



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ДГТУ)**

Факультет Безопасность жизнедеятельности и инженерная экология»
Кафедра Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды»

Л.Е. Пустовая

Методические указания

для самостоятельной работы студентов

заочной формы обучения специальности

20.05.01 Пожарная безопасность

по дисциплине

«Физико-химические основы развития и тушения пожаров»

Ростов-на-Дону

2022

Составитель: к.х.н. Пустовая Л.Е.

УДК 504.054(07)

Методические указания и контрольные задания для студентов-заочников по дисциплине "Физико-химические основы развития и тушения пожара" / ДГТУ, Ростов-на-Дону, 2022, 10 с.

Печатается по решению методической комиссии факультета «БЖ и ИЭ» для студентов специальности 20.05.01.

Научный редактор – профессор Булыгин Ю.И.

Рецензент – к.в.н. Мереняшев В.Е.

© Донской государственный
технический университет
2022

ЦЕЛЬ ПРЕПОДАВАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

- формирование у студентов знаний о физико-химических основах процессов горения, развития и тушения пожаров, сопровождающих техногенную деятельность человека.

ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

При ответе на теоретические вопросы контрольной работы выбор номеров вопросов осуществляется по последней и предпоследней цифрам учебного шифра студента (**Таблица 1**). Также необходимо решить задачу, вариант которой соответствует предпоследней цифре учебного шифра студента.

Таблица 1.

Номера вопросов		Последняя цифра номера зачетной книжки									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Предпоследняя цифра номера зачетной книжки	1	1, 11, 21	2, 12, 22	3, 13, 23	4, 14, 24	5, 15, 25	6, 16, 26	7, 17, 27	8, 18, 28	9, 19, 20	10, 20, 30
	2	9, 20, 30	8, 19, 29	7, 18, 28	6, 17, 27	5, 16, 26	4, 15, 25	3, 14, 24	2, 13, 23	1, 12, 22	10, 21, 5
	3	2, 21, 14	3, 22, 13	4, 23, 14	5, 24, 15	6, 25, 16	7, 26, 17	8, 27, 18	9, 28, 19	10, 29, 7	11, 22, 1
	4	3, 15, 20	4, 11, 8	23, 1, 29	9, 13, 28	21, 2, 17	20, 1, 6	27, 5, 12	28, 6, 3	29, 13, 2	30, 19, 26
	5	12, 8, 21	13, 9, 30	14, 7, 29	15, 6, 28	16, 1, 27	17, 2, 26	18, 3, 25	19, 2, 24	20, 11, 19	21, 8, 13
	6	4, 14, 28	3, 12, 24	5, 25, 3	8, 16, 30	9, 18, 24	10, 2, 20	1, 21, 4	2, 23, 15	16, 22, 9	15, 30, 22
	7	7, 27, 10	6, 26, 13	5, 15, 8	4, 24, 6	3, 23, 9	2, 22, 1	1, 21, 4	30, 8, 28	23, 17, 25	26, 10, 4
	8	1, 12, 25	2, 17, 23	3, 23, 9	4, 15, 7	5, 18, 20	6, 29, 8	7, 14, 11	8, 19, 24	10, 24, 6	11, 25, 19
	9	9, 17, 20	8, 13, 21	7, 24, 13	5, 12, 28	6, 23, 12	8, 29, 11	4, 30, 21	3, 25, 17	21, 15, 19	22, 7, 16
	0	1, 15, 27	2, 16, 24	3, 17, 10	4, 18, 27	5, 19, 30	6, 20, 11	7, 21, 16	8, 22, 17	19, 23, 18	18, 24, 10

ВОПРОСЫ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

1. Определение пожара как физического явления и его отличительные особенности на современных объектах
2. Физика и химия процессов горения.
3. Структура диффузионных племён газообразных, жидких и твердых горючих материалов.
4. Особенности механизма горения газообразных, жидких и твердых горючих веществ и материалов на пожаре
5. Параметры пожара
6. Зоны пожара
7. Объект пожара как энергетическая система
8. Стационарное горение жидкости в резервуаре (первый частный случай)
9. Нестационарное горение жидкости в резервуаре (второй частный случай)
10. Горение твердых горючих материалов (третий частный случай)
11. Горение неоднородных горючих материалов (четвертый частный случай)
12. Общие закономерности развития открытых пожаров
13. Открытые пожары и их отличительные особенности
14. Особенности пожаров на газовых, газонефтяных и нефтяных фонтанах
15. Понятие динамики пожаров
16. Тепловой режим пожара
17. Газообмен на внутреннем пожаре
18. Характерные схемы развития некоторых видов пожаров
19. Особенности динамики пожаров на транспорте
20. Эффективное тушение пожаров как последняя мера обеспечения пожарной безопасности
21. Тушение пожара как осуществление физического процесса
22. Тепловая теория потухания пламени
23. Физико-химические механизмы прекращения горения пламени
24. Зависимость механизма прекращения горения от режима горения и агрегатного состояния горючих веществ
25. Понятие огнетушащих средств и их классификация
26. Механизм прекращения горения пламени нейтральными газами
27. Механизм прекращения горения пламени химически активными ингибиторами
28. Пены как огнетушащие средства
29. Порошковые огнетушащие средства
30. Вода как огнетушащее средство

ЗАДАЧА

Физико-химические основы развития и тушения пожаров позволяют определить научно обоснованные методы и средства предупреждения пожаров и средств сигнализации и оповещения о возникновении источника возгорания. Методика определения количества и мест установки первичных преобразователей информации (датчиков) о составе воздушной среды помещений в системах взрывопредупреждения разработана в качестве дополнения к ГОСТ 12.1.010—76, СТ СЭВ 3517—81, СНиП 11—33—75, ВСН—64—86 и регламентирует расчет количества и месторасположения первичных преобразователей информации (датчиков) стационарных автоматических систем взрывопредупреждения для помещений с производствами категорий А, Б и Е. Методика носит рекомендательный характер для вновь проектируемых и реконструируемых химических предприятий.

По настоящей методике рассчитывают пространственную плотность размещения первичных преобразователей информации (датчиков) о довзрывоопасных концентрациях горючих газов, паров и их смесей в воздухе помещения.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА

Исходные характеристики проектируемого цеха приведены в табл. 2 по варианту.

Таблица 2 - Исходные характеристики проектируемого цеха

Характеристика помещения	Четный вариант	Нечетный вариант
Кратность воздухообмена	9	10
Длина цеха, м	100	120
Ширина цеха, м	20	15
Высота цеха, м	5	8
Высота расположения вероятного источника утечки горючего газа или пара, м	1	
Температура воздуха в цехе, Тв, °С	25	
Температура газа, Тг, °С	50	

1. Расчет показателей, определяющих эффективность систем взрывопредупреждения

Для контроля состава воздушной среды с целью предотвращения образования взрывоопасных смесей горючих газов и паров и обеспечения в воздухе производственных помещений содержания взрывоопасных смесей, не превышающего нижний концентрационный предел воспламенения (НКПВ) с учетом коэффициента безопасности, следует применять системы взрывопредупреждения, сблокированные с технологической и аварийной вентиляцией.

Количество воздуха, которое необходимо подавать в помещения для обеспечения требуемых параметров воздушной среды в рабочей или обслуживаемой зоне помещений, следует определять расчетом на основании СНиП 11—33—75.

Количество воздуха, необходимое для предотвращения образования взрывоопасной концентрации веществ в воздухе рабочих помещений, следует определять при параметрах наружного воздуха А или Б, принятых в расчете системы, а установленные метеорологические условия в помещениях следует обеспечивать в пределах этих параметров.

При отсутствии данных о количестве вредных веществ, выделяющихся в воздух помещений, допускается определять количество вентиляционного воздуха по кратности воздухообмена, установленной ведомственными нормативными документами.

Производительность аварийной вентиляции следует предусматривать в таком объеме, чтобы она совместно с технологической вентиляцией обеспечивала в помещении не менее восьми воздухообменов в 1 ч по полному внутреннему объему помещения. При этом в помещениях насосных и компрессорных станций с производствами категорий А, Б и Е аварийная вентиляция должна обеспечивать не менее восьми воздухообменов в 1 ч в дополнение к воздухообмену, создаваемому технологической вентиляцией.

Производительность технологической вентиляции q_v ($\text{м}^3/\text{с}$) определяют по формуле:

$$q_v = \frac{K_p K_n Q_c}{3600}, \quad (1)$$

где K_p — кратность воздухообмена, $1/\text{ч}$;

K_n — коэффициент пропорциональности;

Q_c — свободный объем помещения.

Согласно ВНТП 13—84 под *свободным объемом производственного помещения* понимают объем, не занятый строительными конструкциями, технологическими аппаратами и оборудованием. Если свободный объем помещения установить невозможно, то его принимают равным 80% геометрического объема (Q_G) помещения. Коэффициент пропорциональности K_n определяет соотношение между полным внутренним (геометрическим) и свободным объемом помещения, при $Q_c = 0,8 Q_G$, $K_n = 1,25$.

Инерционность системы взрывопредупреждения при формировании сигнала на включение в работу аварийной вентиляции определяют по формуле (2):

$$t_o = t_{\text{тп}} + t_{\text{и}}, \quad (2)$$

где t_o — инерционность системы взрывопредупреждения, с;

$t_{\text{тп}}$ — время транспортировки анализируемой пробы до ближайшего датчика, с;

$t_{\text{и}}$ — инерционность датчика системы взрывопредупреждения, с (принимается равной 2 с).

Величину $t_{\text{тп}}$ определяют по формуле (3):

$$t_{\text{тп}} = B / (2 v), \quad (3)$$

где B — ширина помещения, м;

v — скорость движения воздуха в помещении при конвективном поступлении пробы к датчику, согласно ГОСТ 12.1.005—76 ССБТ принимают равной 0,2 м/с.

При принудительной прокачке пробы $t_{\text{тп}}$ определяют временем ее транспортировки от места забора к датчику.

Минимальную интенсивность утечки газа $q_{Г(мин)}$ ($м^3/с$), при которой в 0,05 свободного объема помещения установится концентрация газа на уровне $С_{нкпв}$ с учетом коэффициента безопасности $K_{бэ}$, определяют по формуле (4):

$$q_{Г(мин)} = [0,05 K_{бэ} C_{нкпв} q_v] / [K_{п} (1 - C_{нкпв})], \quad (4)$$

где $C_{нкпв}$ — нижний концентрационный предел воспламенения, принимается по ГОСТ 12.1.017—80;

$K_{бэ}$ — коэффициент безопасности к нижнему концентрационному пределу воспламенения, принимается по ГОСТ 12.1.010—76 при степени надежности невоспламеняемости смеси, равной 0,999 (табл.3).

Максимальную интенсивность утечки газа $q_{Г(макс)}$ ($м^3/с$), при которой за время t_0 в контролируемом объеме появится концентрация на уровне $С_{нкпв}$, определяют по формуле (5):

$$q_{Г(макс)} = 1 + [q_{Г(мин)} * 3600(1 - k) / \{ K_p[t_{тп} (1 - k) + t_{и}] \}], \quad (5)$$

где k — коэффициент, определяющий пороговое значение концентрации, при достижении которого автоматически включается система аварийной вентиляции ($k=0,2$).

Концентрацию горючих газов или паров в воздухе помещения в переходном режиме проветривания объекта контроля $C(t_0)$ определяют по формуле (6):

$$C(t_0) = K_{п} q_{Г(макс)} t_0 / [K_{п} Q_c + (K_{п} q_{Г(макс)} + q_v) t_0], \quad (6)$$

Коэффициент K_c , характеризующий неравномерность распределения газов по объему помещения при диффузионных процессах их перемещения, определяется по следующим формулам.

Для неоднородных смесей с молярной массой газов и паров меньшей молярной массы воздуха используют формулу (7):

$$K_c = 2 D_0 (M_B M_r)^{1/2} / [D_c (M_B + M_r)], \quad (7)$$

Для неоднородных смесей с молярной массой газов и паров большей молярной массы воздуха используют формулу (8):

$$K_c = D_c (M_B + M_r) / [2 D_0 (M_B M_r)^{1/2}], \quad (8)$$

где D_0 — коэффициент диффузии вещества в воздух при давлении $1,01 \cdot 10^5$ Па и температуре 273,15 К, $м^2/с$ находим по табл.3;

D_c — коэффициент самодиффузии воздуха при давлении $1,01 \cdot 10^5$ Па и температуре 273,15 К, составляет $D_c = 178 \cdot 10^{-7} м^2/с$;

M_B — молярная масса воздуха, г/моль;

M_r — молярная масса горючего газа или пара, г/моль.

Для самопроверки, рассчитанное значение K_c сравните с приведенным в табл. 3, значения должны совпасть.

Таблица 3 - Характеристики взрывоопасных смесей

Вариант	Вещество	Молярная масса, M_r	$C_{нкпв}^* 10^{-3}$	$K_{бэ}$	$C_{пдвк}^* 10^{-3}$	$D_o^* 10^7, \text{ м/с}$
1	2	3	4	5	6	8
1	Ацетон	58,08	29,1	1,5	19,4	109,0
2	Бензол	78,113	14,3	1,37	10,44	77,5
3	н-Гексан	86,177	12,42	1,24	10,00	66,3
4	Метан	16,0426	52,80	1,26	41,90	196,0
5	Метанол	32,042	67,00	1,04	47,86	129,0
6	Пропан	44,096	23,10	1,24	18,63	97,7
7	Толуол	92,14	12,50	1,40	8,93	75,3
8	Формальдегид	30,026	70,00	1,30	54,62	146,0
9	Этанол	46,069	36,10	2,00	18,05	110,0
10	Уайт-спирит	147,3	7,00	2,00	3,50	49,7

2. Определение количества и мест установки первичных преобразователей информации (датчиков) систем взрывопредупреждения в производственных помещениях

Площадь помещения (S_K), контролируемую одним первичным преобразователем информации системы взрывопредупреждения, расположенным в зоне вероятного источника утечки горючих газов и паров, определяют по формуле (9):

$$S_K = 0,05 K_n Q_{\Gamma} K_c C_{\text{НКПВ}} [1 - C(t_0)] / [0,2 C_{\text{ПДВК}} H_n (1 - C_{\text{НКПВ}})], \quad (9)$$

где ПДВК — предельно допустимая взрывобезопасная (невоспламеняемая) концентрация газов и паров, определена по ГОСТ 12.1.010—76 (см. таблицу 1) при степени надежности невоспламеняемости смеси, равной 0,999;

H_n — высота помещения, м.

Число (N) первичных преобразователей информации (датчиков) систем взрывопредупреждения для всего объема помещения определяется по формуле (10):

$$N = S / S_K, \quad (10)$$

где S — площадь помещения, м^2 .

Первичные преобразователи информации (датчики) систем взрывопредупреждения следует размещать по высоте помещения, исходя из соотношения молярных масс воздуха и горючих газов и паров, с учетом поправки на температуру (табл. 2).

Для горючих газов и паров, молярная масса которых меньше молярной массы воздуха, высоту подвески первичного преобразователя информации (датчика) системы взрывопредупреждения от перекрытия помещения следует определять по формуле (11):

$$h_0 = (H - H_0) M_{\Gamma} T_B / (M_B T_{\Gamma}) \quad (11)$$

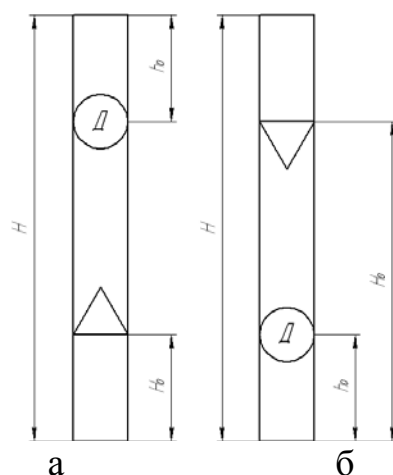
где H_0 — высота расположения вероятного источника утечки горючего газа или пара, м; M_{Γ} — молярная масса горючего газа или пара, г/моль; M_B — молярная масса воздуха, г/моль; T_{Γ} — температура газа или пара, **К**; T_B — температура воздуха в помещении, **К**. *Не забудьте перевести градусы Цельсия в градусы Кельвина!!!*

Для горючих газов и паров, молярная масса которых больше молярной массы воздуха, высоту подвески первичных преобразователей информации систем взрывопредупреждения от пола помещения следует определять по формуле (12):

$$h_0 = H_0 M_B T_{\Gamma} / (M_{\Gamma} T_B). \quad (12)$$

При нескольких разновысоких источниках утечки принимают среднеарифметическое значение суммы их высот.

Молярная масса воздуха $M_B = 28,96$ г/моль. Молярную массу индивидуальных веществ, смесей и технических продуктов принимают в соответствии с ГОСТ 12.1.004—76 (табл. 3).



Расположение первичных преобразователей информации (датчиков) по высоте помещения:

а — молярная масса горючего вещества M_{Γ} меньше молярной массы воздуха $M_{\text{в}}$;

б — молярная масса горючего вещества M_{Γ} больше молярной массы воздуха $M_{\text{в}}$.

ВЫВОД: по результатам расчета изобразите схему расположения датчиков для обнаружения утечки газа по вашему варианту.

Литература

1. Муравьева С.И., Буковский М.И., Прохорова Е.К. и др. Руководство по контролю вредных веществ в воздухе рабочей зоны: справ. изд. - М.: Химия. 1991. 368 с.
2. Пустовая Л.Е., Месхи Б.Ч. Физико-химические основы развития и тушения пожара - Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2013, С. 196
3. Пустовая Л.Е., Месхи Б.Ч. Методы и приборы контроля окружающей среды. Экологический мониторинг: учеб. пособие. - Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2008, С. 219
4. Гост 12.1.017-80
5. ГОСТ 12.1.010-76