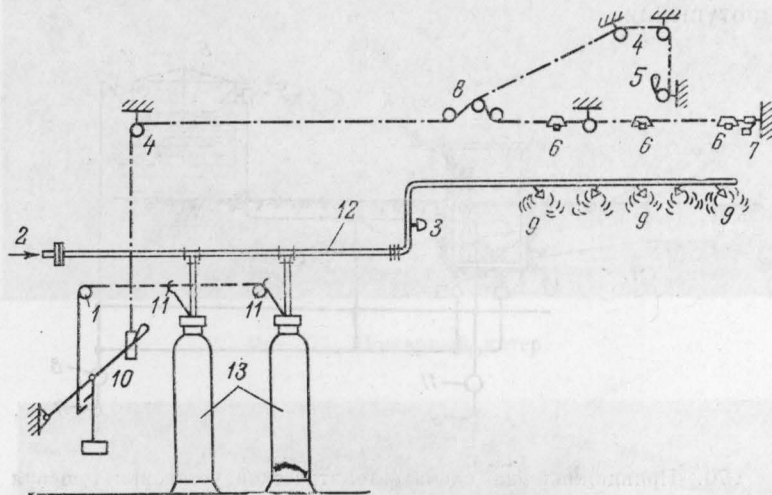


Рис. 69. Схема автоматической установки тушения пожара составом 3,5В:

1—тросовое пусковое устройство; 2—газ для испытания и продувки; 3—реле давления; 4—ролики натяжения троса; 5—ручной выключатель; 6—легкоплавкие замки; 7—приспособление для натяжения троса; 8—удлинитель троса; 9—выпускные насадки; 10—рычаг тросового устройства; 11—рычаг головки баллонов; 12—коллектор; 13—баллоны с составом 3,5В.

на тросе подвешивают пусковое устройство с легкоплавкими замками, связанное с головками баллонов, в которых находится состав 3,5В. При повышении температуры в помещении до 72°C замок расплавляется, и пары состава 3,5В через коллектор и выпускные насадки поступают в помещение, обеспечивая пожаротушение.

В устройствах (установках) автоматического пенного тушения (рис. 70) датчиком служит термобаллон манометрического термометра ТС-200, вмонтированного в металлический карман в верхней части резервуара. При возрастании температуры в газовом пространстве резервуара до 100°C датчик с помощью электроконтактного устройства манометрического термометра автоматически включает водяной насос и обеспечивает открывание задвижек с электроприводом на водопроводе охлаждения и на пенопроводе,

связанных с резервуаром, в котором воспламенился продукт. Задвижка перед пеногенератором открывается при давлении в водяном коллекторе 6 кг/см^2 , при котором замыкаются контакты манометра ЭКМ-1.

В пеногенераторной установлены три пеногенератора ПГ-100, из которых один—резервный, оборудованный электрорыхлителем.

Схема предусматривает поочередное включение в работу двух пеногенераторов через каждые 5 мин в течение всего времени пожаротушения.

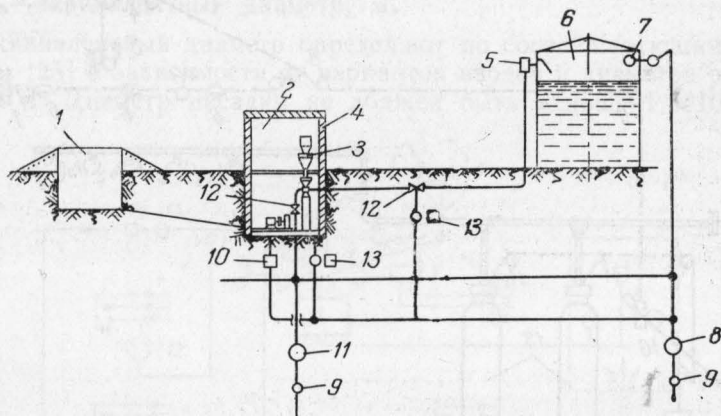


Рис. 70. Принципиальная схема автоматической установки тушения пожара пеной в резервуаре:

1—водоем; 2—пеногенераторная; 3—рабочий бункер; 4—резервный бункер; 5—пеносливная камера; 6—резервуар; 7—термобаллон; 8—манометрический термометр; 9—сигнальная лампа; 10—магнитный пускатель; 11—электроконтактный манометр; 12—задвижки; 13—двигатель.

По окончании тушения и снижении температуры в газовом пространстве автоматически останавливается насос, затем закрываются задвижки на пенопроводе и перед пеногенератором. На случай отказа автоматики предусмотрена ручная (кнопочная) дистанционная блокировка системы.

В ЦНИИПО разработана автоматическая система пожаротушения пеной, аналогичная спринклерно-дренчерной. В качестве головки для подачи пены используют винтовой распылитель.

3. ПОЖАРНЫЕ МАШИНЫ

Пожарные части, обслуживающие предприятия нефтяной и нефтехимической промышленности, оснащаются специальным основным и вспомогательным пожарно-техническим вооружением.

К специальному основному вооружению относятся пожарные автонасосы, автоцистерны, мотопомпы, пожарные парходы, ка-

тера (рис. 71) и другие машины. Их основное назначение—доставка огнегасительных средств в очаг пожара. Пожарные автомобили и катера доставляют к месту пожара боевой расчет пожарной

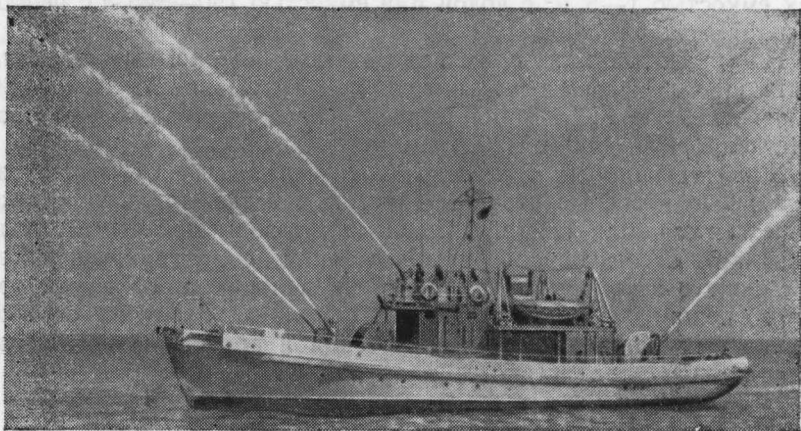


Рис. 71. Пожарный катер.



Рис. 72. Передвижная насосная станция производительностью 500 м³/ч.

части, а также специальное пожарно-техническое вооружение: стволы, рукава, распылители, пожарные колонки, пожарный инструмент и др.

Центробежный автонасос ПН-30М производительностью 1800 л/мин при давлении 9 кг/см² и высоте всасывания 3,5 м (наибольшая высота 7 м у шасси ЗИЛ-164) соединяют с водоемом или водонапорной сетью. Автоцистерны, помимо насоса, имеют бак емкостью 1—5 м³ с водой или емкостью 150—225 л с пенообразователем.

На предприятиях применяют также мотопомпы—агрегаты, состоящие из насоса и бензинового двигателя типа М-600 и М-800 (переносные) и М-1200 (на прицепе) производительностью соответственно 600, 800 и 1200 л/мин.

К специальному вспомогательному вооружению относятся: передвижные насосные станции (рис. 72); автомеханические лестницы; автомобили связи, химической, газодымозащитной, водозащитной, осветительной, компрессорной, санитарной и рукавной служб; автомобили для подвозки пенопорошка, пеногенераторов, пеноподъемников (закидных пеномачт), лафетных стволов, переносных установок для резки стали и другого вспомогательного пожарно-технического вооружения.

Глава III

ПРОТИВОПОЖАРНОЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ

ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМЕ ПРОТИВОПОЖАРНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Требования, предъявляемые к системе противопожарного водоснабжения, предусматривают обеспечение достаточного количества воды и необходимого давления для эффективного тушения пожаров при одновременном наличии неприкосновенного запаса воды и возможности быстрого приведения системы в рабочую готовность.

Из производственных и технико-экономических соображений целесообразно объединять противопожарный водопровод с иными видами водоснабжения предприятия.

Противопожарный водопровод может быть высокого и низкого давления. При водопроводе высокого давления напор, необходимый для тушения пожара, создается стационарными насосами—повысителями. Резервный насос, работающий от двигателя с резервным электропитанием или от двигателя внутреннего сгорания, должен быть мощностью не менее наибольшей мощности основного центробежного насоса.

При водопроводах низкого давления необходимый для тушения пожара свободный напор (не менее 10 м вод. ст.) над уровнем земли создается передвижными автонасосами. Свободный на-

пор в противопожарных водопроводах высокого давления обеспечивает высоту компактной струи не менее 10 м при полном расходе воды и расположении ствола на уровне наивысшей точки самого высокого здания, предприятия.

Вода, необходимая для пожаротушения, может быть набрана из резервных емкостей и водоемов. Хранить неприкосновенный запас воды в этих емкостях можно в тех случаях, когда получение нужного для тушения пожара количества воды непосредственно из источников водоснабжения технически невозможно или экономически нецелесообразно. Полезная емкость пожарных водоемов принимается согласно нормам расхода воды (табл. 23), а также ТУ при расчетном времени пожаротушения, равном 3 ч.

Расход воды

ТАБЛИЦА 23

| Степень огнестойкости зданий | Категория производств по пожарной опасности | Расход воды (в л/сек) при объеме здания, тыс. м ³ | | | | |
|------------------------------|---|--|-----------|------------|-------------|----------|
| | | до 3 | от 3 до 5 | от 5 до 20 | от 20 до 50 | более 50 |
| I и II | Г, Д | 5 | 5 | 10 | 10 | 15 |
| I и II | А, Б, В | 10 | 10 | 15 | 20 | 30 |
| III | Г, Д | 5 | 10 | 15 | 25 | 35 |
| III | В | 10 | 15 | 20 | 30 | 40 |
| IV и V | Г, Д | 10 | 15 | 20 | 30 | — |
| IV и V | В | 15 | 20 | 25 | — | — |

Водоемы размещают так, чтобы можно было обслуживать здания и объекты, находящиеся в радиусе: при наличии автонасосов—200 м; при наличии мотопомп—100—150 м (в зависимости от типа мотопомп).

Расстояние от водоемов до зданий III, IV и V степени огнестойкости и до открытых складов сгораемых материалов должно быть не менее 20 м, а до зданий I и II степени огнестойкости—не менее 10 м.

Противопожарные стояки (краны) размещают в помещениях предприятия для того, чтобы обеспечить соприкосновение струй двух смежных кранов в наиболее высокой и наиболее удаленной точке помещения. На открытой территории стояки размещают там, где это целесообразно и необходимо. Диаметр стояка должен быть не менее 75 мм, устанавливают их на высоте 1,35 м от уровня земли (пола площадки). Пожарные стояки снабжают стволами и рукавами.

Водопроводные противопожарные сети, как правило, делают кольцевыми. Диаметр труб наружного противопожарного водопровода должен быть не менее 125 мм.

Требования, предъявляемые к системе противопожарного водоснабжения, учитывают при проведении конкретных расчетов.

Если, например, необходимо выяснить требуемое количество (и запас) воды для пожаротушения огнеопасных жидкостей в резервуарах, то расчет проводят в следующем порядке.

В ы я с н я ю т: 1) температуру вспышки и требуемый уровень огнеопасных жидкостей, хранимых в резервуарах; 2) количество резервуаров и их объем; 3) способ хранения; 4) расстояние между резервуарами.

О п р е д е л я ю т: 1) площадь пожара—площадь одной из емкостей в каждой группе однотипных емкостей при хранении огнеопасных жидкостей одного класса; 2) средства пожаротушения (табл. 24) для жидкостей в выбранных резервуарах в зависимости от температуры вспышки, эффективности и целесообразности их использования; 3) устройство (систему) пожаротушения в соответствии с маркой резервуаров и классом жидкости, с интенсивностью подачи выбранного средства тушения; 4) расчетное

ТАБЛИЦА 24

Интенсивность подачи средств тушения

| Средство тушения | Интенсивность подачи средств тушения (в л/сек·м ²) при температуре вспышки нефтепродуктов, °С | | |
|--------------------------------------|---|-------|---------|
| | ниже 28 | 28—45 | выше 45 |
| Химическая пена | 0,75 | 0,50 | 0,30 |
| Воздушно-механическая пена | 1,25 | 1,5 | 1,0 |
| Распыленная вода | — | — | 0,2 |

время тушения (табл. 25); 5) количество средств, необходимое для тушения пожара на данной площади в течение установленного

ТАБЛИЦА 25

**Продолжительность тушения пожаров
в резервуарах**

| Средство тушения | Расчетное время тушения, мин | |
|--------------------------------------|-------------------------------------|---|
| | при верхнем уровне жид- кости | при понижен- ном уровне жидкости (ни- же 3 м от вер- ха резервуара) |
| Химическая пена | 10 | 25 |
| Воздушно-механическая пена | 2 | 5 |
| Распыленная вода | 1 | — |

времени, при определенной интенсивности их подачи; 6) количество и марку приборов, выбираемых в зависимости от их производительности (табл. 26), интенсивности подачи средств пожаро-

тушения и расчетной площади пожара; 7) необходимое количество воды для получения пены и охлаждения резервуаров; 8) неприкосновенный запас средств пожаротушения.

ТАБЛИЦА 26

Характеристика пеногенераторов

(высота подачи пены до 10 м)

| Пеногенераторы | Напор у пеногенератора кг/см ² | Расход воды, л/сек | Расход пенопорошка, кг/сек | Производительность на пену л/сек |
|----------------|--|--------------------|----------------------------|-------------------------------------|
| ПГ-50 | 4,0—5,0 | 10,0 | 1,2 | 50,0 |
| ПГ-50М | 4,0—6,0 | 9,0—10,0 | 1,0—1,1 | 50,0—55,0 |
| ПГ-100 | 4,0—6,0 | 17,5—20,0 | 1,8—2,0 | 90,0—100,0 |

Расход воды, идущей на охлаждение резервуара с горячей жидкостью, определяют из расчета подачи 0,5 л/сек воды на 1 м длины окружности. Для полуподземных резервуаров указанные количества сокращают на 50%.

Расход воды, идущей на охлаждение соседних резервуаров, расположенных на расстоянии менее двух диаметров наибольшего из этих резервуаров, принимают равным 0,2 л/сек на 1 м длины его окружности. За расчетную длину принимают половину длины окружности резервуара.

Общий расход и неприкосновенный запас средств пожаротушения для всего предприятия определяют согласно техническим условиям и нормам проектирования и эксплуатации устройств по тушению пожаров в резервуарах (ТУ), ПТУСП 01-51 (для предприятий нефтедобывающей промышленности) и ПТУСП 02-62 (для предприятий нефтегазоперерабатывающей и нефтехимической промышленности), а также по СН и П II-Г. 3—62.

Например, расход воды на территории предприятия нефтегазоперерабатывающей промышленности принимается из расчета двух одновременных пожаров: одного—в районе резервуарных парков и отдельно стоящих резервуаров; второго—в районе производственных установок и сооружений (за исключением резервуаров).

В первом районе, где для тушения пожаров в подземных резервуарах требуется по расчету 100 л/сек воды, допускается подавать из водопровода высокого давления 100 л/сек воды, а остальное количество—передвижными пожарными насосами из водоема.

Неприкосновенный запас воды для тушения пламени в подземных резервуарах (~1000 м³) принимается из расчета продолжительности тушения пожара в течение 3 ч.

Во втором районе расход воды должен быть не менее 80 л/сек, причем в местах размещения нефтеочистных сооружений 40 л/сек могут быть получены из водопровода высокого или низкого давления, а остальные 40 л/сек—из водоема.

В районе других объектов предприятия расход воды принимают согласно СН и П II-Г. 3—62.

Согласно табл. 24 расход воды на наружное пожаротушение промышленных зданий определяют в зависимости от степени огнестойкости наибольшего здания, категории производства (в этом здании) по пожарной опасности, объема здания и одновременного расчетного числа пожаров на территории предприятия. Если территория предприятия меньше 150 га, то расчетное число пожаров равно одному, если 150 га и более, то двум пожарам, и тогда расчет ведут по двум зданиям, для которых требуется наибольший расход воды, согласно табл. 24.

Расход воды на внутреннее пожаротушение в производственных зданиях принимают из расчета двух пожарных струй производительностью не менее 2,5 л/сек каждая.

Спринклерные и дренчерные устройства

Эти устройства относятся к автоматическим системам пожаротушения. Они предназначены для тушения пожара в помещениях водой и могут быть использованы для подачи азота, углекислоты, водяного пара и других огнегасящих средств к месту пожара.

Действие спринклерной системы основано на автоматическом срабатывании (при повышении температуры) спринклерных головок, открывающих выход средства тушения к очагу пожара.

Как спринклерная, так и дренчерная (разбрызгивающая) системы могут снабжаться водой от основных источников водоснабжения и от специальных автоматических питателей. К автоматическим питателям относятся пневматические установки, водонапорные емкости и др. Основным питателем являются водопровод и насосная станция. Существует несколько вариантов автоматического запуска насосов.

Если автоматическим питателем служит городской водопровод, то на входе в прибор пожаротушения устанавливают контрольно-сигнальный клапан (КСК) с электроводяным сигналом (ЭВС). При срабатывании прибора давление в линии перед КСК падает, его тарелка под напором воды в сети поднимается и пропускает воду к очагу пожара. Часть воды поступает к электроводяному сигналу, который подает импульс, вызывающий автоматическое включение основного насоса.

Если водопровод не может обеспечить расчетное давление в сети, автоматизация осуществляется по схеме, в которой предусмотрен пневмобак, а сеть находится под давлением сжатого воздуха. При срабатывании прибора упавшее давление в сети вызовет поступление воды из бака к очагу пожара. При снижении давления в баке до 1 ат начнет действовать основной насос посредством импульса, поступающего от электроконтактного манометра или реле уровня с одновременной подачей сигнала пожарной тревоги.

Датчиком может служить пирометр полного излучения, чувствительным элементом которого является проволочный болометр.

Для успешного пожаротушения, помимо надлежащего выбора огнегасящих средств, приборов и оборудования, большое значение имеет быстрая и надежная связь с пожарными подразделениями.

Глава IV

ПОЖАРНАЯ СИГНАЛИЗАЦИЯ И СВЯЗЬ

ЗНАЧЕНИЕ И ВИДЫ СИГНАЛИЗАЦИИ И СВЯЗИ

Статистические данные показывают, что совершенствование способов сигнализации и связи значительно снижает количество больших пожаров.

На предприятиях нефтяной и нефтехимической промышленности применяют электрическую пожарную сигнализацию (ЭПС), которая по способу приведения в действие может быть автоматической и неавтоматической (ручной), а также телефонную и радиосвязь.

Электрическая пожарная сигнализация

Установки ЭПС различают по емкости приемных станций (достигающих 600 номеров) и по способу соединения извещателей с приемной станцией.

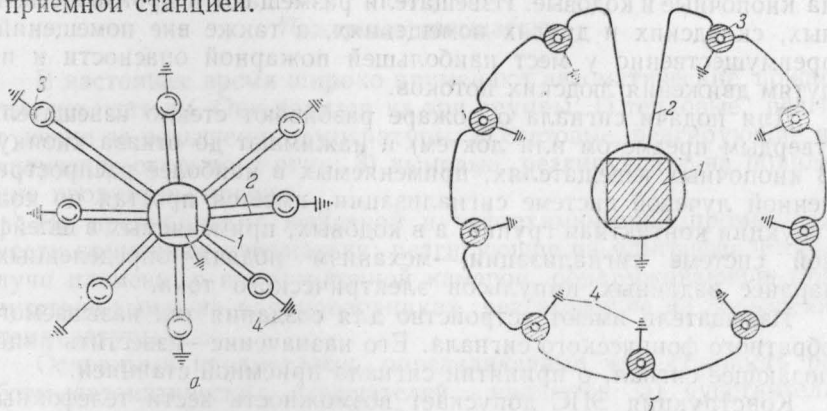


Рис. 73. Системы электрической пожарной сигнализации:

а—лучевая; б—шлейфная: 1—приемная станция; 2—провода; 3—извещатели; 4—заземление.

По способу соединения извещателей (по структуре линейной сети) ЭПС делится на *лучевую* и *шлейфную* (кольцевую) (рис. 73), последняя применяется на крупных объектах.

При *лучевой системе* каждый извещатель соединен парой самостоятельных проводов с приемной станцией. Эту систему рекомендуется применять при небольшой протяженности линии или при возможности использования кабеля телефонной связи. В каждый луч можно включать (при необходимости) до трех извещателей. Сигнал от извещателя передается на приемную станцию при помощи простого кода.

При *шлейфной системе* извещатели включены последовательно в один общий провод (шлейф). Сигналы от извещателя по самостоятельной сети (кабелю) или по воздушной проводной телефонной линии подаются на приемную станцию пожарной части при помощи кода.

Приемные аппараты снабжены регистрирующими устройствами, записывающими номер сработавшего извещателя.

Электрическая сигнализация независимо от системы состоит из трех основных частей: извещателя, приемной станции и линейной сети, соединяющей извещатель с приемными аппаратами.

ЭПС представляет собой слаботочную установку (24 или 48 в), работающую на постоянном токе. Сопротивление проводов принимается равным 2000 ом.

Извещатели ЭПС по способу приведения в действие делятся на автоматические и ручного действия. Неавтоматические ЭПС применяют только на тех объектах, где круглосуточно находятся люди.

Извещатели ручного действия по характеру работы делятся на кнопочные и кодовые. Извещатели размещают в производственных, складских и других помещениях, а также вне помещений, преимущественно у мест наибольшей пожарной опасности и по путям движения людских потоков.

Для подачи сигнала о пожаре разбивают стекло извещателя (твердым предметом или локтем) и нажимают до отказа кнопку. В кнопочных извещателях, применяемых в наиболее распространенной лучевой системе сигнализации, имеется простая по конструкции контактная группа, а в кодовых, применяемых в шлейфной системе сигнализации,—механизм подачи определенных, заранее заданных импульсов электрического тока.

Извещатели имеют устройство для создания так называемого обратного фониического сигнала. Его назначение—известить лицо, подающее сигнал, о принятии сигнала приемной станцией.

Конструкция ЭПС допускает возможность вести телефонные переговоры между извещающим и приемной станцией при помощи микротелефонной трубки, вставляемой в специальные гнезда извещателя.

Извещатели ручного действия выполняют во взрывозащищенном, влагонепроницаемом и нормальном исполнении. Корпус извещателя окрашивают в красный цвет и располагают на высоте 1,25 м от планировочной отметки территории (пола) производства.

В приемных аппаратах в качестве записывающего устройства применяют аппарат ЗП-50, который записывает номер извещателя цифрой. Одновременно этот аппарат указывает характер сигнала (пожар, ревизия и т. д.), время (часы, минуты) и дату поступления сигнала. Кроме регистрирующих и записывающих устройств, на приемных аппаратах имеются оптические и акустические приборы, воспринимающие световые и звуковые сигналы извещателей. ЭПС автоматически контролирует состояние сети (обрыв, заземление) и может принять сигнал при одностороннем повреждении линии.

Лучевая система является более избирательной, чем шлейфовая. Обрыв одного из проводов не нарушает работу всей системы.

В подсобных зданиях и зданиях административно-хозяйственного, бытового или культурного назначения могут быть рекомендованы ЭПС ручного действия типа табло с реле. Извещатели размещают по коридорам, лестничным клеткам, а табло—в комнате, где круглые сутки бывают люди (вахтерская), оборудованной телефонным аппаратом и размещенной у главного входа (въезда) на территорию данного объекта. Табло может быть непосредственно соединено с пожарной частью. При срабатывании кнопочного извещателя на табло появляется его номер, по которому и судят о месте возникновения пожара.

При оперативном положении системы ЭПС превращают в установки телефонной сети и оборудуют телефонными аппаратами.

Пожарные извещатели

В настоящее время широко применяют автоматические пожарные извещатели. Они делятся на три группы: 1) тепловые, реагирующие на повышение температуры; 2) световые, реагирующие на излучение открытого огня; 3) дымовые, реагирующие на появление продуктов горения.

На предприятиях нефтяной и нефтехимической промышленности применяют извещатели: реагирующие на ультрафиолетовые лучи пламени; с ионизационной камерой, обнаруживающие присутствие дыма; на полупроводниках, реагирующие на повышение температуры.

Основными параметрами, определяющими эффективность работы автоматических извещателей, являются: а) чувствительность, определяемая величиной минимального импульса, приводящего к срабатыванию прибора; б) инерционность, проявляемая в том, что с момента начала воздействия на извещатель определенного источника выходной сигнал появляется не сразу, а по истечении некоторого времени; в) зона действия, измеряемая расстояниями или площадями, с которых источник тепла, огня или дыма вызывает срабатывание извещателя.

Тепловые извещатели бывают дифференциальные, максимальные и максимально-дифференциальные (комбинированные).

Д и ф ф е р е н ц и а л ь н ы й извещатель состоит из толстой металлической пластины, жестко соединенной с пластиной меньшей толщины, выполненной из того же металла. Эта пластина обладает меньшей теплоемкостью. При быстром ее нагревании она удлиняется и замыкает контакт.

Подобные извещатели срабатывают при скорости нарастания температуры окружающей среды в пределах $5-10^{\circ}\text{C}$ в 1 мин.

В помещениях, где возможно резкое повышение температуры, применяют извещатели максимального действия.

Эти извещатели срабатывают независимо от скорости нарастания температуры, их устанавливают на заданные температуры окружающей среды в интервалах от 20 до 120°C .

Полупроводниковый тепловой извещатель максимального действия (рис. 74) состоит из датчика 1, переменного регулировочного сопротивления 2 и тиратрона 3. Чувствительным элементом является полупроводниковое термосопротивление (ПТС). При повышении температуры окружающей среды электрическое сопротивление ПТС уменьшается, и напряжение на управляющем электроде повышается. В момент, когда это напряжение превышает напряжение зажигания, тиратрон зажи-

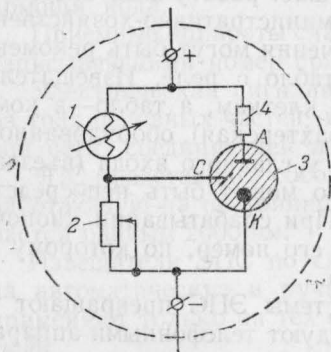


Рис. 74. Принципиальная схема извещателя ПТИМ-1:
1—датчик; 2—переменное сопротивление; 3—тиратрон; 4—добавочное сопротивление (тиратрон).

гается, и извещатель срабатывает. Отсутствие открытых искрящих контактов—преимущество этого прибора перед другими термодатчиками. Наиболее эффективно извещатель работает при температурах от -20 до $+50^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности до 80% . Зона его действия до 25 м^2 . Питание осуществляется постоянным током напряжением $220-120\text{ в}$.

Извещатели теплового действия включаются непосредственно в лучевую систему. При наличии кодовых извещателей, имеющих устройства для их дистанционного пуска, можно подключать тепловые автоматические извещатели в шлейфные системы в качестве вспомогательных извещателей.

Световые извещатели (рис. 75), реагирующие на ультрафиолетовые лучи, способны практически мгновенно сигнализировать о появлении пламени. Чувствительным элементом извещателя является счетчик фотонов. Импульсы напряжения, снимаемые с нагрузочного сопротивления счетчика фотонов, усиливаются. В цепи коллектора триода включено электромагнитное сигналь-

ное реле, которое срабатывает как только усредненная величина импульсов со счетчика фотонов превысит определенное значение, зависящее от чувствительности извещателя.

Извещатель питают с приемной станции по двухпроводной линии постоянного тока. На работу извещателя не влияют незначительное запыление и задымление.

Успешная и надежная работа извещателя достигается в помещениях без резких колебаний температуры воздуха (в интервале от -10 до $+40$ °C) и при относительной влажности до 80%, если в этих помещениях при обычных условиях отсутствуют открытое пламя или какие-либо другие источники ультрафиолетовых лучей. Извещатель не срабатывает при действии дневного света,

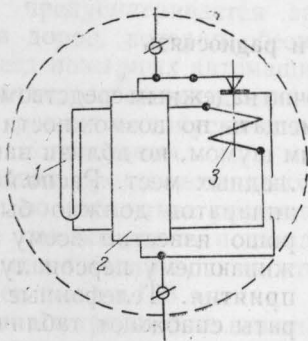


Рис. 75. Принципиальная схема светового извещателя:
1—датчик—счетчик фотонов (СКФ-1); 2—электронная схема; 3—сигнальное реле.

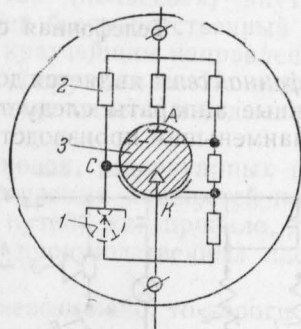


Рис. 76. Принципиальная схема ионизационного извещателя:

1—ионизационная камера; 2—высокоомное добавочное сопротивление; 3—электрометрическая лампа тлеющего разряда.

проходящего через оконные стекла, и электрического освещения, поскольку ультрафиолетовые лучи поглощаются стеклами окон и арматурой ламп накаливания. Зона действия светового извещателя 600 м^2 .

Дымовые извещатели предназначены для обнаружения продуктов горения в воздухе. Ионизационный извещатель (рис. 76) состоит из трех основных частей: ионизационной камеры 1, высокоомного сопротивления 2 и электрометрической лампы тлеющего разряда 3. В ионизационной камере применен источник радиоактивного излучения—плутоний-239.

При попадании дыма в ионизационную камеру ионизационный ток в ней резко уменьшается, в результате чего появляется сигнал.

Длительная и непрерывная работа извещателя обеспечивается при температурах от -20 до $+50$ °C с относительной влажностью

до 80%. Зона его действия 50—100 м². Извещатель питается от источника постоянного тока напряжением 220 в.

Используя автоматические извещатели в сочетании с противопожарными установками, можно успешно локализовать и ликвидировать пожары.

В ЦНИПО разрабатываются средства для автоматического обнаружения воспламенения веществ по инфракрасному излучению и на этом принципе создается прибор для нахождения скрытых очагов пожара. Кроме того, ведутся работы по конструированию установки для беспроводной передачи извещений о пожаре по радиоканалу. Завершение этих работ позволит в дальнейшем перейти к более совершенным системам автоматического обнаружения очагов пожара и их ликвидации.

Телефонная связь и радиосвязь

Телефонная связь является достаточно надежным средством связи. Телефонные аппараты следует размещать по возможности в местах с наименьшим производственным шумом, но вблизи наиболее

людных мест. Расположение аппаратов должно быть хорошо известно всему обслуживающему персоналу предприятия. Телефонные аппараты снабжают табличкой с указанием номера ближайшей пожарной части.

Для вызова к аппарату предусматривается пневматический сигнал, работающий параллельно со звонком телефона. Одновременно включается сигнальная лампа-вызова (рис. 77). На пред-

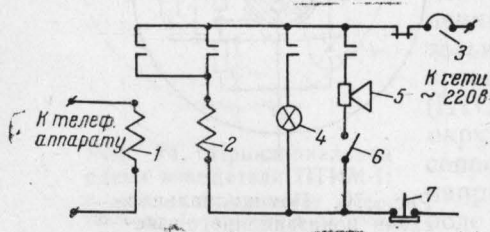


Рис. 77. Схема приставки к телефонному аппарату для дублирования вызова: 1—реле вызова; 2—реле промежуточное; 3—реле тепловое; 4—сигнальная лампа; 5—звуковой сигнал; 6—тумблер; 7—кнопка возврата.

приятиях устраивают также телефонные станции ручного обслуживания системы ЦБ или автоматического действия АТС.

Радиосвязь в охране предприятий нефтедобывающей промышленности получила весьма широкое применение. В настоящее время радиостанции оснащены совершенной отечественной радиоаппаратурой ультракоротковолнового диапазона с радиусом действия до 45 км. Приемно-передаточной радиоаппаратурой оборудуют пожарные части, наиболее отдаленные промышленные объекты, боевые пожарные автомобили, пожарные катера и т. д.

Средства связи позволяют своевременно вызвать на место пожара дополнительную помощь, предупредить о необходимости повысить давление в водопроводной сети, а также успешно руководить пожаротушением.

Подъезды к объектам

Наличие и состояние дорог, проездов, подъездных путей к объектам имеет решающее значение для своевременной доставки к месту пожара пожарных подразделений, машин, аппаратов, оборудования, средств тушения.

На территорию большинства предприятий нефтяной и нефтехимической промышленности предусматривается не менее двух открытых въездов непосредственно с магистральных дорог. Въезды располагают в разных частях территории предприятия и устраивают так, чтобы по возможности имелся сквозной проезд через всю территорию с одной дороги общего пользования на другую. Для производственного транспорта и для проезда пожарных автомашин предусматривается замкнутая (кольцевая) внутренняя система дорог, которая обеспечивает беспрепятственный проезд и подъезд пожарных автомашин по кратчайшим направлениям ко всем цехам, установкам, зданиям и сооружениям. На нефтебазах III—V разрядов допускается наличие одного въезда на дороги общего пользования.

В зонах производственных установок, резервуарных парков, эстакад во избежание разлива огнеопасных жидкостей планировочные отметки дорог, подъездных путей, как правило, должны быть выше планировочных отметок производственных площадок не менее чем на 0,3 м.

Если это требование выполнить невозможно, то дороги планируют с таким расчетом, чтобы разлившаяся жидкость не затопляла дорогу, а стекала в кюветы, канавы, лотки, размещенные вдоль дорог.

Ширина проезжей части дороги при двухстороннем движении должна быть не менее 6 м, при одностороннем—не менее 3,5 м.

Внутренние дороги, подъезды и проезды располагают от зданий, аппаратуры и установок не ближе 5 м и не далее 30 м.

Мосты дорог, подъездов и проездов делают несгораемыми.

Прокладывать трубопроводы и устанавливать различные опоры у обочин дорог не допускается. Свободная высота над проезжей частью дороги должна быть такой, чтобы обеспечить свободное передвижение всех видов транспорта, в том числе специальных пожарных автомобилей. С этой целью надземные трубопроводы, оттяжки, электропровода и другие инженерные коммуникации и устройства поднимают над дорогами, подъездами и проездами не менее чем на 4,5 м.

Все площадки для размещения пожарных автонасосов у водозаборных устройств должны быть связаны с кольцевой системой дорог и не иметь тупикового расположения.

ОСОБЕННОСТИ ТУШЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ПОЖАРОВ

Глава I

ТУШЕНИЕ ПЛАМЕНИ ЖИДКОСТЕЙ, ГАЗОВ И ТВЕРДЫХ ВЕЩЕСТВ

1. ТУШЕНИЕ ПЛАМЕНИ ЖИДКОСТЕЙ

Как отмечалось выше, пожаротушение заключается в действии огнегасящих средств на очаг горения или на горящие вещества.

Укажем на особенности тушения некоторых видов пожаров жидкостей, газов, твердых веществ и материалов, которые могут иметь место на заводах и промыслах.

Разлитые и растекающиеся горючие жидкости можно тушить перемешиванием с помощью компактных струй воды. Эти струи непрерывно зигзагообразно перемешивают жидкость против ее течения, не давая ей растекаться. При значительном слое жидкости целесообразнее применять распыленные струи воды. Горение легковоспламеняющихся жидкостей (бензин, керосин) на небольшой площади можно также прекратить, действуя распыленными струями.

Достигнуть эффективного пожаротушения огнеопасных жидкостей можно, непрерывно подавая пену, которая создает на поверхности жидкости сплошной изолирующий слой.

Пожар в сырьевых емкостях с нефтью или мазутом при наличии в них воды может сопровождаться особыми явлениями. При нагревании эмульсионной нефти, содержащей более 3,8% воды, или мазута, содержащего более 0,6%, до температуры более 100 °C наступает ее *вскипание*. Под вскипанием понимают одновременный переход в пар большого количества воды, находящейся в продукте или под ним, и связанное с этим образование на его поверхности пены.

Если продукт в резервуаре налит до верхнего уровня, то может произойти *выброс* горячей пены через борт резервуара, что вызовет распространение пожара.

К вскипанию способны машинное масло и тяжелый бензин. Нефть и мазут способны к выбросу при содержании влаги и в меньшем количестве, чем указано выше, но при условии их нагрева до 200 °С и более.

В момент выброса высоконагретый верхний слой продукта опускается вниз и соприкасается с водой, что вызывает еще более мощный выброс. В резервуарах малого диаметра выброс происходит медленнее, чем в больших.

Чтобы предотвратить вскипание и выброс продукта, необходимо с самого начала пожара откачивать продукт с нижней отметки резервуара, охваченного пожаром, а также из смежных с ним емкостей в резервуары, которым не угрожает пожар.

Образование сплошного слоя огнегасительной пены может разрушиться в результате разрушения конструкций и крыши резервуара, происшедшего при взрыве паро-воздушной смеси. Раскаленные полужатопленные металлические части резервуара могут также вызывать повторное воспламенение жидкости, поэтому эти части надо охлаждать распыленными струями воды.

Пену подают одновременно с разных сторон поверхности жидкости. Чтобы предупредить разложение пены при стекании по внутренним нагретым стенкам резервуара, а также исключить сохранение отдельных очагов горения (при несплошном слое пены), стенки охлаждают. Охлаждение раскаленных поверхностей необходимо начинать с момента возникновения пожара, продолжать на протяжении всего тушения и после его окончания. Но при использовании распыленной воды для тушения пожара на верхнем уровне резервуара не следует начинать охлаждение стенок до включения стационарных распылителей. Если охлаждение уже начато, то его прекращают на 5—10 мин, а затем подают распыленную воду. Соприкасаясь с нагретыми стенками, вода превращается в пар, который собирается над поверхностью горячей жидкости. Пламя ацетона в резервуарах эффективно тушат распыленной (тонкодисперсной) водой.

Тушение жидкостей в глубоко опущенных подземных емкостях при отсутствии опасности обрушения кровли, а также при расположении емкостей в отдельных казематах (огнестойкие, наглухо закрываемые) производят инертным газом.

2. ТУШЕНИЕ ПЛАМЕНИ ГАЗОВЫХ ПОЖАРОВ

Тушить газовые пожары можно: перекрывая места их появления глиной, асбестовыми покрывалами, войлочными кошмами; сбивая пламя струями воды, воздуха или инертных газов. Если газ воспламенился, выходя из газопровода высокого давления, то предварительно перекрывают задвижки по обе стороны поврежденного участка, чем снижают давление газа. Затем приступают к пожаротушению. Избыточное давление необходимо для того,

чтобы предупредить засасывание воздуха и образование взрывчатой среды в трубопроводе и в связываемых им оборудовании и аппаратах. Величина избыточного давления должна быть не менее 20 мм вод. ст. В процессе тушения необходимо охлаждать водой не только место выхода газа, но и смежно расположенные трубы и аппараты, которым угрожает пожар.

Потушить пламя газа, выходящего из подземного газопровода с давлением 1—2 кг/см², можно, накрыв очаг горения брезентом (размером 3×3,5 м), имеющим патрубки для присоединения газотводящих шлангов. Брезент смачивают водой, на края его насыпают песок или землю.

При прорыве и воспламенении сжиженных газов особенно необходимо интенсивно охлаждать трубопроводы и аппараты. Это уменьшает испарение сжиженных газов и предупреждает повышение давления в трубопроводе. Между емкостями и местом горения надо поставить водяную завесу. Если погасить пламя и прекратить поступление газа к месту горения не удастся, то во многих случаях целесообразно дать возможность продолжаться локализованному (ограниченному) горению, пока не выгорит весь газ, находящийся в трубопроводе или емкости.

3. ТУШЕНИЕ ПЛАМЕНИ ТВЕРДЫХ ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ

Пламя горящих твердых веществ и материалов (дерево, ткани, бумага) можно потушить компактными и распыленными струями воды, быстро их перемещая в зоне горения, начиная с верхних участков этой зоны.

Компактные струи воды следует применять для труднодоступных участков. Для ликвидации горения пылеобразных веществ используют распыленные струи воды (со смачивателями).

Для тушения пожаров натрия, калия и других щелочных металлов применяют сухой песок, сухую соду, мел, асбестовые одеяла, азот, инертные газы, порошковые составы на основе графита и солей угольной кислоты, тальк и др. Наиболее эффективным средством тушения пламени Na, Mg и K является порошковая смесь, состоящая из 96,5% кальцинированной соды (влажностью не более 0,5%), 1% стеарата железа (железо стеариновое-кислое), 1% стеарата алюминия, 1% графита и 0,5% стеариновой кислоты. Пламя термитов, а также веществ, содержащих нитроцеллюлозу, тушат мощными струями воды.

Воздействуя распыленной или навесной компактной водяной струей, можно прекратить горение в воздухе небольших количеств (5—10 кг) взрывчатых веществ (тротил, пикриновая кислота, аммониты, аммонал, динамоны и т. п.).

Все виды древесины легко и быстро тушат водой, воздушно-механической или химической пеной. Горящие доски, сложенные

в штабеля, тушат со всех сторон струями воды и одновременно защищают негорящие штабеля.

Горящие угли тушат, заливая очаги горения непосредственно в штабеле или изолируя горящие участки. В первом случае в штабель (в очаги горения и вблизи них) погружают перфорированные трубы или на поверхности штабеля делают углубления. В трубы (углубления) вводят водный раствор с содержанием 5—7% глины. Второй способ заключается в отделении горящего участка штабеля от негорящего траншеей, удалении горящего угля на свободные площадки с последующим тушением его струями воды.

Для тушения пламени торфа также следует применять распыленную воду. Если огнем охвачена большая площадь, то целесообразно применять лафетные стволы с распылителями, вводя их в промежутки между каждой парой горящих штабелей. В процессе охлаждения торфа штабеля необходимо разбирать. При самовозгорании торфа (горение внутри штабеля) в соответствующих местах прорывают траншею шириной 1—2 м на всю глубину штабеля.

Прорыв траншею на глубину 0,5 м, надо дать торфу остыть, а затем рыть следующие 0,5 м и т. д.

Извлекая горящий торф из очагов горения и вокруг них в радиусе не менее 0,5 м и на глубине не менее 0,7 м, тушат глубинные очаги горения. После извлечения горящего торфа траншею заполняют сырым торфом и утрамбовывают. Извлеченный на поверхность горевший и горящий торф поливают распыленной водой. По окончании тушения штабеля должны быть разобраны и за ними установлено наблюдение.

Пламя каучука и резиновых изделий в штабелях тушат водой. Одновременно охлаждают не затронутые пожаром штабеля, растаскивают, поливают их водой и удаляют в безопасное место. Тушить можно также паром, углекислым газом, пеной, песком, мелом, покрывалами, кошмой и т. д.

Для облегчения работы в помещениях следует удалять продукты горения через окна и двери. Для этого можно воспользоваться дымососами.

4. ТУШЕНИЕ ПЛАМЕНИ ГАЗОВЫХ И НЕФТЯНЫХ ФОНТАНОВ

Пламя газового фонтана с дебитом до $5 \cdot 10^5$ м³/сутки и небольшим давлением тушат водяными струями под давлением 8—10 ат, радиально направленными в нижнюю часть фонтанной струи. Прекращение горения достигается механическим сбиванием пламени. При давлении газа 1,5—2,0 ат пожар может быть ликвидирован путем установки на устье скважины колпака с отводящими трубопроводами, снабженными задвижками. При установке колпака перекрывают задвижки горизонтальных трубопроводов.

Установив колпак, их открывают, а задвижку на вертикальном трубопроводе закрывают, благодаря чему достигается ликвидация горения. Колпак интенсивно охлаждают водой. Пламя фонтана с дебитом $5 \cdot 10^5 \text{ м}^3/\text{сутки}$ и давлением в несколько десятков атмосфер, а иногда и 100 ат тушат, предварительно снизив давление газа. Для этого бурят наклонную скважину с подходом к обсадной трубе фонтанирующей скважины, врезаются в нее на некоторой глубине, а затем отводят газ в сторону или создают противодействие в скважине мощными водяными насосами.

Ослабленную горящую струю тушат при помощи водяных струй, иногда дополняя их действие поверхностными взрывами ВВ.

Тушение пламени газовых, газонефтяных и нефтяных фонтанов взрывом заключается в том, что ударная волна, возникающая в результате взрыва тротила или аммонита в непосредственной близости от струи, разрывает негорящую часть струи газа (между



Рис. 78. Тушение пламени газового фонтана:

- 1—отдельное основание; 2—стрелка; 3—водяные струи; 4—фонтан;
5—взрывчатое вещество.

устьем скважины и пламенем). Разорвать струю можно, направляя в нижнюю часть фонтана несколько мощных водяных струй. При этом на короткий промежуток времени задерживается поступление газа (паров нефти) в сферу горения и пожар прекращается. Затем подают воду для охлаждения газа и продолжают охлаждать территорию вокруг фонтана.

В последнее время широко применяют направленный взрыв, при котором ударная волна вызывает разрушения смежных с фонтанирующей скважиной сооружений.

Пламя газового фонтана на морских промыслах тушат так же, как на суше. Тушение пламени газонефтяного фонтана осложняется наличием горячей нефти на поверхности моря. Поэтому к тушению фонтана приступают после ликвидации горения этой нефти. Тушение фонтана ведут с эстакад, катеров, со смежных оснований, иногда специально возводимых (рис. 78), или под прикрытием водяных струй, подаваемых из лафетных столов, непосредственно с основания фонтанирующей скважины.

Работами ЦНИИПО выявлена возможность весьма успешного тушения газонефтяных фонтанов составом «3,5».

Пламя нефтяного фонтана тушат также мощными струями воды или взрывом. Если фонтанирующая нефть, не успевшая сгореть в воздухе, падает и растекается вокруг скважины, то на суше место пожара обваловывают, нефть тушат и через гидрозатворы направляют ее в хранилище. Одновременно тушат фонтан. На море также одновременно тушат фонтан и растекающуюся нефть, не допуская развития пожара.

5. ТУШЕНИЕ ПЛАМЕНИ ГОРЯЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ И УСТАНОВОК, НАХОДЯЩИХСЯ ПОД НАПРЯЖЕНИЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА

При тушении горящего оборудования и установок, находящихся под напряжением, создается реальная опасность поражения электрическим током человека. Поэтому электрическая сеть должна быть выключена. Тушение производят указанными выше способами (вода, пена, инертные газы и т. п.).

Если отключение затруднено, то пожаротушение производят под напряжением. В этом случае необходимо применять пульсирующие струи воды, создавая их посредством стволов с перекрывающими краниками или с распылителями. Применяя компактные струи, стволы необходимо заземлять. Кроме того, электрооборудование, находящееся под напряжением, тушат двуокисью углерода.

Одним из наиболее эффективных средств для тушения горящего оборудования, находящегося под напряжением, являются составы на основе галоидоуглеводородов.

Средства личной защиты должны быть диэлектрическими.

6. ТУШЕНИЕ ПОЖАРОВ В НЕФТЯНЫХ ШАХТАХ

Тушить пожары в шахтах гораздо сложнее, чем на поверхности, вследствие затрудненного подхода к очагу пожара. Кроме того, в процессе ликвидации пожаров возможен взрыв образовавшейся газовойдушной смеси в шахте.

Если пожар возникает на поверхности земли вблизи устья шахтных стволов, то их перекрывают металлическими дверями—лядами. Одновременно изменяют направление движения воздуха в шахте посредством специальных устройств, которыми снабжены вентиляторы. Это позволяет выводить людей из угрожаемых участков и производить спасательные работы.

При возникновении пожара в стволе его также перекрывают на всех горизонтах двойными железными дверями.

Если перекрытием штреков и вентиляционных труб не удается ликвидировать пожар, то участок, охваченный пожаром, изолируют воздушонепроницаемой и взрывоустойчивой перемычкой. За перемычку вводят инертные газы или глинистый водный раствор (песок) для затопления очага горения.

СОВМЕСТНЫЕ ДЕЙСТВИЯ ПОЖАРНОЙ ОХРАНЫ И ПЕРСОНАЛА ПРЕДПРИЯТИЯ

1. АВАРИЙНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ

При возникновении аварии, сопровождающейся разливом нефтепродукта или утечкой газа, лица, руководящие ее ликвидацией (заведующий промыслом, начальник цеха или их заместители), немедленно принимают соответствующие меры согласно особой инструкции, имеющейся на предприятии, и одновременно вызывают к месту аварии пожарную часть (ПЧ). Прибывшему к месту происшествия командиру подразделения ПЧ руководитель сообщает о месте, размере и характере аварии; о количестве работающих и пострадавших в результате аварии людей (взрыв, отравление и т. д.); о мерах, принятых для ликвидации аварии, и о работе, которую должна проделать ПЧ. Получив указанные сведения, командир подразделения ПЧ принимает меры к спасению людей, оставшихся в зоне аварии. Одновременно он уточняет сведения о пострадавших путем разведки и по согласованию с руководителем ликвидации аварии принимает дополнительные меры по предупреждению развития пожара, а также подготавливает силы и средства на случай возможного пожара.

2. ПОЖАРОТУШЕНИЕ

Если в результате аварии возникает пожар, то руководителем пожаротушения является командир подразделения ПЧ, прибывшего к месту происшествия. В этом случае руководитель ликвидации аварии и все находящиеся в его подчинении инженерно-технические работники и рабочие, члены добровольных пожарных дружин (ДПД) поступают в распоряжение начальника пожаротушения. Руководитель по ликвидации аварии обязан все время находиться при начальнике по пожаротушению и оказывать ему помощь в разрешении технических вопросов, связанных с технологическим процессом производства.

Приступая к тушению пожара и во время тушения, стремятся его локализовать, т. е. не допустить его распространения. Вот почему необходимо освобождать от огнеопасных веществ смежное с пожаром оборудование, аппараты, емкости и заполнять их водой или паром; отключать технологические трубопроводы, электросистемы и т. д. Руководитель по ликвидации аварии непосредственно отдает распоряжения о производстве этих работ, контролирует их выполнение и докладывает начальнику по пожаротушению, который принимает соответствующие решения о дальнейших совместных действиях.

При необходимости вызывают бульдозеры, тракторы, самосвалы, катера и другую технику для создания обвалований и гидрозатворов; растаскивания конструкций и оборудования; разрыва пленки нефти, разлившейся на поверхности моря; закрытия фонтана и т. д. Все эти работы производятся совместными действиями ДПД и ПЧ. В ходе пожаротушения принимают меры по сбору материала, необходимого для анализа причин возникновения пожара, состояния оборудования, конструкции и т. д. Этим занимаются пожарные работники и работники предприятия.

После окончания пожаротушения выясняют причины возникновения пожара и намечают конкретные пожарно-профилактические мероприятия по повышению безопасности предприятия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев М. В., Предупреждение пожаров от технологических причин, Изд. МКХ РСФСР, 1963.
2. Андерс В. Р., Пантаев Н. Ф., Автоматическое регулирование процессов переработки нефти, Гостоптехиздат, 1954.
3. Андреев П. И., Рассеивание в воздухе газов, выбрасываемых промышленными предприятиями, Госстройиздат, 1952.
4. Баратов А. Н., Годжелло М. Г., Пожарная опасность производств, применяющих газы и жидкости, Изд. МКХ РСФСР, 1961.
5. Бушев В. П., Пчелинцев В. А., Федоренко В. С., Яковлев А. И., Огнестойкость зданий, Изд. МКХ РСФСР, 1963.
6. Виногооров А. Ф., Хранение и перекачка нефтепродуктов, ГОНТИ, 1949.
7. Гельфер Г. А. и др., Взрывозащищенное электрооборудование, Гостоптехиздат, 1960.
8. Годжелло М. Г., Взрывы промышленных пылей и их предупреждение, Изд. МКХ РСФСР, 1951.
9. Годжелло М. Г., Демидов П. Г., Джалалов Е. М. и др., Легковоспламеняющиеся и горючие жидкости (справочник), Изд. МКХ РСФСР, 1956.
10. Голмшток И. С. и др., Проектирование и принципы сооружения нефтезаводов, Гостоптехиздат, 1960.
11. Гончарюк В. А., Противопожарные мероприятия в химических лабораториях нефтяной промышленности, Азнефтеиздат, 1953.
12. Гончарюк В. А., Противопожарные мероприятия на нефтеперерабатывающих заводах, Азнефтеиздат, 1954.
13. Гончарюк В. А., Газиян А. Н., Из опыта строительства и эксплуатации наземных газопроводов в Азербайджане, Бюллетень научно-технической информации ГОНТК Азерб. ССР, № 8 (1960).
14. Григорян Г. М. и др., Техника безопасности и противопожарная техника в нефтяной промышленности, Гостоптехиздат, 1956.
15. Григорян Г. М. и др., Основы техники безопасности и противопожарной техники в нефтяной и газовой промышленности, Гостоптехиздат, 1962.
16. Гурфинкель М. А., Механизация погрузочно-разгрузочных работ в химической промышленности, Госхимиздат, 1951.
17. Демидов П. Г., Горение и свойства горючих веществ, Изд. МКХ РСФСР, 1962.
18. Зельдович Я. Б., Теория ударных волн и введение в газодинамику, Изд. АН СССР, 1946.
19. Иост В., Взрывы и горение в газах, Издательство, 1952.

20. Исакович Р. Я., Контроль и автоматизация добычи нефти, Гостоптехиздат, 1959.
21. Касаткин А. Г., Основные процессы и аппараты химической технологии, Госхимиздат, 1955.
22. Кнорринг Г. М., Справочник для проектирования электрического освещения, Госэнергоиздат, 1960, стр. 342.
23. Коламкаров В. А., Коренные проблемы развития нефтяной и газовой промышленности на 1959—1965 гг., Нефтяное хозяйство, № 1 (1959).
24. Логинов Ф. Л., Пожарная профилактика на объектах народного хозяйства, Изд. МҚХ РСФСР, 1958.
25. Сб. «Охрана химических предприятий от пожаров и взрывов», под ред. канд. техн. наук И. В. Рябова, НИИТЭХИМ, 1961.
26. Сб. «Пожарная тактика», Изд. МҚХ РСФСР, 1955.
27. Плановский А. Н. и др., Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии, Гостоптехиздат, 1960.
28. Ройтман М. Я., Пожарная профилактика в строительном деле, Изд. МҚХ РСФСР, 1962.
29. Ройзен И. С., Техника безопасности и противопожарная техника в химической промышленности, Госхимиздат, 1951.
30. Семенов Н. Н., О некоторых проблемах химической кинетики и реакционной способности, Изд. АН СССР, 1954.
31. Спыну Г. А., Вакуумные уплотнения, Машгиз, 1956.
32. Стекольников И. С. и др., Грозозащита промышленных зданий и сооружений, Изд. АН СССР, 1951.
33. Стелл Д. Р., Таблица давления паров индивидуальных веществ, Издательство, 1949.
34. Строительные нормы и правила, Госстройиздат, 1963.
35. Сборник руководящих документов по пожарной профилактике, т. III, Изд. МҚХ РСФСР, 1957.
36. Смирнов В. М., Автоматика и пожарная безопасность технологических процессов, Изд. МҚХ РСФСР, 1962.
37. Смирнов П. А., О путях развития нефтехимии, химических и технических топлив и масел, Нефтяное хозяйство, № 6 (1957).
38. Соловьев Н. В., Ермилов П. И., Стрельчук Н. А., Основы техники безопасности и противопожарной техники в химической промышленности, Госхимиздат, 1960.
39. Таубкин С. И., Баратов А. Н., Никитина Н. С., Справочник пожароопасности твердых веществ и материалов, Изд. МҚХ РСФСР, 1961.
40. Федоров В. С., За комплексное развитие нефтеперерабатывающей и химической промышленности, Нефтяное хозяйство, № 3 (1959).
41. Ульященко В. Е., Пожарно-технические требования к электрооборудованию пожаро-взрывоопасных помещений и наружных установок, Изд. МҚХ РСФСР, 1957.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Аварийная вентиляция 116
 Аварийное положение 217
 Автоматизация
 классификация и выбор средств 105, 106
 насосов и компрессоров 99, 100
 огневых и неогневых аппаратов 100 сл.
 пожаротушения 195 сл.
 процессов 97 сл.
 Адсорбенты и абсорбенты 70, 71, 139
 Аккумуляция тепла при самонагревании веществ 35, 36
 Активные центры 20
 Акустическая коагуляция 80
Андреева формулы для расчета концентрации газов 180, 181
 Антенные молниеотводы 125, 126
 Антипирены 153
 Антистатические вещества 219
 Аппараты см. Оборудование
 Атмосферное электричество 48 сл.
 Барометрический конденсатор 61, 62
 Безмоментные кровли 90
 Бесконтактная герметизация оборудования 89
 Беспламенное горение 15
 Ближайшие причины возникновения пожаров 11, 12
 Блуждающие токи 49, 50, 128, 140
 Брандмауэры 151 сл.
 Вентиляционные установки, выбор и классификация 113 сл.
 Ветровой напор 114
 Взрыв (взрывное горение) 18, 19, 61 сл.
 и давление веществ 36 сл.
 — тушение пламени газовых и нефтяных фонтанов 215
 Взрывная камера 42
 Водоснабжение противопожарное 199 сл.
 Водяное отопление 121, 122
 Водяные завесы 154, 165 сл.
 Водяные предохранительные затворы 68, 69
 Возгорание 21, 31, 32
 строительных материалов и конструкций 55, 56
 Воздушное отопление 121
 Воздушно-механическая пена 186, 190, 191, 201
 Воздушно-пенные стволы 190
 Волнокопирующий трап 174
 Воспламенение веществ 48
 импульсы см. Импульсы воспламенения
 пределы 22, 27 сл., 74, 113
 температура 22
 Время см. Продолжительность
 Вспышка веществ, температура 25, 26, 38, 39, 51 сл.
 Выгорание веществ, скорость 9, 10
 Вытяжная вентиляция 113 сл., 118
 Выходы эвакуационные 169 сл.
 Газосигнализаторы 104, 105
 Галоидированные углеводороды как огнегасительные средства 184, 186
 Генеральные планы предприятий 144 сл.
 Герметизация 75, 138
 бесконтактные, гидравлические и другие методы 89 сл.
 неподвижных соединений 85 сл.
 подвижных соединений 82 сл.
 сбора нефти 91, 92
 Гетерогенное горение 15
 Гидравлические затворы 89, 164, 165
 Гидравлические испытания оборудования на прочность 138, 139
 Гидроразрыв нефтяных пластов 67
 Глубиннонасосная скважина, автоматизация 103, 104
 Гомогенное горение 15
 Горение
 виды 15, 16
 взрывное 18, 19
 массовая скорость 31
 механизм процессов 19 сл.
 определение 14
 продукты 17
 температура 16
 Горючая смесь 14, 15
 Гравийный огнепреградитель 158, 163
 Грозазащита 123 сл.
 Давление веществ при взрыве 18, 19, 36 сл.
 Двери огнепреграждающие 156
 Дефекторы 115, 117, 118
 Дефектоскопы 140
 Диффузионное горение 15 сл.
 Дым 17

- Дымовые пожарные извещатели 206, 208, 209
 «Дыхание» емкостей 65 сл.
 Дышащие крыши с мембранами 90
 Естественная вентиляция 114, 115, 118
 Завесы водяные 154, 165 сл.
 Заземление и зануление 124, 126 сл.
 Заслонки огнезадерживающие 156, 164
 Затворы гидравлические 89, 164, 165
 Зоны
 пламени 15, 16, 158
 противопожарные 154, 155
 территории промышленного предприятия 147, 148
 Извещатели пожарные 204 сл.
 Импульсы воспламенения 14, 15, 18, 22 и самовозгорание веществ 32
 при переходе механической энергии в тепловую 41 сл.
 — электрической энергии в тепловую 45 сл.
 — электрических зарядах 46 сл.
 температура 21, 23
 Индекс помещения 108
 Индуктивные токи Фуко 45, 46
 Индукция, период 23, 24
 Инертные газы как огнегасительные средства 187
 Ионизаторы 128, 129
 Ископаемые угли 32, 33
 Искробезопасный патрон светильника 109, 110
 Искрогасители 134 сл.
 Искры 42, 43, 46
 Искусственная вентиляция 113, 115, 116, 118
 Испарение жидкостей 64 и их огнеопасность 39 сл.
 Испытания оборудования 137 сл.
 Калориферы 121
 Катализаторы 20, 73
 Категорирование производственных зданий и электрооборудования 51 сл., 123, 124
 Кинетическое горение 15
 Клапаны предохранительные 130 сл.
 Классификация
 вентиляционных установок 113 сл. и выбор средств автоматизации 105, 106
 производств по степени пожаро- и взрывоопасности 51 сл.
 пылей 36, 37
 систем отопления 120
 Кольца-набивки 83, 84
 Компрессорная скважина, автоматизация 103
 Компенсаторы 133
 Комплексная механизация и автоматизация технологических процессов 93, 94, 98, 99
 Концентрационные пределы воспламенения веществ 22, 27 сл., 36, 37, 113
 короткое замыкание 45
 Коэффициент (ы)
 диффузии 64, 65
 использование светового потока 107, 108
 истечение жидкостей 66, 67
 местного сопротивления 163
 огнестойкости 58
 температурный воздуха 117
 трения и сопротивления ему 43, 176, 177
 Кран типа КСП-50 160
 Кратность обмена воздуха 118
 Кривые «температура — время» 10
 Крыши специальной конструкции 90 сл.
 Лабиринтные уплотнения 83
 Легковоспламеняющиеся жидкости
 аварийная эвакуация 178
 давление насыщенных паров 40
 пределы воспламенения 30, 31, 113
 приборы для слива 97
 температура вспышки 25, 26
 — самовоспламенения 23
 Лестницы 170 сл.
 Ле-Шателье формула для определения воспламенения веществ 29
 Лучевая система электрической пожарной сигнализации 204 сл.
 Люминесцентный метод испытания оборудования 139
 Магнитный метод испытания оборудования 139, 140
 Манжетные уплотнения 84, 85
 Масла и жиры 32, 33
 Машины пожарные 197 сл.
 Мембранно-пружинные клапаны 130
 Менделеева формула для определения теплоты сгорания 16
 Местное отопление 119, 120
 Механизация
 технологических процессов 92 сл.
 хранения и отпуска огнеопасных веществ 94 сл.
 Механизм процессов горения 19 сл.
 Микробиологическое самовозгорание веществ 32
 Молниеотводы 124 сл.

- Молния, первичные и вторичные воздействия 49, 124
- Монтажные и ремонтные работы 67 сл., 134 сл., 143
- Напор воздуха 114, 116
- Насосы и компрессоры, автоматизация 99, 100
- Неподвижные соединения 85 сл.
- Неполное сгорание веществ 17
- Несгораемые материалы 55, 56
- Обвалование 167, 168
- Оборудование
- автоматизация 99 сл.
 - включение и выключение 142
 - контроль и испытания 134 сл.
 - материалы 80 сл.
 - пожаробезопасное 70 сл., 77 сл.
 - ремонт 134 сл., 143
 - эксплуатация 63 сл.
- Обратные удары пламени 68
- Обрыв цепей 20, 21
- Объемное проектирование установок 148
- Огневые и неогневые аппараты, автоматизация 100 сл.
- Огнегасящие средства
- газообразные и твердые 187, 188
 - жидкие 184 сл.
- Огнеопасность веществ 37 сл.
- Огнепреградители 157 сл.
- Огнестойкость строительных конструкций 51 сл., 56 сл.
- Огнетушители 188 сл.
- Ограничители уровня 130
- Окислители 14, 15, 35
- Орманди и Грэвена правило для определения температуры вспышки 26
- Оросители 166
- Освещение 106 сл.
- Основные причины возникновения пожаров 11, 12
- Отверстия и проемы 155 сл.
- Отопление
- водяное 121, 122
 - воздушное 121
 - местное 119, 120
 - паровое 121, 122
 - точечное 121, 122
 - центральное 120 сл.
 - электрическое 120
- Отрицательный катализ 19, 20
- Паровое отопление 121, 122
- Паротушение, системы 192, 193
- Пенокамеры 190, 191
- Пеногенераторы 190, 202
- Пены огнегасительные 185, 211, 212
- Перегрузка машин и приборов 45
- Переключки 165
- Переходные сопротивления в электрических цепях 45, 46
- Период индукции 23, 24
- Пирофорные соединения 34
- Плавающие крышки 90 сл.
- Плавкие предохранители 129
- Пламенное горение 15
- Пламя 15, 16
- как источник импульса воспламенения 42
 - обратные удары 68
 - скорость распространения 31
 - тушение см. Тушение пламени фронт 157, 158
- Планировка предприятий 144 сл.
- Планово-предупредительный ремонт оборудования 134 сл.
- Пластинчатые огнепреградители 158, 163
- Подвижные соединения, герметизация 82 сл.
- Подъезды к объектам 210
- Пожарная опасность веществ (производств) 13
- показатели 21 сл.
 - способы уменьшения 70 сл.
 - степень 51 сл.
- Пожарная профилактика 50, 51, 70
- Пожарная тактика 59
- Пожарные машины 197 сл.
- Пожаротушение 217, 218
- перемешиванием жидкостей 193 сл.
 - приборы, оборудование, устройства и машины 188 сл.
 - средства 183 сл.
- Показатель горючести 31
- Полное сгорание веществ 17
- Положительный катализ 19, 20
- Превентеры 85, 86
- Преграды противопожарные 154, 157
- Предельно допустимые концентрации веществ 113
- Пределы
- воспламенения веществ 22, 27 сл., 74, 113
 - огнестойкости строительных конструкций 56 сл.
 - самовоспламенения по давлению 19, 21
- Предохранители 129 сл.
- Приточная вентиляция 113 сл., 118
- Причины возникновения и распространения пожаров 11 сл.
- Продолжительность взрыва 19
- испарение горючего вещества 65
 - пожара и его тушения 10, 193, 201

- Продукты
 - горения 15, 16, 18
 - растительного происхождения 32
- Проемы и отверстия 155 сл.
- Противопожарные зоны 154, 155
 - преграды 154, 157 сл.
 - разрывы 148 сл.
- Профилографы 140
- Пути эвакуации людей 169 сл.
- Пыли, свойства и классификация 36
- Радиосвязь 209
- Разрывы противопожарные 148 сл.
- Распылители 165, 191
- Расчет
 - заземления 128
 - огнепреградителей 157 сл.
 - устройств паротушения 193
- Реакции возникновения, продолжения и обрыва цепей 19 сл.
- Ремонт оборудования 134 сл., 143
- Репина формула для определения утечки газа 64
- «Роза ветров» 146
- Сальниковые уплотнения
 - манжетные 84, 85
 - с противодавлением 89
- Самовозгорание и самонагревание веществ 21, 22 32 сл.
- Самовоспламенение веществ 14, 15
 - пределы по давлению 21
 - температуры 21 сл.
 - тепловая теория 19
- Сбросовые устройства для эвакуации газов 179, 180
- Сварные соединения, контроль качества 137, 138
- Светильники, выбор и размещение 108 сл.
- Световые пожарные извещатели 206 сл.
- Свободные радикалы 19, 20
- Сгораемые материалы 56
- Сеточные молниеотводы 125, 126
- Сигнализация пожарная 204 сл.
- Скважина (ы)
 - автоматизация 103, 104
 - постоянного типа 136, 137
- Скорость
 - взрыва 18
 - выгорания веществ 9, 10
 - горения массовая 31
 - испарения жидкостей 39 сл., 64
 - распространения пламени 31
 - самовозгорания веществ 33
- Смесь (и)
 - взрыво- и пожароопасные 54, 55, 73 сл.
 - горючая 14
- Спринклерные и дренчерные устройства 197, 203, 204
- Станки-качалки для механизированной добычи нефти 93
- Статическое и динамическое испытания оборудования 139
- Статическое электричество 46 сл., 128, 129
- Стволы воздушно-пенные 190
- Степень
 - возгораемости строительных конструкций 55, 56
 - герметичности оборудования 138
 - огнестойкости строительных конструкций 57, 58, 151, 152
 - пожаро- и взрывоопасности производств 51 сл.
- Стержневые молниеотводы 125
- Строительные, монтажные и ремонтные работы 67 сл., 134 сл., 143
- Текущий и капитальный ремонт оборудования 136
- Телемеханика 98
- Телефонная связь 209
- Температура
 - взрыва смесей 18
 - воспламенения веществ 22
 - вспышки веществ 25, 26, 38, 39, 51 сл.
 - горения 16
 - импульсов воспламенения 21, 23
 - пламени 15, 16
 - поверхности подшипников 43 сл.
 - при пожаре 9, 10
 - продуктов горения 18
 - самовозгорания веществ 22
 - самовоспламенения веществ 21 сл., 36 сл.
 - самонагревания веществ 21
- Температурные пределы воспламенения веществ 22, 27, 29 сл., 74
- Тензометры 140
- Теории окисления и самовоспламенения веществ 49 сл.
- Тепловая теория самовоспламенения веществ 19
- Тепловое самовозгорание веществ 32
- Тепловой напор 114
- Тепловые пожарные извещатели 206, 207
- Теплоносители 72, 73
- Теплота сгорания веществ 16, 18

Технологические процессы
автоматизация 97 сл.
механизация 92 сл.
особенности 60 сл.
пожаробезопасные 70 сл., 76, 77
Тление 14, 16
Токи
блуждающие 49, 50, 128, 140
индуктивные Фуко 45, 46
Топливо 72
Торнтон формула для определения
температуры вспышки 26
Точечное отопление 121, 122
Трап волнокопирующий 174
Трудногораемые материалы 56
Тушение пламени
в нефтяных шахтах 216
газовых и нефтяных фонтанов
214 сл.
— пожаров 212, 213
жидкостей 211, 212
оборудования, находящегося под
напряжением 216
твердых веществ и материалов
213, 214
Тяга в печах 62
Углеводороды
галоидированные 184, 186
давление паров 41
пределы воспламенения 31
Углекислота твердая как огнегаси-
тельное средство 188, 189
Улита 78
Ультразвуковой метод испытания
оборудования 139, 140
Уплотнения
лабиринтные 83
манжетные 84, 85
сальниковые см. Сальниковые уп-
лотнения
с постоянным малым зазором 82, 83
Установившееся горение 15, 22
Установки (приборы)
автоматизация 99 сл.
вентиляционные 113 сл.
для определения пределов вос-
пламенения смесей 27, 28
— температуры самовоспламе-
нения газа 23, 24
— пожаротушения 195 сл.
— слива легковоспламеняющихся
жидкостей 79
контроля оборудования 140, 141
объемное проектирование 148
факельные 180
эжекционные 116

Факельные установки для эвакуации
газов 180
Фланцевые соединения 87, 88
Фонтанная скважина, автоматизация
103
Формула (ы)
Андреева 180, 181
Ле-Шателье 29
Менделеева 16
Репина 64
Торнтон 26
Шевелева 176
Фуко индуктивные токи 45, 46
Химическая пена 186, 188, 190, 192,
201
Химические продукты и смеси 32,
34 сл.
Химическое самовозгорание веществ
32
Хладоагенты и растворители 71
Цветной метод испытания оборудо-
вания 139
Центральное отопление 120 сл.
Цепная теория окисления 19 сл.
Частичная механизация технологиче-
ских процессов 92
Шевелева формула для определения
коэффициента сопротивления
трению 176
Шлейфная система электрической
пожарной сигнализации 204 сл.
Эвакуация
людей 169 сл.
материальных ценностей 175 сл.
сбросовые и факельные устройст-
ва 179 сл.
Эжекционные установки 115, 116
Электрическая дуга 46
Электрическая пожарная сигнализа-
ция 204 сл.
Электрическое отопление 120
Электричество
атмосферное 48 сл.
статическое 46 сл., 128, 129
Электродренаж 128
Электромагнитная дефектоскопия 140
Электрооборудование, категорирова-
ние и классификация помеще-
ний 52 сл.
Эстакады 152, 153, 172, 174

