

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова

ПОЖАРОВЗРЫВОЗАЩИТА

Методические указания к выполнению лабораторных работ
для студентов направления 280700 – Техносферная безопасность
и специальности 280103 – Защита в ЧС

Белгород
2012

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова

Кафедра безопасности жизнедеятельности

Утверждено
научно-методическим советом
университета

ПОЖАРОВЗРЫВОЗАЩИТА

Методические указания к выполнению лабораторных работ
для студентов направления 280700 – Техносферная безопасность
и специальности 280103 – Защита в ЧС

УДК 662(07)
ББК 24.54я7
П46

Составители: д-р техн. наук, проф. А.Н. Лопанов
канд. техн. наук, доц. Ю.В. Хомченко

Рецензент канд. хим. наук, доц. Г.Н. Тарасова

Пожаровзрывозащита: методические указания к
П 46 выполнению лабораторных работ / сост.: А.Н. Лопанов, Ю.В.
Хомченко. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. – 44 с.

Методические указания включают указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Пожаровзрывозащита». В издании рассмотрены методы расчета и моделирования основных процессов горения, взрыва и пожарной безопасности.

Методические указания предназначены для студентов направления 280700 – Техносферная безопасность и специальности 280103 – Защита в ЧС.

Издание публикуется в авторской редакции.

УДК 662(07)
ББК 24.54я7

© Белгородский государственный
технологический университет
(БГТУ) им. В.Г. Шухова, 2011

Лабораторная работа № 1

Неконтролируемое горение. Расчет концентрации вредных веществ в закрытых помещениях

Цель работы. Научиться оценивать качество воздуха при пожарах в закрытых помещениях.

Теоретическая часть работы

При горении твердого, жидкого, газообразного топлива в атмосферу попадают вредные и токсичные вещества: твердые частицы (зола, пыль, сажа) оксиды серы SO_2 , SO_3 , оксиды азота NO , NO_2 , оксид углерода (II) CO , органические вещества. Выбросы загрязняющих веществ в воздух происходят вследствие неполного сгорания топлива и в результате перехода неорганических и других примесей в аэрозоли, пыль.

Выброс твердых частиц при горении топлива зависит от состава горючего вещества, условий горения, эффективности работы установок вентиляции.

Так, при горении угля с содержанием минеральной части до 15% вынос твердых частиц за пределы пламени составляет 10-13% от массы топлива, а остальная зола остается со шлаком. При неконтролируемом горении угля, дров в атмосферу поступает в 10-20 раз больше твердых частиц, чем при горении жидкого топлива.

Выброс оксида углерода (II), в основном, зависит от условий процесса горения, в частности, поступления кислорода в зону пожара. В небольших пожарах выброс оксида углерода (II) достигает 2% от массы топлива.

Содержащаяся в топливе сера переходит в сернистый ангидрид, поэтому количество оксидов серы, поступивших в атмосферу, определяется содержанием серы и ее соединений в горючем веществе.

Оксиды азота образуются от сгорания азотосодержащих соединений и в реакциях взаимодействия кислорода воздуха с азотом.

В процессе пиролиза углеводородных топлив получается канцерогенное вещество – бензапирен – $\text{C}_{20}\text{H}_{12}$. Образование бензапирена зависит от режима горения – температуры и количества кислорода.

В результате пожаров ежегодно в атмосферу попадает несколько тысяч тонн бензапирена, одного миллиграмма которого достаточно для того, чтобы вызвать рак легких или кожи (бензапирен содержится в табачном дыме и является причиной заболевания многих курильщиков).

Запишем формальные схемы химических реакций, протекающих при горении углеводородов:

$2\text{C}_n\text{H}_{2n+1} + (3n+1)\text{O}_2 = 2n\text{CO}_2 + 2(n+1)\text{H}_2\text{O}$ – основная реакция горения;

$2\text{C}_n\text{H}_{2n+2} + (2n+1)\text{O}_2 = 2n\text{CO} + 2(n+1)\text{H}_2\text{O}$ – образование оксида углерода(II);

$2\text{C}_n\text{H}_{2n+2} + (2n+1)\text{O}_2 = n\text{CO}_2 + 2(n+1)\text{H}_2\text{O} + n\text{C}$ – образование сажи;

$\text{N}_2 + \text{O}_2 = 2\text{NO}$; $\text{N}_2 + 2\text{O}_2 = 2\text{NO}_2$ – образование оксидов азота;

$\text{S} + \text{O}_2 = \text{SO}_2$ - образование оксида серы;

$C_nH_{2n+2} + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O + C_{20}H_{12} + \text{продукты пиролиза}$ – образование бензапирена.

Существуют несколько методов расчета количества загрязняющих веществ, образующихся при горении топлива:

Метод удельных показателей выбросов вредных веществ относится к упрощенному расчету. Этот метод дает оценочные суммарные количества вредных веществ, поступающих в атмосферу:

$$M_i = \alpha_i M_i (1 - \eta_i),$$

где M_i – масса загрязняющего вещества, кг; M_i – количество сжигаемого вещества, кг; α_i – удельный показатель выброса, кг/кг; η_i – коэффициент полезного действия очистки газов.

Удельный показатель выброса вещества зависит от вида и условий сжигания горючего вещества.

В табл. 1.1 даны значения показателей выбросов вредных веществ в атмосферу при горении различных видов топлива.

Пример 1. Оценить количество вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу при горении угля в количестве 100000 тонн. Удельные показатели выбросов вредных веществ $\alpha_{(ТВ)}$, $\alpha_{(SO_2)}$, $\alpha_{(CO)}$, $\alpha_{(NO_x)}$, $\alpha_{б/п}$ соответственно равны 0,64; 0,0072; 0,049; 0,0019; $2 \cdot 10^{-5}$.

Решение. Рассчитываем массу выбросов:

$$M_{(ТВ)} = 100000 \cdot 0,064 = 6400 \text{ т};$$

$$M_{(SO_2)} = 100000 \cdot 0,0072 = 720 \text{ т};$$

$$M_{(CO)} = 100000 \cdot 0,049 = 4900 \text{ т};$$

$$M_{(NO_x)} = 100000 \cdot 0,0019 = 190 \text{ т};$$

$$M_{б/п} = 100000 \cdot 2 \cdot 10^{-5} = 2 \text{ т}.$$

Таблица 1.1

Удельные показатели выбросов вредных веществ при сгорании топлива

Горючее вещество	Удельные показатели, кг/кг, (т/т)				
	Твердые вещества	Оксиды серы	Оксид углерода(II)	Оксиды азота	Бензапирен
	$\alpha_{ТВ} \cdot 10^2$	$\alpha_{SO_2} \cdot 10^2$	$\alpha_{CO} \cdot 10^2$	$\alpha_{NO_x} \cdot 10^3$	$\alpha_{б/п} \cdot 10^5$
Уголь	3-8	2-1	2-7	1-2	1-3
Торф	3-5	1-2	2-4	1-2	1-2
Древесина	2-8	1-2	3-5	8-1	1-2
Мазут	3-6	1-6	3-4	2-3	до 1
Газ	до 0,002	-	1-1,5	2-3	до 5

При неизвестных удельных выбросах вредных веществ данного вида топлива используют значения табл. 1.1. По табл. 1.1 определяют минимальный и максимальный выброс вредного вещества. Например, при горении угля в количестве 100000 т выделится:

- 3000-8000 т твердых веществ;
- 200-1000 т оксидов серы;
- 2000-7000 т оксида углерода (II);

- 100-200 т оксидов азота;
- 1-3 т бензапирена.

Выполнение работы. В соответствии с условием лабораторной работы пожар возникает в закрытом помещении объемом V (цех, склад горючих материалов). Система вентиляции и очистки газов не работает. Расчет концентрации вредных веществ необходимо провести в соответствии с вариантом работы, табл. 1.2. Для расчета использовать данные табл. 1.1. Использовать максимальные значения удельных показателей выбросов вредных веществ. Предположить, что масса сгоревшего во время пожара вещества пропорциональна времени горения.

Таблица 1.2

Варианты выполнения работы

Вариант	Горючее вещество	Длина, ширина, высота цеха, м	Масса сгоревшего вещества, кг	Время горения, ч
1	Уголь	40, 20, 15	60	1
2	Торф	60, 30, 10	80	0,2
3	Древесина	100, 30, 15	100	1
4	Мазут	120, 50, 20	50	0,5
5	Уголь	90, 30, 15	30	0,5
6	Торф	150, 60, 15	30	0,6
7	Древесина	40, 30, 9	150	1
8	Мазут	120, 60, 20	100	1
9	Уголь	150, 70, 20	65	0,8
10	Торф	110, 65, 15	25	0,6
11	Древесина	45, 40, 15	65	1
12	Мазут	65, 45, 10	85	0,8
13	Уголь	105, 30, 15	110	1
14	Торф	110, 55, 20	70	0,7
15	Древесина	95, 35, 15	35	0,6
16	Мазут	130, 65, 15	35	0,5
17	Уголь	45, 35, 9	140	1
18	Торф	110, 65, 20	150	1
19	Древесина	110, 75, 20	75	0,9
20	Мазут	125, 65, 15	25	0,6

Расчет концентрации для каждого вредного вещества в помещении провести в различные периоды времени (построить график зависимости концентрация – время).

$$C_i = \alpha_i M_i / V,$$

где C_i – концентрация загрязняющего вещества, $мг/м^3$; M_i – количество сжигаемого вещества, $мг$; α_i – удельный показатель выброса, $мг/мг$; V – объем цеха, $м^3$

На графике отметить время пожара, когда можно с помощью обоняния обнаружить вредное вещество – 4 ПДК, время, когда концентрация достигает 1000 ПДК – концентрация токсичного отравления, табл. 1.3.

Предельно-допустимые концентрации вредных веществ

№ п/п	Вредное вещество	ПДК _{СС} , мг/м ³	ПДК _{мр} , мг/м ³
1	Твердые вещества	0,15	0,5
2	Оксид азота, (NO ₂)	0,04	0,085
3	Оксид углерода (II), CO	3	5
4	Оксид серы, SO ₂	0,05	0,5
5	Бензапирен	0,0001	-

Контрольные вопросы

1. Формальные схемы (уравнения реакций) образования при пожарах вредных веществ.
2. Расчет вредных компонентов, выделяющихся при горении твердых, жидких и газообразных веществ.
3. Причины возникновения пожаров. Технология мероприятий предотвращения пожаров.
4. Основные условия, при которых неконтролируемое горение переходит во взрыв.

Литература: [1-7]**Лабораторная работа № 2****Составление карт рассеивания вредных веществ в атмосфере при пожарах**

Цель работы. Научиться оценивать качество воздуха при пожарах. Составление карт рассеивания вредных веществ.

Теоретическая часть работы

При пожарах и горении выбросы вредных и токсичных веществ могут привести к отравлениям и другим негативным последствиям, влияя на здоровье людей.

Качество воздуха в зоне пожара можно оценить по рассеиванию вредных веществ в атмосфере, применяя специальные методы расчетов. Так, с помощью нормативной методики ОНД - 86 можно оценить качество воздуха в приземном слое атмосферы, предполагая, что зона пожара имеет размеры, близкие к окружности диаметра D . Для более точных расчетов необходимо провести компьютерное моделирование и определить мощность выброса вредных и токсичных веществ от площадного источника с известными геометрическими размерами.

Рассмотрим несколько алгоритмов расчета рассеивания веществ в атмосфере. Перенос вредных веществ в атмосфере осуществляется полем среднего ветра и турбулентными движениями относительно центра рассеивания. Следует различать три основных потока, осуществляющих

перенос вещества – приземный слой, переходный слой, градиентный ветровой поток. Все расчеты выполняются, в основном, для приземного слоя, на который влияют рельеф и шероховатость Земли, $H \sim 2m$.

Градиентный перенос вещества в атмосфере описывается дифференциальным уравнением второго порядка:

$$\frac{dm}{dt} = K_x \frac{\partial^2 m}{\partial x^2} + K_y \frac{\partial^2 m}{\partial y^2} + K_z \frac{\partial^2 m}{\partial z^2},$$

где m – масса вещества; K_i – коэффициент рассеивания, $i = x, y, z$.

Используя модель статистической теории рассеивания, находят в приземном слое атмосферы концентрацию вредных веществ. Для удобства расчетов решение дифференциальных уравнений с граничными условиями интерполируют различными формулами, которые сводят в нормативные документы. Предполагается, что точность расчетов достигает 20-30%, но необходимо помнить, что реальные атмосферные процессы настолько сложны, что ожидаемые расчетные концентрации вредных веществ могут не соответствовать действительному загрязнению системы.

Максимальное значение приземной концентрации вещества при выбросе веществ в неблагоприятных метеорологических условиях определяют по формуле:

$$C_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \sqrt[3]{V_1 \Delta T}},$$

где C_m – максимальная концентрация вещества, mg/m^3 ; M – мощность выброса, g/c ; H – выброс источника выброса пожара с круглым устьем, m ; A – коэффициент температурной стратификации атмосферы ($A = 140 - 250$); m, n – коэффициенты, учитывающие условия выброса; η – коэффициент учета рельефа местности, если рельеф не учитывают $\eta = 1$; ΔT – разность между температурой пожара и температурой воздуха; V_1 – расход газовой смеси, m^3/c :

$$V_1 = \frac{\pi D^2}{4} \cdot \omega_0,$$

где D – диаметр устья пожара, m ; ω_0 – скорость выхода смеси, m/c ; F – коэффициент, учитывающий скорость оседания вещества, $F = 1$ для газов, мелкодисперсных частиц и аэрозолей, для остальных частиц $F = 2-3$.

Коэффициенты m, n определяют в зависимости от параметров f, v_m, v_m^1, F_e . Если условия выброса не учитывают, то $m = n = 1$.

$$f = 1000 \frac{\omega^2 \cdot D}{H^2 \Delta T}; \quad f_e = 800 (v_m^1)^3,$$

$$v_m = 0,65\sqrt[3]{\frac{V_1 \cdot \Delta T}{H}}; \quad v_m = 0,65\sqrt[3]{\frac{V_1 \cdot \Delta T}{H}};$$

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1\sqrt{f} + 0,34\sqrt[3]{f}}, \quad f < 100;$$

$$m = \frac{1,47}{\sqrt[3]{f}}, \quad f \geq 100$$

Для $f_e < f < 100$ значение коэффициента m вычисляют при $f_e = f$.

Коэффициент n при $f < 100$ определяют в зависимости от v_m по формулам:

$$n = 1, \quad v_m \geq 2;$$

$$n = 0,532 \cdot v_m^2 - 2,13v_m + 3,13, \quad 0,5 \leq v_m < 2;$$

$$n = 4,4 v_m, \quad v_m < 0,5.$$

При $f \geq 100$ или $\Delta T = 0$ и $v_m^1 \geq 0,5$ концентрацию вредного вещества рассчитывают:

$$C_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot n \cdot \eta \cdot D}{8V_1 \cdot H^{4/3}},$$

где n определяют по формулам при $v_m = v_m^1$.

В случае предельно малых опасных скоростей ветра $f < 100, v_m < 0,5$ или при $f < 100, v_m' < 0,5$ максимальную приземную концентрацию загрязняющего вещества находят следующим образом:

$$C_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m' \cdot \eta}{H^{7/3}},$$

где $m' = 2,86 m, f < 100, v_m < 0,5; m' = 0,9; f < 100; v_m' < 0,5$.

Расстояние, на котором наблюдают максимальную приземную концентрацию, находят по формуле:

$$x_m = (5 - F)dH/4,$$

где $d = 2,48(1 + 0,28\sqrt[3]{f_e}), v_m \leq 0,5, f < 100;$

$$d = 4,95v_m(1 + 0,38\sqrt[3]{f}), \quad 0,5 < v_m \leq 2, \quad f < 100;$$

$$d = 7\sqrt{v_m}(1 + 0,28\sqrt[3]{f}), \quad v_m \geq 2, \quad f < 100;$$

$$d = 5,7, \quad v_m' \leq 2, \quad f > 100, \quad \Delta T \approx 0;$$

$$d = 11,4v_m', \quad 0,5 \leq v_m' \leq 2, \quad f > 100, \quad \Delta T \approx 0;$$

$$d = 16\sqrt{v_m'}, \quad v_m' > 2, \quad f > 100, \quad \Delta T \approx 0.$$

При неблагоприятных метеорологических условиях приземную концентрацию веществ по оси факела, рис. 2.1. рассчитывают по формуле:

$$C = S \cdot C_m,$$

где S – безразмерный коэффициент, равный:

$$S = 3(x/x_m)^4 - 8(x/x_m)^3 + 6(x/x_m)^2, \quad x/x_m \leq 1;$$

$$S = 1,13 / \left[0,13 \left(x/x_M \right)^2 + 1 \right], \quad 1 < x/x_M \leq 1;$$

$$S = (x/x_M) / [35,2(x/x_M) + 120], \quad x/x_M > 8, F \leq 1,5;$$

$$S = [0,1(x/x_M)^2 + 2,47(x/x_M) - 17,8]^{-1}, \quad x/x_M > 8, F > 1,5.$$

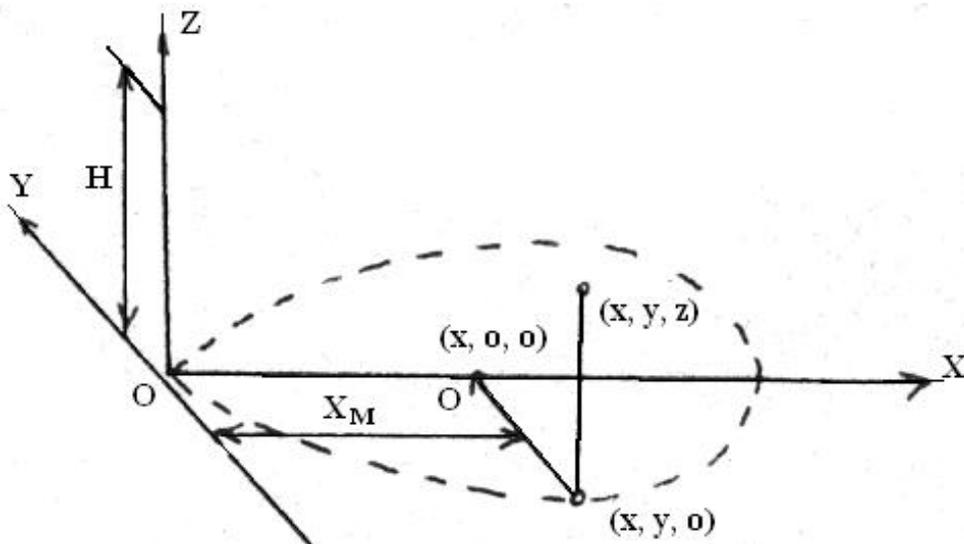


Рис. 2.1. Схема рассеивания веществ в атмосфере при пожаре:
 O' – центральная точка рассеивания по оси факела; OX – ось факела; (x, y, z) – координаты точек, в которых определяют концентрацию вредных веществ

Следует отметить, что расчетные формулы, приведенные выше, справедливы для максимальных концентраций, лежащих по оси факела рассеивания OX (рис.2.1).

Значение приземной концентрации вредных веществ в точках с координатами $(x, -y, 0)$, $(x, -y, z)$, (x, y, z) , $(0, 0, 0)$ и т.д. рассчитывают по другим более сложным формулам, учитывающим различные скорости ветра, отличные от опасных, при которых достигается максимальная приземная концентрация C_M . Расчет опасной скорости ветра:

$$U_M = 0,5; \quad v_m < 0,5, \quad f < 100;$$

$$U_M = v_m; \quad 0,5v_m \leq 2, \quad f < 100;$$

$$U_M = v_m (1 + 0,12\sqrt{f}), \quad v_m > 2, \quad f < 100;$$

$$U_M = 0,5, \quad v_m < 0,5, \quad f < 100;$$

$$U_M = v_m'; \quad 0,5 < v_m' < 2, \quad f < 100;$$

$$U_M = 2,2v_m'; \quad v_m' > 2, \quad f < 100.$$

где U_M – опасная скорость ветра, м/с, при которой достигается максимальная концентрация загрязняющего вещества C_M .

Порядок выполнения работы

1. Получить у преподавателя вариант выполнения работы. Рассчитать концентрацию токсичных веществ на расстоянии от источника выброса: 20, 100, 500, 1000, 2000 м (Табл. 2.1).

2. Составить карту рассеивания вредных веществ (табл. 2.2).

Таблица 2.1

Варианты выполнения работы

Вариант	Вредное вещество	Диаметр устья пожара, м; высота выброса, м	Мощность выброса, кг/ч	Объемная скорость выхода газов, м ³ /с; разность температур, ΔТ
1	Оксиды азота	20; 5	160	80; 800
2	Оксид углерода (II)	10; 10	180	120; 600
3	Хлороводород	15; 15	100	140; 950
4	Оксиды серы	20; 12	150	105; 500
5	Твердые вещества	15; 20	130	105; 600
6	Оксиды азота	60; 8	130	106; 850
7	Оксид углерода (II)	9; 10	150	69; 900
8	Хлороводород	20; 9	100	110; 900
9	Оксиды серы	20; 15	265	65; 850
10	Фтороводород	15; 12	325	90; 700
11	Оксиды азота	20; 5	465	80; 800
12	Оксид углерода (II)	10; 10	285	120; 600
13	Хлороводород	15; 15	110	140; 950
14	Оксиды серы	20; 12	170	105; 500
15	Твердые вещества	15; 20	235	105; 600
16	Оксиды азота	60; 8	335	106; 850
17	Оксид углерода (II)	9; 10	140	69; 900
18	Хлороводород	20; 9	150	110; 900
19	Оксиды серы	20; 15	175	65; 850
20	Фтороводород	15; 12	325	90; 700

Таблица 2.2

Карта рассеивания вредных веществ (максимальное загрязнение по оси факела)

Расстояние от источника, м	Концентрация, мг/м ³
	Вещество
20	
100	
500	
1000	
2000	

3. Определить расстояние, на котором концентрация вредного вещества имеет максимальное значение.

4. Оценить безопасное расстояние от центра пожара, при котором концентрация воздуха не превышает норматив ПДК_{СС}.

Предельно-допустимые концентрации вредных веществ

№ п/п	Вредное вещество	ПДК _{СС} , мг/м ³	ПДК _{МР} , мг/м ³
1	Твердые вещества	0,15	0,5
2	Оксид азота, (NO ₂)	0,04	0,085
3	Оксид углерода (II), CO	3	5
4	Оксид серы, SO ₂	0,05	0,5
5	Хлороводород	0,2	0,2
6	Фтороводород	0,005	0,02

Контрольные вопросы

1. Причины образования при пожарах вредных веществ.
2. Расчет концентраций вредных веществ, выделяющихся при горении твердых, жидких и газообразных веществ.
3. Технология мероприятий снижения вредных выбросов при пожарах.
4. Методы и средства тушения пожаров.
5. Физико-химические свойства горючих веществ и материалов и особенности их тушения.

Литература: [5, 6, 8, 9]**Лабораторная работа № 3****Расчет концентрационных пределов распространения пламени и концентрации флегматизатора для предотвращения взрыва или пожара**

Цель работы. Научиться рассчитывать концентрационные пределы распространения пламени и концентрацию флегматизатора для предотвращения пожара или взрыва.

Теоретическая часть работы

Концентрационные пределы распространения пламени (воспламенения)

Нижний (верхний) концентрационный предел распространения пламени – минимальная (максимальная) концентрация горючего в окислителе, способная воспламениться от высокоэнергетического источника с последующим распространением горения на всю смесь.

Расчетные формулы

Нижний концентрационный предел воспламенения φ_H определяют по предельной теплоте горения. Установлено, что 1 м³ различных газоздушных смесей на НКПВ выделяет при горении постоянное количество тепла – 1830 кДж, называемое *предельной теплотой горения*. Следовательно,

$$\varphi_H = \frac{Q_{np} \cdot 100}{Q_H},$$

если принять среднее значение Q_{np} , равным 1830 кДж/м^3 , то φ_H будет равно

$$\varphi_H = \frac{1830 \cdot 100}{Q_H},$$

где Q_H – низшая теплота сгорания горючего вещества, кДж/м^3 .

Нижний и верхний КПВ могут быть определены по аппроксимационной формуле

$$\varphi_{H(B)} = \frac{100}{an + b},$$

где n – стехиометрический коэффициент при кислороде в уравнении химической реакции; a и b – эмпирические константы, значения которых приведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Значения коэффициентов для верхнего и нижнего КПВ

Концентрационные пределы воспламенения		Значения коэффициентов	
		a	b
Нижний		0,0684	4,679
Верхний	$n \leq 7,5$	1,550	0,560
	$n > 7$	0,768	6,554

Концентрационные пределы воспламенения паров жидких и твердых веществ могут быть рассчитаны, если известны температурные пределы

$$\varphi_{H(B)} = \frac{P_{H(B)} \cdot 100}{P_0}, \quad (3.1)$$

где $P_{H(B)}$ – давление насыщенного пара вещества при температуре, соответствующей нижнему (верхнему) пределу воспламенения, Па; P_0 – давление окружающей среды, Па.

Давление насыщенного пара может быть определено по уравнению Антуана

$$\lg P = A - \frac{B}{C + t},$$

где А, В, С – константы Антуана; t – температура, °С (температурные пределы).

Для расчета концентрационных пределов воспламенения смесей горючих газов $\varphi_{H(B)}^{np}$ используют правило Ле-Шателье:

$$\varphi_{H(B)}^{np} = \frac{1}{\sum \frac{\mu_i}{\varphi_{H(B)}}},$$

где $\varphi_{H(B)}$ – нижний (верхний) предел воспламенения i-го горючего газа, % (об.); μ_i – мольная доля i-го горючего газа в смеси.

Следует при этом иметь в виду, что $\sum \mu_i = 1$, т.е. концентрация горючих компонентов газовой смеси принимается за 100%.

Если известны концентрационные пределы воспламенения при температуре T_1 , то при температуре T_2 они вычисляются по формулам:

$$\varphi_{H_{T_2}} = \varphi_{H_{T_1}} \left(1 - \frac{T_2 - T_1}{T_r - T_1} \right);$$

$$\varphi_{B_{T_2}} = \varphi_{B_{T_1}} \left(1 + \frac{T_2 - T_1}{T_r - T_1} \right),$$

где $\varphi_{H_{T_1}}$, $\varphi_{H_{T_2}}$ – нижний концентрационный предел воспламенения соответственно при температурах T_1 и T_2 ; $\varphi_{B_{T_1}}$, $\varphi_{B_{T_2}}$ – верхний концентрационный предел воспламенения соответственно при температурах T_1 и T_2 ; T_r – температура горения смеси.

Приближенно при определении НКПВ T_r принимают 1550 К, при определении ВКПВ – 1100 К.

При разбавлении газовой смеси инертными газами (N_2 , CO_2 , пары H_2O и т.д.) область сужается: верхний предел снижается, а нижний – возрастает. Концентрация инертного газа (флегматизатора), при которой нижний и верхний пределы воспламенения смыкаются, называется *минимальной флегматизирующей концентрацией* φ_{ϕ} . Содержание кислорода в такой системе называют минимальным взрывоопасным содержанием кислорода (МВСК) $\varphi_{O_2_{вз}}$. Расчет указанных параметров проводят по формулам:

$$\varphi_{\phi} = \frac{h'_1 \Delta H_1^0 + h'_B + \sum h'_i m_i}{h''_B - 1 + \sum h''_i m_i} 100; \quad (3.2)$$

$$\varphi_{O_3} = \frac{100 - \varphi_{\phi}}{4,844};$$

$$\varphi_{O_2_{вз}} = 1,2 \varphi_{O_2} - 4,2.$$

где ΔH_1^0 – стандартная теплота образования горючего, Дж/моль; h_1', h_1'', h_B'' – константы, зависящие от вида химического элемента в молекуле горючего и вида флегматизатора; m_1 – количество атомов i -го элемента (структурной группы) в молекуле горючего.

Расчет этих параметров может проводиться по другой физически более прозрачной методике – решением уравнения теплового баланса при следующих двух условиях:

- в точке флегматизации горючая смесь имеет предельную температуру горения примерно 1500 К; - смесь является стехиометрической при окислении углерода до CO_2 , водорода – до H_2O .

Уравнение теплового баланса в случае разбавления нейтральным газом представляем в виде:

$$Q_n = (T_1^0 - T_H) [\sum C_{PH} n_{\mu G_1} + C_{P\Phi} n_\Phi],$$

где T_1^0 – предельная температура горения примерно 1500 К; $C_{PH}, C_{P\Phi}$ – соответственно теплоемкость i -го продукта горения и нейтрального газа (флегматизатора), кДж/(моль·К); $n_{\mu G_1}$ – количество молей i -го продукта горения стехиометрической смеси, моль/моль; n_Φ – количество молей нейтрального газа в точке флегматизатора, моль/моль.

Пример 1. По предельной теплоте сгорания определить нижний концентрационный предел воспламенения бутана в воздухе.

Решение. Находим низшую теплоту сгорания вещества 2882,3 кДж/моль. Эту величину надо перевести в другую размерность – кДж/м³.

$$Q_n = \frac{2882,3 \cdot 1000}{22,4} = 128,7 \cdot 10^3 \text{ кДж/м}^3.$$

По формуле 3.1 определим НКПВ

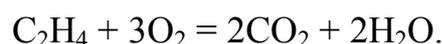
$$\varphi_n = \frac{1830 \cdot 100}{128,7 \cdot 10^3} = 1,42\%.$$

Экспериментальное значение $\varphi_n = 1,9\%$. Относительная ошибка расчета, следовательно, составила:

$$\Delta_n = \frac{1,9 - 1,42}{1,9} 100 \approx 25\%.$$

Пример 2. Определить концентрационные пределы воспламенения этилена в воздухе.

Решение. Расчет КПВ проводим по аппроксимационной формуле. Определяем значение стехиометрического коэффициента при кислороде



Таким образом, $n = 3$, тогда

$$\varphi_n = \frac{100}{8,684 \cdot 3 + 4,679} = 3,25\%; \quad \varphi_e = \frac{100}{1,55 \cdot 3 + 0,56} = 18,23\%.$$

Пример 3. Рассчитать безопасную концентрацию кислорода при разбавлении углекислым газом смеси паров ацетона в воздухе.

Решение. Из справочника находим теплоту образования ацетона 248,1 103 Дж/моль. Из химической формулы ацетона (C_3H_6O) следует, что $m_C=3$, $m_H=6$, $m_O=1$.

Значения остальных параметров, необходимых для расчета по формуле 3.2:

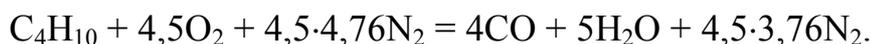
$$\varphi_\phi = \frac{0,735 \cdot 10^{-5} \cdot 248 \cdot 10^3 + 0,579 + 1,251 \cdot 3 + 0,418 \cdot 6 + 0,542 \cdot 1}{2,020 - 1 + 4,642 \cdot 3 + 1,160 \cdot 6 - 2,321 \cdot 1} \cdot 100 = 48,1\%;$$

$$\varphi_{O_2} = \frac{100 - 48,1}{4,844} = 10,7\%;$$

$$\varphi_{O_2, \text{воз}} = 1,2 \cdot 10,7 - 4,2 = 8,6\%.$$

Пример 4. Рассчитать параметры точки флегматизации (МФК, МВС, концентрацию горючего) при разбавлении бутановоздушной смеси диоксидом углерода.

Решение. Расчет проведем по уравнениям. Запишем уравнение химической реакции окисления бутана до CO и H_2O .



Рассчитаем низшую теплоту этой реакции.

Из табл.3 приложения находим теплоты образования продуктов реакции и рассчитываем Q_H :

$$Q_H = 4 \cdot 112,7 + 5 \cdot 242,2 - 1 \cdot 132 = 1529,4 \text{ кДж/моль.}$$

Имея данные по теплоемкости продуктов горения и нейтрального газа при температуре 1500 К, рассчитываем количество молей диоксида углерода в точке флегматизации:

$$n_\phi = \frac{1529,4 - (1500 - 295)(33,73 \cdot 4 + 39,85 \cdot 5 + 31,81 \cdot 4,5 \cdot 3,76)10^{-3}}{50,85 \cdot 10^{-3} (1500 - 295)} = 7,8 \frac{\text{моль}}{\text{моль}}.$$

МФК диоксида углерода определим по формуле:

$$\varphi_{O_2} = \frac{4,5 \cdot 100}{1 + 4,5 + 4,5 \cdot 3,76 + 7,8} = 14,9\%;$$

$$\varphi_{\Gamma} = \frac{1 \cdot 100}{1 + 4,5 + 4,5 \cdot 3,76 + 7,8} = 3,3\% .$$

Расчитывается и МВСК, и концентрация горючего в точке флегматизации.

Выполнение работы

Из приложения 1 получить вариант выполнения работы.

Провести расчет концентрационных пределов распространения пламени и минимальной флегматизирующей концентрации вещества.

Определить массу флегматизатора (СО₂), необходимую для предотвращения пожара, взрыва в помещении с размерами по табл. 3.2.

Таблица 3.2

Варианты выполнения заданий

Номер варианта	Вещество	Химическая формула	Теплота образования, кДж/моль	Температура кипения, °С	Размеры Помещения $a \times b \times h$, м
1	ацетон	C ₃ H ₆ O	248,1	56,24	4,0×3,5×3,0
2	<i>трет</i> -амиловый спирт	C ₅ H ₁₂ O	359,1	102,3	5,0×4,0×2,5
3	<i>трет</i> -бутилбензол	C ₁₀ H ₁₄	33,1	168,0	4,5×4,0×3,0
4	этанол	C ₂ H ₆ O	278,2	78,4	5,5×4,0×3,0
5	этилбензол	C ₈ H ₁₀	33,2	136	6,0×4,5×3,0
6	пропиловый спирт	C ₃ H ₈ O	307,1	97,2	7,0×5,0×3,5
7	нитроэтан	C ₂ H ₅ NO ₂	144,1	114,1	6,5×4,0×3,0
8	н-пентан	C ₅ H ₁₂	184,4	37	7,5×5,0×4,0
9	анилин	C ₆ H ₇ N	29,7	184,4	8,0×5,5×4,0
10	н-гексан	C ₆ H ₁₄	167,2	68,7	8,5×5,0×4,0
11	н-гептан	C ₉ H ₂₀	239,7	98	7,5×4,0×4,0
12	глицерин	C ₁₀ H ₁₄	675,4	245	8,0×5,0×3,5
13	диоксон	C ₄ H ₈ O ₂	375,4	116	9,0×5,5×4,0
14	<i>втор</i> -изоамиловый спирт	C ₅ H ₁₂ O	359,1	112,0	9,5×5,0×4,0
15	изобутиловый спирт	C ₁₁ H ₁₂ O	341,5	107,8	6,5×6,0×4,0
16	изогексиловый спирт	C ₆ H ₁₄ O	385,1	151,6	10,0×6,0×3,5
17	метанол	CH ₄ O	239	64	9,5×6,0×4,0
18	пропанол	C ₃ H ₈ O	307,1	97	10,0×4,5×3,0
19	толуол	C ₇ H ₈	4,19	110,6	6,0×5,0×2,5
20	диметиловый эфир	C ₂ H ₆ O	207,8	25	8,5×4,0×3,0

Контрольные вопросы

1. Расчет концентрационных пределов распространения пламени.
2. Расчет минимальной флегматизирующей концентрации вещества
3. Расчет безопасной концентрации горючего вещества.
4. Основные показатели пожарной и взрывной опасности веществ и материалов

Литература: [5, 9, 10]

Лабораторная работа № 4

Прогнозирование параметров и оценка обстановки при пожаре на автозаправочной станции

Цель работы. Освоить методику расчета последствий при пожаре разлива нефтепродуктов на автозаправочной станции (АЗС) и научиться разрабатывать меры по предотвращению пожара разлива нефтепродуктов.

Теоретическая часть работы

Согласно общей методике расчета (Постановление Правительства РФ от 21.08.2000 г. № 613) максимальный аварийный разлив может составить: АЗС -100% объема наибольшего резервуара, автоцистерна -100% объема.

Перечень выявленных событий для АЗС, характеризующихся своей определенной частотой, имеет следующий вид:

- разгерметизация емкости;
- разлитие жидкой фазы;
- испарение части нефтепродукта, образовавшегося в результате разлития;
- формирование облака с концентрацией нефтепродукта;
- дрейф облака с взрывоопасной концентрацией нефтепродукта и его последующее воспламенение по восьми направлениям ветра, с соответствующими скоростями для летних и зимних условий;
- взаимодействие поражающих факторов, образующихся в результате взрывного превращения облака нефтепродукта с людьми, основными производственными фондами и элементами инфраструктуры;
- пожар разлития жидкой фазы нефтепродукта;
- действие теплового излучения на персонал объекта и людей, находящихся в непосредственной близости от него и попадающих в зону действия поражающих факторов.

ГОСТ 12.1.004-91 регламентирует допустимый уровень пожарной опасности для людей – не более 10^{-6} воздействия опасных факторов пожара, повышающих предельно допустимые значения, в год в расчете на каждого человека.

Территория АЗС в районе возможных утечек, потерь нефтепродуктов должна иметь твердое водонепроницаемое покрытие, огражденное по периметру бортиком высотой 200 мм. Территория должна иметь уклон в сторону лотков или колодцев. Покрытие территории должно быть выполнено из материалов, обеспечивающих максимально эффективный сбор проливов нефтепродуктов специальными средствами и защиту почв и подпочвенных грунтовых вод от загрязнения нефтепродуктами.

Лотки должны иметь уклон к сборным колодцам (приямкам) через гидравлические или иного типа затворы.

Площадка АЗС должна быть оборудована инженерными устройствами (сооружениями) по перехвату максимально возможной

аварийной утечки нефтепродуктов в случае разгерметизации топливной емкости автоцистерны.

Для сбора аварийной утечки нефтепродуктов АЗС оснащается аварийной емкостью. Объем аварийной емкости должен быть больше объема емкости автоцистерны, стоящей на сливе. Площадка, предназначенная для размещения автоцистерны при сливе нефтепродуктов в резервуары, должна быть забетонирована, обвалована - обвалование должно быть высотой не менее 150 мм (допускается по периметру площадки иметь лотки, достаточные для улавливания возможных проливов) и обустроена инженерными устройствами, отводящими разлитые нефтепродукты в аварийную емкость или отстойники очистных сооружений.

Разлив нефтепродукта при разрушении емкости резервуара

Образование пожара разлития с последующим вовлечением окружающего оборудования и транспортных средств и, как следствие, выброс в атмосферу вредных газообразных и дисперсных веществ.

Определение теплового потока от горящего разлития на заданном расстоянии. Величина теплового потока на заданном расстоянии от горящего разлития вычисляется по формуле 4.1:

$$g = 0,8 \cdot Q_0 \cdot e^{-0,03X}, \quad (4.1)$$

где Q_0 – тепловой поток на поверхности факела, кВт/м² (значения приведены в табл. 4.1);

X – расстояние до фронта пламени, м.

Таблица 4.1

Значения теплового потока на поверхности факела

Вещество	Тепловой поток кВт/м ²
Ацетон	80
Бензин	130
Дизельное топливо	130
Нефть	80
мазут	60

Наибольшее расстояние, на котором будет наблюдаться тепловой поток с заданной величиной, определяется по формуле 4.2

$$X = 33 \cdot \ln(1,25 \cdot Q_0/g). \quad (4.2)$$

Величина индекса дозы теплового излучения определяем из соотношения:

$$I = 60 \cdot g^{4/3} \quad (4.3)$$

Процент смертельных исходов в зависимости от индекса дозы теплового излучения определяем по рис. 4.1.

Радиус зоны безвозвратных потерь при пожаре разлития определяется по формуле безвозвратных потерь:

$$R_{\text{бп}} = 0,56 \cdot S_p^{0,5}, \quad (4.4)$$

где S_p – площадь разлития нефтепродукта, м^2 .

Для приближенной оценки людских потерь рекомендовано соотношение:

$$W_{\text{бп}} = \Pi \cdot S_{\text{бп}} \cdot 10^6, \quad (4.5)$$

где $W_{\text{бп}}$ – величина людских потерь в зоне безвозвратных потерь, чел;

Π – плотность населения в окрестности источника воздействия (пожар, взрыв);

$S_{\text{бп}}$ – площадь зоны безвозвратных потерь.

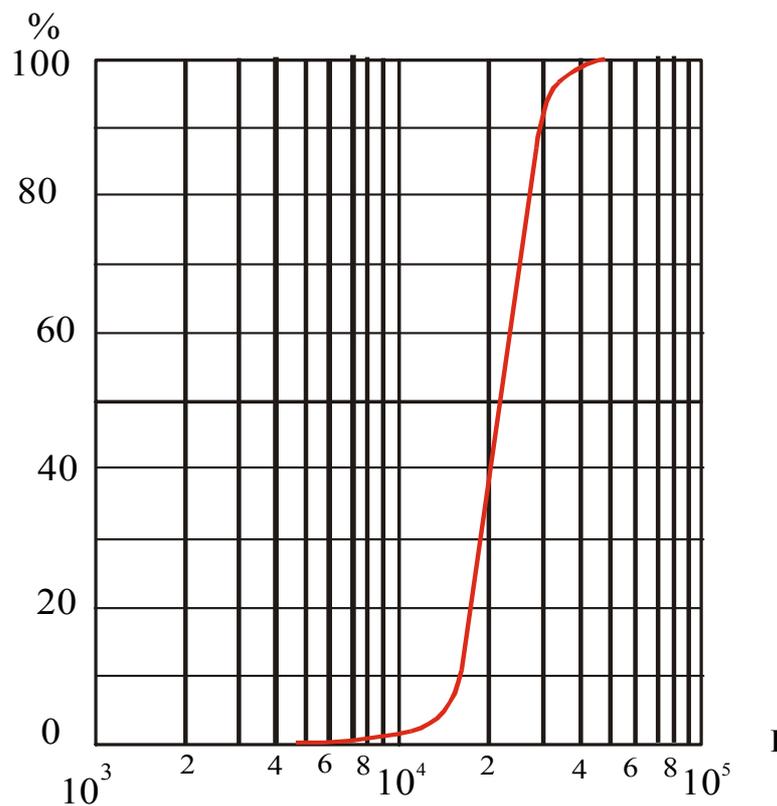


Рис. 4.1. График зависимости процента смертельных исходов от индекса дозы теплового излучения I

Пример расчета

Расчитать возможные последствия пожара разлития нефтепродуктов на АЗС и безвозвратные потери среди людей, разработать методы предотвращения разлива нефтепродукта (емкость с

бензином вместимостью 7 м³). Плотность населения в районе АЗС составляет 1000 чел/км².

Максимальный возможный разлив ГСМ может иметь место при разрушении наибольшей емкости хранения вместимостью 7,0 м³.

Площадь разлива (слоем 0,04 м) составляет 175 м².

Определим тепловой поток от горящего разлива на заданном расстоянии по формуле 4.1. Величину расстояния до фронта пламени выбираем с интервалом 10 метров и определяем величину теплового потока, данные сводим в табл. 4.2.

Таблица 4.2

Расстояние до фронта пламени

№ п/п	Величина расстояния от фронта пламени, м	Величина теплового потока, кВт/м ²
1	10	76,9
2	20	57,2
3	30	41,6
4	40	31,2
5	50	22,8
6	60	17,7
7	70	12,5
8	80	9,36
9	90	7,28
10	100	5,2

Подставляя значения теплового потока в формулу 4.2, получим значения, которые заносим в табл. 4.3.

Таблица 4.3

Зависимость величины теплового потока от расстояния

№ п/п	Величина теплового потока, кВт/м ²	Расстояние, на котором будет наблюдаться тепловой поток, м
1	76,9	17,3
2	57,2	26,4
3	41,6	37,3
4	31,2	46,5
5	22,8	57,4
6	17,7	65,3
7	12,5	75,9
8	9,36	85,8
9	7,28	92,4
10	5,2	105,6

Величину индекса дозы теплового излучения определяем из соотношения 4.3 и заносим в табл. 4.4.

Величина индекса дозы теплового излучения

№ п/п	Величина теплового потока, кВт/м ²	Величина индекса дозы теплового излучения
1	76,9	19620
2	57,2	19218
3	41,6	7494
4	31,2	5250
5	22,8	3495
6	17,7	2514
7	12,5	1596
8	9,36	1098
9	7,28	792
10	5,2	510

Процент смертельных исходов в зависимости от индекса дозы теплового излучения определяем по рис. 4.1. Данные сводим в табл. 4.5.

Таблица 4.5

Процент смертельных исходов

№ п/п	Величина индекса дозы теплового излучения	Процент гибели людей
1	19620	Более 35%
2	19218	25%
3	7494	5%
4	5250	-
5	3495	-
6	2514	-
7	1596	-
8	1098	-
9	792	-
10	510	-

При пожаре разлития бензина форму зоны поражения (для упрощения расчета) принимаем форму концентрического круга, центр которого совпадает с центром площади пожара.

Радиус зоны безвозвратных потерь при пожаре разлития определяется по формуле безвозвратных потерь (формула 4.4):

$$R_{\text{бп}} = 0,56 \cdot 174^{0,5} = 7,41 \text{ м.}$$

Площади зон безвозвратных потерь людей при пожаре разлития бензина ($S_{\text{бпП}}$)

$$S_{\text{бпП}} = \pi R_{\text{бп}}^2 = 172,5 \text{ м}^2$$

Оценим максимально возможные людские потери по каждому из вариантов развития аварии сценария разлития бензина на поверхности земли.

Плотность населения равна $\Pi = 10000$ чел/км². Максимальные людские потери в зоне безвозвратных потерь:

При пожаре разлития бензина

$$S_{\text{бп}} = 10000 \cdot 172,5 \cdot 10^6 = 1,725 \approx 2 \text{ чел.}$$

Выполнение лабораторной работы

Получить у преподавателя вариант расчета пожара горючего вещества по табл. 4.6.

Таблица 4.6

Варианты расчета

№ п/п	Вещество	Объем цистерны, м ³	Плотность населения, тыс.чел/км ²
1	Ацетон	10	1,5
2	Бензин	11	2,0
3	Дизельное топливо	12	1,0
4	Нефть	10	1,0
5	Мазут	10	1,5
6	Ацетон	15	1,2
7	Бензин	15	1,1
8	Дизельное топливо	15	0,9
9	Нефть	17	0,9
10	Мазут	18	0,8
11	Ацетон	12	0,8
12	Бензин	12	1,0
13	Дизельное топливо	13	1,1
14	Нефть	14	1,2
15	Мазут	12	1,3
16	Ацетон	14	1,6
17	Бензин	14	0,9
18	Дизельное топливо	14	0,8
19	Нефть	15	1,0
20	Мазут	16	1,2

Произвести расчеты теплового потока от горящего разлития, величину индекса дозы теплового излучения, радиус зоны безвозвратных потерь при пожаре, безвозвратные потери среди населения. Начертить график изменения теплового потока пожара от расстояния до очага пожара. В выводе предложить меры по предотвращению разлива нефтепродукта по ГОСТ 12.1.004-91.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные причины аварий на АЗС при разливе нефтепродуктов?
2. Опишите методику расчета последствий пожара разлива нефтепродуктов.

3. Перечислите меры предотвращения возможных потерь нефтепродуктов?
4. Перечислите и опишите особенности пожаротушения нефтепродуктов?

Литература: [11-14]

Лабораторная работа № 5

Расчет зон безопасных расстояний разрушения при взрыве емкости под давлением

Цель работы: Изучение методики оценки масштабов разрушения при взрыве сосудов под давлением, расчетным методом и при помощи специализированной программы, и разработки мероприятий для снижения вероятности угрозы взрыва и снижения масштабов разрушения.

Теоретическая часть работы

Установка сосудов под давлением

1. Сосуды должны устанавливаться на открытых площадках в местах, исключающих скопление людей, или в отдельно стоящих зданиях.
2. Допускается установка сосудов:
 - в помещениях, примыкающих к производственным зданиям, при условии отделения их от здания капитальной стеной;
 - в производственных помещениях в случаях, предусмотренных отраслевыми правилами безопасности;
 - с заглублением в грунт при условии обеспечения доступа к арматуре и защиты стенок сосуда от почвенной коррозии и коррозии блуждающими токами.
3. Не разрешается установка регистрируемых в органах Госгортехнадзора России сосудов в жилых, общественных и бытовых зданиях, а также в примыкающих к ним помещениях.
4. Установка сосудов должна исключать возможность их опрокидывания.
5. Установка сосудов должна обеспечить возможность осмотра, ремонта и очистки их с внутренней и наружной сторон.

Арматура, контрольно-измерительные приборы, предохранительные устройства.

Для управления работой и обеспечения безопасных условий эксплуатации сосуда, в зависимости от назначения, должны быть оснащены:

- запорной или запорно-регулирующей арматурой;
- приборами для измерения давления;
- приборами для измерения температуры;
- предохранительными устройствами;
- указателями уровня жидкости.

Требования к запорной арматуре, устанавливаемой на сосудах

Количество, тип и места установки запорной арматуры устанавливаются в соответствии с проектом. Запорная и запорно-регулирующая арматура должна устанавливаться на штуцерах, непосредственно присоединенных к сосуду, или на трубопроводах, подводящих к сосуду и отводящих из него рабочую среду. В случае последовательного соединения нескольких сосудов необходимость установки такой арматуры между ними определяется разработчиком проекта.

В качестве предохранительных устройств применяются:

- пружинные предохранительные клапаны;
- рычажно - грузовые предохранительные клапаны;
- импульсные предохранительные устройства (ИПУ), состоящие из главного предохранительного клапана (ГПК) и управляющего импульсного клапана (ИПК) прямого действия;
- предохранительные устройства с разрушающимися мембранами (мембранные предохранительные устройства - МПУ);
- другие устройства, применение которых согласовано с Госгортехнадзором России.

Манометры

1. Каждый сосуд и самостоятельные полости с разными давлениями должны быть снабжены манометрами прямого действия. Манометр устанавливается на штуцере сосуда или трубопроводе между сосудом и запорной арматурой.

2. Манометры должны иметь класс точности не ниже: 2,5 – при рабочем давлении сосуда до 2,5 МПа (25 кгс/кв. см), 1,5 - при рабочем давлении сосуда выше 2,5 МПа (25 кгс/кв. см).

3. Манометр должен выбираться с такой шкалой, чтобы предел измерения рабочего давления находился во второй трети шкалы.

Требования правил к складам для хранения баллонов

Склады для хранения баллонов, наполненных газами, должны быть одноэтажными с покрытиями легкого типа и не иметь чердачных помещений.

Стены, перегородки, покрытия складов для хранения газов должны быть из негорючих материалов не ниже II степени огнестойкости.

Окна и двери должны открываться наружу. Оконные и дверные стекла должны быть матовые или закрашены белой краской.

Высота складских помещений для баллонов должна быть не менее 3,25 м от пола до нижних выступающих частей кровельного покрытия.

Полы складов должны быть ровные с нескользкой поверхностью, исключая образование искрообразования (для баллонов с горючими газами).

В складах должны быть вывешены инструкции, правила и плакаты по обращению с баллонами, находящимися на складе.

Склады для баллонов с взрыво- и пожароопасными газами должны находиться в зоне молниезащиты. Хранение в одном помещении O_2 и

горючих газов - воспрещается. Склады должны иметь не менее чем трехкратный воздухообмен. Склад должен оснащаться средствами пожаротушения.

При взрыве в производственном помещении резкое увеличение давления может разрушить здание. Чтобы это предотвратить, нужно в зданиях с производствами категорий А, Б и Е размещать легкобрасываемые конструкции (перекрытия, витражи). Последние разрушаются при взрыве, в результате чего давление внутри здания уменьшается, и основные несущие конструкции не повреждаются.

Сжатые газы. В промышленности часто приходится сжимать как инертные (азот, диоксид углерода, фреоны, воздух), так и горючие газы. При этом сжатый газ (пар) находится в герметичных сосудах различных геометрических форм и объемов. Однако в ряде случаев сжатие газов (паров) в технологических системах происходит случайно вследствие превышения регламентированной скорости нагрева жидкости внешним теплоносителем или в результате неуправляемой экзотермической химической реакции в жидкой фазе, а также других химических превращений с газообразованием без взрывных химических процессов.

При взрывах сосудов от превышения давления могут возникать сильные ударные волны, образуется большое число осколков, что приводит к серьезным разрушениям и травмам. При этом общая энергия взрыва переходит в основном в энергию ударной волны и кинетическую энергию осколков. Составляющие общей энергии взрыва E - это энергия волны E_T и кинетическая энергия E_K , сумма которых дает общую энергию взрыва E , которая определяется по формуле:

$$E = [(P_2 - P_1)/(k - 1)]V_1$$

или рассчитывается как работа адиабатического расширения сжатого газа A по формуле:

$$E = A \frac{1}{k-1} P_1 \cdot V_1 (1 - P_0/P_1)^{\frac{k-1}{k}},$$

где k - показатель адиабаты;

P_1 - начальное давление в сосуде;

V_1 - начальный удельный объем газов;

P_0 - атмосферное давление.

Для технологических объектов с высокими значениями параметров сжатых газов и энергетических потенциалов E уровень опасности можно оценивать по энергетическим балансам как ударных волн ($E_p = 0,6 - 0,4 E$), так и разлета осколков ($E = 0,4 - 0,6 E$).

При оценке разрушающей способности сосудов со сжатыми газами пренебрегают влиянием осколков на взрывную волну, а учитывают лишь уменьшение энергии взрыва на величину кинетической энергии осколков. Кроме того, принимают, что отрицательный удельный импульс

близок по абсолютному значению к положительному. Заметим, что при взрывах высокоэнергетических взрывчатых веществ отрицательный импульс пренебрежимо мал по сравнению с положительным.

При разрушении сосудов со сжатыми горючими газами (парами) высвобождение энергии может сопровождаться образованием парового облака и последующим его взрывом. При мгновенном (практически одновременном) воспламенении выбрасываемых газов (паров) при разрушении сосудов масштабы разрушения можно прогнозировать по сумме энерговыделения расширяющихся газов и сгорания их в атмосфере.

Выполнение работы

Получить у преподавателя вариант расчета возможных последствий при взрыве сосуда под давлением. Исходные данные для расчетов приведены в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Варианты задания для расчета последствий при взрыве сосудов под давлением

№ п/п	Вид вещества в сосуде	Объем сосуда V_0 , м ³	Давление в сосуде P_r , кПа
1	Воздух	10	3000
2	Водород	10	4000
3	Оксид углерода	20	5500
4	Азот	30	4500
5	Кислород	35	4600
6	Метан	15	4600
7	Пары воды	15	4700
8	Аргон	5	4700
9	Гелий	10	5800
10	Ацетилен	20	3800
11	Хлор	30	2550
12	Сренистый газ	17	2650
13	Сероводород	28	2450
14	Воздух	32	2350
15	Водород	40	2200
16	Оксид углерода	25	2250
17	Азот	16	2100
18	Кислород	8	2150
19	Метан	12	2050
20	Пары воды	18	2000

Произвести расчет зон ЧС при взрыве, пользуясь нижеприведенными формулами для расчета. Определить степень разрушения деревянных, многоэтажных кирпичных зданий и поражение людей на $R = 100$ м при взрыве железного котла, $\rho = 7,8$ г/см³ - плотность железа, размеры котла $h = 12$ м, $r = 2,5$ м, $\delta = 2$ см.

Расчет зон ЧС при взрыве сосудов под давлением

Взрыв емкостей, находящихся под давлением относится к группе физических взрывов, при которых разрушение емкости сопровождается быстрым расширением газа и образованием ударной волны и поля осколков. Наиболее частые причины - падение резервуара, разрывы швов.

1. Энергия взрыва определяется по формуле E , Дж:

$$E = \frac{P_r \cdot V_0}{\gamma - 1} \left[1 - \left(\frac{P_0}{P_r} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \right], \quad (5.1)$$

где P_r - давление газа в емкости, Па;

P_0 - атмосферное давление, Па;

V_0 - объем емкости, м³;

γ - значения показателя адиабаты (табл. 5.2).

Таблица 5.2

Значения показателей адиабаты газов

Газовая среда	$\gamma = C_p / C_v$	Газовая среда	$\gamma = C_p / C_v$
Воздух, водород, оксид углерода, азот, кислород	1,4	Ацетилен	1,24
Метан, углекислый газ	1,3	Хлор	1,36
Пары воды	1,135	Сернистый газ	1,29
Аргон, гелий	1,67	Сероводород	1,34

2. Определяем (с учетом соотношения $E_{уд.в}=0,6E$ массу эквивалентного заряда G , кг:

$$G = \frac{0,6 \cdot E}{Q_{ТНТ}}, \quad (5.2)$$

3. Избыточное давление во фронте ударной волны на расстоянии R определяется по формуле М.А. Садовского:

$$\Delta P_\phi = 95 \frac{\sqrt[3]{G}}{R} + 390 \frac{\sqrt[3]{G^2}}{R^2} + 1300 \frac{G}{R^3}, \quad (5.3)$$

где ΔP_ϕ - избыточное давление, кПа;

G - масса тротилового заряда (тротилевый эквивалент), кг; R - расстояние от центра взрыва до объекта, м.

Решая формулу (5.3) относительно R и представляя ее в виде $R=f(\Delta P, G)$ получим соотношение:

$$R = x \cdot \sqrt[3]{G} \quad (5.4)$$

где x – параметр уровня поражения (без учета влияния подстилающей поверхности): $x = 4,7$ ($\Delta P_\phi = 50$ кПа) – полные разрушения; $x = 6,4$ ($\Delta P_\phi = 30$ кПа) – сильные разрушения; $x = 8,2$ ($\Delta P_\phi = 20$ кПа) – средние разрушения; $x = 13,5$ ($\Delta P_\phi = 10$ кПа) – слабые разрушения.

4. Сравнивая полученные значения ΔP_ϕ с табличными, находим поражающее действие ударной волны.

5. Расчет поля осколков производится аналогично расчетам при взрывах ГВС, ТВС, ПВС по следующим формулам:

$$L_{\max} = \frac{V_0^2}{g}, \quad (5.5)$$

$$L_x = 238 \cdot \sqrt[3]{G}, \quad (5.6)$$

$$\frac{1}{2} M_0 \cdot V_0^2 = E_{\text{оск}} = 0,2 \cdot E, (0,2 = 0,5 \cdot 0,4). \quad (5.7)$$

Масса цилиндрического резервуара M_u

$$M_u = \frac{3}{4} \pi \cdot (r^3 - r_1^3) \cdot \rho + 2\pi \cdot r_1^2 \cdot \rho \cdot \delta, \quad (5.8)$$

Масса шарового резервуара M_u

$$M_u = \frac{3}{4} \pi \cdot (r^3 - r_1^3) \cdot \rho, \quad (5.9)$$

Объемы соответственно равны

$$V_u = \pi \cdot r_1^2 \cdot (h - 2\delta), \quad (5.10)$$

$$V_u = \frac{3}{4} \pi \cdot r_1^3, \quad (5.11)$$

где ρ - плотность железа (металла), $\rho = 7,8$ г/см³;

δ - толщина оболочки;

r и r_1 – внешний и внутренний радиусы резервуара, см;

h - длина цилиндрического резервуара, см.

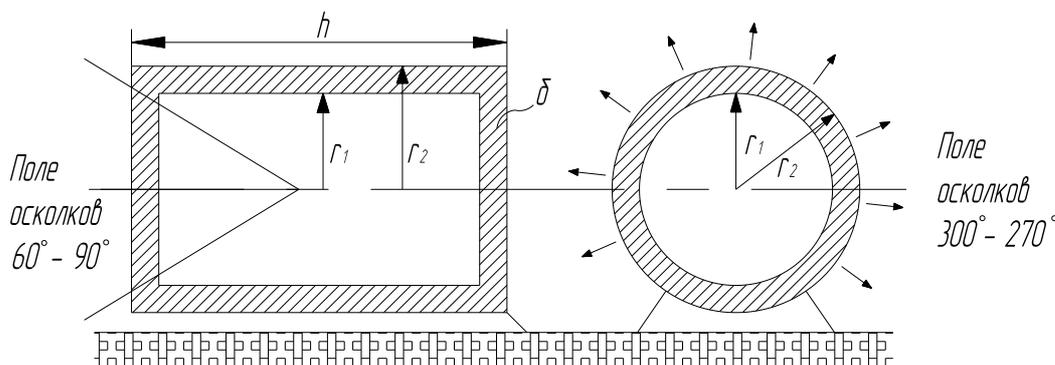


Рис. 5.1. Схема сечений цилиндрического и шарового резервуаров для расчета их объемов

Пример. Определить степень разрушения деревянных, многоэтажных кирпичных зданий и поражение людей на $R = 100$ м при взрыве варочного котла на ЦБК (рис.5.1) $V = 320 \text{ м}^3$, $P_r = 22 \cdot 10^5 \text{ Па}$, $P_0 = 10^5 \text{ Па}$, $\rho = 7,8 \text{ г/см}^3$ - плотность железа, размеры котла $h = 11,3 \text{ м}$, $r = 3 \text{ м}$, $\delta = 2 \text{ см}$, $\gamma = 1,135$.

Решение:

1. Определяем энергию взрыва:

$$E = \frac{P_r \cdot V_0}{\gamma - 1} \left[1 - \left(\frac{P_0}{P_r} \right)^{\frac{\gamma - 1}{\gamma}} \right] = \frac{22 \cdot 10^5 \cdot 320}{1,135 - 1} \left[1 - \left(\frac{10^5}{22 \cdot 10^5} \right)^{\frac{1,135 - 1}{1,135}} \right] = 16,21 \cdot 10^8 \text{ Дж.}$$

2. Рассчитываем массу эквивалентного заряда

$$G = \frac{0,6 \cdot E}{Q_{\text{ТНТ}}} = \frac{0,6 \cdot 16,2 \cdot 10^8 \text{ Дж}}{4,52 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}} = 216 \text{ кг}$$

3. Вычисляем избыточное давление во фронте ударной волны на расстоянии $R = 100$ м

$$\Delta P_\phi = 95 \cdot \frac{\sqrt[3]{216}}{100} + 390 \cdot \frac{\sqrt[3]{216^2}}{100^2} + 1300 \cdot \frac{216}{100^3} = 7,4 \text{ кПа}$$

Деревянные дома получают слабые разрушения, люди на открытой местности в безопасности.

1. Определяем дальность разлета осколков

$$L_x = 238 \cdot \sqrt[3]{G} = 238 \cdot \sqrt[3]{216} = 1428 \text{ м;}$$

$$0,2 \cdot E = \frac{1}{2} M_0 V_0^2,$$

где $0,2E$ – энергия, идущая на разлет осколков. Масса цилиндрического резервуара.

Выбираем радиус разлета осколков $L_x < Z_{\text{max}} = 1428 \text{ м}$.

$$M_y = \pi \cdot \rho \cdot h \cdot (r^2 - r_1^2) + 2 \cdot \pi \cdot r_1^2 \cdot \rho \cdot \delta =$$

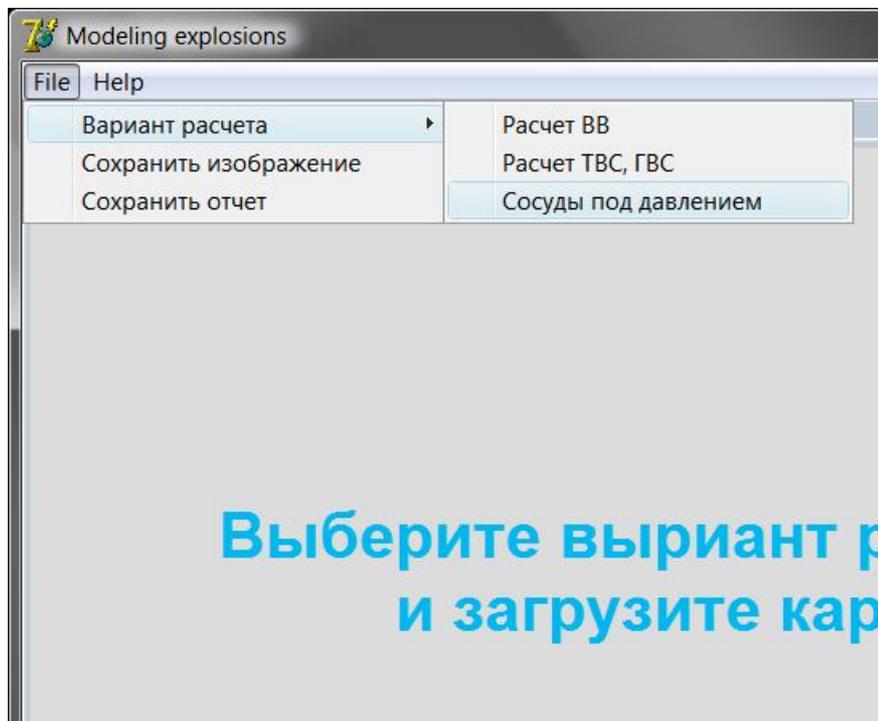
$$= 3,14 \cdot 7,8 \cdot 1130 \cdot (300^2 - 298^2) + 2 \cdot 3,14 \cdot 298^2 \cdot 7,8 \cdot 2 = 41800 \text{ кг};$$

$$V_0^2 = \frac{0,2 \cdot E}{1 \cdot 2 \cdot M_0} = \frac{2 \cdot 0,2 \cdot 16,2 \cdot 10^8}{41800} = 15500 \text{ м}^2\text{с};$$

$$L_{\max} = \frac{V_0^2}{g} = \frac{15500}{9,81} \cong 1580 \text{ м (в безвоздушном пространстве).}$$

1. Произвести расчет зон разрушения при взрыве сосуда под давлением с помощью специализированной программы для моделирования взрывов Modeling Explosions.

Выберите в разделе “File – Вариант расчета – Расчет ТВС, ГВС”.



2. По заданию преподавателя загрузите карту, введите данные и рассчитайте ЧС при взрыве. Сделайте выводы о том, на какое расстояние следует вынести опасное оборудование или предложите меры по снижению возможного материального ущерба и безвозвратных потерь людей.

3. Сравнить результаты компьютерного моделирования с расчеты данными по формулам (5.1-5.8) и определить погрешность размера зон разрушения и безвозвратных потерь. Если погрешности составят более 3%, то следует уточнить исходные данные и пересчитать безопасные расстояния зоны разрушения.

File Help
СПД | Изображение

02. Водород

Загрузить карту

Место взрыва Объект экономики

Очистить все



Ход расчета:
Вещество: 02. Водород
Расстояние до ОЭ: 100 м
Мощность взрыва в тротиловом экв.: 159 кг
Избыточное давление на ОЭ: 1690 Па
Радиус зоны полных разрушений R1=25 м
Радиус зоны сильных разрушений R2=35 м
Радиус зоны средних разрушений R3=44 м
Радиус зоны слабых разрушений R4=73 м
Радиус зоны незначительных разрушений: 276 м
Площадь поражения (P>10 кПа): 16827 кв.м

Выводы:
Степень поражения людей:
- опасность поражения осколками: 5.47%
Общее количество пострадавших: 882-1176 чел.
Полные безвозвратные потери людей: 294 чел.

Объем сосуда 1000 л.

Давление в сосуда 1000 кПа

Атмосферное давление 760 мм.рт.ст

Расстояние до ОЭ, м 310

Коэффициент масштаба, пк/км 1290

Плотность населения чел, кв.км 1000

4. В выводе предложить меры по обеспечению безопасных условий эксплуатации сосудов под давлением и защите персонала предприятия от возможных последствий взрыва.

Требования к отчету

1. Название работы и цель.
2. Вариант расчета по заданию преподавателя.
3. Основные формулы для расчета.
4. Расчет безопасных зон при взрыве.
5. Выводы, содержащие предложения по увеличению безопасности при возможной аварии.

Контрольные вопросы

1. Расчет зон поражения при взрывах сосудов под давлением.
2. Определение взрыва. Особенности взрывов сосудов под давлением.
3. Мероприятия по предотвращению взрывов сосудов под давлением
4. Арматура, контрольно-измерительные приборы, предохранительные устройства

Литература: [11-15]

Лабораторная работа № 6

Расчёт автоматической спринклерной и дренчерной системы пожаротушения

Цель работы: Изучить метод расчета автоматической системы пожаротушения и системы оповещения для помещений различного назначения.

Теоретическая часть работы

Системы водяного пожаротушения применяются наиболее часто для ликвидации пожаров поверхностным способом на различных объектах: складах, универсамах, в гостиницах и др. Неоспоримым преимуществом таких систем является то, что они не наносят никакого вреда человеку. Одним из наиболее эффективных методов ликвидации пожаров остаётся тушение водой. По сравнению с другими методами: порошковым, аэрозольным или газовым пожаротушением, - вода является наиболее безопасным, надёжным и дешёвым огнетушащим составом. Сейчас ей тушатся до 90% всех пожаров.

Тем не менее, традиционные установки водяного пожаротушения (спринклерные и дренчерные) не лишены ряда существенных недостатков:

- большие расходы воды на тушение (более 0,08 л/сокв.м);
- возможность нанесения дополнительного ущерба за счет залива водой помещений и материальных ценностей;
- необходимость строительства капитальных инженерных сооружений (насосные и дренажные станции, резервуары для хранения резервного запаса воды, водопитатель, дренажные сооружения);
- необходимость обеспечения электроснабжения большой мощности по I категории надёжности;
- сложный регламент и большие затраты на техническое обслуживание установок пожаротушения.

Всех этих недостатков лишена технология пожаротушения тонкораспылённой водой, основанная на ликвидации возгорания каплями воды с эффективным диаметром не более 100 мкм.

В традиционных системах водяного пожаротушения диаметр капель, которые попадают на очаг возгорания, составляет порядка 0,4...2,0 мм. Это приводит к тому, что около 30% воды идёт, собственно, на тушение огня, а остальная часть проливается и в процессе тушения никак не участвует. Однако при уменьшении размеров водяной капли менее 100 мкм механизм тушения огня существенно меняется. Обладая высокой проникающей и охлаждающей способностью тонкораспылённая вода (водяной туман) позволяет надёжно тушить пожары при небольшом расходе огнетушащего вещества (менее 0,03 л/сокв.м) в течении 10...60 с. Это позволяет без каких либо негативных последствий, связанных с влиянием огнетушащего вещества, тушить пожары в архивах, библиотеках и музеях, что подтверждено специальными испытаниями.

Как показывает практика, тонкораспылённая вода эффективно поглощает твёрдые частицы дыма. Имеются данные по успешному использованию тонкораспылённой воды при тушении электроустановок под напряжением 35 кВ без аварийных последствий.

Спринклерная система пожаротушения - это система трубопроводов, постоянно заполненная огнетушащим составом, снабженная специальными насадками, спринклерами, легкоплавная насадка которых, вскрываясь при начальной стадии возгорания, обеспечивает подачу огнетушащего состава на очаг возгорания.

При пожаре спринклерные установки приступают к тушению независимо от того, находятся ли в помещениях люди или они там отсутствуют. Конструктивно установки пожаротушения представляют собой смонтированную под перекрытиями торгового зала, офисных помещений ресторана, а также складских и вспомогательных помещений сеть труб со спринклерами, вскрывающимися при повышении температуры. Если площадь велика, то спринклерная сеть разделяется на отдельные секции, причем каждая сеть обслуживается отдельным контрольно-сигнальным клапаном.

Отапливаемые помещения оборудуют водяными спринклерными системами пожаротушения, трубопроводы которых всегда заполнены водой. После вскрытия того или иного числа спринклеров вода в виде раздробленных струй подается к очагу возгорания. В течение первых минут пожара вода течет от автоматического водопитателя, а затем контрольно-сигнальный клапан включает пожарные насосы, обеспечивающие подачу расчетного количества воды, необходимого для ликвидации пожара.

Дренчерная система - представляет собой систему автоматического водяного пожаротушения предназначенную для особо пожароопасных объектов. Система строится с учетом следующего:

- подводящий трубопровод (трубопровод насосной станции) заполнен водой или водным раствором, все остальные трубопроводы не заполнены (воздух).
- В системе устанавливаются дренчерные оросители (открытые, без теплового элемента) и дренчерные клапана моделей DV-1, DV-5 и AVD502A, AVD651D, AVD755A.
- Система приводится в действие от одной или нескольких (двойная блокировка) пусковых систем:
- От мокрой спринклерной системы (мокрый пуск)
- От сухой спринклерной системы (сухой пуск)
- От системы пожарной сигнализации (электропуск)

Данные системы как правило применяются для защиты особо пожаро и взрывоопасных объектов, на которых огонь распространяется с высокой скоростью, как правило это помещения или целые объекты по производству или хранению легковоспламеняющихся материалов, окрасочные камеры, гидростанции или атомные станции, другие спецобъекты и т.д.

Еще дренчерные системы применяются в качестве дренчерных завес, которые обеспечивают отсечение «стеной огнетушащего вещества» (например воды) помещения, где возникло возгорание от других помещений здания. Примеры: дверные или иные проемы в помещениях автостоянок и предприятий, атриумы торговых, административных, гостиничных или иных комплексов и т.д.

Пример расчета

Рассчитать автоматическую систему пожаротушения швейного цеха. Выбрать тип системы пожаротушения (спринклерную или дренчерную). Цех имеет размеры: длина $A = 36$ м, ширина $B = 24$ м.

Решение. В соответствии с приложением 3 найдем группу помещения. Швейный цех относится ко 2 группе - помещения текстильного, трикотажного, текстильно-галантерейного производства; помещения для производства ваты, швейной промышленности, обувного, кожевенного и мехового производства (пожарная нагрузка - 200...2000 МДж/м²);

Согласно прил. 2 находим параметры для расчёта дренчерной установки:

Интенсивность орошения водой $L = 0,12$ л/(с·м²)

Площадь, защищаемая одним оросителем $S_{ор} = 12$ м²

Продолжительность работы установок водяного пожаротушения $T = 60$ мин

Расстояние между оросителями $D = 4$ м

Находим площадь помещения:

$$S = 36 \times 24 = 864 \text{ м}^2$$

Находим необходимое количество оросителей:

$$N = S / S_{ор} = 864 / 12 = 72 \text{ шт}$$

Размещаем оросители на плане помещения. По длине помещения принимаем расстояние между оросителями $D_A = 3$ м, по ширине помещения принимаем расстояние между оросителями $D_B = 4$ м.

Находим необходимую интенсивность воды в трубопроводе:

$$L_{ТР} = L \times S = 0,12 \times 864 = 104 \text{ л/с}$$

Находим интенсивность воды через один дренчер:

$$L_{дренч} = \frac{L_{ТР}}{N} = \frac{104}{72} = 1,44 \text{ л/с}$$

Для приведения в действие автоматической системы пожаротушения согласно приложению 5 применяем тепловые извещатели. В качестве теплового извещателя применяем автоматический термоизвещатель максимального действия АТИМ-3. Чувствительным элементом, размыкающим контакты этого термоизвещателя, является биметаллическая диафрагма. Извещатель срабатывает при повышении температуры окружающей среды до 80°С и может контролировать площадь до 15 м². Согласно приложению 3 при высоте установки извещателя до 3,5 м и при квадратном размещении

извещателей максимальное расстояние между извещателями не должно превышать 5,0 м, а от извещателя до стены - 2,5 м.

Выполнение лабораторной работы

Получить у преподавателя вариант расчета автоматической системы пожаротушения по табл. 6.1.

Таблица 6.1

Варианты расчета

№ п/п	Размер помещения, м		Вид помещения	Высота складирования, м
	Длина	Ширина		
1	30	20	Книгохранилище	2
2	35	22	Трикотажного производства	2,5
3	36	24	Резинового производства	2
4	25	18	Компрессорная станция	1
5	26	20	Склад сухих строительных смесей	2
6	28	21	Склад мебели	2,5
7	32	24	Склад лакокрасочных материалов	1,5
8	34	25	Склад арматуры	3
9	36	24	Склад киноплёнки на нитрооснове	2
10	20	15	Склад автомобильных покрышек	2,5
11	22	16	Швейная мастерская	2
12	24	17	Склад обуви	1,5
13	28	36	Концертный зал	2
14	28	20	Больничное помещение	2
15	30	22	Магазин	2
16	32	23	Станция регенерации	2
17	34	25	Склад электроники	2,5
18	36	25	Склад пластмассовых изделий	2
19	38	26	Склад ГСМ	2
20	42	28	Машинный зал	1

Произвести расчет автоматической системы пожаротушения, а также выбрать подходящий тип пожарного извещателя на основании полученных в задании данных. Составить схему установки спринклерных или дренчерных систем в помещении.

Контрольные вопросы

1. Назначение систем автоматического пожаротушения. Виды систем автоматического пожаротушения.
2. Преимущества и недостатки спринклерной и дренчерной систем пожаротушения.
3. Особенности пожаротушения водяными системами автоматического пожаротушения. Методика расчета автоматической системы пожаротушения.
4. Особенности спринклерной системы пожаротушения?
5. Особенности дренчерной системы пожаротушения?

Литература: [11-16].

Приложения

Приложение 1

**Параметры для расчета спринклерных и дренчерных установок
(ДБН В.2.5-13-98, прил. Б)**

Группа помещений	Высота складирования	Интенсивность орошения, л/(схм)		Площадь, защищаемая одним оросителем, м ²	Площадь для расчета расхода воды и раствора пенообразователя, м ²	Продолжительность работы установок водяного пожаротушения, мин	Расстояние между оросителями, м
		водой	Раствором пенообразователя				
1	-	0,08	-	12	120	30	4
2	-	0,12	0,08	12	240	60	4
3	-	0,24	0,12	12	240	60	4
4	-	0,3	0,15	12	360	60	4
5	До 1	0,08	0,04	9	180	60	3
	1...2	0,16	0,08	9	180	60	3
	2...3	0,24	0,12	9	180	60	3
	3...4	0,32	0,16	9	180	60	3
	4..5,5	0,4	0,32	9	180	60	3
6	До 1	0,16	0,08	9	180	60	3
	1...2	0,32	0,2	9	180	60	3
	2...3	0,4	0,24	9	180	60	3
	3...4	0,4	0,32	9	180	60	3
	4..5,5	-	0,4	9	180	60	3
7	До 1	-	0,1	9	180	-	3
	1...2	-	0,2	9	180	-	3
	2...3	-	0,3	9	180	-	3
	3...5,5	-	0,4	9	180	-	3

Приложение 2

**Помещения, которые снабжаются автоматическими установками
пожаротушения (ДБН В.2.5-13-98)**

№ п/п	Помещения
1.	Помещения книгохранилищ, библиотек, цирков, хранения сгораемых музейных ценностей, фондохранилищ, музеев и выставок, картинных галерей, концертных и киноконцертных залов, ЭВМ, магазинов, зданий управлений, гостиниц, больниц (пожарная нагрузка - до 200 МДж/м);
2.	Помещения окрасочные, пропиточные, малярные, обезжиривания, консервации и расконсервации, смесеприготовительные, промывки деталей с применением легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ) и горючих жидкостей (ГЖ); помещения деревообрабатывающего, текстильного, трикотажного, текстильно-галантерейного, целлюлозно-бумажного и печатного производства; помещения для производства ваты, швейной промышленности, обувного, кожевенного и мехового производства, искусственных и пленочных материалов; помещения для производств с применением резинотехнических изделий, предприятий по обслуживанию автомобилей (пожарная нагрузка -200...2000 МДж/м ²);
3.	Помещения резинотехнического производства;
4.	Помещения для производства, переработки и обработки горючих натуральных и синтетических волокон и пластмасс, киноплёнки на нитрооснове; окрасочные и сушильные камеры, участки открытой окраски и сушки; помещения краско-, лако- и клееприготовительных производств с применением ЛВЖ и ГЖ; машинные залы компрессорных станций, станций регенерации, гидрирования, экстракции и помещения других производств, перерабатывающих горючие газы, бензин, спирты, эфиры и другие ЛВЖ и ГЖ (пожарная нагрузка - свыше 2000 МДж/м ²);
5.	Склады негорючих материалов в сгораемой упаковке;
6.	Склады твердых горючих материалов;
7.	Склады лаков, красок, ЛВЖ, ГЖ, пластмасс, резины, резинотехнических изделий, каучука, смол.

Размещение пожарных извещателей в зависимости от высоты их установки (ДБН В.2.5-13-98, прил. Л)

Высота установки извещателя, м	Схема квадратного размещения извещателей			Схема треугольного размещения извещателей		
	Максимальная площадь, контролируемая одним извещателем, м ²	Максимальное расстояние, м		Максимальная площадь, контролируемая одним извещателем, м ²	Максимальное расстояние, м	
		между извещателями	от извещателя до стены		между извещателями	от извещателя до стены
Тепловые пожарные извещатели						
До 3,5	25	5,0	2,5	30	6,1	1,8
Более 3,5 до 6	20	4,5	2,0	25	5,5	1,6
Более 6 до 9	15	4,0	2,0	20	4,9	1,4
Дымовые пожарные извещатели						
До 3,5	86	9,0	4,5	105	11,0	3,2
Более 3,5 до 6	70	8,5	4,0	90	10,4	3,0
Более 6 до 10	65	8,0	4,0	80	9,8	2,8
Более 10 до 12	55	7,5	3,5	70	9,2	2,6

Рекомендуемые типы пожарных извещателей для производственных зданий и сооружений (ДБН В.2.5-13-98, прил. К)

Вид зданий или сооружений	Вид извещателя		
	тепловой	дымовой	пламени
Производственные здания			
Производство и хранение изделий из древесины, синтетических смол и волокон, полимерных материалов, текстильных, трикотажных, текстильно-галантерейных, швейных, обувных, кожаных, табачных, меховых, целлюлозно-бумажных изделий, целлюлоида, резинотехнических изделий, синтетического каучука, горючих рентгеновских, кино- и фотопленок, хлопка	+	+	
Производство и хранение лаков, красок, растворителей, легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, смазочных материалов, химических реактивов, спиртоводочной продукции	+		+
Производство щелочных металлов, металлических порошков, натурального каучука			+
Производство и хранение муки, комбикормов и других продуктов и материалов с выделением пыли	+		
Производство бумаги, картона, обоев, животноводческой и птицеводческой продукции	+		+
Хранение негорючих материалов в сгораемой упаковке, твёрдых сгораемых материалов	+	+	
Социальные сооружения			
Помещения (сооружения) для прокладки кабелей, трансформаторов, распределительных устройств и щитовых, помещения предприятий по обслуживанию автомобилей	+	+	
Помещения электронно-вычислительной техники, электронных регуляторов, управляющих машин, АТС, радиоаппаратных		+	
Помещения для оборудования и трубопроводов по перекачке горючих жидкостей и масел, для испытания двигателей внутреннего сгорания и топливной аппаратуры, наполнения баллонов горючими газами	+		+

Примечание. В таблице знаками + и ++ указаны рекомендуемые типы извещателей, причём знак ++ указывает на приоритетность применения именно этого типа извещателей. Использование других видов извещателей или необходимость установки в одном помещении автоматических пожарных извещателей, реагирующих на разные факторы пожара в начальной стадии горения, определяется технико-экономическим обоснованием

Библиографический список

1. *Баратов А.Н.*, Пчелинцев В.А. Пожарная безопасность. – М.: Спецтехника, 1997.
2. *Александров А.Н.* Пожарная безопасность. – М.: Приор, 1998.
3. *Собурь С.В.* Пожарная безопасность предприятия. – М.: Спецтехника, 1998.
4. Игровое моделирование и пожарная безопасность (под редакцией Брушлинского Н.Н.) – М.: Стройиздат, 1993.
5. *Баратов, А.Н.* Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Спр. Изд в 2 кн. / А.Н. Баратов, А.Я. Корольченко, Г.Н. Кравчук и др. – М.: Химия, 1990. – 384 с.
6. *Лопанов, А.Н.* Мониторинг и экспертиза безопасности жизнедеятельности. Методические указания к выполнению лабораторных работ / А.Н. Лопанов, Ю.В. Хомченко. – Белгород: Издательство БГТУ, 2008. – 84 с.
7. *Лопанов, А.Н.* Мониторинг и экспертиза безопасности жизнедеятельности: учеб. пособие / А.Н. Лопанов, Е.В. Климова.– Белгород: Изд-во БГТУ, 2009.– 182 с.
8. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий (ОНД – 86). – Л.: Гидрометеоиздат, 1987. – 93с.
9. Пожарная техника. Учебное пособие из двух книг: (В.В. Терещнев, Н.И. Ульянов, В.А. Грачев) Книга 1 – Пожарно-техническое вооружение. Устройство и применение. – 2008.
10. *Андросов, А.С.*, Салеев, А.П. Примеры и задачи по курсу «Теория горения и взрыва» Учеб. Пособие. М.: ГПС МЧС России. – 2008.–80с
11. *Мастрюков, Б.С.* Безопасность в чрезвычайных ситуациях: Учебник для студ.высш. учеб. заведений/ Б.С. Мастрюков.- 2-е изд., стер.-М.: Издательский центр «Академия», 2004.-336 с.
12. *Бутюгина Т.М.* Моделирование и прогнозирование чрезвычайных ситуаций: конспект лекций/ Белгород: БелГТАСМ, 2002 – 136 с.
13. *Лопанов, А.Н.* Взрывы и взрывчатые вещества/А.Н. Лопанов.- Белгород: БГТУ.-2008.-508 с.
14. *Лопанов, А.Н.* Теория горения и взрыва. /А.Н. Лопанов, Ю.В. Хомченко.- Методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов специальности 280102 – «Безопасность технологических процессов и производства».-Белгород: БГТУ.-58 с.
15. Пожарная безопасность. Взрывобезопасность. Справ. Изд./А.Н. Баратов, Е.Н. Иванов, А.Я. Корольченко и др. – М.: Химия, 1987.-272с
16. *Кравченко, Е.А.* Теория горения и взрыва. Учеб. пособие/Е.А. Кравченко.-Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г.Шухова, 2007 – 140 с.

Оглавление

1. Лабораторная работа № 1. Неконтролируемое горение. Расчет концентрации вредных веществ в закрытых помещениях.....	3
2. Лабораторная работа № 2. Составление карт рассеивания вредных веществ в атмосфере при пожарах.....	6
3. Лабораторная работа № 3. Расчет концентрационных пределов распространения пламени и концентрации флегматизатора для предотвращения взрыва или пожара.....	11
4. Лабораторная работа № 4. Прогнозирование параметров и оценка обстановки при пожаре на автозаправочной станции...	17
5. Лабораторная работа № 5. Расчет зон безопасных расстояний разрушения при взрыве емкости под давлением.....	23
6. Лабораторная работа № 6. Расчёт автоматической спринклерной и дренчерной системы пожаротушения.....	32
Приложения.....	36
Библиографический список.....	38

Учебное издание

ПОЖАРОВЗРЫВОЗАЩИТА

Методические указания к выполнению лабораторных работ
для студентов направления 280700 – Техносферная безопасность и
специальности 280103 – Защита в ЧС

Составители: **Лопанов** Александр Николаевич
Хомченко Юрий Викторович

Подписано в печать 01.07.10. Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 2,4. Уч.-изд. л. 2,6.

Тираж 75 экз. Заказ Цена

Отпечатано в Белгородском государственном технологическом университете
им. В.Г. Шухова

308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46