

Министерство образования и науки Российской Федерации
Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

ПОЖАРОВЗРЫВОЗАЩИТА

Методические указания к практическим занятиям

Составители О. А. Мулюкина, А. П. Рвачёва

Волгоград
ВолгГАСУ
2016



© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет», 2016

УДК 614.841(076.5)
ББК 38.960.1я73
П462

Пожаровзрывозащита [Электронный ресурс]: методические указания к практическим занятиям / М-во образования и науки Рос. Федерации, Волгогр. гос. архит.-строит. ун-т ; сост. О. А. Мулюкина, А. П. Рвачёва. — Электронные текстовые и графические данные (0,3 Мбайт). — Волгоград: ВолгГАСУ, 2016. — Электронное издание сетевого распространения. — Систем. требования: РС 486 DX-33; Microsoft Windows XP; Internet Explorer 6.0; Adobe Reader 6.0. — Официальный сайт Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Режим доступа: <http://www.vgasu.ru/publishing/online/> — Загл. с титул. экрана.

Приведен теоретический материал, задачи и примеры их решения по дисциплине «Пожаровзрывозащита» в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования.

Цель разработки методических указаний — научить студентов методам расчета и моделирования основных процессов горения, взрыва и пожарной безопасности.

Студенту предлагается теоретический материал, задания и варианты их выполнения согласно следующим темам: Неконтролируемое горение, расчет концентрации вредных веществ в закрытых помещениях; Прогнозирование параметров и оценка обстановки при пожаре на АЗС; Расчет автоматической сплинкерной и дренчерной системы пожаротушения; Расчет концентрационных пределов распространения пламени и концентрации флегматизатора для предотвращения взрыва.

УДК 614.841(076.5)
ББК 38.960.1я73

Оглавление

1.	Тема 1: «Неконтролируемое горение. Расчет концентрации вредных веществ в закрытых помещениях».....	4
2.	Тема 2: «Прогнозирование параметров и оценка обстановки при пожаре на автозаправочной станции».....	8
3.	Тема 3: «Расчёт автоматической спринклерной и дренчерной системы пожаротушения».....	14
4.	Тема 4: «Расчёт концентрационных пределов распространения пламени и концентрации флегматизатора для предотвращения взрыва или пожара».....	22
5.	Библиографический список.....	28

Тема 1: «Неконтролируемое горение. Расчет концентрации вредных веществ в закрытых помещениях»

Цель занятия: Научиться оценивать качество воздуха при пожарах в закрытых помещениях.

Теоретическая часть

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.

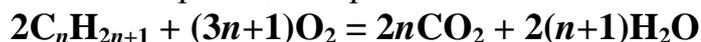
Оксиды азота образуются от сгорания азотосодержащих соединений и в реакциях взаимодействия кислорода воздуха с азотом.

В процессе пиролиза углеводородных топлив получается канцерогенное вещество – бензапирен – $C_{20}H_{12}$. Образование бензапирена зависит от режима горения – температуры и количества кислорода.

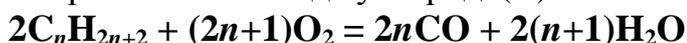
В результате пожаров ежегодно в атмосферу попадает несколько тысяч тонн бензапирена, одного миллиграмма которого достаточно для того, чтобы вызвать рак легких или кожи (бензапирен содержится в табачном дыме и является причиной заболевания многих курильщиков).

Запишем формальные схемы химических реакций, протекающих при горении углеводородов:

- основная реакция горения:



- образование оксида углерода(II):



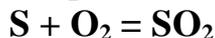
- образование сажи:



- образование оксидов азота:



- образование оксида серы:



- образование бензапирена:



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

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

$$M_i = \alpha_i M_i (1 - n_i), \quad (1)$$

где:

M_i – масса загрязняющего вещества, кг, т;

M_i – количество сжигаемого вещества, кг;

α_i – удельный показатель выброса, кг/кг;

n_i – коэффициент полезного действия очистки газов.

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

В табл. 1 даны значения показателей выбросов вредных веществ в атмосфере при горении различных видов топлива.

ЗАДАЧА:

Оценить количество вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу при горении угля в количестве 100000 тонн. Удельные показатели выбросов вредных веществ $\alpha(\text{тв})$, $\alpha(\text{SO}_2)$, $\alpha(\text{CO})$, $\alpha(\text{NO}_x)$, $\alpha_{\text{б/п}}$ соответственно равны 0,64; 0,0072; 0,049; 0,0019; $2 \cdot 10^{-5}$.

Решение:

1. Определяем массу выбросов:

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

где:

M_i – количество сжигаемого вещества, кг; $= 10^8$ кг (см. условие);

α_i – удельный показатель выброса, кг/кг; см. условие;

n_i – коэффициент полезного действия очистки газов; принимаем равным 0.

$$M(\text{тв}) = 0,64 \cdot 10^8 \cdot (1 - 0) = 6400000 \text{ кг} = 6400 \text{ т.};$$

$$M(\text{SO}_2) = 0,0072 \cdot 10^8 \cdot (1 - 0) = 720000 \text{ кг} = 720 \text{ т.};$$

$$M(\text{CO}) = 0,049 \cdot 10^8 \cdot (1-0) = 4900000 \text{ кг} = 4900 \text{ т.};$$

$$M(\text{NO}_x) = 0,0019 \cdot 10^8 \cdot (1-0) = 190000 \text{ кг} = 190 \text{ т.};$$

$$M_{\text{б/п}} = 2 \cdot 10^{-5} \cdot 10^8 \cdot (1-0) = 2000 \text{ кг} = 2 \text{ т.}$$

Ответ: $M(\text{ТВ}) = 6400 \text{ т}; M(\text{SO}_2) = 720 \text{ т}; M(\text{CO}) = 4900 \text{ т}; M(\text{NO}_x) = 190 \text{ т};$
 $M_{\text{б/п}} = 2 \text{ т.}$

Таблица 1. Удельные показатели выбросов вредных веществ при сгорании топлива

Горючее вещество	Удельные показатели, мг/мг, кг/кг, т/т				
	Твердые вещества	Оксиды серы	Оксид углерода(II)	Оксиды азота	Бензапирен
	$\alpha_{\text{ТВ}} \cdot 10^{-2}$	$\alpha_{\text{SO}_2} \cdot 10^{-2}$	$\alpha_{\text{CO}} \cdot 10^{-2}$	$\alpha_{\text{NO}_x} \cdot 10^{-3}$	$\alpha_{\text{б/п}} \cdot 10^{-5}$
Уголь	3-8	0,2-1	2-7	1-2	1-3
Торф	3-5	1-2	2-4	1-2	1-2
Древесина	2-8	1-2	3-5	0,8-1	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. По табл. 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 задания по варианту

В соответствии с условием ЗАДАЧИ 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. 2. Для расчета использовать данные табл. 1. Использовать максимальные значения удельных показателей выбросов вредных веществ. Предположить, что масса сгоревшего во время пожара вещества пропорциональна времени горения.

Таблица 2. Варианты выполнения задания

Вариант	Горючее вещество	Длина, ширина, высота цеха, м	Масса сгоревшего вещества, кг	Время горения, ч
1	Торф	60, 30, 10	150	1
2	Уголь	40, 20, 15	80	0,2
3	Мазут	125, 65, 15	100	1
4	Древесина	120, 50, 20	50	0,5
5	Торф	90, 30, 15	30	0,5
6	Уголь	100, 30, 15	30	0,6
7	Мазут	40, 30, 9	60	1

8	Древесина	120, 60, 20	100	1
9	Торф	150, 70, 20	65	0,8
10	Уголь	110, 65, 15	25	0,6
11	Мазут	45, 40, 15	65	1
12	Древесина	65, 45, 10	85	0,8
13	Торф	105, 30, 15	25	1
14	Уголь	110, 65, 20	35	0,7
15	Мазут	95,35, 15	35	0,6
16	Древесина	130, 65, 15	70	0,5
17	Торф	45, 35, 9	140	1
18	Уголь	110, 55, 20	150	1
19	Мазут	110, 75, 20	75	0,9
20	Древесина	150, 60, 15	110	0,6

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

(2)

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

где:

C_i – концентрация загрязняющего вещества, мг/м³;

M_i – количество сжигаемого вещества, мг;

α_i – удельный показатель выброса, мг/мг;

V – объем цеха, м³.

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. 3.

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

Тема 2: «Прогнозирование параметров и оценка обстановки при пожаре на автозаправочной станции»

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

Теоретическая часть

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, характеризуемых 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, превышающих 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 (прямым) 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:

$$g = 0,8 \cdot Q_0 \cdot e^{-0,03X}, \quad (3)$$

где:

Q_0 – тепловой поток на поверхности факела, кВт/м² (значения приведены в табл. 4)

X – расстояние до фронта пламени, м.

Таблица 4. 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:

$$X = 33 \cdot \ln(1,25 \cdot Q_0 / g) \quad (4)$$

Величина индекса дозы теплового излучения определяется из соотношения:

$$I = 60 \cdot g^{4/3} \quad (5)$$

Процент смертельных исходов в зависимости от индекса дозы теплового излучения определяется по рис. 1.

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

$$R_{\text{бп}} = 0,56 \cdot S_p^{0,5}, \quad (6)$$

где:

S_p – площадь разлива нефтепродукта, м^2 .

Для приближенной оценки людских потерь рекомендовано соотношение:

$$W_{\text{бп}} = \Pi \cdot S_{\text{бп}} \cdot 10^{-6}, \quad (7)$$

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.

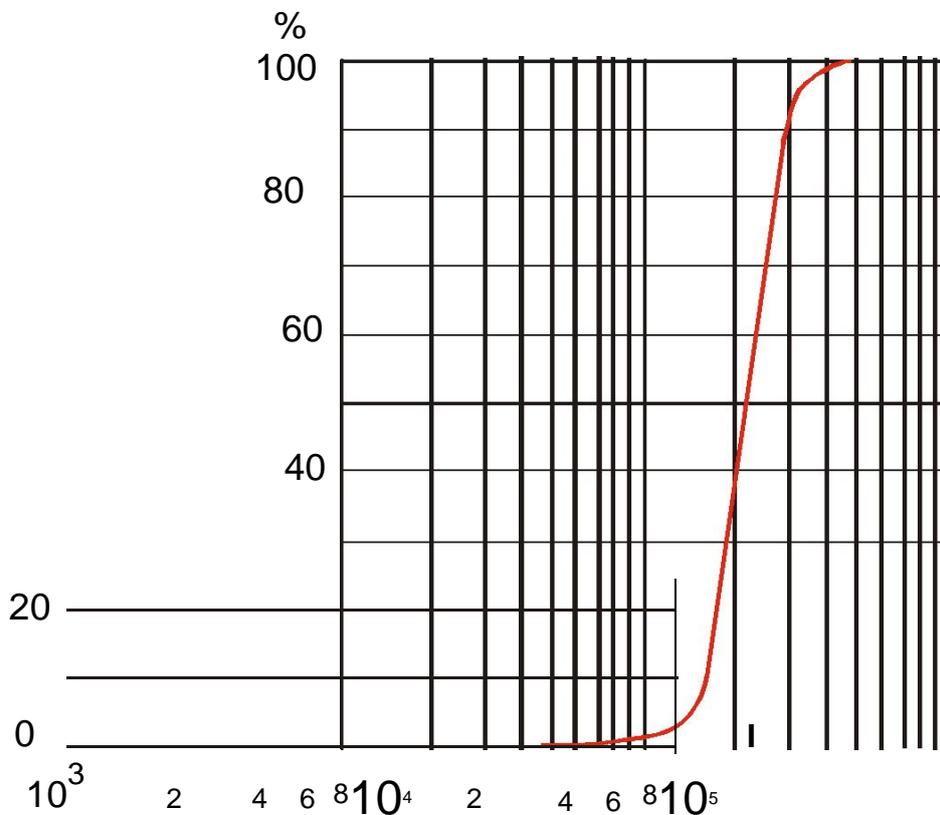


Рисунок. 1. График зависимости процента смертельных исходов от индекса дозы теплового излучения I

ЗАДАЧА

Рассчитать возможные последствия пожара разлива нефтепродуктов на АЗС и безвозвратные потери среди людей, разработать методы предотвращения разлива нефтепродукта (емкость с бензином вместимостью 7 м^3). Плотность населения в районе АЗС составляет 1000 чел/км^2 .

Решение:

Максимальный возможный разлив ГСМ может иметь место при разрушении наибольшей емкости хранения вместимостью $7,0 \text{ м}^3$.

Площадь разлива (слоем $0,04 \text{ м}$) составляет 175 м^2 .

1. Определим тепловой поток от горящего разлива на заданном рас-

стоянии по формуле 3.

Величину расстояния до фронта пламени выбираем с интервалом 10 метров и определяем величину теплового потока, данные сводим в табл. 5.

Таблица 5. 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

2. Определяем наибольшее расстояние, на котором будет наблюдаться тепловой поток с заданной величиной (формула 4).

Полученные значения заносим в табл. 6.

Таблица 6. 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

3. Определяем величину индекса дозы теплового излучения (формула 5).

Полученные значения заносим в табл. 7.

Таблица 7. 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

4. Определяем процент смертельных исходов в зависимости от индекса дозы теплового излучения (рис.1).

Полученные значения заносим в табл. 8.

Таблица 8. 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.

5. Определяем радиус зоны безвозвратных потерь при пожаре разлития (формула б).

$$R_{\text{он}} = 0,56 \cdot 175^{0,5} = 7,41\text{м}$$

6. Определяем площади зон безвозвратных потерь людей при пожаре разлития бензина ($S_{\text{онП}}$)

$$S_{\text{онП}} = \pi \cdot R_{\text{он}}^2 = 172,4\text{м}^2$$

7. Определяем максимально возможные людские потери при пожаре разлития бензина (формула 7).

Плотность населения равна $\Pi = 10000 \text{ чел/км}^2$.

$$W_{\text{онП}} = 10000 \cdot 172,4 \cdot 10^{-6} = 1,72 \approx 2 \text{ чел.}$$

Выполнение задания по варианту

Получить у преподавателя вариант расчета пожара горючего вещества по табл. 9. 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.

Таблица 9. Варианты выполнения задания

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

Контрольные вопросы

1. Опишите методику расчета последствий пожара разлива нефтепродуктов.
2. Назовите основные причины аварий на АЗС при разливе нефтепродуктов?
3. Перечислите меры предотвращения возможных потерь нефтепродуктов?
4. Перечислите и опишите особенности пожаротушения нефтепродуктов?

Тема 3: «Расчёт автоматической спринклерной и дренчерной системы пожаротушения»

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

Теоретическая часть:

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 тон-

кораспылённой 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.

ЗАДАЧА:

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:

1. Определяем в соответствии с табл. 10 группу помещений швейного цеха.

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).

2. Определяем в соответствии с табл. 11 параметры для расчета дренчерной установки.

Интенсивность орошения водой

$$L = 0,12 \text{ л/(с}\cdot\text{м}^2)$$

Площадь, защищаемая одним оросителем

$$S_{\text{ор}} = 12 \text{ м}^2$$

Продолжительность работы установок водяного пожаротушения

$$T = 60 \text{ мин}$$

Расстояние между оросителями

$$D = 4 \text{ м}$$

3. Определяем площадь помещения швейного цеха.

$$S = A \cdot B \quad (8)$$

где:

A – длина помещения, м;

B – ширина помещения, м .

$$S = 36 \cdot 24 = 864 \text{ м}^2$$

4. Определяем необходимое количество оросителей.

$$N = S / S_{\text{ор}} \quad (9)$$

где:

S – площадь помещения, м²;

$S_{\text{ор}}$ – площадь, защищаемая одним оросителем, м².

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

5. Определяем размещение оросителей на плане помещения швейного цеха.

Расстояние между оросителями, согласно пункту 2, составляет 4 м. По длине помещения принимаем расстояние между оросителями $D_A = 3$ м, по ширине помещения принимаем расстояние между оросителями $D_B = 4$ м.

6. Определяем необходимую интенсивность воды в трубопроводе.

$$L_{\text{ТР}} = L \cdot S \quad (10)$$

где:

L – интенсивность орошения водой, л/(с·м²);

S – площадь помещения, м².

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

7. Определяем интенсивность воды через один дренчер.

$$L_{\text{дрен}} = \frac{L}{N} \quad (11)$$

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

8. Определяем тип пожарного извещателя в соответствии с табл. 12.

Для приведения в действие автоматической системы пожаротушения 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.

9. Определяем размещение пожарных извещателей в соответствии с табл. 13

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.

Таблица 10. Помещения, которые снабжаются автоматическими установками пожаротушения (ДБН В.2.5-13-98)

№	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);
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.

Таблица 11. 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

Таблица 12. 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, кожевенных, табачных, меховых, целлюлозно-бумажных изделий, целлулоида, 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 нескораемых 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.

Таблица 13. 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	2,5	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

Выполнение задания по варианту:

Получить у преподавателя вариант расчета автоматической системы пожаротушения по табл. 14.

Таблица 14. Варианты выполнения задания

№ п/п	Размеры помещения, м		Вид помещения	Высота складирования, м
	Длина	Ширина		
1	30	20	Склад мебели	2
2	35	22	Склад арматуры	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	Книгохранилище	2,5
7	32	24	Склад лакокрасочных материалов	1,5
8	34	25	Трикотажного производства	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?

Тема 4: «Расчёт концентрационных пределов распространения пламени и концентрации флегматизатора для предотвращения взрыва или пожара»

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

Теоретическая часть

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

Нижний концентрационный предел воспламенения φ_n 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,

$$\varphi_n = \frac{Q_{пр} \cdot 100}{Q_n} \quad (12)$$

если принять среднее значение $Q_{пр}$, равным 1830 кДж/м³, то φ_n будет равно

$$\varphi_n = \frac{1830 \cdot 100}{Q_n} \quad (13)$$

где:

Q_n – низшая теплота сгорания горючего вещества, кДж/м³.

Нижний (верхний) КПВ могут быть определены по аппроксимационной формуле

$$\varphi_{n(b)} = \frac{100}{an + b} \quad (14)$$

где:

a, b – эмпирические константы, значения которых приведены в табл.15;

n – стехиометрический коэффициент при кислороде в уравнении химической реакции.

Таблица 15. Значения коэффициентов для нижнего (верхнего) КПВ

Концентрационные пределы воспламенения		Значения коэффициентов	
		a	b
Нижний		8,684	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

$$\varphi_{H(B)} = \frac{P_{H(B)} \cdot 100}{P_0} \quad (15)$$

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

$$\lg P = A - \frac{B}{C + t} \quad (16)$$

где:

A, B, C – константы Антуана;

t – температура, °С (температурные пределы).

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

$$\varphi_{H(B)}^{np} = \frac{1}{\sum \frac{\mu_i}{\varphi_{H(B)}}} \quad (17)$$

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

$$\begin{aligned} \varphi_{H_{T_2}} &= \varphi_{H_{T_1}} \left(1 - \frac{T_2 - T_1}{T_{\Gamma} - T_1}\right) \\ \varphi_{B_{T_2}} &= \varphi_{B_{T_1}} \left(1 + \frac{T_2 - T_1}{T_{\Gamma} - T_1}\right) \end{aligned} \quad (18)$$

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_{Γ} – температура горения смеси.

Приближенно при определении НКПВ T_{Γ} принимают 1550 К, при определении ВКПВ – 1100 К.

При разбавлении газовой смеси инертными газами (N_2 , CO_2 , пары

H₂O и т.д.) область сужается:

- ✓ верхний предел снижается,
- ✓ 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), $\varphi_{O_2, \text{ВОЗ}}$. Расчет указанных параметров проводят по формулам

$$\varphi_{\Phi} = \frac{h'_1 \Delta H_1^0 + h'_B + \sum h'_1 m_i}{h''_B - 1 + \sum h''_1 m_i} 100 \quad (19)$$
$$\varphi_{O_2} = \frac{100 - \varphi_{\Phi}}{4,844}$$
$$\varphi_{O_2, \text{ВОЗ}} = 1,2 \cdot \varphi_{O_2} - 4,2$$

где:

- ΔH_1^0 – стандартная теплота образования горючего, Дж/моль;
- h'_1 , h'_B – константы, зависящие от вида химического элемента в молекуле горючего и вида флегматизатора;
- h''_1 , h''_B – 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 CO₂, водорода – до H₂O.

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

$$Q_{\Pi} = (T_1^0 - T_H) \left[\sum C_{PH} n_{\mu\Gamma_1} + C_{P\Phi} n_{\Phi} \right] \quad (20)$$

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);
- $n_{\mu\Gamma_1}$ – количество молей i -го продукта горения стехиометрической смеси, моль/моль;
- n_{Φ} – количество молей нейтрального газа в точке флегматизатора, моль/моль.

ЗАДАЧА:

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

Решение:

1. Определяем по справочным данным низшую теплоту сгорания бутана $Q_H = 2882,3$ кДж/моль. Переведем это значение в другую размерность – кДж/м³.

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

2. Определяем НКПВ по формуле 13

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

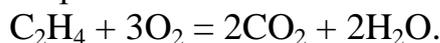
Ответ: $\varphi_H = 1,42\%$.

ЗАДАЧА:

Определить концентрационные пределы воспламенения этилена в воздухе.

Решение:

1. Определяем значение стехиометрического коэффициента при кислороде, записываем уравнение горения этилена



Таким образом, $n=3$

2. Определяем КПВ по формуле 14

$$\varphi_H = \frac{100}{8,684 \cdot 3 + 4,679} = 3,25 \%$$

$$\varphi_B = \frac{100}{1,55 \cdot 3 + 0,56} = 18,23 \%$$

Ответ: $\varphi_H = 3,25 \%$, $\varphi_B = 18,23 \%$.

ЗАДАЧА:

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

Решение:

1. Определяем по справочным данным теплоту образования ацетона, она равна $248,1 \cdot 10^3$ Дж/моль.

Из химической формулы ацетона (C_3H_6O) следует, что $m_C=3$, $m_H=6$, $m_O=1$.

2. Определяем МВСК по формуле 19

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

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

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

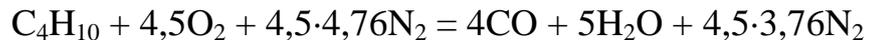
Ответ: $\varphi_{O_2, \text{воз}} = 8,6 \%$

ЗАДАЧА:

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

Решение:

1. Запишем уравнение химической реакции окисления бутана до СО и Н₂О



2. Определяем низшую теплоту сгорания бутана, исходя из справочных данных теплот образования продуктов реакции

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

3. Определяем количество молей диоксида углерода в точке флегматизации, исходя из справочных данных по теплоемкости продуктов горения и нейтрального газа при температуре 1500К

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

4. Определяем МФК диоксида углерода

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

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

Рассчитывается и МВСК, и концентрация горючего в точке флегатизации.

Выполнение задания по варианту

Получить у преподавателя вариант расчета по табл.16. Провести расчет концентрационных пределов распространения пламени и минимальной флегматизирующей концентрации вещества. Определить массу флегматизатора (СО₂), необходимую для предотвращения пожара, взрыва в помещении с исходными размерами.

Таблица 16. Варианты выполнения задания

№ п/п	Вещество	Химическая формула	Теплота образования, кДж/моль	Температура кипения, °С	Размеры помещения <i>a, b, h, м</i>
1	Ацетон	C_3H_6O	248,1	56,24	5,5×4,0×3,0
2	Трет-амиловый спирт	$C_5H_{12}O$	359,1	102,3	5,0×4,0×2,5
3	Трет-бутилбензол	$C_{10}H_{14}$	33,1	168,0	4,5×4,0×3,0
4	Этанол	C_2H_6O	278,2	78,4	4,0×3,5×3,0
5	Этилбензол	C_8H_{10}	33,2	136	6,0×4,5×3,0
6	Пропиловый спирт	C_3H_8O	307,1	97,2	7,0×5,0×3,5
7	Нитроэтан	$C_2H_5NO_2$	144,1	114,1	6,5×4,0×3,0
8	Н-пентан	C_5H_{12}	184,4	37	7,5×5,0×4,0
9	Анилин	C_6H_7N	29,7	184,4	8,0×5,5×4,0
10	Н-гексан	C_6H_{14}	167,2	68,7	8,5×5,0×4,0
11	Н-гептан	C_9H_{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	$C_4H_8O_2$	375,4	116	9,0×5,5×4,0
14	Втор-изоамиловый спирт	$C_5H_{12}O$	359,1	112,0	9,5×5,0×4,0
15	Изобутиловый спирт	$C_{11}H_{22}O$	341,5	107,8	6,5×6,0×4,0
16	Изогексиловый спирт	$C_6H_{14}O$	385,1	151,6	10,0×6,0×3,5
17	Метанол	CH_4O	239	64	9,5×6,0×4,0
18	Пропанол	C_3H_8O	307,1	97	10,0×4,5×3,0
19	Толуол	C_7H_8	4,19	110,6	6,0×5,0×2,5
20	Диметиловый эфир	C_2H_6O	207,8	25	8,5×4,0×3,0

Контрольные вопросы

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

Библиографический список

1. Андросов, А.С., Салеев, А.П. Примеры и задачи по курсу «Теория горения и взрыва» Учеб. Пособие. М.: ГПС МЧС России. – 2008.–80с
2. Александров А.Н. Пожарная безопасность. – М.: Приор, 1998.
3. 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.
4. Пожарная техника. Учебное пособие из двух книг: (В.В. Тербнев, Н.И. Ульянов, В.А. Грачев) Книга 1 – Пожарно-техническое вооружение. Устройство и применение. – 2008.
5. Лопанов А.Н., Хомченко Ю.В. Пожаровзрывозащита: методические указания к выполнению лабораторных работ Методические указания.- Белгород: БГТУ, 2012. – 44 с.

План выпуска учеб.-метод. документ. 2016 г., поз. 31

Подписано в свет 13.05.2016.

Гарнитура «Таймс». Уч.-изд. л. 1,1. Объем данных 0,3 Мбайт.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет»
400074, Волгоград, ул. Академическая, 1
<http://www.vgasu.ru>, info@vgasu.ru