

# Лабораторная работа

## ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТАХ

### Цель работы

Целью лабораторной работы является закрепление теоретических знаний и получение студентами практических навыков в исследовании пожароопасности, изучение принципов действия и практического применения первичных средств пожаротушения.

### Общие положения

**Пожар** - это неконтролируемое горение вне специального очага, наносящее материальный ущерб и создающее опасность для жизни и здоровья людей.

**Горение** - химическая реакция окисления, сопровождающаяся выделением большого количества тепла и, обычно, свечением. Для возникновения горения необходимо наличие горючего вещества, окислителя (обычно кислорода воздуха, а также фтор, йод, бром, оксиды азота) и источника зажигания. Кроме того, необходимо, чтобы горючее вещество было нагрето до определенной температуры и находилось в определенном количественном соотношении с окислителем, а источник зажигания имел бы достаточную энергию.

**Взрыв** - чрезвычайно быстрое выделение энергии в ограниченном объеме, связанное с внезапным изменением состояния вещества и сопровождающееся образованием большого количества сжатых газов, способных производить механическую работу. Взрыв является частным случаем горения, т.е. это такая же окислительная реакция. Но для взрыва характерны следующие особенности:

- большая скорость химического превращения;
- большое количество газообразных продуктов;
- мощное дробящее (бризантное) действие;
- сильный звуковой эффект.

Все вещества и материалы делятся на три группы: негорючие, трудногорючие и горючие.

**Негорючие** - это материалы, которые под воздействием огня или высокой температуры не воспламеняются, не тлеют и не обугливаются.

**Трудногорючие** - это материалы, которые под воздействием огня или высокой температуры с трудом воспламеняются, тлеют или обугливаются и продолжают гореть при наличии источника огня.

**Горючие** - это материалы, которые под воздействием огня или высокой температуры воспламеняются или тлеют и продолжают гореть и тлеть после удаления источника огня.

Все горючие вещества делятся на следующие основные группы:

1. **ГОРЮЧИЕ ГАЗЫ (ГГ)** - вещества, способные образовывать с воздухом воспламеняемые и взрывоопасные смеси при температурах не выше 50 °С. К горючим газам относятся индивидуальные вещества: аммиак, ацетилен, бутadiен, бутан, бутилацетат, водород, винилхлорид, изобутан, изобутилен, метан, окись углерода, пропан, пропилен, сероводород, формальдегид, а также пары легко воспламеняющихся и горючих жидкостей.

2. **ЛЕГКОВОСПЛАМЕНЯЮЩИЕСЯ ЖИДКОСТИ (ЛВЖ)** - вещества, способные самостоятельно гореть после удаления источника зажигания и имеющие температуру вспышки не выше 61 °С (в закрытом тигле) или 66 °С (в открытом). К таким жидкостям относятся индивидуальные вещества: ацетон, бензол, гексан, гептан, диметилформамид,

дифтордихлорметан, изопентан, изопропилбензол, ксилол, метиловый спирт, сероуглерод, стирол, уксусная кислота, хлорбензол, циклогексан, этилацетат, этилбензол, этиловый спирт; а также смеси и технические продукты: бензин, дизельное топливо, керосин, растворители.

3. ГОРЮЧИЕ ЖИДКОСТИ (ГЖ) - вещества, способные самостоятельно гореть после удаления источника зажигания и имеющие температуру вспышки выше 61 °С. К горючим жидкостям относятся следующие индивидуальные вещества: анилин, гексадекан, гексиловый спирт, глицерин, этиленгликоль, а также смеси и технические продукты, например, масла: трансформаторное, вазелиновое, касторовое.

4. ГОРЮЧИЕ ПЫЛИ (ГП) - твердые вещества, находящиеся в мелкодисперсном состоянии. Горючая пыль, находящаяся в воздухе (аэрозоль), способна образовывать с ним взрывчатые смеси (канефоль, сланцевая, торфяная пыль). Осевшая на стенах, потолке, поверхностях оборудования пыль (аэрогель) пожароопасна (древесные опилки).

### **Характеристики взрыво - и пожароопасности веществ**

Возгорание горючей системы осуществляется вынужденно путем воспламенения (зажигания) или путем *самовозгорания* (самовоспламенения).

Возгорание вещества, как правило, начинается с явления вспышки.

**ВСПЫШКА** - это быстрое сгорание горючей смеси, не сопровождающееся образованием сжатых газов.

**ВОСПЛАМЕНЕНИЕ** - это возгорание, сопровождающееся появлением пламени.

**ТЕМПЕРАТУРА ВОСПЛАМЕНЕНИЯ** - это наименьшая температура жидкости, при которой около ее поверхности образуется паровоздушная смесь, которая после зажигания способна устойчиво гореть после удаления источника зажигания.

**САМОВОЗГОРАНИЕ** - это возгорание системы в результате резкого увеличения скорости *экзотермических реакций*, приводящее к повышению ее температуры и возникновению горения при отсутствии источника зажигания. Если при самовозгорании образуется пламя, то это явление называется *самовоспламенением*.

**ТЕМПЕРАТУРА ВСПЫШКИ** - наименьшая температура жидкости, при которой около ее поверхности образуется паро-воздушная смесь, способная вспыхивать от источника и сгорать, не вызывая при этом устойчивого горения жидкости.

**САМОВОСПЛАМЕНЕНИЕ (тепловой взрыв)** возникает при внутреннем подогреве горючего вещества в результате химических процессов. Температура самовоспламенения зависит от различных факторов: состава и объема горючей смеси, давления и др. Большинство газов и жидкостей воспламеняет при температуре 400 - 700 °С, а твердых тел (дерева, угля, торфа и т.п.) - 250 - 450 °С. Следует иметь в виду, что увеличение содержания кислорода в веществах и уменьшение содержания углерода снижают температуру самовоспламенения.

**ТЕМПЕРАТУРА САМОВОСПЛАМЕНЕНИЯ** - это самая низкая температура горючего вещества, при которой происходит резкое увеличение скорости экзотермических реакций, заканчивающееся возникновением пламенного горения.

*Пожарная опасность горючих веществ характеризуется периодом индукции* или временем запаздывания самовоспламенения. Период индукции для одного и того же вещества неодинаков и зависит от состава смеси, температуры и давления. Следует иметь в виду, что чем ниже температура нагрева горючего вещества при самовоспламенении, тем больше период индукции. Поэтому часто за температуру самовоспламенения принимают температуру воздуха, при которой

период индукции максимален. Период индукции имеет важное значение для воспламенения веществ от маломощных источников.

Индукция наблюдается и для твердых веществ, однако она проходит более длительное время (часы, дни, месяцы). Это объясняется небольшой поверхностью окисления и переносом кислорода к твердым веществам за счет диффузии, а также большой теплоемкостью.

Для горения и воспламенения важное значение имеет концентрация газов и паров в воздухе. Диапазон горения и воспламенения характеризуется нижним и верхним пределами взрываемости (воспламенения). Они являются важнейшей характеристикой взрывоопасности горючих веществ. Нижний предел характеризуется наименьшей концентрации газов и паров воздуха, при котором возможен взрыв, а верхний - наибольшей их концентрацией, при которой еще возможен взрыв, т.е. верхний и нижний концентрационные пределы взрываемости (воспламенения) - соответственно максимальная и минимальная концентрация горючих газов, паров легковоспламеняющихся жидкостей, которые образуют с воздухом взрывоопасные смеси.

Ниже приводятся некоторые характеристики горючих веществ, необходимые для прогнозирования аварийных ситуаций (табл. 1).

Таблица 1 Показатели взрыво- и пожароопасности горючих газов и паров легковоспламеняющихся и горючих жидкостей

Вещество	Условные обозначения	Температура вспышки, $t_{всп}, ^\circ\text{C}$	Концентрационные пределы взрываемости (воспламенения)			
			нижний НКПВ)		верхний (ВКПВ)	
			% по объему	г/м при 20 °С	% по объему	3 3 г/м при 20 °С
1	2	3	4	5	6	7
Амилацетат	ЛВЖ	25	1,08	90,0	10,0	540,0

Бутилацетат	ЛВЖ	29	1,43	83,0	15,0	721,0
Диэтиловый эфир	ЛВЖ	- 43	1,9	38,6	51,0	1576,0
Окись этилена	ВВ	-	3,66	54,8	80,0	1462,0
Этилацетат	ЛВЖ	- 3	2,98	80,04	11,4.	407,0
Амиловый	ЛВЖ	49	1,48	43,5	-	-
Метилловый	ЛВЖ	8	6,7	46,5	38,5	512,0
Этиловый	ЛВЖ	13	3,61	50,0	19,0	363,0
Бутан	ГГ	-	1,8	37,4	8,5	204,8
Гексан	ЛВЖ	- 23	1,24	39,1	6,0	250,0
Метан	ГГ	-	5,28	16,66	15,4	102,6
Пентан	ЛВЖ	- 44	1,47	32,8	8,0	238,5
Пропан	ГГ	-	2,31	36,6	9,5	173,8
Этан	ГГ	-	3,07	31,2	14,95	186,8
Ацетилен	ВВ	-	2,5	16,5	82,0	885,6
Бутилен	ГГ	-	1,7	39,5	9,0	209,0
Пропилен	ГГ	-	2,3	34,8	11,1	169,0
Этилен	ВВ	-	3,11	35,0	35,0	406,0
Бензол	ЛВЖ	- 12	1,43	42,0	9,5	308,0
Ксилол	ЛВЖ	25	1,0	44,0	7,6	334,0
Нафталин	ГП4	-	0,44	23,5	-	-
Толуол	ЛВЖ	4	1,25	38,2	7,0	268,0

Аммиак	ГГ	-	17,0	112,0	27,0	189,0
Анилин	ГЖ	73	1,32	61,0	-	-
Сероводород	ГГ	-	4,0	61,0	44,5	628,0
Сероуглерод	ЛВЖ	- 43	1,33	31,5	50,0	157,0

Бензин (температура кипения 105 °С)	ЛВЖ	- 36	2,4	137,0	4,9	281,0
Бензин (то же 64.94 °С)	ЛВЖ	- 36	1,9	-	5,1	-
Водород	ГГ	-	4,09	3,4	880,0	66,4
Керосин	ЛВЖ	> 40	0,64	-	7,0	0
Нефтяной газ	ГГ	-	3,2	-	13,6	-
Окись углерода	ГГ	-	12,5	145,0	80,0	928,0
Скипидар	ЛВЖ	34	0,73	41,3	-	-
Коксовый газ	ГГ	-	5,6	-	30,4	-
Доменный газ	ГГ	-	46,0	-	68,0	-

Концентрационные пределы воспламенения не постоянны и изменяются от ряда факторов. Наибольшее влияние на изменение пределов воспламенения оказывают мощность источника воспламенения, примесь инертных газов и паров, температура и давление горючей смеси.

Увеличение мощности источника воспламенения ведет к расширению области воспламенения (взрыва) с понижением нижнего предела и повышением верхнего предела воспламенения.

При введении негорючих газов в взрывчатую смесь происходит резкое уменьшение верхнего предела воспламенения и незначительное изменение нижнего. Область воспламенения сокращается и при определенной концентрации негорючих газов смесь перестает воспламеняться.

С повышением начальной температуры взрывчатой смеси промежутки воспламенения ее расширяются, при этом нижний предел уменьшается, а верхний увеличивается.

При уменьшении давления горючей смеси ниже нормального происходит уменьшение области воспламенения, и при некотором давлении смесь становится безопасной.

### **Классификация зданий и сооружений по взрыво- и пожароопасности**

Здания и сооружения, в которых размещаются производства, связанные с огнеопасными веществами и материалами, подразделяются на пять категорий (табл. 2).

Таблица 2 Категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении
1	2

А взрывоопасная	<p>Горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28 °С в таком количестве, что могут образовываться взрывоопасные парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превращающее 5 кПа.</p> <p>Вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом в таком количестве, что расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 кПа.</p>
-----------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

*Продолжение табл. 2*

1	2
Б взрывоопасная	Горючие пыли или волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки более 28 °С, горючие жидкости в таком количестве, что могут образовываться взрывоопасные пылевоздушные или паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа.
В1 - В4 пожароопасные	Горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они имеются в наличии или обращаются, не относятся к категориям А или Б.
Г	Негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени; горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива.
Д	Негорючие вещества и материалы в холодном состоянии.

Примеры производств, размещенных в помещениях категорий А, Б, В, Г, Д.

**Категория А:** цехи обработки и применения металлического натрия и калия, нефтеперерабатывающие и химические производства, склады бензина и баллонов для горючих газов, помещения стационарных кислотных и щелочных аккумуляторных установок, водородные станции и др.

**Категория Б:** цехи приготовления и транспортирования угольной пыли, древесной муки, сахарной пудры, мазутное хозяйство электростанций и др.

**Категория В:** склады масла и масляное хозяйство электростанций, гаражи, лесопильные и деревообрабатывающие цехи и др.

**Категория Г:** котельные, главные корпуса электростанций, литейные плавильные кузнечные и сварочные цехи и др.

**Категория Д:** цехи холодной обработки металлов, пластмасс и т.д.

Таблица 3 Пожарная характеристика зданий и сооружений котельных

№ п/п	Здание (помещение) и сооружение	Категория
1	2	3
1.	Котельный зал, помещение пылесосов	Г
2.	Помещение водоподготовки	Д
3.	Помещение щитов управления, щитов станции управления	Д
4.	Помещение топливоподачи твердого топлива (угля, торфа)	В
5.	Открытые склады твердого топлива	Не нормируют
6.	Закрытые склады угля	В
7.	Отдельные помещения пыли подготовительных установок	Б
8.	Приемно-сливные устройства, закрытые склады и насосные станции жидкого топлива с $t$ вспышки паров 28 - 61 °С	Б
9.	Тоже, нос $t$ вспышки топлива > 61 °С	В
10.	Помещения пунктов и складов горючих газов	А
11.	Насосные станции конденсата и противопожарного водоснабжения	Д
12.	Склады реагенов	Д
13.	Материальные склады	В

**Методы расчета критериев взрывопожарной опасности помещений**

Количество поступивших в помещение веществ, которые могут образовать взрывоопасные газоздушные или паровоздушные смеси, определяется исходя из следующих предпосылок:

- а) происходит расчетная авария одного из аппаратов;
- б) все содержимое аппарата поступает в помещение;
- в) происходит одновременно утечка веществ из трубопроводов, питающих аппарат по прямому и обратному потокам в течение времени, необходимого для отключения трубопроводов.

1. Расчетное время отключения трубопроводов определяется в каждом конкретном случае исходя из реальной обстановки и должно быть минимальным с учетом паспортных данных на запорные устройства, характера технологического



процесса и вида расчетной аварии.

Расчетное время отключения трубопроводов следует принимать равным:

- времени срабатывания системы автоматики отключения трубопроводов согласно паспортным данным установки;
- 120 с, если есть вероятность отказа системы автоматики;
- 300 с при ручном отключении.

Под "временем срабатывания" и "временем отключения" следует понимать промежуток времени от начала возможного поступления горючего вещества из трубопровода (перфорация, разрыв, изменение номинального давления и т.п.) до полного прекращения поступления газа или жидкости в помещение.

3. Расчет  $P$  для индивидуальных веществ, а также для смесей может быть выполнен по формуле:

$$\Delta P = \frac{m H_T P_0 Z}{V_{св} \rho_{в} C_p T_0 K}$$

где  $H_T$  — теплота сгорания, Дж·кг<sup>-1</sup>

$\rho_{в}$  — плотность воздуха до взрыва при начальной температуре  $T_0$ , кг м<sup>-3</sup>;

$C_p$  — теплоемкость воздуха, Дж·кг<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup> (допускается принимать равной 1,01-103 Дж·кг<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>);

$T_0$  — начальная температура воздуха, К.

4. В случае обращения в помещении горючих газов, легковоспламеняющихся или горючих жидкостей при определении значения массы  $m$ , входящей в формулу (1), допускается учитывать работу аварийной вентиляции, если она обеспечена резервными вентиляторами, автоматическим пуском при превышении предельно допустимой взрывобезопасной концентрации и электроснабжением по первой категории надежности (ПУЭ), при условии расположения устройств для удаления воздуха из помещения в непосредственной близости от места возможной аварии.

При этом массу горючих газов или паров легковоспламеняющихся или горючих жидкостей, нагретых до температуры вспышки и выше, поступивших в объем помещения, следует разделить на коэффициент  $K$ , определяемый по формуле:

$$K = AT + 1, \quad (2)$$

где  $A$  — кратность воздухообмена, создаваемого аварийной вентиляцией, -1

$T$  — продолжительность поступления горючих газов и паров легковоспламеняющихся и горючих жидкостей в объем помещения, с.

5. Масса  $m$ , кг, поступившего в помещение при расчетной аварии газа, определяется по формуле:

$$m = (V_a + V_T) \rho_r,$$

где  $V_a$  — объем газа, вышедшего из аппарата, м<sup>3</sup>;

(3)

$V_T$  — объем газа, вышедшего из трубопроводов, м<sup>3</sup>.

При этом

$$V_a = 0,01 P_1 V, \quad (4)$$

где  $P_1$  — давление в аппарате, кПа;

$V$  — объем аппарата, м<sup>3</sup>;

$$V_T = V_{1T} + V_{2T}, \quad (5)$$

где  $V_{1T}$  — объем газа, вышедшего из трубопровода до его отключения, м<sup>3</sup>;

$V_{2T}$  — объем газа, вышедшего из трубопровода после его отключения, м<sup>3</sup>;

(6)

$$V_{1T} = qT,$$

где  $q$  — расход газа, определяемый в соответствии с технологическим регламентом в зависимости от давления в трубопроводе, его диаметра, температуры газовой среды и т.д., м<sup>3</sup>-с<sup>-1</sup>;

$T$  — время, определяемое по п. 2, с;

$$V_{2T} = 0,01 \cdot \pi P_2 \cdot (r^2_1 \cdot L_1 + r^2_2 \cdot L_2 + \dots + r^2_n \cdot L_n), \quad (7)$$

$P_2$  — максимальное давление в трубопроводе по технологическому регламенту, кПа,

$r$  — внутренний радиус трубопроводов, м;

$L$  — длина трубопроводов от аварийного аппарата до задвижек, м.

6. Масса паров жидкости  $m$ , поступивших в помещение при наличии нескольких источников испарения (поверхность разлитой жидкости, поверхность со свеженанесенным составом, открытые емкости и т.п.), определяется из выражения:

$$m = m_p + m_{\text{емк}} + m_{\text{св.окр.}},$$

где  $m_p$  — масса жидкости, испарившейся с поверхности разлива, кг;

$m_{\text{емк}}$  — масса жидкости, испарившейся с поверхностей открытых емкостей, кг; (8)

$m_{\text{св.окр.}}$  — масса жидкости, испарившейся с поверхностей, на которые нанесен применяемый состав, кг.

При этом каждое из слагаемых в формуле (8) определяется по формуле:

$$m = W \cdot F_{\text{и}} \cdot T, \quad (9)$$

где  $W$  — интенсивность испарения, кг·с<sup>-1</sup>·м<sup>-2</sup>;

$F_{\text{и}}$  — площадь испарения, м<sup>2</sup>, определяемая в соответствии с п. 1 в зависимости от массы жидкости  $m_{\text{п}}$ , вышедшей в помещение.

7. Интенсивность испарения  $W$  определяется по справочным и экспериментальным данным. Для не нагретых выше температуры окружающей среды ЛВЖ при отсутствии данных допускается рассчитывать  $W$  по формуле:

$$W = 10^{-6} \eta \sqrt{M P_{\text{н}}} \quad (10)$$

где  $\eta$  — коэффициент, принимаемый по табл. 4 в зависимости от скорости и температуры воздушного потока над поверхностью испарения;

$P_{\text{н}}$  — давление насыщенного пара при расчетной температуре жидкости  $t_p$ , определяемое по справочным данным, кПа.

**Таблица 4**

Зависимость коэффициента  $\rho$  от скорости и температуры воздушного потока над поверхностью испарения

Скорость воздушного потока в помещении, мс <sup>-1</sup>	Значение коэффициента $\rho$ при температуре $t$ , °С, воздуха в помещении				
	10	15	20	30	35
0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
0,1	3,0	2,6	2,4	1,8	1,6
0,2	4,6	3,8	3,5	2,4	2,3
0,5	6,6	5,7	5,4	3,6	3,2
1,0	10,0	8,7	7,7	5,6	4,6

## Расчет избыточного давления взрыва для горючих пылей

8. Расчет избыточного давления взрыва  $\Delta P$  кПа, производится по формуле (4), где коэффициент  $Z$  участия взвешенной пыли во взрыве рассчитывается по формуле:

$$Z = 0,5 F, \quad (11)$$

где  $F$  — массовая доля частиц пыли размером менее критического, с превышением которого аэрозоль становится взрывобезопасной, т.е. неспособной распространять пламя. В отсутствие возможности получения сведений для оценки величины  $Z$  допускается принимать  $Z = 0,5$ .

9. Расчетная масса взвешенной в объеме помещения пыли ( $t$ , кг), образовавшейся в результате аварийной ситуации, определяется по формуле:

$$m = m_{вз} + m_{ад}, \quad (12)$$

где  $m_{вз}$  — расчетная масса взвихрившейся пыли, кг;

$m_{ав}$  — расчетная масса пыли, поступившей в помещение в результате аварийной ситуации, кг.

10. Расчетная масса взвихрившейся пыли  $m_{вз}$  определяется по формуле:

$$m_{вз} = K_{вз} m_n, \quad (13)$$

где  $K_{вз}$  — доля отложившейся в помещении пыли, способной перейти во взвешенное состояние в результате аварийной ситуации. При отсутствии экспериментальных сведений о величине  $K_{вз}$  допускается полагать  $K_{вз} = 0,9$ ;

$m_n$  — масса отложившейся в помещении пыли к моменту аварии, кг.

11. Расчетная масса пыли, поступившей в помещение в результате аварийной ситуации,  $m_{ав}$ , определяется по формуле:

$$m_{ав} = (m_{ан} + qT)K_n, \quad (14)$$

где  $m_{ан}$  — масса горючей пыли, выбрасываемой в помещение из аппарата, кг;

$q$  — производительность, с которой продолжается поступление пылевидных веществ в аварийный аппарат по трубопроводам до момента их отключения, кг·с<sup>-1</sup>;

$T$  — время отключения, определяемое по п. 2, с;

$K_n$  — коэффициент пыления, представляющий отношение массы взвешенной в воздухе пыли ко всей массе пыли, поступившей из аппарата в помещение. При отсутствии экспериментальных сведений о величине  $K_n$  допускается полагать:

- для пылей с дисперсностью не менее 350 мкм —  $K_n = 0,5$ ;

- для пылей с дисперсностью менее 350 мкм —  $K_n = 1,0$ .

Величина  $m_{ан}$  принимается в соответствии с пп. 1 и 3.

12. Масса отложившейся в помещении пыли к моменту аварии определяется по формуле:

$$m_n = K_r / K_y (m_1 + m_2) \quad (15)$$

где  $K_r$  — доля горючей пыли в общей массе отложений пыли;

$m_1$  — масса пыли, оседающей на труднодоступных для уборки поверхностях в помещении за период времени между генеральными уборками, кг;

$m_2$  — масса пыли, оседающей на доступных для уборки поверхностях в помещении за период времени между текущими уборками, кг;

$K_y$  — коэффициент эффективности пылеуборки. Принимается при ручной

пылеуборке:

- сухой — 0,6;
- влажной — 0,7.

При механизированной вакуумной уборке:

- пол ровный — 0,9;
- пол с выбоинами (до 5 % площади) — 0,7.

Под труднодоступными для уборки площадями подразумевают такие поверхности в производственных помещениях, очистка которых осуществляется только при генеральных пылеуборках. Доступными для уборки местами являются поверхности, пыль с которых удаляется в процессе текущих пылеуборок (ежедневно, ежесуточно и т.п.).

### **Профилактика пожаров**

Основной задачей обеспечения пожарной безопасности является противопожарная профилактика.

**ПРОТИВОПОЖАРНАЯ ПРОФИЛАКТИКА** - комплекс организационных и технических мероприятий по предупреждению, локализации и ликвидации пожаров, а также по обеспечению безопасной эвакуации людей и материальных ценностей в случае пожара.

Наиболее частыми причинами пожаров являются нарушения правил пожарной безопасности и технологических процессов, неправильная эксплуатация электросети и оборудования, грозовые разряды.

Противопожарная защита объектов зависит от назначения зданий, их огнестойкости и режима эксплуатации, количества людей, одновременно находящихся в помещении, количества горючих материалов и веществ, находящихся на предприятиях, и других факторов.

**ПРОТИВОПОЖАРНАЯ ПРОФИЛАКТИКА В ЗДАНИЯХ И НА ТЕРРИТОРИИ ПРЕДПРИЯТИЙ** обеспечивается: правильным выбором степени огнестойкости объекта и пределов огнестойкости конструкций; ограничением распространения огня в случае возникновения очага пожара; применением систем противодымной защиты; применением средств пожарной сигнализации, извещения и пожаротушения; организацией пожарной охраны.

### **Классификация установок пожаротушения**

Установками пожаротушения называется совокупность стационарных технических средств для тушения пожара за счет выпуска огнетушащих веществ.

По способу приведения в действие установок пожаротушения (выпуску огнетушащих средств) они подразделяются на:

- ручные (с ручным способом приведения в действие);
- автоматические, дистанционные.

В соответствии с этими определениями подразделяет автоматические установки (системы) пожаротушения:

- по конструктивному исполнению - на спринклерные, дренчарные, агрегатные, модульные;
- по виду огнетушащего вещества - на водяные, пенные, газовые, порошковые.

Особенностью автоматических установок пожаротушения (АУП) является

выполнение ими одновременно и функций автоматической пожарной сигнализации.

Одним из перспективных направлений, обеспечивающих пожарную безопасность объектов, является установка противопожарной автоматики - *спринклерных и дренчерных установок* (термины взяты от английских слов: to sprinkle - брызгать и to drench - мочить). Этими установками оборудуются многие торговые склады.

*Спринклерные установки* предназначены для быстрого автоматического тушения и локализации очага пожара, когда в качестве огнегасящего вещества можно использовать воду. Одновременно с подачей воды на очаг пожара система автоматически подает сигнал о пожаре.

В спринклерных установках в качестве огнегасящего средства может быть использована и воздушно-механическая пена. Это особенно важно для складов, где хранятся химические вещества, каучук и другие легковоспламеняющиеся вещества.

Спринклерные установки, приспособленные для тушения воздушно-механической пеной, оборудуются вместо спринклерных головок СП-2 специальными пенными головками (пенный ороситель ОП), позволяющими одной головкой защищать площадь пола 20 - 25 м<sup>2</sup>. В качестве агента для образования воздушно-механической пены в установках применяется 3-5 %- ный раствор пенообразователя ПО-1.

В зависимости от температуры в защищаемых помещениях спринклерные установки подразделяются на *водяные, воздушные и воздушноводяные*.

*Дренчерные установки* предназначены для автоматического и дистанционного тушения пожара водой. Различают дренчерные установки автоматического и ручного действия. В автоматических дренчерных установках подача воды в сеть достигается при помощи установки клапана группового действия. В нормальных условиях автоматический побудительный клапан удерживается в закрытом положении при помощи тросовой системы с легкоплавкими замками. При пожаре замок расплавляется, трос обрывается, клапан под давлением воды открывается и вода поступает в дренчеры. В дренчерной установке ручного действия вода подается после открытия вентиля. В отличие от спринклерных в дренчерных установках распылители воды (дренчеры) находятся постоянно в открытом состоянии.

*Модульной* установкой пожаротушения называется любая нетрубопроводная автоматическая установка пожаротушения, предусматривающая размещение емкости с огнетушащим веществом (ОТВ) и пусковым устройством непосредственно в защищаемом помещении.

К *агрегатным* установкам относятся технические средства обнаружения пожара, хранения, выпуска и транспортирования ОТВ.

### **Пожарная сигнализация**

Для борьбы с пожарами важное значение имеет своевременное сообщение о возникновении пожара. Рекомендуется оборудовать системами пожарной сигнализации производственные здания категорий **А**, **Б**, и **В** по пожарной опасности площадью свыше 500 м<sup>2</sup>, складские и торговые предприятия,

архивохранилища, выставочные залы, музеи, радиовещательные и телевизионные студии и др.

Успешная борьба с возникшим пожаром зависит от быстрой и точной передачи сообщения о пожаре и месте его возникновения местной пожарной команде. Для этого могут быть использованы электрические (ЭПС), автоматические (АПС), звуковые системы пожарной сигнализации, к которым относятся гудок, сирену и др. Как средство пожарной сигнализации используется телефон и радиосвязь.

Системы электрической пожарной сигнализации (ЭПС) могут быть автоматическими и ручного действия.

Системы автоматической пожарной сигнализации (АПС) в зависимости от датчиков, извещающих о пожаре, подразделяются на тепловые (т.е. реагирующие на повышение температуры в помещении), дымовые (реагирующие на появление дыма), световые (реагирующие на появление пламени и комбинированные. Также могут быть использованы и другие чувствительные элементы, например фотосопротивления и фотоэлементы, реагирующие на инфракрасную часть спектра пламени или на снижение видимости при задымлении помещений.

В приемных станциях, расположенных в специальных помещениях пожарной охраны, должно вестись круглосуточное дежурство.

Оповещатели пожарные (ОП) классифицируются по:

- характеру выдаваемых сигналов и способу и очередности оповещения.

Оповещатели, в зависимости от характера выдаваемых сигналов подразделяют на: световые; звуковые; речевые; комбинированные.

### **Первичные средства пожаротушения.**

#### **Правила их применения**

Знание устройства и эффективности первичных средств пожаротушения, а также порядок их применения приобретают особое значение при тушении пожаров на объектах энергетики, насыщенность которых сложным технологическим оборудованием и пожароопасными материалами при ограниченности площадей зданий и сооружений определяет необходимость обязательного применения средств противопожарной защиты.

Производственные, административные, вспомогательные и складские здания, сооружения и помещения, а также открытые производственные площадки или участки должны быть обеспечены первичными средствами пожаротушения в соответствии с действующими нормами, устанавливаемыми отраслевыми правилами пожарной безопасности.

К первичным средствам пожаротушения относятся все виды переносных и передвижных огнетушителей, внутренние пожарные краны, ящики с песком, асбестовое полотно, кошма, войлок и т.п.

#### **Пожарные щиты первичных средств пожаротушения**

Пожарные щиты предназначены для концентрации и размещения в определенном месте ручных огнетушителей, немеханизированного пожарного инвентаря и инструмента, применяемого при ликвидации загорания на объектах, в складских помещениях и на строительных площадках.

## Огнетушители

В качестве огнетушащих веществ широкое распространение получили:

1. Химические пены образуются при взаимодействии карбоната и бикарбоната с кислотой в присутствии пенообразователя.

2. Воздушно-механическая пена состоит из смеси воздуха (90 %), воды (9,6 - 9,8 %) и пенообразователя (0,2 - 0,4). Мелкие пузырьки воздуха, смешиваясь с водой, к которой прибавляется пенообразователь, образуют устойчивую пену, обладающую огнегасильными свойствами. Она безвредна для человека, не электропроводна и экономична.

3. Инертные газы и водяные пары. Инертные газы (СО<sub>2</sub> и N<sub>2</sub>) и водяные пары - эффективные огнегасительные вещества. Смешиваясь с горючими парами и газами, инертные газы понижают концентрацию кислорода и способствуют прекращению горения горючих веществ. Инертные газы и водяной пар используют для тушения пожаров в закрытых помещениях, а также на открытой местности при небольшой площади горения.

4. К твердым (порошковым) огнегасительным веществам относятся хлориды щелочных и щелочноземельных металлов (флюсы), альбумин, двууглекислая и углекислая сода, твердая двуокись углерода, песок, сухая земля и пр. огнегасительное действие этих веществ заключается в том, что они своей массой, особенно при плавлении, изолируют зону горения от горючего вещества.

5. Для тушения пожаров применяют также водные растворы двууглекислой соды, поваренной соли, глауберовой соли, хлористого аммония, бромэтила и др. Водные растворы солей обладают огнегасильным действием: выпадая из раствора, они образуют на поверхности горючего вещества изолирующие пленки и при этом выделяют инертные огнегасительные газы.

6. Широкое распространение получают огнегасительные составы на основе галоидированных углеводородов (бромистого этила, тетрафтордибромэтана) для тушения пожаров всех видов нефтепродуктов и других горючих веществ.

### **Классификация огнетушителей.**

Огнетушители предназначаются для тушения очагов горения в начальной их стадии, а также для противопожарной защиты небольших сооружений, машин и механизмов.

По виду применяемого огнетушащего вещества огнетушители подразделяют на:

- водные (ОВ);
- порошковые (ОП);
- воздушно-пенные (ОВП);
- углекислотные (ОУ);
- хладоновые (ОХ);
- комбинированные (с зарядом двух огнетушащих веществ).

По назначению, в зависимости от вида заряженного ОТВ (огнетушащего вещества) огнетушители подразделяют:

- для тушения загорания твердых горючих веществ (класс пожара А);
- для тушения загорания жидких горючих веществ (класс пожара В);
- для тушения загорания газообразных горючих веществ (класс пожара С);
- для тушения загорания металлов и металлосодержащих веществ (класс пожара Д);
- для тушения загорания электроустановок, находящихся под напряжением



(класс пожара Е).

Огнетушители могут быть предназначены для тушения нескольких классов пожара (табл. 5).

Огнетушащие порошки в зависимости от классов пожара, которые ими можно потушить, делятся на:

- порошки типа АВСЕ - основной активный компонент фосфорно-аммонийные соли;

- порошки типа ВСЕ - основным компонентом этих порошков могут быть бикарбонат натрия или калия; сульфат калия; хлорид калия; сплав мочевины с солями угольной кислоты и т.д.;

- порошки типа Д - основной компонент - хлорид калия; графит и т.д.

В зависимости от назначения порошковые составы делятся на порошки общего назначения (типа АВСЕ, ВСЕ) и порошки специального назначения (которые тушат, как правило, не только пожар класса Д, но и пожары других классов).

Таблица 5.

Эффективность применения огнетушителей  
в зависимости от класса пожара и заряженного ОТВ

Класс пожара	ОГНЕТУШИТЕЛИ						
	Водные		Воздушно - пенные		Порошковые	Углекислотные	Хладоновые
	Р	М	Н	С			
А	+++	++	++	+	++	+	-
В	-	+	+	++	+++	+	-
С	-	-	-	-	+++	-	-
Д	-	-	-	-	+++	-	-
Е	-	-	-	-	++	+++	+

Примечания:

Знаком +++ отмечены огнетушители, наиболее эффективные при тушении пожара данного класса; ++ огнетушители, пригодные для тушения пожара данного класса; + огнетушители, недостаточно эффективные для тушения пожара данного класса; - огнетушители, непригодные для тушения пожара данного класса.

Расчетная обеспеченность в первичных средствах пожаротушения

определяется по формуле:

$$Q_p = S/H$$

где:  $Q_p$  - расчетная потребность в первичных средствах пожаротушения, шт.;

$S$  - площадь помещения, кв. м;

$H$  - норма в первичных средствах пожаротушения для предприятий.

### **Углекислотные огнетушители**

Углекислотные огнетушители предназначены для тушения небольших очагов горения веществ, материалов и электроустановок, за исключением веществ, которые горят без доступа кислорода (рис. 1).

ОУ применяется при тушении загорания установок находящихся по напряжением, особо ценных предметов и материалов (в музеях, архивах, библиотеках), а также ими снабжаются средства транспорта.

Под термином «углекислота» принято понимать углекислый газ  $CO_2$ , представляющий собой инертный бесцветный газ с едва ощутимым запахом. Углекислота не горит и не поддерживает горения. Обладает диэлектрическими свойствами, примерно в 1,5 раза тяжелее воздуха, при давлении 6 МПа (60 кгс/см<sup>2</sup>) и нормальной температуре переходит в жидкое состояние. При испарении 1 кг углекислоты образуется около 500 л газа.

Диоксид углерода в жидком газообразовании, попадая в зону горения, понижает концентрацию (содержание) кислорода, охлаждает горячие предметы, в результате горение прекращается. С помощью диоксида углерода приостанавливают горение как на поверхности, так и в замкнутом объеме. Достаточно 12 - 15 % содержания диоксида углерода в окружающей среде, чтобы горение прекратилось.

Огнетушитель углекислотный ручной состоит из металлического баллона, в котором под давлением 17 МПа находится жидкая углекислота, вентиля с сифонной трубкой и раструба (рис. 1). Вентиль снабжен предохранительной мембраной, разрывающейся при температуре 50 °С и при повышении давления в баллоне до 220 кгс/см<sup>2</sup>.

При приведении огнетушителя в действие раструб направляют на горящий предмет и открывают вентиль. Благодаря мгновенному расширению и резкому понижению температуры до -55 °С жидкая углекислота выбрасывается в виде углекислого снега. Время действия углекислотных огнетушителей 25 - 60 с, дальность действия - 1,5 - 3,5 м.

Недостатком углекислоты является то, что смачивающей способностью она не обладает, в связи с чем, ею нельзя потушить тлеющие материалы. Кроме того, вследствие резкого снижения давления при отрицательных температурах в зимних условиях углекислоту для огнегашения можно применять лишь при температуре -25 - 30 °С.

### **Порошковые огнетушители**

Порошковые огнетушители (ОП) предназначены для тушения пожаров твердых, жидких и газообразных веществ (в зависимости от марки используемого огнетушащего порошка), а также электроустановок, находящихся под напряжением до 1 кВ, а также в случае когда применение углекислотных огнетушителей неэффективно или может вызвать нежелательные последствия (дальнейшее развитие пожара, взрыв и

Порошковый огнетушитель состоит из следующих частей: баллона с газом, манометра, удлинителя, насадки и сифонной трубки .

Рабочее давление в корпусе 15 МПа (150 кгс/см<sup>2</sup>).

Предохранительный клапан срабатывает при давлении 0,8 МПа (8 кгс/см ). Для приведения огнетушителя в действие открывают вентиль баллона с рабочим газом. Порошок из корпуса огнетушителя через сифонную трубку выталкивается сжатым рабочим газом (азотом, диоксидом углерода, воздухом), который давит на массу порошка сверху, проходит через его толщу и вместе с порошком выходит наружу. Весь запас порошка выбрасывается за 30 с.

Огнетушитель самосрабатывающий порошковый (ОСП) - это новое поколение средств пожаротушения. Он позволяет с высокой эффективностью тушить очаги загорания без участия человека, срабатывая при нагреве до 200 °С. Защищаемый объем до 9 м .

Огнетушитель представляет собой герметичный стеклянный сосуд диаметром 50 мм и длиной 440 мм, заполненный огнетушащим порошком массой 1 кг. Устанавливается над местом возможного загорания с помощью металлического держателя. Огнетушители ОСП предназначены для тушения очагов пожаров твердых материалов органического происхождения, горючих жидкостей или плавящихся твердых тел, электроустановок, находящихся под напряжением до 1000 В

Достоинства ОСП: тушение пожара без участия человека, простота монтажа, отсутствие затрат при эксплуатации, экологически чист, нетоксичен, может устанавливаться в закрытых объемах с температурным режимом от минус 50 °С до плюс 50 °С.

### **Воздушно-пенные огнетушители**

Воздушно-пенные огнетушители в качестве заряда одержат шести процентный водный раствор пенообразователя ОП-1. Раствор из корпуса огнетушителя выталкивается диоксидом углерода, находящимся в специальном баллоне, в насадку, где раствор перемешивается с воздухом и образуется воздушно-механическая пена (рис. 3).

Воздушно-пенные огнетушители предназначены для тушения твердых и жидких веществ и материалов.

Промышленность выпускает ручные воздушно-пенные огнетушители типа ОВП-5 и ОВП-10, а также стационарные типа ОВП-100 и ОВПУ-250.

Для приведения огнетушителя в действие срывают пломбу и нажимают на пусковой рычаг: игла прокалывает мембрану баллона, и газ по сифонной трубке устремляется в корпус.

### **Порядок выполнения работы и составление ответа на задание**

1. Используя литературу и наглядные пособия ознакомиться с устройством воздушно-пенных, углекислотных и порошковых огнетушителей, произведя их разборку и сборку.

2. В ответе произвести эскизные рисунки и краткое описание принципа действия, технических характеристик и областей применения основных типов огнетушителей.

3. В соответствии с вариантом задания (таблица 7) определить категорию пожаро- и взрывоопасности производственного помещения

4. Произвести подбор и расчет количества эффективных огнетушителей. Результаты оформить в виде таблицы (табл. 6).

## Расчетная потребность в первичных средствах пожаротушения предприятия

№ п/п	Тип помещения	Защищаемая площадь (кв. м)	Первичные средства пожаротушения						
			огнетушители				ящики с песком	войлок, кошма	
			углекислотные	порошковые	воздушные пенные	комбинированные			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	

5. Обосновать необходимость обеспечения производственного помещения автоматическими установками пожаротушения и пожарной сигнализацией, определить их типы, сделать схемы.

6. Сделать выводы.

## Варианты заданий

Вариант	Условия	Контрольные вопросы
1	1	11,4,8
2	2	5,7,15
3	3	1,8,9
4	3	1,5,9
5	2	2,4,13
6	1	3,6,11
7	1	2,4,15
8	2	1,9,15
9	3	5,11,14
10	1	1,11,13
11	2	2,6,15
12	3	4,7,3
13	3	3,13, 1
14	1	2, 5,14

## Условия:

1. Определить категорию пожаровзрывоопасности производственного помещения длиной 15,8 м, шириной 15,8 м и высотой 6,0 м, в котором размещен технологический процесс по восстановлению тетраоксида кремния водородом. Водород подается по трубопроводу диаметром 0,02 м под давлением 1,01 МПа. Длина трубопровода от задвижки с электроприводом до реактора 15 м, объем

реактора  $0,9 \text{ м}^3$ , время работы задвижки по паспортным данным  $5,0 \text{ с}$  без указания на надежность, температура в реакторе  $1200 \text{ }^\circ\text{C}$  и в помещении -  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ , расход газа по трубопроводу  $0,12 \text{ м}^3/\text{с}$ , плотность газа  $0,0817 \text{ кг/м}^3$ , теплота сгорания водорода  $119840 \text{ кДж/кг}$ . Имеется аварийная вентиляция с кратностью воздухообмена  $8$ . значение коэффициента  $Z$  принимаем равным  $1$ .

2. Определить категорию пожаровзрывоопасности в помещении размером  $20 \times 15 \times 7 \text{ м}$  находятся  $3$  насоса для перекачки мазута. В результате аварии содержимое одного насоса и трубопровода в количестве  $330 \text{ кг}$  разливается по полу. Температура вспышки мазута -  $156 \text{ }^\circ\text{C}$ . Теплота сгорания -  $40,5 \text{ МДж/кг}$ . Площадь размещения пожарной нагрузки при аварийном проливе  $7 \text{ м}^2$ . Температура мазута  $100 \text{ }^\circ\text{C}$  и в помещении  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ . Упругость паров мазута при  $100 \text{ }^\circ\text{C}$  -  $30 \text{ КПа}$ .

Молекулярная масса мазута -  $900$ .

3. Определить категорию взрывопожарной или пожарной опасности помещения дробильного корпуса цеха подготовки угля ТЭЦ. Размеры помещения  $80 \times 25 \times 9 \text{ м}$ , объем помещения  $18000 \text{ м}^3$ . Максимальное количество горючих материалов в помещении  $40 \text{ кг}$ . Транспортировка угля осуществляется ленточными конвейерами. В местах пылевыделения устроены местные отсосы, удаляющие основное количество выделившейся пыли. Максимальное количество осевшей пыли на труднодоступных для уборки поверхностях составляет  $60 \text{ кг}$ , а на доступных -  $40 \text{ кг}$ . Уголь подается по транспортной линии в количестве  $100 \text{ б/ч}$ . Уголь после молоткового дробления содержит  $30 \%$  взрывоопасной пыли. Теплота сгорания угля  $H_T = 6130 \text{ кал/кг}$  ( $25800 \text{ кДж/кг}$ ).

### Контрольные вопросы

1. Что такое пожар, горение?
2. Классификация горючих веществ.
3. Определение температур вспышки, самовоспламенения, нижнего и верхнего пределов воспламенения (взрываемости).
4. Классификация зданий и сооружений по пожаро- и взрывоопасности.
5. Какие первичные средства применяют для тушения загораний?
6. По каким признакам классифицируются огнетушители?
7. Как устроены, каков принцип действия пенных огнетушителей и каковы правила приведения их в действие?
8. Каково устройство и правила пользования ручным углекислотным огнетушителем. Как устроены и каковы правила приведения в действие ?
9. Как устроены и каковы правила приведения в действие порошкового огнетушителя?
10. Из чего состоит химическая и воздушно-механическая пена?
11. Что такое кратность, стойкость пены?
12. При какой температуре срабатывает огнетушитель ОСП?
13. Виды пожарных оповещателей
14. Установки пожаротушения: принцип действия, область применения.
15. Огнетушащие вещества. Область применения.