

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

ПОЖАРОВЗРЫВОЗАЩИТА

Методические указания
по выполнению курсовой работы

Составитель Т. В. Мельникова

Волгоград
ВолгГАСУ
2015



© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет», 2015

УДК 614.841.3(076.5)
ББК 38.96я73
П462

П462

Пожаровзрывозащита [Электронный ресурс] : методические указания по выполнению курсовой работы / М-во образования и науки Рос. Федерации, Волгогр. гос. архит.-строит. ун-т ; сост. Т. В. Мельникова. — Электронные текстовые и графические данные (0,2 Мбайт). — Волгоград : ВолгГАСУ, 2015. — Учебное электронное издание. — Систем. требования: PC 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/on-line/> — Загл. с титул. экрана.

Представлены задание и рекомендации по выполнению курсовой работы по дисциплине «Пожаровзрывозащита», в соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования.

В курсовой работе студентам предлагается самостоятельно на основании расчетных методов определить: 1) основные показатели пожаровзрывоопасности веществ и сравнить полученные значения с экспериментально установленными, имеющимися в справочной технической литературе; 2) интенсивность теплового излучения при пожарах проливов ЛВЖ и ГЖ.

Варианты заданий выбираются студентами согласно порядковому номеру в списке группы.

Для студентов направления подготовки «Техносферная безопасность» и специальности «Защита в чрезвычайных ситуациях» всех форм обучения.

Оглавление

I. РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЖАРОВЗРЫВО-ОПАСНОСТИ ВЕЩЕСТВ. МЕТОДЫ И ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА	4
1.1. Расчет коэффициента горючести	4
1.2. Расчет температуры горения веществ.....	4
1.3. Определение критических условий самовоспламенения горючих веществ.....	6
1.3.1. Расчет концентрационных пределов воспламенения.....	6
1.3.2. Расчет температурных пределов воспламенения веществ.....	7
1.3.3. Расчет минимальной флегматизирующей концентрации флегматизатора, минимального взрывоопасного и безопасного содержания кислорода.....	8
1.4. Расчет температуры вспышки и воспламенения жидкостей.....	9
1.5. Расчет температуры самовоспламенения веществ.....	11
II. РАСЧЕТ ИНТЕНСИВНОСТИ ТЕПЛООВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ ПОЖАРАХ ПРОЛИВОВ ЛВЖ И ГЖ.....	13
III. ВЫБОР ВАРИАНТА ЗАДАНИЯ И ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ.....	15
Рекомендуемая литература.....	16
Приложение (справочные данные).....	18

I. РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЖАРОВЗРЫВООПАСНОСТИ ВЕЩЕСТВ

МЕТОДЫ И ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА

Необходимым условием обеспечения безопасности людей при проведении любого технологического процесса, эксплуатации оборудования, зданий и сооружений является оценка пожаровзрывоопасных свойств обрабатываемых веществ. Эти данные необходимы для разработки мер предотвращения пожаров и взрывов, а также оценки условий их развития и подавления.

К основным показателям пожаровзрывоопасных свойств веществ, относят: горючесть; температуры – вспышки, воспламенения, самовоспламенения, горения; концентрационные и температурные пределы распространения пламени; минимальная флегматизирующая концентрация и др.

1.1. Расчет коэффициента горючести

Все вещества можно охарактеризовать коэффициентом горючести (K), который является безразмерным и служит для определения свойств горючести вещества:

$$K = 4n(C) + 4n(S) + n(H) + n(N) - 2n(O) - 2n(Cl) - 3n(F) - 4n(Br), \quad (1)$$

где: $n(C), n(S)$, - число атомов углерода, серы, водорода, азота, кислорода, хлора, фтора и брома в молекуле вещества.
 $n(H), n(N)$,
 $n(O), n(Cl)$,
 $n(F), n(Br)$

Когда коэффициент горючести (K) больше (или равен) единице ($K \geq 1$), то вещество является горючим. При значении K меньше единицы ($K < 1$) вещество негорючее.

Пример 1. Определим коэффициент горючести пропилового спирта $C_3H_7(OH)$.

В молекуле пропилового спирта содержится атомов: углерода $n(C)=3$; водорода $n(H)=8$, кислорода $n(O)=1$. Подставляя количество атомов в формулу 1, имеем $K=4*3+8-2*1=18$. $K > 1$, следовательно, пропиловый спирт – горючее вещество.

1.2. Расчет температуры горения веществ

Пожарная опасность веществ характеризуется температурными параметрами, одним из которых является температура горения.

Максимальная температура, до которой нагреваются продукты горения, называется температурой горения.

Температура горения определяется из уравнения теплового баланса:

$$Q_H = \sum C_{pi(v)i} \cdot V_{\text{ПГ}} \cdot (T_{\Gamma} - T_0). \quad (2)$$

Различают адиабатическую температуру горения, рассчитанную без учета потерь тепла в окружающее пространство, и действительную, учитывающую эти теплопотери.

При этом адиабатическая температура горения равна:

$$T_{\Gamma}^* = T_0 + \frac{Q_H}{\sum V_{\text{ПГ}}^0 \cdot C_{pi}}, \text{ К} \quad (3)$$

$$T_{\Gamma} = T_0 + \frac{Q_{\text{ПГ}}}{\sum V_{\text{ПГ}} \cdot C_{pi}}, \text{ К} \quad (4)$$

где: T_{Γ}^* - адиабатическая температура горения, К;

T_{Γ} - действительная температура горения, К;

T_0 - начальная температура, К;

$Q_{\text{ПГ}}$ - количество теплоты, затраченной на нагрев продуктов горения, кДж/моль, кДж/кг, кДж/м³;

Q_H - низшая теплота горения вещества, кДж/моль, кДж/кг, кДж/м³;

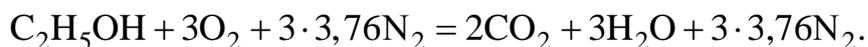
$V_{\text{ПГ}}$ - объем i -го компонента продуктов горения, кмоль/кмоль, м³/кг, м³/м³;

C_{pi} - удельная теплоемкость i -го компонента продуктов горения, кДж/(м³·К), кДж/(кмоль·К). Значения C_{pi} представлены в прил. 2.

Пример 2. Определим адиабатическую температуру горения этилового спирта

Расчет низшей адиабатической температуры горения этилового спирта производится в следующей последовательности:

1. Запишем уравнение материального баланса реакции горения:



2. Определим количество молей продуктов горения:

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = 3 \text{ моля}; V_{\text{N}_2} = 11,28 \text{ моля}; V_{\text{ПГ}} = 16,28 \text{ моля}.$$

3. Определим низшую теплоту сгорания по закону Гесса, взяв значения стандартные теплоты образования веществ из прил. 1 и 3:

$$Q_H = 2 \cdot 396,9 + 2 \cdot 242,2 - 278,2 = 1242,2 \text{ кДж/моль}.$$

3. Средняя энтальпия продуктов горения составит:

$$H_{\text{ср}} = 1242,2 / 16,28 = 76,3 \text{ кДж/моль}.$$

4. Определим приближенную температуру горения, воспользовавшись зависимостью теплосодержания газов от температуры (прил. 4), устанавливающей зависимость температуры от теплосодержания. Лучше всего это сделать ориентируясь на азот, так как его в продуктах горения больше всего. Из табл. прил. 4 видно, что при температуре 2100 °С теплосодержание азота 70,4 кДж/моль. Уточним, сколько потребовалось бы тепла, чтобы нагреть продукты горения до такой температуры $T_1=2100$ °С.

5. Рассчитываем теплосодержание продуктов горения

$$Q_H = H_{CO_2} \cdot V_{CO_2} + H_{H_2O} \cdot V_{H_2O} + H_{N_2} \cdot V_{N_2}^0, \text{ кДж/моль.}$$

При $T=2100$ °С:

$$Q_1=114,7 \cdot 2+93,4 \cdot 3+70,4 \cdot 11,28=1303,7 \text{ кДж/моль.}$$

6. Сравниваем Q_H и $Q_{ПГ}$, так как $Q_1 > Q_H$, выбираем температуру горения равной 2000 °С:

При $T_2=2000$ °С:

$$Q_2=108,6 \cdot 2+88,1 \cdot 3+66,8 \cdot 11,28=1235 \text{ кДж/моль.}$$

7. Так как $Q_2 < Q_H < Q_1$, определим адиабатическую температуру горения по формуле:

$$T_{\Gamma} = T_1 + \frac{(Q_{H(ПГ)} - Q_{ПГ})(T_2 - T_1)}{(Q_2 - Q_1)}, \text{ К.} \quad (5)$$

$$T_{\Gamma} = 2000 + \frac{(1242,2 - 1235)(2100 - 2000)}{(1303,7 - 1235)} = 2010 \text{ °С} = 2283 \text{ К.}$$

Адиабатическая температура горения этилового спирта составила 2283 К.

1.3. Определение критических условий самовоспламенения горючих веществ

1.3.1. Расчет концентрационных пределов воспламенения

Значения как нижнего, так и верхнего концентрационных пределов распространения пламени (КПР) можно рассчитать по аппроксимационной формуле:

$$\varphi_{H(B)} = \frac{100}{an + b}, \%, \quad (6)$$

где: n - число молей кислорода, необходимое для полного сгорания одного моля горючего вещества;

a и b - константы, имеющие определенные значения для нижнего и верхнего пределов, в зависимости от значения n .

В табл. 1 представлены величины a и b для расчета КПП в зависимости от значения n .

Таблица 1

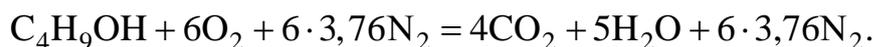
Величины a и b для расчета КПП

Область применения	a	b
Для вычисления нижнего предела	8,684	4,679
Для вычисления верхнего предела $n < 7,5$	1,550	0,560
Для вычисления верхнего предела $n > 7,5$	0,768	6,554

Пример 3. Рассчитаем КПП бутилового спирта.

Расчет КПП бутилового спирта производится в следующей последовательности:

1. Запишем уравнение реакции горения бутилового спирта:



2. Рассчитаем нижний концентрационный предел распространения пламени, используя формулу б:

$$\varphi_{\text{Н}} = \frac{100}{8,684 \cdot 6 + 4,679} = 1,76 \text{ \%}.$$

3. Рассчитаем верхний концентрационный предел распространения пламени, используя формулу б:

$$\varphi_{\text{В}} = \frac{100}{1,550 \cdot 6 + 0,560} = 10,14 \text{ \%}.$$

Экспериментальные значения КПП, приведенные в справочной литературе составляют 1,7 и 11 %. Сравнивая их с расчетными, убеждаемся, что для бутилового спирта расхождение расчетных и экспериментальных данных небольшое.

1.3.2. Расчет температурных пределов воспламенения веществ

Температурные пределы воспламенения жидкостей рассчитывают по температуре кипения:

$$t_{\text{H(В)}} = k \cdot T_{\text{кип}} - l, \text{ К} \quad (7)$$

где: $t_{\text{H(В)}}$ - нижний (верхний) температурный предел (воспламенения);

- $t_{\text{кип}}$ - температура кипения, °С (прил. 3);
 k, l - константы для определенных групп (гомологических рядов) жидкостей (прил. 5).

Пример 4. Рассчитаем температурные пределы воспламенения метилового спирта.

Расчет безопасной температурных пределов воспламенения метилового спирта производится в следующей последовательности:

1. Из прил. 5 выбираем величины k и l , согласно гомологическому ряду спиртов:

$$k_{\text{в/н}} = 0,5476/0,6928 \quad l_{\text{в/н}} = 33,7/15.$$

2. Подставляем в (7) значения k и l , а также значение $T_{\text{кип}}$ (из прил. 3), получим:

$$t_B = 0,5476 \cdot 64,7 - 33,7 = 3,7 \text{ °С} = 277,7 \text{ К.}$$

$$t_H = 0,6928 \cdot 64,7 - 15,0 = 30 \text{ °С} = 303 \text{ К.}$$

Следовательно, температурные пределы воспламенения метилового спирта составили, верхний – $t_B=277,7 \text{ К}$, а нижний – $t_H=303 \text{ К}$.

1.3.3. Расчет минимальной флегматизирующей концентрации флегматизатора, минимального взрывоопасного и безопасного содержания кислорода

Концентрация инертного газа (флегматизатора), при которой верхний и нижний пределы воспламенения смыкаются, называется минимальной флегматизирующей концентрацией (Φ_{ϕ}). Содержание кислорода в такой системе называется минимальным взрывоопасным содержанием кислорода (МВСК). Содержание кислорода ниже МВСК называется безопасным и обозначается ($\Phi_{\text{O}_2}^{\text{без}}$).

Расчет минимальной флегматизирующей концентрации и содержания кислорода: минимального взрывоопасного и безопасного, осуществляют по формулам:

$$\Phi_{\phi} = \frac{h'_i \cdot \Delta H^{\circ}_f + h'_{\phi} + \sum h'_i \cdot m_i}{h''_{\phi} - 1 + \sum h''_i \cdot m_i}, \% \text{ об.} \quad (8)$$

$$\Phi_{\text{O}_2} = \frac{100 - \Phi_{\phi}}{4,844}, \% \text{ об.} \quad (9)$$

$$\varphi_{O_2}^{\text{без}} = 1,2 \cdot \varphi_{O_2} - 4,2 \quad , \% \text{ об}, \quad (10)$$

где: ΔH_f° - стандартная теплота образования горючего, Дж/моль;
 h_i, h_i, h_i - константы, зависящие от вида химического элемента в молекуле горючего и вида флегматизатора (прил. 6);
 h_ϕ - количество атомов i -го элемента (структурной группы) в молекуле горючего.

Пример 5. Рассчитаем безопасную концентрацию кислорода при разбавлении углекислым газом паров ацетона.

Расчет безопасной концентрации кислорода производится в следующей последовательности:

1. Определим теплоту образования ацетона, из прил. 3. Она составляет $248,1 \cdot 10^3$ Дж/моль.

2. Исходя из химической формулы ацетона ($CH_3-CO-CH_3$) определим количество атомов углерода, водорода и кислорода:

$$m_c=3, m_H=6, m_O=1.$$

3. Используя формулу (8) и данные приложения 6, рассчитаем минимальную флегматизирующую концентрацию (φ_ϕ):

$$\varphi_\phi = \frac{0,735 \cdot 10^{-5} \cdot 248,1 \cdot 10^3 + 0,579 + 1,251 \cdot 3 + 0,418 \cdot 6 + 0,542 \cdot 1}{2,020 - 1 + 4,642 \cdot 3 + 1,160 \cdot 6 - 2,321 \cdot 1} 100 = 47 \% \text{ об}.$$

4. Используя формулу (9) рассчитаем минимальную взрывоопасную концентрацию кислорода (φ_{O_2}):

$$\varphi_{O_2} = \frac{100 - 47}{4,844} = 10,9 \% \text{ об}.$$

5. По формуле (10) рассчитаем безопасную концентрацию кислорода ($\varphi_{O_2}^{\text{без}}$):

$$\varphi_{O_2}^{\text{без}} = 1,2 \cdot 10,9 - 4,2 = 8,6 \% \text{ об}.$$

Следовательно, при снижении концентрации кислорода до 8,6 % в четырехкомпонентной системе, состоящей из паров ацетона, диоксида углерода, азота и кислорода, смесь становится взрывоопасной. При содержании же кислорода, равном 10,9 %, эта смесь будет предельной по взрываемости.

1.4. Расчет температуры вспышки и воспламенения жидкостей

Температурой вспышки называется наименьшая температура жидкости, при которой она, испаряясь, образует концентрацию паров в смеси с воздухом, способную дать вспышку при наличии источника зажигания:

Существует несколько методов определения температуры вспышки:

1. Используя формулу Элея.

$$T_{\text{всп}} = T_{\text{кип}} - 18\sqrt{K}, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (11)$$

где: K - коэффициент горючести вещества (рассчитанный по формуле(1)).

2. Используя нижний температурный предел воспламенения вещества,

$$T_{\text{всп}} = \frac{t_H + 2}{0,875}, \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (12)$$

Формула (9) справедлива только при определенных условиях:

$$60^\circ\text{C} > T_{\text{всп}} \geq 0.$$

Пример 6. Рассчитаем температуру вспышки пропилового спирта.

Расчет температуры вспышки пропилового спирта производится в следующей последовательности:

1. Определим коэффициент горючести пропилового спирта, согласно примеру 1, $K=18$, вещество является горючим.

2. Из прил. 3 находим температуру кипения:

$$T_{\text{кип}}=98,8 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

3. Используя формулу (11), определим температуру вспышки:

$$T_{\text{всп}} = 97,8 - 18\sqrt{18} = 97,8 - 76,37 = 21,4^\circ\text{C}.$$

Следовательно, температура вспышки пропилового спирта равна $21,4 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Температурой воспламенения называется наименьшая температура жидкости, при которой, испаряясь она образует концентрацию пара в смеси с воздухом, способную воспламениться от источника зажигания и продолжать гореть после его удаления.

Температуру воспламенения ($T_{\text{в}}$) индивидуальных жидкостей вычисляют по формуле

$$T_{\text{в}} = a_0 + a_1 \cdot T_{\text{кип}} + \sum a_j l_j, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (13)$$

где: a_0 - размерный коэффициент, равный $-47,78 \text{ } ^\circ\text{C}$;

a_1 - безразмерный коэффициент, равный $0,882$;

a_j - эмпирические коэффициенты (прил. 7).

Пример 7. Рассчитаем температуру воспламенения пропилового спирта.

Рассчитаем температуру воспламенения пропилового спирта (по формуле (13)):

$$T_B = -47,78 + 0,882 \cdot 98,8 + (-2,118 \cdot 3 + 8,216) = 41,2, ^\circ\text{C}.$$

Следовательно, температура воспламенения припилового спирта составила 41,2 °С.

1.5. Расчет температуры самовоспламенения веществ

Многие горючие вещества способны к самовоспламенению, то есть возгоранию без источника зажигания. Процесс самовоспламенения протекает при определенной температуре, характерной только для определенного вещества.

Самая низкая температура вещества, при которой пламенное горение паро-, газообразных продуктов разложения возникает самопроизвольно за счет химической реакции окисления горючего вещества, будет являться температурой самовоспламенения ($T_{\text{св}}$).

Температура самовоспламенения $T_{\text{св}}$, приведенная в справочниках, получена экспериментально по стандартной методике для горючей смеси стехиометрического состава. Установлено, что в пределах гомологического ряда величина $T_{\text{св}}$ является функцией длины углеродной цепи в молекуле. Чем длиннее цепь, тем ниже температура самовоспламенения. Метод расчета $T_{\text{св}}$ основан на эмпирической зависимости $T_{\text{св}}$ от средней длины углеродной цепи.

Углеродная цепь - это цепочка атомов углерода от одного конца молекулы до другого. *Длина цепи* - это число атомов углерода в такой цепи.

Данный метод пригоден для расчета $T_{\text{св}}$ алифатических углеводородов, алифатических спиртов и ароматических углеводородов.

Задача состоит в том, чтобы по структурной формуле химического соединения найти для него среднюю длину углеродных цепей.

Для определения числа цепей используют формулу:

$$m = \frac{M_P(M_P - 1)}{2}, \quad (14)$$

где: M_P - число концевых функциональных групп (метил (-CH₃), гидроксил (-ОН) и фенил (-C₆H₅)).

Для расчета средней длины углеродных цепей применяют формулу:

$$l_{\text{ср}} = \frac{\sum ni \cdot li}{\sum ni}. \quad (15)$$

А затем по значению средней длины цепи в молекуле, используя справочные данные (прил. 8) или расчетным путем можно определить температуру самовоспламенения:

$$T_{\text{св}} = 300 + 116 \cdot \sqrt{5 - l_{\text{ср}}}, K, \quad l_{\text{ср}} \leq 5, \quad (16)$$

II. РАСЧЕТ ИНТЕНСИВНОСТИ ТЕПЛООВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ ПОЖАРАХ ПРОЛИВОВ ЛВЖ И ГЖ

При разрушении резервуара с ЛВЖ, ГЖ выброс горючего вещества в атмосферу приводит к образованию облака смеси паров (газов) с воздухом, способное гореть с внешней оболочки по дефлаграционному механизму и образует огненный шар. При этом высокотемпературные продукты горения начинают светиться и излучать тепловую энергию, что приводит к возникновению ожогов кожных покровов у людей, находящихся на опасных расстояниях.

Интенсивность теплового излучения q для пожара пролива ЛВЖ, ГЖ определяют по формуле:

$$q = E_f \cdot F_q \cdot \tau, [\text{кВт} \cdot \text{м}^{-2}], \quad (18)$$

где: E_f - среднеповерхностная площадь теплового излучения пламени, $\text{кВт} \cdot \text{м}^{-2}$;

F_q - угловой коэффициент облученности;

τ - коэффициент пропускания атмосферы.

Для огненного шара примем, что $E_f = 450 \text{ кВт} \cdot \text{м}^{-2}$.

Угловой коэффициент облученности F_q определяют по формуле:

$$F_q = \frac{\frac{H}{d_s} + 0,5}{4 \left[\left(\frac{H}{d_s} + 0,5 \right)^2 + \left(\frac{r}{d_s} \right)^2 \right]^{1,5}}, \quad (19)$$

где: H - высота центра огненного шара, м^2 ;

d_s - эффективный диаметр огненного шара, м ;

r - расстояние от облучаемого объекта до точки на поверхности земли непосредственно под центром огненного шара, м .

Эффективный диаметр огненного шара d_s определяют по формуле:

$$d_s = 5,33m^{0,327}, \text{ м}, \quad (20)$$

где: m - масса горючего вещества, кг .

Величину H примем равной:

$$H = \frac{d_s}{2}, \text{ м}, \quad (21)$$

Время существования огненного шара τ_s определяют по формуле:

$$\tau_s = 0,92m^{0,303}, \text{ с}. \quad (22)$$

Коэффициент пропускания атмосферы τ определяют по формуле:

$$\tau = \exp \left[-7,0 \cdot 10^{-4} \left(\sqrt{r^2 + H^2} - \frac{d_s}{2} \right) \right], \text{ с}, \quad (23)$$

Пример 9. Определим интенсивность теплового излучения на расстоянии 760 м при разрыве сферической емкости с пропаном объемом 800 м³ в очаге пожара. Плотность жидкой фазы 550 кг/м³. Степень заполнения резервуара – 80 %.

Расчет интенсивность теплового излучения производится в следующей последовательности:

1. Рассчитаем массу горючего в огненном шаре:

$$m = V \cdot \rho \cdot \alpha, \text{ кг}, \quad (24)$$

где: V - объем резервуара, м³;
 ρ - плотность жидкой фазы, кг/м³;
 α - степень заполнения резервуара.

$$m = 800 \cdot 550 \cdot 0,8 = 3,52 \cdot 10^5, \text{ кг}.$$

2. По формуле (20) определим эффективный диаметр огненного шара:

$$d_s = 5,33(3,52 \cdot 10^5)^{0,327} = 347 \text{ м}.$$

3. По формуле (21) определим высоту центра огненного шара:

$$H = \frac{347}{2} = 173,5, \text{ м}.$$

4. По формуле (19) определим угловой коэффициент облученности:

$$F_q = \frac{\frac{173,5}{347} + 0,5}{4 \left[\left(\frac{173,5}{347} + 0,5 \right)^2 + \left(\frac{760}{347} \right)^2 \right]^{1,5}} = \frac{1}{4(1^2 + 2,2^2)^{1,5}} = 0,018.$$

5. По формуле (23) определим коэффициент пропускания атмосферы:

$$\tau = \exp \left[-7,0 \cdot 10^{-4} \left(\sqrt{760^2 + 173,5^2} - \frac{347}{2} \right) \right] = 0,65 \text{ с}.$$

6. По формуле (18) определим интенсивность теплового излучения:

$$q = 450 \cdot 0,018 \cdot 0,65 = 5,32 \text{ кВт/м}^2.$$

Следовательно, интенсивность теплового излучения при разрыве сферической ёмкости с пропаном составила 5,32 кВт/м².

III. ВЫБОР ВАРИАНТА ЗАДАНИЯ И ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

В курсовой работе студентам предлагается самостоятельно рассчитать:
1) основные показатели пожаровзрывоопасности веществ и сравнить полученные значения с экспериментально установленными показателями пожарной опасности, имеющимися в справочной технической литературе; 2) интенсивность теплового излучения при пожарах проливов ЛВЖ и ГЖ.

1. Расчет основные показатели пожаровзрывоопасности веществ.

Для вещества А (выбрать из табл. 2 в соответствии с номером варианта задания) рассчитать основные показатели пожаровзрывоопасности веществ и сравнить полученные расчетные значения со справочными данными. Сделать выводы.

Таблица 2

Варианты заданий для расчета основных показателей пожароопасности веществ

№ варианта	Вещество А	Химическая формула
1	Метанол	CH_3OH
2	Бутанол-1	$\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$
3	Изопропиловый спирт	$\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$
4	Амиловый спирт	$\text{C}_5\text{H}_{11}\text{OH}$
5	Ацетон Диметилбутан	CH_3OCH_3
6	Метилэтилкетон	$\text{CH}_3\text{COC}_2\text{H}_5$
7	Диэтилкетон	$\text{C}_2\text{H}_5\text{COC}_2\text{H}_5$
8	2-октанол	$\text{C}_8\text{H}_{17}\text{OH}$
9	2,4-диметил-пентанол-3	$\text{C}_7\text{H}_{15}\text{OH}$
10	2-метил-1-бутанол	$\text{C}_5\text{H}_{11}\text{OH}$
11	4-метил-1-пентанол	$\text{C}_6\text{H}_{13}\text{OH}$
12	4-метил-2-пентанол	$\text{C}_6\text{H}_{13}\text{OH}$
13	Пентанол-1	$\text{C}_5\text{H}_{11}\text{OH}$
14	2-метил-2-бутанол	$\text{C}_5\text{H}_{11}\text{OH}$
15	3-метил-2-бутанол	$\text{C}_5\text{H}_{11}\text{OH}$
16	Этанол	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$
17	Пропанол-1	$\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$
18	Бутанол-2	$\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$
19	Пентанол-3	$\text{C}_5\text{H}_{11}\text{OH}$
20	2,6-диметил-4-гептанол	$\text{C}_9\text{H}_{19}\text{OH}$
21	4-метил-2-этилпентанол	$\text{C}_8\text{H}_{17}\text{OH}$
22	2-метил-1-пропанол	$\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$

Варианты заданий выбираются студентами самостоятельно, согласно порядковому номеру в списке группы.

2. Расчет интенсивности теплового излучения при пожарах проливов ЛВЖ и ГЖ.

Для вещества А (из табл. 3 в соответствии с номером варианта задания) рассчитать интенсивность теплового излучения на расстоянии r , при разрыве ёмкости с горючей смесью объемом V , в очаге пожара, со степенью заполнения резервуара α и плотностью горючего ρ .

Таблица 3

Варианты заданий для расчета интенсивности теплового излучения

№ варианта	Горючее вещество	Расстояние r , м	Объем V , м ³	Плотность ρ , кг/м ³	α
1	Метан	360	500	720	0,8
2	Метанол	900	600	795	0,75
3	Этан	600	438	760	0,8
4	Этанол	1200	500	789	0,75
5	Пропан	440	1500	530	0,8
6	Пропанол	400	500	804	0,8
7	Ацетон	960	300	790	0,8
8	Бензол	1200	800	880	0,8
9	Гексан	460	300	666	0,8
10	Глицерин	900	489	1250	0,8
11	Амиловый спирт	1300	500	820	0,75
12	Диэтиловый эфир	900	800	715	0,8
13	Толуол	600	390	870	0,8
14	Этиленгликоль	800	180	1120	0,8
15	Трансформаторное	1200	500	880	0,8
16	Подсолнечное	960	300	920	0,8
17	Нефть	700	800	730	0,8
18	Нефть	600	850	1040	0,8
19	Керосин	850	1500	845	0,8
20	Керосин	1000	1200	865	0,8
21	Бензин	2000	800	720	0,8
2	Бензин	1300	1000	800	0,8

Рекомендуемая литература

1. Ассовский И. Г. Теория горения и внутренняя баллистика Издательство: Наука, 2005. 357с.
2. ГОСТ 12.1.044. -89 Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения.
3. Девесилов В. А., Дроздова Т. И., Тимофеева С. С. Теория горения и взрыва: практикум: учебное пособие. М.: ФОРУМ, 2012. 352 с.
4. Демидов П. Г., Саушев В. С. Горение и свойства горючих веществ: Учебное пособие. М.: ВИПТШ МВД СССР, 1984. 278 с.

5. Демидов П. Г., Шандыба В. А., Щеглов П. П. Горение и свойства горючих веществ. М.: Химия, 1981. 272 с.
6. Карауш С. А. Теория горения и взрыва. М.: Academia, 2013. 208 с.
7. Кукин П. П., Юшин В. В, Емельянов С. Г. Теория горения и взрыва. М.: Юрайт, 2012. 448 с.
8. Новые правила противопожарного режима в Российской Федерации: текст с изм. и доп. на 2014 г. М.: Эксмо, 2014. 96 с.
9. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения (Справочное издание в двух книгах) / А. Н. Баратов, А. Я. Корольченко, Г. Н. Кравчук и др. М.: Химия, 1990.
10. Портола В. А., Луговцова Н. Ю., Торосян Е. С. Расчет процессов горения и взрыва. Томск: Томский политехнический университет, 2012. 108 с.
12. Тотая А. В., Казакова О. Г. Теория горения и взрыва: учебник и практикум / под общ. ред. А. В. Тотая, О. Г. Казакова. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Юрайт, 2013. 352 с.

Приложение

Таблица П.1

Стандартные энтальпии образования и энтропии некоторых веществ

№п/п	Вещество	M, кг/моль	ρ , кг/м ³	$T_{пл}$, К	$T_{кип}$, К	ΔH_f^0 , кДж/моль
3	CO ₂	44,01	1,977	216,4	194,5	396,9
8	H ₂ O	18,02	0,768	273	373,0	242,2
9	N ₂	28,01	1,251	63	77,2	0
10	O ₂	32,00	1,429	54,6	90,1	0

Таблица П.2

Удельные теплоемкости продуктов горения

№п/п	Вещество	Химическая формула	Удельная теплоемкость C_{pi}	
			кДж(м ³ ·К)	кДж/(моль·К)
1	Азот	N ₂	1,41	$3,18 \cdot 10^{-2}$
2	Вода (пар)	H ₂ O	1,78	$3,98 \cdot 10^{-2}$
3	Воздух	O ₂ +3,76N ₂	1,44	$3,23 \cdot 10^{-2}$
5	Диоксид углерода	CO ₂	2,27	$5,08 \cdot 10^{-2}$
6	Оксид углерода	CO	1,5	$3,37 \cdot 10^{-2}$

Таблица П.3

Теплота образования веществ, температура кипения и значения коэффициентов A, B, C

№ п/п	Вещество А	Теплота образования ΔH_f , кДж/моль	Температура кипения, °С	Коэффициенты уравнения Антуана $\lg P=A-(B/(C+t))$, P, кПа		
				A	B	C
1	Метанол	239,0	64,7	18,5875	3626,55	-34,29
2	Бутанол-1	341,5	117,5	17,2160	3137,02	-94,43
3	Изопропиловый спирт	320,3	82,2	18,6929	3640,20	-53,54
4	Амиловый спирт	359,1	138	7,1824	1287,62	161,33
5	Ацетон	248,1	56,2	16,6513	2940,46	-35,93
6	Метилэтилкетон	256	79,6	16,5986	3150,42	-36,65
7	Диэтилкетон	267	81	16,8138	3410,51	-40,15
8	2-октанол	380,5	178,5	6,0200	1335,88	151,79
9	2,4-диметил-пентанол-3	370,5	138,7	5,6193	1029,6	146,1
10	2-метил-1бутанол	305,8	128,0	6,2969	1258,33	109,16
11	4-метил-1-пентанол	325,7	151,6	7,0511	1273,35	153,56
12	4-метил-2-пентанол	344,2	133,0	7,5919	2174,87	257,78
13	Пентанол-1	307,1	138	16,5270	3026,89	-105
14	2-метил-2-бутанол	330	102,3	6,44711	1252,22	180,31
15	3-метил-2-бутанол	314,2	112,0	6,9421	1090,90	157,2

16	Этанол	278,2	78,4	18,9119	3803,98	-41,68
17	Пропанол-1	307,1	97,8	17,5439	3166,38	-80,15
18	Бутанол-2	274,43	99,5	17,2102	3026,03	-86,65
19	Пентанол-3	316	116,0	6,57423	1354,42	183,41
20	2,6-диметил-4-гептанол	412,1	176,5	5,66299	1144,81	135,0
21	4-метил-2-этилпентанол	385,0	177,3	5,70756	1134,599	129,195
22	2-метил-1-пропанол	283,2	107,8	7,83005	2058,392	245,642

Таблица П.4

Энтальпия (теплосодержание) газов при постоянном давлении

Температура, °С	H, кДж/моль					
	O ₂	N ₂	Воздух	CO ₂	H ₂ O	SO ₂
0	0	0	0	0	0	0
100	3,0	2,9	2,9	3,8	3,3	4,1
200	6,0	5,8	5,8	8,0	6,8	8,5
300	9,1	8,8	8,9	12,5	10,4	13,2
400	12,4	11,8	11,9	17,3	14,0	18,2
500	15,7	14,9	15,1	22,3	17,8	23,3
600	19,1	18,1	18,3	27,5	21,7	28,5
700	22,5	21,3	21,5	32,8	25,8	33,9
800	26,0	24,6	24,8	38,2	29,9	39,3
900	29,6	28,0	28,2	43,8	34,2	44,8
1000	33,1	31,3	31,6	49,4	38,6	50,3
1100	36,8	34,8	35,1	55,1	43,2	55,9
1200	40,4	38,2	38,6	60,9	47,8	61,5
1300	44,0	41,7	42,1	66,8	52,6	67,2
1400	47,7	45,3	45,6	72,7	57,4	72,3
1500	51,5	48,8	49,2	78,6	62,3	78,4
1600	55,2	52,4	52,8	84,6	67,3	84,1
1700	59,0	55,9	56,4	90,5	72,4	89,8
1800	62,8	59,5	60,0	96,6	77,6	95,6
1900	66,6	63,1	63,6	102,6	82,8	101,2
2000	70,4	66,8	67,3	108,6	88,1	107,1
2100	74,2	70,4	71,0	114,7	93,4	112,7
2200	78,1	74,1	74,7	120,8	98,8	118,5
2300	82,0	77,8	78,4	126,9	104,2	124,2
2400	85,9	81,5	82,1	133,0	109,6	130,0
2500	89,9	85,1	85,9	139,1	115,1	135,8
2600	94,0	89,0	89,3	145,3	119,4	141,5
2700	97,9	92,6	93,1	151,5	124,8	147,3
2800	101,8	96,4	96,8	157,6	130,3	153,0
2900	105,1	100,5	100,5	163,8	135,8	158,8
3000	110,1	103,8	104,2	169,9	141,2	164,7

Таблица П.5

**Величина параметров k и l для вычисления температурных пределов
воспламенения жидкостей**

Гомологический ряд	Параметры	
	k	l
Нормальные жирные спирты	<u>0,5476</u>	<u>33,7</u>
	0,6928	15
2-метилкарбинолы	<u>0,6582</u>	<u>44,1</u>
	0,7278	21,5
н-алкилформиаты	<u>0,5359</u>	<u>47,6</u>
	0,6050	25,0
н-алкилацетаты	<u>0,5940</u>	<u>50,9</u>
	0,7761	40,8

Таблица П.6

**Значение параметров для расчета минимальной флегматизирующей концентрации
инертных газов**

Параметр	Значения параметров при разбавлении смеси		
	азотом	водяным паром	двуокисью углерода
h_{f_0} , моль/кДж	$0,864 \cdot 10^{-5}$	$0,800 \cdot 10^{-5}$	$0,735 \cdot 10^{-5}$
h_{Φ}	1,256	0,780	0,579
h_C	2,5277	1,651	1,251
h_H	0,7592	0,527	0,418
h_O	0,197	1,446	0,542
h_N	-0,151	-0,147	-0,135
h_{Φ}	2,800	2,236	2,020
h_C	5,946	5,00	4,642
h_H	1,486	1,250	1,160
h_O	-2,973	-2,500	-2,321
h_N	0	0	0

Таблица П.7

Эмпирические значения коэффициента a_j

Вид связи	a_j , °C	Вид связи	a_j , °C
C-C	0,027	C-N	-5,876
C-H	-2,118	O-H	8,216
C-O	-0,111		

Таблица П.8

**Температура самовоспламенения предельных углеводородов
в зависимости от средней длины углеводородной цепи**

l_{cp}	$T_{св}, K$	l_{cp}	$T_{св}, K$	l_{cp}	$T_{св}, K$
2,0	737	5,2	582	8,4	525
2,1	736	5,3	579	8,5	524
2,2	734	5,4	577	8,6	523
2,3	732	5,5	574	8,7	522
2,4	730	5,6	572	8,8	521

2,5	728	5,7	569	8,9	520
2,6	725	5,8	567	9,0	519
2,7	721	5,9	564	9,1	519
2,8	716	6,0	562	9,2	518
2,9	711	6,1	560	9,3	517
3,0	706	6,2	557	9,4	516
3,1	696	6,3	555	9,5	516
3,2	693	6,4	553	9,6	515
3,3	636	6,5	551	9,7	514
3,4	678	6,6	549	9,8	513
3,5	669	6,7	547	9,9	513
3,6	658	6,8	545	10	512
3,7	649	6,9	543	10,5	509
3,8	642	7,0	542	11,0	507
3,9	634	7,1	540	11,5	506
4,0	628	7,2	539	12,0	505
4,1	623	7,3	537	12,5	505
4,2	619	7,4	536	13,0	504
4,3	614	7,5	535	13,5	504
4,4	610	7,6	534	14,0	503
4,5	606	7,7	533	14,5	503
4,6	602	7,8	531	15,0	502
4,7	599	7,9	530	15,5	502
4,8	595	8,0	529	16,0	501
4,9	592	8,1	528	16,5	501
5,0	588	8,2	527	17,0	500
5,1	585	8,3	526	17,5	500

План выпуска учеб.-метод. документ. 2015 г., поз. 29

Публикуется в авторской редакции

Подписано в свет 28.12.2015.

Гарнитура «Таймс». Уч.-изд. л. 1,2. Объем данных 0,2 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