

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ

КАФЕДРА ПОЖЕЖНОЇ І ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ ОБ'ЄКТІВ ТА ТЕХНОЛОГІЙ

**ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ПОЖЕЖОВИБУХОНЕБЕЗПЕКИ
ПРОЦЕСІВ ТА АПАРАТІВ**

Методичні вказівки і тематика контрольних робіт

для підготовки здобувачів вищої освіти за освітнім рівнем «бакалавр»
за спеціальністю 261 «Пожежна безпека»
за спеціалізацією “Аудит пожежної та техногенної безпеки”

2017

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ

**КАФЕДРА ПОЖЕЖНОЇ І ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ ОБ'ЄКТІВ ТА
ТЕХНОЛОГІЙ**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

для виконання контрольних робіт з дисципліни

**ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ПОЖЕЖОВИБУХОНЕБЕЗПЕКИ
ПРОЦЕСІВ ТА АПАРАТІВ**

для здобувачів вищої освіти
освітнього рівня бакалавр
за спеціальністю 261 «Пожежна безпека»
за спеціалізацією «Аудит пожежної та техногенної безпеки»

Харків 2017

Методичні вказівки до виконання для виконання контрольних робіт з дисципліни «Теоретичні основи пожежовибухонебезпеки процесів та апаратів» для здобувачів вищої освіти освітнього рівня бакалавр за спеціальністю 261 «Пожежна безпека» за спеціалізацією “Аудит пожежної та техногенної безпеки” /Укладачі: Михайлюк О.П. НУЦЗУ, Харків, 2017.- 34 с.

Зміст

Вступ.....	4
1. Контрольна робота №1.....	5
1.1. Вибір варіанту та вимоги до виконання контрольної роботи №1.....	5
1.2. Завдання до виконання контрольної роботи №1.....	5
1.3. Приклади розрахунків.....	7
2.Контрольна робота №2.....	22
2.1.Вибір варіанту та вимоги до виконання контрольної роботи №2.....	22
2.2. Вимоги до розробки карти пожежної небезпеки.....	22
2.3. Перелік питань для підготовки до захисту КР №2.....	23
3.Контрольна робота №3.....	24
3.1. Вибір варіанту та вимоги до виконання контрольної роботи №3.....	24
3.2. Завдання до виконання контрольної роботи №3.....	25
3.3. Приклад розв'язання задачі.....	26
4.Контрольна робота №4.....	34
4.1. Вибір варіанту та вимоги до виконання контрольної роботи №4.....	34
Питання для самопідготовки.....	35
Література.....	38

Вступ

Контрольна робота є самостійною роботою здобувача вищої освіти, що вивчає дисципліну «Теоретичні основи пожежовибухонебезпеки процесів та апаратів». Вона представляє собою сукупність документів, що розробляються з метою закріплення, поглиблення і узагальнення знань з дисципліни, що вивчається, а також практичного застосування цих знань під час оцінки стану пожежної безпеки процесів та апаратів небезпечних виробництв, а також перевірки стану протипожежного захисту цих об'єктів.

Метою виконання контрольної роботи є розвиток самостійності і професійних навичок здобувачів вищої освіти, закріплення отриманих з дисципліни «Теоретичні основи пожежовибухонебезпеки процесів та апаратів» знань в області забезпечення пожежної безпеки об'єктів, виробництв і технологій, розробки протипожежних заходів та інженерно-технічних рішень, а також проведення перевірки протипожежного стану промислових об'єктів.

1. КОНТРОЛЬНА РОБОТА №1

Модульна контрольна робота №1 «Розрахункове визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною і пожежною небезпекою має за мету закріпити та оцінити рівень знань за темою 4 «Категорування приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною і пожежною небезпекою».

Основною складовою контрольної роботи є виконання інженерних розрахунків щодо визначення категорії приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою.

1.1. Вибір варіанту та вимоги до виконання контрольної роботи №1

Модульна контрольна робота (завдання №1 та завдання №2) виконується за варіантами, номер якого обирається за двома останніми цифрами залікової книжки. Варіант до завдання №3 обирається за № прізвища по списку в журналі.

Вихідні дані (за варіантами) до виконання розрахунків наведені в таблицях 1.1, 1.2, 1.3 Додатку.

Вихідні дані до визначення категорії приміщень за вибухопожежною та пожежною небезпекою обираються за таблицею 1.1 Додатку.

Вихідні дані до визначення категорії будинку за вибухопожежною та пожежною небезпекою обираються за таблицею 1.2 додатку.

Вихідні дані до визначення категорії зовнішньої установки за вибухопожежною та пожежною небезпекою наведені в таблиці 1.3 Додатку.

Модульна контрольна робота виконується в окремих зошитах, підписаних здобувачем вищої освіти із позначкою варіанту.

Приклади розрахунків наведені у розділі 1.3.

Завдання (варіанти до завдань) контрольної роботи № 1 можна також обрати за вимогами [2].

1.2.Завдання до виконання модульної контрольної роботи №1

Завдання 1. Визначити категорію приміщення за вибухопожежною та пожежною небезпекою. Вихідні дані до завдання наведені в таблиці 1.1 додатку.

Завдання 2. Визначити категорію будинку за вибухопожежною та пожежною небезпекою. Вихідні дані до завдання наведені в таблиці 1.2 Додатку.

Завдання 3. Визначити категорію зовнішньої установки за вибухопожежною та пожежною небезпекою для резервуара з нафтопродуктом - бензином. Як варіант аварії приймається ситуація, при якій відбулося

руйнування резервуару і розлив нафтопродукту в об'ємі обвалування. Вихідні дані до завдання представлені в таблиці 1.3 Додатку.

Таблиця 1.1. Вихідні дані до визначення категорії приміщення за вибухопожежною та пожежною безпекою

Значення параметрів	Передостання цифра номера залікової книжки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Характеристика приміщення										
$l, \text{ м}$	10	48	8	16	24	18	12	22	36	20
$b, \text{ м}$	8	9	6	14	12	16	10	14	12	18
$h, \text{ м}$	4	6	3	5	7	6	5	4	10	8
$K_B, \%$	80	85	90	70	75	80	85	90	70	75
$A_B, \text{ год}^{-1}$	8	5	4	6	7	9	8	6	10	8
$T_{п}, \text{ }^{\circ}\text{C}$	20	19	21	22	23	18	24	20	17	20

Значення параметрів	Остання цифра номера залікової книжки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Характеристика технологічного блоку										
Вид речовини	Н-бутан	Ацетилен	Водень	Метан	Пропан	Бензол	Н-гексан	Метанол	Тридекан	Етанол
$V_{АП}, \text{ м}^3$	10	8	6	4	12	0,2	2,1	0,4	1,4	5,8
$P_p, \text{ кгс см}^{-2}$	2,4	3,0	4,1	3,2	2,6	-	-	-	-	-
ε	-	-	-	-	-	0,7	0,8	0,9	0,75	0,6
$t_p, \text{ }^{\circ}\text{C}$	160	150	140	155	170	20	18	17	21	19

$q, \text{ м}^3 \text{ с}^{-1}$	$5 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-3}$	$6 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$	$7 \cdot 10^{-3}$	$1,24 \cdot 10^{-4}$	$1,91 \cdot 10^{-4}$	$1,67 \cdot 10^{-4}$	$1,37 \cdot 10^{-4}$	$1,51 \cdot 10^{-4}$
$l_n, \text{ м}$	0,4	0,7	0,6	0,5	0,8	3	1	4	3	2
$d_n, \text{ мм}$	70	90	80	60	50	40	35	45	30	50
$l_o, \text{ м}$	5	7	8	6	4	12	7	10	8	6
$d_o, \text{ мм}$	70	90	80	60	50	40	35	45	30	50
$\tau_3, \text{ с}$	300	300	250	200	250	120	110	100	115	110

Додаток

Таблиця 1.2. Вихідні дані до визначення категорії будинку за вибухопожежною та пожежною небезпекою

Значення параметрів	Передостання цифра номеру залікової книжки							
	0	1	2	3	4	5	6-7	8-9
Назва виробничої будівлі	Механозбиральний цех	Ацетиленова станція	Склад зберіган. канатів	Котельна станція	Столярний цех	Млин борошно-заводу	Бавовно-прядильний цех	Гараж
Загальний об'єм, м^3	1510	300	1564	1300	1000	2730	2648	1980
1. Приміщення категорії "А"								

Приміщення 1	кладова ЛЗР	генера- торна	-	кладова ЛЗР	кладова ЛЗР	кладова ЛЗР	кладова ЛЗР	акуму- ляторна
Об'єм, м ³	80	124	-	118	140	112	124	112
Приміщення 2	розлаторч. ацетону	-	-	-	-	-	-	акуму- ляторна
Об'єм, м ³	124	-	-	-	-	-	-	140

2. Приміщення категорії "Б"

Приміщення 1	склад ГММ	кладова ГММ	кладова ГММ	кладова ГММ	кладова фарб	розмелю- вальне відділ.	-	кладова ГЗМ
Об'єм, м ³	100	112	124	124	118	280	-	160
Приміщення 2	мазудо- сховище	-	-	-	-	вибійне відділен.	-	кладова фарб
Об'єм, м ³	120	-	-	-	-	240	-	118

3. Приміщення категорії "В"

Приміщення 1	кладова	лабора- торія	такелажна	лабора- торія	дерево- обробка	зерноочи- стка	сортуваль- ний цех	ремонт- ний бокс
Об'єм, м ³	112	112	48	62	80	80	400	600
Приміщення 2	хім лабора- торія	-	канатна	кладова	клейова	трансп. відділен.	чесальне відділен.	столяр- на
Об'єм, м ³	180	-	220	112	220	200	300	480

Приміщення 3	-	-	канатна (велика)	-	-	склад зерна	ровніч- ний цех	лабора- торія
Об'єм, м ³	-	-	600	-	-	1000	900	124
Приміщення 4							прядиль- ний цех	
Об'єм, м ³							600	-
3. Приміщення категорії "Г"								
Приміщення 1	зварювал.			котельна				
Об'єм, м ³	264			410				
5. Приміщення категорії "Д"								
Приміщення 1	кладова	кладова інструмен.	інструмент альна	кладова запчастин	кладова інструмен.	пультова	кладова запчастин	кладова інструм.
Об'єм, м ³	148	80	120	124	122	118	124	118
Приміщення 2	кладова інструмен.	-	-	-	-	-	-	кладова тросів
Об'єм, м ³	142	-	-	-	-	-	-	128

Таблиця 1.3.- Вихідні дані до визначення категорії зовнішньої установки за вибухопожежною та пожежною небезпекою

N варіанта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Робоча температура, °С	22	10	15	20	18	21	24	19	16	32
Об'єм резервуару, м ³	100	200	300	400	700	1000	2000	3000	5000	100
Ступень заповнення	0,8	0,9	0,7	0,6	0,8	0,9	0,7	0,6	0,8	0,9
Площа обвалування, м ²	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	тис	тис	тис	тис	тис	тис	тис	тис	тис	тис
Швидкість повітряного потоку, м/с	0	0,1	0,2	0,5	1	0	0,1	0,2	0,5	1

N варіанта	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Робоча температура, °С	18	19	17	16	15	14	13	12	11	10
Об'єм резервуару, м ³	100	200	300	400	700	1000	2000	3000	5000	100
Ступень заповнення	0,7	0,8	0,9	0,7	0,6	0,8	0,9	0,8	0,6	0,7
Площа обвалування, м ²	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11
	тис	тис	тис	тис	тис	тис	тис	тис	тис	тис
Швидкість повітряного потоку, м/с	1	0,5	0,2	0,1	0	1	0,5	0,2	0,1	0

N варіанта	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Робоча температура, °С	13	14	12	18	16	15	22	20	19	17
Об'єм резервуару, м ³	5000	2000	3000	700	400	100	200	300	700	400
Ступень заповнення	0,6	0,7	0,8	0,9	0,6	0,7	0,8	0,9	0,6	0,7
Площа обвалування, м ²	22	6	12	19	9	10	17	8	9	7
	тис	тис	тис	тис	тис	тис	тис	тис	тис	тис
Швидкість повітряного потоку, м/с	0	0,1	0,2	0,5	1	0	0,1	0,2	0,5	1

1.3. Приклади розрахунків

1.3.1. Визначення категорії приміщення з горючими газами

Приклад 1 - Розгерметизація технологічного блоку стиснення етилену в компресорах.

Найменування приміщення – компресорне відділення.

1). *Характеристика виробничого приміщення:*

- довжина $l = 12$ м;

- ширина $b = 9$ м;

- висота $h = 12$ м.

- коефіцієнт вільного об'єму приміщення

$K_B = 80$ %;

- кратність обміну повітря аварійної вентиляції

$A_B = 8$ год⁻¹;

- температура повітря $t_{II} = 20$ °С.

2). *Характеристика речовини:*

- найменування - етилен, C_2H_4 ;

- молекулярна маса $M = 28$.
- кількість атомів в молекулі газу: вуглецю: $n_C = 2$; водню: $n_H = 4$; кисню: $n_O = 0$; галогенів: $n_X = 0$.

- максимальний тиск вибуху $P_{\max} = 886$ кПа.

3). *Характеристика технологічного блоку:*

- об'єм апарата $V_{\text{ап}} = 10$ м³;
- надлишковий тиск в апараті $P_p = 2,42$ кгс·см⁻²;
- температура газу в апараті $t_p = 160$ °С;
- подача компресора $q = 5 \cdot 10^3 \cdot \text{с}^{-1}$;

вхідний трубопровід :

- довжина $l_n = 0,5$ м;
- діаметр $d_n = 90$ мм;

вихідний трубопровід :

- довжина $l_0 = 4,5$ м;
- діаметр $d_0 = 90$ мм;
- тривалість вимкнення засувки $\tau_3 = 300$ с.

Розрахунок

Густина газу при технологічних режимах ведення процесу

$$\rho_{\Gamma} = \frac{M(P_0 + P_p) \cdot 10^3}{8314(t_p + 273)} = \frac{28(101,3 + 242,5) \cdot 10^3}{8314(160 + 273)} = 2,66 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$$

Маса газу, що знаходиться в технологічному апараті і трубопроводах

$$m_A = \left[V_A + \frac{\pi}{4} (l_n d_n^2 + l_0 d_0^2) \right] \cdot \rho_{\Gamma} = [10 + 0,785 (5 \cdot 0,09^2 + 4,5 \cdot 0,09^2)] \cdot 2,66 = 26,68 \text{ кг.}$$

Густина газу за нормальних умов

$$\rho_{\Gamma}^* = 4,46 \cdot 10^{-2} \cdot M = 4,46 \cdot 10^{-2} \cdot 28 = 1,25 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}.$$

Маса газу, що може надійти до приміщення за рахунок роботи компресора за час до перекриття засувки

$$m_K = q \cdot \rho_{\Gamma}^* \cdot \tau_3 = 5 \cdot 10^3 \cdot 1,25 \cdot 300 = 1,87 \text{ кг.}$$

Маса газу, що може надійти до приміщення при розгерметизації технологічного блоку

$$m_{\text{бл}} = m_A + m_K = 26,68 + 1,87 = 28,55 \text{ кг.}$$

Маса газу, що буде акумульована в приміщенні до моменту вибуху

$$m^* = \frac{m_{\text{бл}}}{1 + \frac{A \cdot \tau_3}{3600}} = \frac{28,55}{1 + \frac{8 \cdot 300}{3600}} = 17,13 \text{ кг.}$$

Вільний об'єм приміщення

$$V_{\text{в}} = \frac{K_{\text{в}}}{100} \cdot l \cdot b \cdot h = \frac{80}{100} \cdot 12 \cdot 9 \cdot 12 = 1036,8 \text{ м}^3.$$

Густина газу

$$\rho_{\text{г.}} = 12,15 \frac{M}{t_{\text{п}} + 273} = 12,15 \frac{28}{20 + 273} = 1,161 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}.$$

Середня робоча концентрація газу в приміщенні

$$\varphi_{\text{р}} = \frac{100 \cdot m^*}{\rho_{\text{г.п.}} \cdot V_{\text{св}}} = \frac{100 \cdot 17,13}{1,161 \cdot 1036,8} = 1,42 \text{ \% об.}$$

Нижня концентраційна межа поширення полум'я $\varphi_{\text{н.п.}} = 3,11 \text{ \% об.}$

Так як $\varphi_{\text{р}} < 0,5 \cdot \varphi_{\text{н.п.}}$, то знаходимо розміри зони вибухонебезпечних концентрацій.

Коефіцієнти для розрахунку $l_{\text{з.в.к.}}$: $K_1 = 1,1314$; $K_2 = 1$; $K_3 = 0,02828$; $\delta = 1,37$;

$$C_0 = \frac{3 \cdot \varphi_{\text{р}}}{u} = \frac{3 \cdot 1,42}{0,027} = 157,$$

де u - швидкість повітря, що дорівнює

$$u = \frac{A_{\text{в}} \cdot l}{3600} = \frac{8 \cdot 12}{3600} = 0,027 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1};$$

$$l_{\text{з.в.к.}} = K_1 \cdot l \cdot \left(K_2 \cdot l_{\text{п}} \frac{C_0 \cdot \delta}{\varphi_{\text{н.п.}}} \right)^{0,5} = 1,1314 \cdot 12 \cdot \left(1 \cdot 0,5 \frac{157 \cdot 1,37}{3,11} \right)^{0,5} = 27,95$$

м.

Так як $l_{\text{з.в.к.}} > 1$, то об'єм зони вибухонебезпечних концентрацій дорівнює об'єму приміщення.

Маса газу, який приймає участь в утворенні реальних зон вибухонебезпечних концентрацій

$$m = m^* \cdot Z = 17,13 \cdot 0,5 = 8,56 \text{ кг.}$$

Коефіцієнт кисню в реакції горіння

$$\beta = n_{\text{с}} + \frac{n_{\text{н}} - n_{\text{х}}}{4} - \frac{n_{\text{о}}}{2} = 2 + \frac{4 - 0}{4} - \frac{0}{2} = 3.$$

Стехіометрична концентрація горючої речовини

$$\varphi_{\text{ст.}} = \frac{100}{1 + 4,84 \cdot \beta} = \frac{100}{1 + 4,84 \cdot 3} = 6,44 \text{ \% об.}$$

Надлишковий тиск вибуху

$$\Delta P = (P_m - P_0) \frac{m}{V_{св} \cdot \rho_{г.п.}} \cdot \frac{100}{\varphi_{ст.}} \cdot \frac{1}{K_{и}} = (886 - 101) \frac{8,56}{1036,8 \cdot 1,161} \cdot \frac{100}{6,44} \cdot \frac{1}{3} = 28,8 \text{ кПа.}$$

Висновок: В технологічному процесі обертається горючий газ етилен і при аварійній ситуації можливий вибух газоповітряної суміші з надлишковим тиском вибуху, що перевищує 5 кПа. Отже, приміщення компресорного відділення слід віднести до категорії «А» за вибухопожежною небезпекою.

1.3.2. Визначення категорій приміщень з ЛЗР та ГР

Приклад 2.

Найменування приміщення - насосна нафтоперекачуючої станції Харківської нафтобази № 1.

1). *Характеристика виробничого приміщення:*

- довжина $l = 36 \text{ м};$
- ширина $b = 6 \text{ м};$
- висота $h = 9,6 \text{ м.}$
- коефіцієнт вільного об'єму приміщення $K_B = 80 \text{ \%};$
- кратність обміну повітря аварійної вентиляції $A_B = 0 \text{ год}^{-1};$
- температура повітря $t_B = 22 \text{ }^\circ \text{C};$
- наявність АУПГ - відсутні.

2). *Характеристика речовини:*

- найменування - дизельне паливо;
- молекулярна маса $M = 127,3;$
- температура спалаху $t_{сп.} > 35 \text{ }^\circ \text{C};$
- температура рідини $t_p = 31 \text{ }^\circ \text{C};$
- константи рівняння Антуана: $A = 5,95338;$
 $B = 1255,73;$ $C_A = 199,523;$
- тиск насичених парів дизельного палива визначається як:

$$P_s = 10^3 \cdot 10^{\left(A - \frac{B}{t_p + C_A}\right)} = 10^3 \cdot 10^{\left(5,95338 - \frac{1255,73}{31 + 199,523}\right)} = 3,2 \text{ кПа.}$$

- густина рідини $\rho_p = 804 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3};$
- вміст розчинника у розчині $y = 100 \text{ \%};$
- теплота згоряння за формулою Басса:

$$Q_T = 50460 - 8,545 \cdot \rho_p = 50460 - 8,545 \cdot 804 = 43589,82 \text{ кДж} \cdot \text{кг}^{-1}.$$

3). *Характеристика технологічного блоку:*

- об'єм апарата $V_{ап} = 0,2 \text{ м}^3;$
- ступінь заповнення $\varepsilon = 1;$

- температура рідини в апараті $t_p = 40 \text{ }^\circ\text{C}$;
- надлишковий тиск в апараті $P_p = 7092,82 \text{ Па}$;
- подача насосу $q = 0,695 \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$;

вхідний трубопровід :

- довжина $l_n = 7 \text{ м}$;
- діаметр $d_n = 700 \text{ мм}$;

вихідний трубопровід :

- довжина $l_0 = 35 \text{ м}$;
- діаметр $d_0 = 700 \text{ мм}$;
- тривалість відключення засувки $\tau_3 = 300 \text{ с}$;
- додаткові джерела випаровування пожежонебезпечних рідин:
- площа апарата з відкритою поверхнею випаровування $F_a = 0$;
- площа свіжопофарбованих поверхонь $F_0 = 0$.

Розрахунок

Маса дизельного палива, що знаходиться в технологічному апараті та в трубопроводах

$$m_a = \left[\varepsilon \cdot V_{\text{ап}} + 0,785 \cdot (l_n d_n^2 + l_0 d_0^2) \right] \rho_p = \\ = \left[1 \cdot 0,2 + 0,785 (7 \cdot 0,7^2 + 35 \cdot 0,7^2) \right] \cdot 804 = 13149,66 \text{ кг}$$

Маса дизельного палива, що може надійти до приміщення за рахунок роботи сусіднього насоса

$$m_H = q \cdot \rho_p \cdot \tau_3 = 0,695 \cdot 804 \cdot 300 = 167634 \text{ кг.}$$

Маса дизельного палива, що може вийти з технологічного блоку, який розгерметизувався

$$m_{\text{бл}} = m_a + m_H = 13149,66 + 167634 = 180783,66 \text{ кг.}$$

Розрахунок маси дизельного палива, що випаровується.

Максимально можлива площа розливу дизельного палива

$$S = f \frac{m_{\text{бл}}}{\rho_p} = 1000 \frac{180783}{804} = 224855,29 \text{ м}^2.$$

Площа випаровування дизельного палива

$$F_{\text{И}} = F_{\text{П}} = 216 \text{ м}^2.$$

Значення коефіцієнту η , який враховує вплив швидкості та температури повітряного потоку на процес випаровування рідини дорівнює $\eta = 1$.

Інтенсивність випаровування

$$W_{\text{И}} = 10^{-6} \cdot \eta \cdot \sqrt{M} \cdot P_s = 10^{-6} \cdot 2,4 \cdot \sqrt{172,3} \cdot 3,2 = 1,008 \cdot 10^{-4} \text{ кг} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{м}^{-2}.$$

Час повного випаровування рідини з площі поверхні розлитої рідини

$$\tau_{и} = \frac{m_{бл}}{W_{и}F_{п}} = \frac{180783,66}{1,008 \cdot 10^{-4} \cdot 216} = 8,3 \cdot 10^6 \text{ с,}$$

Так як тривалість випаровування перевищує 1 годин, приймаємо для розрахунків згідно з НАПБ Б.03.002-207 час випаровування 1 година.

Маса рідини, що випарувалася з поверхні, яка дорівнює площі підлоги приміщення

$$m_{иF} = W_{и}F_{п}\tau_p = 1,008 \cdot 10^{-4} \cdot 216 \cdot 3600 = 78,38 \text{ кг.}$$

Маса рідини, що випарувалася і буде акумульована в об'ємі приміщення

$$m^* = \frac{m_{иF}}{1 + \frac{A_{в} \cdot \tau_3}{3600}} = \frac{78,38}{1 + \frac{0 \cdot 3600}{3600}} = 78,38 \text{ кг.}$$

Вільний об'єм приміщення

$$V_{в} = \frac{K_{в}}{100} \cdot l \cdot b \cdot h = \frac{80}{100} \cdot 36 \cdot 6 \cdot 9 = 1658,9 \text{ м}^3.$$

Густина парів

$$\rho_{г.п.} = 12,15 \frac{M}{t_{в} + 273} = 12,15 \frac{172,3}{22 + 273} = 7,09 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}.$$

Середня робоча концентрація парів дизельного палива в приміщенні

$$\varphi_p = \frac{100 \cdot m^*}{\rho_{г.п.} \cdot V_{в}} = \frac{100 \cdot 78,38}{7,09 \cdot 1658,9} = 0,67 \text{ \% об.}$$

Нижня концентраційна межа поширення полум'я для парів дизельного палива $\varphi_{н.п.} = 0,6 \text{ \% об.}$

Оскільки $\varphi_{г.без} < 0,9(\varphi_{н.} - 0,7R)$, тоді маємо

$$\varphi_{г.без.} < 0,9(0,6 - 0,7 \cdot 0,3) = 0,351\% \text{ об.}$$

Оскільки $\varphi_p > \varphi_{г.без.}$ і $\varphi_p > \varphi_{н.п.}$, то приймаємо, що об'єм зони вибухонебезпечних концентрацій при аварійній ситуації буде займати увесь об'єм приміщення.

Маса парів рідини, яка бере участь в утворенні реальних зон вибухонебезпечних концентрацій:

$$m = m^* \cdot Z = 78,38 \cdot 0,3 = 23,514 \text{ кг.}$$

Густина повітря до вибуху

$$\rho_{в} = \frac{352}{t_{в} + 273} = \frac{352}{22 + 273} = 1,193 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}.$$

Надлишковий тиск вибуху

$$\Delta P = \frac{m \cdot Q_T \cdot P_0}{V_{в} \cdot \rho_{в} \cdot C_{в} (t_{в} + 273)} \cdot \frac{1}{K_{и}} = \frac{23,514 \cdot 43589,82 \cdot 101}{1658,9 \cdot 1,193 \cdot 1,01(22 + 273)} \cdot \frac{1}{3} = 584,3 \text{ кПа.}$$

Висновок: Приміщення насосної нафтоперекачуючої станції відноситься до категорії «Б», так як в технологічному процесі обертається дизельне паливо з $t_{сп} > 28^{\circ} \text{C}$ і при аварійній ситуації може статися вибух пароповітряної суміші з надлишковим тиском, що перевищує 5 кПа.

Приклад 3.

Найменування приміщення - дільниця знежирювання деталей товарів народного споживання АТ «Харківський велосипедний завод».

1). *Характеристика виробничого приміщення:*

- довжина $l = 48 \text{ м};$
- ширина $b = 18 \text{ м};$
- висота $h = 6,2 \text{ м}.$
- коефіцієнт вільного об'єму приміщення $K_B = 80 \text{ } \%;$
- температура повітря $t_{п} = 20^{\circ} \text{C};$
- наявність АУПГ - відсутні.

2). *Характеристика речовини:*

- найменування - ацетон, $C_3H_6O;$
- молекулярна маса $M = 58;$
- нижня конц. межа поширення полум'я $\varphi_{н.п.} = 2,91 \text{ } \%;$
- константи рівняння Антуана: $A = 7,25058; B = 1281,721;$
 $C_A = 237,088;$
- густина рідини $\rho_p = 792 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3};$
- концентрація розчинника у розчині $y = 100 \text{ } \%;$
- кількість атомів в молекулі ацетону: вуглецю: $n_c = 3;$
водню: $n_H = 6;$ кисню: $n_O = 1;$ галогенів: $n_x = 0.$
- максимальний тиск вибуху $P_{max} = 893 \text{ кПа}.$

3). *Характеристика технологічного блоку:*

- об'єм апарата $V_{ап} = 0,1 \text{ м}^3;$
- ступінь заповнення $\varepsilon = 0,7;$
- температура рідини в апараті $t_p = 20^{\circ} \text{C};$
- подача насоса $q = 1,67 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-1};$

вхідний трубопровід:

- довжина $l_n = 3 \text{ м};$
- діаметр $d_n = 50 \text{ мм};$

вихідний трубопровід:

- довжина $l_0 = 10 \text{ м};$
- діаметр $d_0 = 50 \text{ мм};$
- тривалість відключення засувки $\tau_3 = 120 \text{ с};$
- відстань від джерела виділення парів до полу приміщення $h = 0 \text{ м}.$

Розрахунок

Маса рідини, що може надійти до приміщення із апарата і трубопроводів при аварії

$$m_a = \left[\varepsilon \cdot V_{\text{ап}} + \frac{\pi}{4} (l_n d_n^2 + l_0 d_0^2) \right] \rho_p = \\ = \left[0,7 \cdot 0,1 + 0,785 (3 \cdot 0,05^2 + 10 \cdot 0,05^2) \right] \cdot 792 = 75,65 \text{ кг.}$$

Маса рідини, що може додатково надійти до приміщення при роботі насосу

$$m_H = q \cdot \rho_p \cdot \tau_3 = 1,67 \cdot 10^{-4} \cdot 792 \cdot 120 = 15,87 \text{ кг.}$$

Загальна маса ацетону, яка поступила до приміщення

$$m_{\text{бл}} = m_a + m_H = 75,65 + 15,87 = 91,52 \text{ кг.}$$

Максимальна площа розливу рідини

$$S = f \frac{m_{\text{бл}}}{\rho_p} = 1000 \frac{91,52}{792} = 115,6 \text{ м}^2.$$

Площа випаровування ацетону

$$F_{\text{и}} = S = 115,6 \text{ м}^2.$$

Розрахункова температура рідини

$$t_{\text{ж}} = 0,5(t_{\text{в}} + t_{\text{р}}) = 0,5(20 + 20) = 20 \text{ }^{\circ}\text{C.}$$

Тиск насичених парів

$$P_s = 10^3 \cdot 10^{\left(A - \frac{B}{C_A + t_p} \right)} = 10^3 \cdot 10^{\left(7,25058 - \frac{1281,721}{237,088 + 20} \right)} = 24,48 \text{ кПа.}$$

Швидкість повітря в приміщенні

$$u = \frac{A_{\text{в}} \cdot 1}{3600} = \frac{10 \cdot 48}{3600} = 0,133 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1};$$

Коефіцієнт η , який враховує вплив швидкості та температури повітряного потоку на процес випаровування рідини дорівнює $\eta = 2,4$.

Інтенсивність випаровування

$$W_{\text{и}} = 10^{-6} \cdot \eta \cdot \sqrt{M} \cdot P_s = 10^{-6} \cdot 2,4 \cdot \sqrt{58} \cdot 24,48 = 4,47 \cdot 10^{-4} \text{ кг} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{м}^{-2}.$$

Час повного випаровування з площі поверхні розлитої рідини на підлозі приміщення

$$\tau_{\text{и}} = \frac{m_{\text{бл}}}{W_{\text{и}} F_{\text{п}}} = \frac{91,52}{4,47 \cdot 10^{-4} \cdot 115,6} = 1771 \text{ с.}$$

Розрахунковий час випаровування

$$\tau_{\text{р}} = \tau_{\text{и}} = 1771 \text{ с.}$$

Маса рідини, яка буде акумульована в об'ємі приміщення

$$m_{\text{ак}} = \frac{m_{\text{бл}}}{1 + \frac{A_{\text{в}} \cdot \tau_{\text{р}}}{3600}} = \frac{91,52}{1 + \frac{10 \cdot 1771}{3600}} = 15,46 \text{ кг.}$$

Густина парів ацетону

$$\rho_{\text{г.п.}} = 12,15 \frac{\text{М}}{t_{\text{в}} + 273} = 12,15 \frac{58}{20 + 273} = 2,4 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}.$$

Вільний об'єм приміщення

$$V_{\text{в}} = \frac{K_{\text{в}}}{100} \cdot l \cdot b \cdot h = \frac{80}{100} \cdot 48 \cdot 18 \cdot 6,2 = 4285 \text{ м}^3.$$

Робоча концентрація парів в приміщенні

$$\varphi_{\text{р}} = \frac{100 \cdot m_{\text{ак}}}{\rho_{\text{г.п.}} \cdot V_{\text{в}}} = \frac{100 \cdot 15,46}{2,4 \cdot 4285} = 0,15 \text{ \% об.}$$

Так як $\varphi_{\text{р}} < 0,5 \cdot \varphi_{\text{н.п.}}$, тоді розраховуємо зони вибухонебезпечних концентрацій. Коефіцієнти для розрахунку зон

$$K_1 = 1,1918; K_2 = \tau_{\text{р}} / 3600 = 1771 / 3600 = 0,491; K_3 = 0,3636;$$

$$\varphi_{\text{с}} = 100 \cdot P_{\text{с}} / P_0 = 100 \cdot 24,48 / 101 = 24,24 \text{ \% об.};$$

$$C_0 = \varphi_{\text{с}} (\varphi_{\text{р}} / \varphi_{\text{с}})^{0,46} = 24,24 (0,15 / 24,25)^{0,46} = 2,337 \text{ \% об.};$$

$$\delta = 1,27.$$

Радіус зони вибухонебезпечних концентрацій

$$R^* = l_{\text{з.в.к.}} = K_1 \cdot l \cdot \left(K_2 \cdot l_n \frac{C_0 \cdot \delta}{\varphi_{\text{н.п.}}} \right)^{0,5} = 1,1958 \cdot 48 \left(0,491 \cdot 3 \cdot \frac{1,27 \cdot 2,337}{2,91} \right)^{0,5} = 5,6 \text{ м,}$$

оскільки $l > b$.

Висота зони вибухонебезпечних концентрацій

$$h_{\text{з.в.к.}} = K_3 \cdot h \cdot \left(K_2 \cdot l_n \frac{C_0 \cdot \delta}{\varphi_{\text{н.п.}}} \right)^{0,5} = 0,363 \cdot 6,2 \left(0,491 \cdot 3 \cdot \frac{1,27 \cdot 2,337}{2,91} \right)^{0,5} = 0,22 \text{ м.}$$

так як $h > h_{\text{з.в.к.}}$, то висота циліндру зони вибухонебезпечних концентрацій

$$Z^* = h + h_{\text{з.в.к.}} = 6,2 + 0,22 = 6,42 \text{ м.}$$

Акумуляована маса парів ацетону, яка бере участь в утворенні реальних зон вибухонебезпечних концентрацій:

$$m = m^* \cdot Z = 15,46 \cdot 0,3 = 4,638 \text{ кг.}$$

Коефіцієнт кисню в реакції горіння

$$\beta = n_{\text{с}} + \frac{n_{\text{н}} - n_{\text{х}}}{4} - \frac{n_{\text{о}}}{2} = 3 + \frac{6 - 0}{4} - \frac{1}{2} = 4.$$

Стехіометрична концентрація горючої речовини

$$\varphi_{\text{ст.}} = \frac{100}{1 + 4,84 \cdot \beta} = \frac{100}{1 + 4,84 \cdot 4} = 4,91 \% \text{ об.}$$

Надлишковий тиск вибуху

$$\Delta P = (P_m - P_0) \frac{m}{V_B \cdot \rho_{\text{Г.п.}}} \cdot \frac{100}{\varphi_{\text{ст.}}} \cdot \frac{1}{K_{\text{и}}} = (893 - 101) \frac{4,638}{2,4 \cdot 4285} \cdot \frac{100}{4,91} \cdot \frac{1}{3} = 2,43 \text{ кПа.}$$

Висновок: Приміщення відноситься до категорії «В», не зважаючи на те, що в технологічному процесі обертається ацетон, так як при аварійній ситуації, що виникає в приміщенні, розрахунковий надлишковий тиск вибуху пароповітряної суміші не перевищує 5 кПа.

Зона вибухонебезпечних концентрацій формується у виді циліндра радіусом 5,64 м і висотою 6,42 м.

1.3.3. Визначення категорії приміщень з горючим пилом

Приклад 4.

Найменування приміщення - ділянка одержання порошку карбонільного заліза ХВО «Хімреактив».

1). *Характеристика виробничого приміщення:*

- довжина $l = 12 \text{ м};$
- ширина $b = 10 \text{ м};$
- висота $h = 6 \text{ м.}$
- коефіцієнт вільного об'єму приміщення $K_B = 80 \%;$
- температура повітря в приміщенні $t_B = 20 \text{ }^\circ \text{C};$
- наявність АУПГ присутня.

2). *Характеристика речовини:*

- найменування - порошок КЖ;
- дисперсність менше 350 мкм;
- теплота згоряння $Q_T = 4794 \text{ кДж} \cdot \text{кг}^{-1}.$

3). *Характеристика технологічного блоку:*

- маса горючого пилу в апараті $m_a = 20 \text{ кг};$
- подача пилу в апарат $q = 0,03 \text{ кг} \cdot \text{с}^{-1};$
- тривалість відключення засувки $\tau_3 = 120 \text{ с.}$

4). *Характеристика надходження пилу у виробниче приміщення:*

- інтенсивність відкладання пилу на доступних поверхнях $j_{\text{п.д.}} = 1,98 \cdot 10^{-6} \text{ кг} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{м}^{-2};$
- інтенсивність відкладання пилу на важкодоступних поверхнях $j_{\text{п.в.}} = 0,77 \cdot 10^{-6} \text{ кг} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{м}^{-2};$
- площа доступної поверхні при прибиранні пилу $F_D = 140 \text{ м}^2;$
- площа важкодоступної поверхні при прибиранні пилу $F_B = 15 \text{ м}^2;$
- тривалість одного циклу пиловиділення (зміни) $\tau_{\text{п}} = 8 \text{ год};$

- кількість циклів роботи обладнання (змін) між поточними прибираннями на доступних поверхнях $n_d = 3$;
- кількість циклів роботи обладнання (змін) між генеральними прибираннями на важкодоступних поверхнях $n_B = 21$;
- коефіцієнт ефективності пилоприбирання $K_r = 0,9$; $K_y = 0,7$.

Розрахунок

Максимально можлива кількість пилу, що відклався до моменту можливої аварії

$$m_{п.о.} = 3600(j_{п.д} \cdot F_d \cdot n_d + j_{п.в.} \cdot F_B \cdot n_B) \cdot \tau_{п} \frac{K_r}{K_y} =$$

$$= 3600(1,98 \cdot 10^{-6} \cdot 140 \cdot 3 + 0,77 \cdot 10^{-6} \cdot 15 \cdot 21) \cdot 8 \frac{0,9}{0,7} = 39,77 \text{ кг.}$$

Маса пилу, що поступив до приміщення в результаті розгерметизації технологічного блоку

$$m_{бл} = (m_a + q \cdot \tau_3) \cdot K_{п} = (20 + 0,03 \cdot 120) \cdot 1,0 = 23,6 \text{ кг.}$$

Маса пилу (в стані аерозолю) в об'ємі приміщення, який утворився в результаті аварійної ситуації

$$m^* = m_{бл} + m_{п.о.} \cdot K_{вз} = 23,6 + 39,77 \cdot 0,9 = 59,39 \text{ кг.}$$

Маса пилу, який бере участь в утворенні реальних зон вибухонебезпечних концентрацій

$$m = m^* \cdot Z = 59,39 \cdot 0,5 = 29,695 \text{ кг.}$$

Вільний об'єм приміщення

$$V_B = \frac{K_B}{100} \cdot l \cdot b \cdot h = \frac{80}{100} \cdot 12 \cdot 10 \cdot 6 = 576 \text{ м}^3.$$

Густина повітря до вибуху

$$\rho_B = \frac{352}{t_B + 273} = \frac{352}{20 + 273} = 1,201 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}.$$

Надлишковий тиск вибуху

$$\Delta P = \frac{m \cdot Q_T \cdot P_0}{V_B \cdot \rho_B \cdot C_B (t_B + 273)} \cdot \frac{1}{K_{и}} = \frac{29,695 \cdot 4794 \cdot 101}{576 \cdot 1,201 \cdot 1,01(20 + 273)} \cdot \frac{1}{3} = 23,41 \text{ кПа.}$$

Висновок: В технологічному процесі обертається вибухопожежонебезпечний пил і при аварійній ситуації можна очікувати вибух пило повітряної суміші з надлишковим тиском, що перевищує 5 кПа. Отже, приміщення відноситься до категорії «Б».

1.3.4. Визначення категорії будинку за вибухопожежною та пожежною безпекою

Приклад 5. Розрахувати категорію будинку механозбирального цеху за вибухопожежною безпекою.

Загальний об'єм будинку - 510 м³

Характеристика приміщень

Найменування приміщення	Категорія	Об'єм, м ³
Комора ЛЗР	А	20
Роздавальна ацетону	А	24
Склад ГЗМ	Б	100
Мазутосховище	Б	120
Комора	В	12
Хімлабораторія	В	80
Зварювальна	Г	64
Комора	Д	48
Комора інструмента	Д	42

Розрахунок

1. Визначаємо 5% від загального об'єму будинку

$$V = 0,05 V_6 = 0,05 \cdot 510 = 25,5 \text{ м}^3$$

2. Перевіримо, чи відноситься будинок до категорії А за вибухопожежною небезпекою. Сумарний об'єм приміщень категорії А становить 48 м³, що більше 5% від загального об'єму будинку, отже будинок відноситься до категорії А.

$$V_A = 20 + 24 = 48 \text{ м}^3$$

Таким чином, будинок механозбирального цеху відноситься до категорії А за вибухопожежною та пожежною небезпекою.

1.3.5. Визначення категорії зовнішньої установки за вибухопожежною та пожежною небезпекою

Приклад 6. Визначити категорію зовнішньої установки технологічного блоку №1 АЗС (вузол зливу нафтопродуктів з автоцистерни до резервуарів) за вибухопожежною та пожежною небезпекою, якщо при аварії сталася повна розгерметизація автоцистерни з викидом 2,88 тонн бензину, що розливається по поверхні майданчика і випаровується у навколишнє середовище.

Розрахунок .

1. Визначаємо максимальну площу випаровування бензину, що розливається в кількості 2,88 тонн. При цьому за вимогами Норм визначення категорії зовнішніх установок за вибухопожежною і пожежною небезпекою площа випаровування при розливі на горизонтальну поверхню визначається (у разі відсутності довідникових або інших експериментальних даних), виходячи з розрахунку, що 1 л ЛЗР та ГР розливається на площі 0,15 м². Тоді площа поверхні випаровування бензину дорівнює площі розливу, яку розраховуємо за формулою:

$$S = f \frac{m_a}{\rho_p} = 150 \frac{2880}{750} = 576 \text{ м}^2$$

де S – площа поверхні випаровування, м²;

m_a – маса рідини, що виходить при розгерметизації з'єднання автоцистерни із зливним пристроєм паливних резервуарів на повний переріз, кг.

Отже, площа поверхні випаровування дорівнює площі розливу:

$$F_B = S = 576 \text{ м}^2.$$

2. Кількість парів бензину, що випаровується з площі розливу за 1 годину:

$$m_B = W_B \cdot F_B \cdot \tau_p = 5,4 \cdot 10^{-5} \cdot 576 \cdot 3600 = 112 \text{ кг},$$

де W_B – інтенсивність випаровування бензину, $\text{кг с}^{-1} \text{м}^{-2}$.

τ_p – час повного випаровування розлитої рідини з площі поверхні, приймається рівним 3600 с.

3. Визначаємо інтенсивність випаровування бензину за формулою:

$$W_B = 10^{-6} \cdot \sqrt{M} \cdot P_s = 10^{-6} \cdot \sqrt{98,2} \cdot 5,5 = 5,4 \cdot 10^{-5} \text{ кг с}^{-1} \text{м}^{-2}.$$

M – молекулярна маса бензину, кг/кмоль ;

P_s – тиск насиченої пари при розрахунковій температурі, Па.

За розрахункову температуру слід приймати максимально можливу температуру повітря у відповідній кліматичній зоні або максимально можливу температуру повітря за технологічним регламентом з урахуванням можливого підвищення температури у випадку аварійної ситуації. Якщо такого значення розрахункової температури t_p , за будь-якими причинами визначити не вдається, допускається приймати її рівною 61°C . В нашому випадку приймаємо максимальну температуру навколишнього середовища – 40°C .

Визначаємо тиск насичених парів бензину (P_n) при розрахунковій температурі 40°C ;

$$P_s = 0,133 \cdot 10^{\left(A - \frac{B}{t + C_a} \right)} = 0,133 \cdot 10^{\left(4,26511 - \frac{695,019}{40 + 223,220} \right)} = 5,5 (\text{кПа})$$

де P_s – тиск насиченої пари при розрахунковій температурі, Па;

A , B , C_a – константи Антуана, що залежать від властивостей рідини, приймаються за довідником [10,17];

t_p – розрахункова температура, $^\circ\text{C}$.

4. Згідно п.10.1.2. [2] виконуємо розрахунок горизонтальних розмірів зон, що обмежують пароповітряну суміш з концентрацією бензину вище нижньої концентраційної межі поширення полум'я. В даному випадку аварійне надходження горючих парів ЛЗР (бензину) до відкритого простору відбувається при температурі, що не перевищує температуру оточуючого середовища.

$$R_{\text{НКМП}} = 3,1501 \cdot \sqrt{K} \cdot \left(\frac{P_H}{C_{\text{НКМП}}}\right)^{0,813} \cdot \left(\frac{m_{\text{П}}}{\rho_{\text{П}} \cdot P_H}\right)^{0,333},$$

$$\rho_{\text{Г,П}} = \frac{M}{V_0 \cdot (1 + 0,00367 \cdot t_p)} = \frac{98,2}{22,41 \cdot (1 + 0,00367 \cdot 40)} = 3,82 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3},$$

де $m_{\text{П}}$ - маса парів ЛЗР, що надійшли до відкритого простору за час повного випаровування, але не більше 3600 с, кг;

$\rho_{\text{П}}$ - густина парів ЛЗР при розрахунковій температурі та атмосферному тиску, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$;

P_H - тиск насичених парів ЛЗР при розрахунковій температурі, кПа;

K - коефіцієнт, що приймається рівним $K = \tau/3600$ для ЛЗР, приймається рівним 1;

τ - тривалість надходження парів ЛЗР до відкритого простору, с;

$C_{\text{НКМП}}$ - нижня концентраційна межа поширення полум'я парів ЛЗР, % (об.);

M - молярна маса, $\text{кг} \cdot \text{кмоль}^{-1}$;

V_0 - мольний об'єм, рівний $22,413 \text{ м}^3 \cdot \text{кмоль}^{-1}$;

t_p - розрахункова температура, $^{\circ}\text{C}$.

Отже, горизонтальний розмір зони, який обмежує область концентрацій, що перевищують нижню концентраційну межу поширення полум'я становить:

$$R_{\text{НКМП}} = 3,1501 \cdot \sqrt{1} \cdot \left(\frac{5,5}{1,06}\right)^{0,813} \cdot \left(\frac{112}{3,82 \cdot 5,5}\right)^{0,333} = 21 \text{ м}.$$

Таким чином, горизонтальний розмір зони, який обмежує область концентрацій, що перевищують нижню концентраційну межу поширення полум'я для бензину за умов аварії на технологічному блоці №1 АЗС не перевищує 30 м.

У зв'язку з цим згідно вимог п. 10.1.3.2. [2] розрахуємо величину надлишкового тиску (ΔP), що розвивається у разі згоряння пароповітряних сумішей за формулою:

$$\Delta P = P_0 \cdot (0,8m_{\text{пр}}^{0,33}/r + 3m_{\text{пр}}^{0,66}/r^2 + 5m_{\text{пр}}/r^3),$$

де P_0 - атмосферний тиск, кПа (допускається приймати таким, що дорівнює 101 кПа);

r - відстань від геометричного центра пароповітряної хмари, м;

$m_{\text{пр}}$ - приведена маса пари, кг, що розраховується за формулою:

$$m_{\text{пр}} = (Q_{\text{зг}}/Q_0) \cdot m \cdot Z = (43,7 \cdot 10^6 / 4,52 \cdot 10^6) \cdot 112 \cdot 0,1 = 108,6 \text{ кг. де}$$

$Q_{\text{зг}}$ - питома теплота згоряння пари, $\text{Дж} \cdot \text{кг}^{-1}$;

Z- коефіцієнт участі горючих парів у горінні, який допускається приймати рівним 0,1;

Q_0 - константа, рівна $4,52 \cdot 10^6$ Дж·кг⁻¹;

m - маса горючих парів, які надійшли в результаті аварії до навколишнього простору, кг.

Тоді на відстані 21 м від зовнішньої установки технологічного блоку при згорянні пароповітряної хмари розвивається надлишковий тиск, що дорівнює:

$$\Delta P = 101 \cdot (0,8 \cdot 108,6^{0,33}/10,5 + 3 \cdot 108,6^{0,66}/10,5^2 + 5 \cdot 108,6/10,5^3) = 144,43 \text{ кПа}$$

Перевіримо надлишковий тиск вибуху при згорянні даної пароповітряної маси на відстані 30 м від зовнішньої установки.

$$\Delta P = 101 \cdot (0,8 \cdot 108,6^{0,33}/15 + 3 \cdot 108,6^{0,66}/15^2 + 5 \cdot 108,6/15^3) = 70,7 \text{ кПа}$$

Згідно вимог п. 10.1.3.3 [2] розрахуємо величину імпульсу хвилі тиску (i) за формулою:

$$i = 123 \cdot m_{\text{пр}}^{0,66}/r = 123 \cdot 108,6^{0,66}/15 = 180,4 \text{ Па} \cdot \text{с}.$$

де $m_{\text{пр}}$ - приведена маса пари, кг;

r- відстань від геометричного центра пароповітряної хмари, м.

Таким чином, установка технологічного блоку №1 АЗС (вузол зливу нафтопродуктів з автоцистерни до резервуарів) відноситься до категорії А₃, так як в ній легкозаймисті рідини (бензини) з температурою спалаху не більше 28°C і розрахунковий надлишковий тиск у разі згоряння пароповітряної суміші на відстані 30 м від зовнішньої установки перевищує 5 кПа.

Література

1. Михайлюк О.П., Олійник В.В., Мозговий Г.О. Теоретичні основи пожежної профілактики технологічних процесів та апаратів. Підручник. - Харків.- ХНАДУ.- 2014. - 380с.

2. Михайлюк О.П., Олійник В.В., Сирих В.М. Теоретичні основи пожежної профілактики технологічних процесів та апаратів.- Практикум. Харків.- НУЦЗУ, ФОП Панов А.М., 2016.-198 с.

3. ДСТУ Б.В.1.1.36:2016. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою.

4. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: Справ. изд.: В 2-х кн./А.Н. Баратов, А.Я. Корольченко, Г.Н. Кравчук и др.-М.: Химия, 1990. Кн. 1-496 с. Кн. 2 - 384 с.

2.КОНТРОЛЬНА РОБОТА №2

Модульна контрольна робота №2 «Оцінка безпеки та розробка основних напрямків протипожежного захисту виробництва. Розробка карти пожежної безпеки» має за мету закріпити та оцінити рівень знань за темами 1-

б. Основною складовою контрольної роботи є оцінка небезпеки та розробка основних напрямків протипожежного захисту конкретного технологічного процесу, що полягає в розробці карти пожежної небезпеки.

2.1. Вибір варіанту та вимоги до виконання контрольної роботи №2

Модульна контрольна робота виконується за результатами перевірки протипожежного стану реального об'єкту – автозаправної станції, яка здійснюється на практичному занятті згідно тематичного плану дисципліни та методичної розробки до проведення практичного заняття. Завдання до виконання роботи курсанти та студенти отримують від викладача на занятті. Курсанти та студенти за результатами перевірки протипожежного стану об'єктів розробляють карту пожежної небезпеки.

Методичні рекомендації до складання карти пожежної небезпеки наведені в [5].

2.2. Вимоги до розробки карти пожежної небезпеки

Карта пожежної небезпеки (ПН) складається за результатами аналізу пожежної небезпеки виробництва.

Карта ПН може бути використана як довідковий матеріал про стан пожежної небезпеки, для навчання персоналу виробництва основам пожежної безпеки, для проведення пожежно-профілактичної роботи на підприємстві.

Карта ПН складається з 3 частин:

- технологічної схеми виробництва;
- схеми розміщення приміщень, обладнання та матеріалів;
- характеристики пожежної небезпеки та заходів профілактики.

1. Виконання принципової технологічної схеми (ПТС).

ПТС виробництва визначає послідовність технологічних операцій по перетворенню сировини в готову продукцію, параметри технологічного режиму, місця введення в процес сировини та допоміжних речовин, місця отримання допоміжних продуктів та готової продукції.

Виконується шляхом спрощення реальної технологічної схеми.

2. Розробка плану розміщення обладнання та матеріалів.

План розміщення обладнання та матеріалів розробляється не на всі приміщення, а на найбільш пожежонебезпечні.

В плані вказують назву приміщення, технологічні апарати, технологічні потоки, огорожуючі будівельні конструкції, проходи, отвори, місця скопичення людей.

На плані необхідно вказувати категорію приміщення, будівлі, зовнішньої установки за вибухопожежною та пожежною небезпекою.

Якщо обладнання розташовується в декількох місцях, представляються поповерхові плани.

3. Характеристика небезпеки та заходів профілактики.

Характеристика небезпеки та заходів профілактики представляється у виді переліку.

1. Характеристика небезпеки містить:

- пожежонебезпечні властивості речовин і матеріалів;
- найбільш небезпечні місця;
- джерела запалювання;
- шляхи поширення пожежі;
- небезпеки для життя людей.

Заходи пожежної безпеки містять заходи:

- по запобіганню виникнення пожежі;
- протипожежного захисту;
- організаційно-технічні заходи.

Графічне оформлення карти пожежної небезпеки.

Лист графічно розбивається на три поля:

- 1 – графічна схема виробництва;
- 2 – розміщення цехів (приміщень), обладнання та матеріалів;
- 3 – характеристики небезпеки та захисту.

2.3. Перелік питань для підготовки до захисту КР №2.

1. Дати визначення понять: “технологія”, “технологічний процес”, “технологічна система”, “технологічний об’єкт”, “технологічний блок”.
2. Назвати ознаки, за якими класифікуються технологічні процеси.
3. Джерела інформації про технологічні процеси виробництв.
4. Технологічний регламент та його склад.
5. Чим відрізняється повна технологічна схема від принципової?
6. Для чого фахівцю пожежної безпеки необхідні відомості про технологію виробництва?
7. Назвати основні напрямки дослідження пожежної небезпеки технологічних процесів виробництв.
8. Розкрити сутність системи забезпечення пожежної безпеки об’єктів.
9. Методика аналізу пожежної небезпеки виробництва.
10. Виробничі джерела запалювання та її класифікація.
11. Причини та шляхи поширення пожежі на виробництві.
12. Причини та умови утворення горючого середовища у технологічному обладнанні.
13. Запобігання утворення горючого середовища. Заходи.
14. Запобігання появи у горючому середовищі джерел запалювання. Заходи.
15. Запобігання поширення пожежі на виробництві. Заходи.

Література

1. Михайлюк О.П., Олійник В.В., Мозговий Г.О. Теоретичні основи пожежної профілактики технологічних процесів та апаратів. Підручник. - Харків.- ХНАДУ.- 2014. - 380с.

2. Михайлюк О.П., Олійник В.В., Сирих В.М. Теоретичні основи пожежної профілактики технологічних процесів та апаратів. Практикум. - Харків.- НУЦЗУ, ФОП Панов А.М., 2016.-198 с.

3. ДСТУ Б.В.1.1.36:2016. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою.

4. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: Справ. изд.: В 2-х кн./А.Н. Баратов, А.Я. Корольченко, Г.Н. Кравчук и др.-М.: Химия, 1990. Кн. 1-496 с. Кн. 2 - 384 с.

5. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни „Пожежна профілактика технологічних процесів” для курсантів, студентів та слухачів за спеціальністю "Пожежна безпека" / В.В. Олійник, Н.І. Коровникова. - Харків: НУЦЗУ, 2010. - 77 с.

3. КОНТРОЛЬНА РОБОТА №3

Модульна контрольна робота №3 ««Протипожежний захист резервуарів з нафтопродуктами. Розрахунок запобіжного клапану» має за мету закріпити та оцінити рівень знань за темою 3 «Пожежна небезпека виходу горючих речовин із нормально-працюючого технологічного обладнання»

Основною складовою контрольної роботи є виконання інженерних розрахунків щодо визначення протипожежного захисту резервуарів з нафтопродуктами (розрахунок запобіжного клапану).

3.1. Вибір варіанту та вимоги до виконання контрольної роботи №3

Модульна контрольна робота виконується за варіантами, номер якого обирається за останньою цифрою залікової книжки.

Вихідні дані (за варіантами) до розв'язання задачі наведені в таблиці 3.14 [2].

Модульна контрольна робота виконується в окремих зошитах, підписаних здобувачем вищої освіти із позначкою варіанту.

3.2. Завдання до виконання контрольної модульної роботи №3

Визначити перепускну спроможність запобіжного клапана (тип клапана – СППК-4), встановленого на ресивері стисненого горючого газу. Скидання горючого газу відбувається у спеціальну закриту систему. Вид горючого газу в ресивері, його робоча температура, робочий тиск у апараті та інші дані для розрахунку наведені в табл. 3.14 [2].

3.3. Приклад розв'язання задачі

Розрахунок запобіжного клапана

Виконати перевірочний розрахунок запобіжного клапана, який встановлено на ресивері стисненого горючого газу. Тип встановленого запобіжного клапана – запобіжний спеціальний повнопідйомний пружинний фланцевий (СППК-4).

Вихідні дані

- горючий газ – аміак;
- робочий тиск в апараті: $P_p=0,7$ МПа;
- робоча температура: $t_p=20$ °С;
- продуктивність апарата по пару: $G=350$ кг/год.;
- викидання парогазового середовища у разі спрацьовування запобіжних клапанів здійснюється у спеціальну закриту систему, в якій тиск дорівнює $0,13$ МПа;
- коефіцієнт витрати середовища через клапан: $\varphi=0,15$;
- діаметр сопла клапана: 40 мм;
- довжина відвідного трубопроводу: $L=200$ м.
- на трубопроводі є 5 колін з кутом повороту 90° .

Розрахунок

1. Приймаємо надлишковий тиск спрацьовування запобіжного клапана по відомому надлишковому робочому тиску в апараті за табл. 3.1.

Таблиця 3.1. - Тиск спрацьовування запобіжного клапана

Робочий (надлишковий) тиск, $P_{р.н}$,	Тиск спрацьовування (надлишковий) $P_{сп.н}$, МПа
Менше $0,3$	$P_{р.н} + 0,05$
$0,3 \leq P_{р.н} < 6$	$1,15 P_{р.н}$
6 і більше	$1,1 P_{р.н}$

Тут $P_{р.н} = P_p - 0,1$ МПа та $P_{сп.н} = P_{сп} - 0,1$ МПа;

P_p - робочий (абсолютний) тиск в апараті, МПа;

$P_{сп}$ - абсолютний тиск спрацьовування клапана, МПа.

Згідно таблиці 2.6.: $P_{сп.н} = 1,15(0,7 \text{ МПа} - 0,1 \text{ МПа}) = 0,69$ МПа.

З цієї формули виражають значення надлишкового тиску спрацювання безпосередньо, як в нашому випадку становить $P_{сп.н}=0,79$ МПа.

2. Молекулярна маса аміаку становить $17,3$.

3. Визначаємо густину середовища в апараті за тиском спрацьовування запобіжного клапана та робочою температурою за формулою

$$\rho_t = 120,27 \frac{M \cdot P_{сп}}{t_p + 273} = \frac{17,3 \cdot 0,79}{20 + 273} = 5,61 \text{ кг/м}^3,$$

де ρ_t - густина парогазового середовища в апараті, кг/м^3 ;

t_p - робоча температура середовища в апараті, °С;

$P_{сп}$ - абсолютний тиск спрацьовування клапана, МПа.

4. Приймаємо тиск на вході у відвідний трубопровід $P_{вх}$ (на виході із відвідного патрубку запобіжного клапана):

$$P_{вх} = P_c = 0,13 \text{ МПа},$$

де P_c – абсолютний тиск середовища у закритій системі, куди здійснюється скидання парогазового середовища, МПа.

5. Визначають відношення

$$\frac{P_{вх.н.}}{P_{сп.н.}} = 0,043.$$

Тут $P_{вх.н.} = P_{вх.н.} - 0,1$ МПа – надлишковий тиск середовища у відвідному трубопроводі, МПа.

6. За табл. 7 додатку [2] знаходимо показник адіабати середовища, що виходить через запобіжний клапан з апарата. В нашому випадку $k=1,31$.

Виходячи із значень коефіцієнта адіабати та співвідношення вхідного тиску та тиску спрацювання (надлишкових), з таблиці 3.2. [2] знаходимо значення коефіцієнта V .

$$V = f(P_{вх.н.}/P_{сп.н.}; k) = f(0,043; 1,31) = 0,482.$$

7. Визначаємо необхідну площу прохідного перерізу запобіжного клапана при максимальній продуктивності апарата за парогазовим середовищем (або притоку в апарат середовища) під час аварійної ситуації

$$F = \frac{7,142 \cdot 10^{-4} \cdot G}{\varphi \cdot V \cdot (P_{сп.н.} - P_{вх.н.}) \rho_t} = \frac{7,142 \cdot 10^{-4} \cdot 0,097}{0,15 \cdot 0,482 \cdot (0,79 - 0,13) \cdot 5,61} = 0,00021 \text{ м}^2,$$

де F – площа прохідного перерізу клапана, м^2 ;

G – максимальна продуктивність апарата за парогазовим середовищем, кг/с ;

φ – коефіцієнт витрати середовища через клапан.

8. Визначимо за формулою фактичну площу прохідного перерізу F_k запобіжного клапана, встановленого в апараті

$$F_k = 0,785 \cdot d_c^2 = 0,00126 \text{ м}^2,$$

де d_c – діаметр сопла запобіжного клапана, м. Числові значення діаметрів сопел та відповідні їм внутрішні діаметри відповідних патрубків наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2. – Числові значення діаметрів

Діаметр сопла, м	0,012	0,03	0,04	0,05	0,072
Діаметр відповідного патрубка, м	0,032	0,08	0,1	0,125	0,2

Порівнюють знайдену площу прохідного перерізу F з фактичною площею прохідного перерізу F_k запобіжного клапана

Якщо $F > F_k$, то необхідно встановити запобіжний клапан більшої пропускної спроможності (з більшим діаметром сопла d_c і відповідно з більшою площею прохідного перерізу клапана F_k , які підбираються з наведеної

вище таблиці; при необхідності пропонують влаштування двох і більше клапанів).

Якщо $F < F_k$, то розрахунки продовжують, починаючи з п. 9.

В нашому випадку нерівність $F < F_k$ виконується, тому продовжуємо розрахунок.

9. Визначаємо площу перерізу відвідного трубопроводу

$$F_{від} = \frac{\pi \cdot d_{від}^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,1^2}{4} = 0,0078 \text{ м}^2,$$

де $d_{від}$ – внутрішній діаметр відвідного трубопроводу (діаметр відвідного трубопроводу повинен бути не меншим за діаметр відвідного патрубка запобіжного клапана), м.

10. Визначаємо густину середовища на виході з відвідного трубопроводу (у закритій системі)

$$\rho_{від} = 120,27 \cdot \frac{M \cdot P_{ex}}{t_p + 273} = 120,27 \cdot \frac{17,3 \cdot 0,13}{20 + 273} = 0,9232 \text{ кг/м}^3.$$

11. Визначаємо критичну швидкість витікання парогазового середовища

$$\omega_{кр} = 128,95 \cdot \sqrt{\frac{k \cdot (t_p + 273)}{(k + 1) \cdot M}} = 128,95 \cdot \sqrt{\frac{1,31 \cdot (20 + 279)}{(1,31 + 1) \cdot 17,3}} = 399,63 \text{ м/с}.$$

12. Визначаємо швидкісний коефіцієнт на виході з відвідного трубопроводу

$$\lambda_{вих} = \frac{G}{\rho_{від} \cdot F_{від} \cdot \omega_{кр}} = \frac{350/3600}{0,9232 \cdot 0,0078 \cdot 399,63} = 0,0337.$$

13. Визначаємо кількість та вид місцевих опорів на відвідному трубопроводі. За таблицю 19 додатку [2] знаходимо значення коефіцієнтів місцевих опорів.

14. Знаходимо сумарний коефіцієнт місцевих опорів

$$\xi_c = \sum_{i=1}^n N_i \cdot \xi_i = 5 \cdot 1,1 = 5,5,$$

де N_i – кількість місцевих опорів одного виду;

ξ_i – числове значення і-го коефіцієнта;

n – число видів опорів (у нашому випадку дорівнює одиниці).

15. Визначаємо коефіцієнт опору тертя лінійних частин трубопроводу

$$\lambda = 0,0132 \cdot d_{від}^{-0,25} = 0,0235.$$

16. Розрахуємо коефіцієнт опору системи

$$\xi_{сист} = \xi_c + \lambda \frac{L}{d_{від}} = 52,44,$$

де L – довжина лінійної ділянки відвідного трубопроводу, м.

17. Визначаємо параметр

$$L = \frac{2k}{(k+1)} \zeta_{сист} = 59,485$$

18. Знаходимо значення швидкісного коефіцієнта на вході парогазового середовища у відвідний трубопровід за графіком на рис. 1

$$\lambda_{ex} = f(L; \lambda_{вух}) = f(59,48; 0,033) = 0,075$$

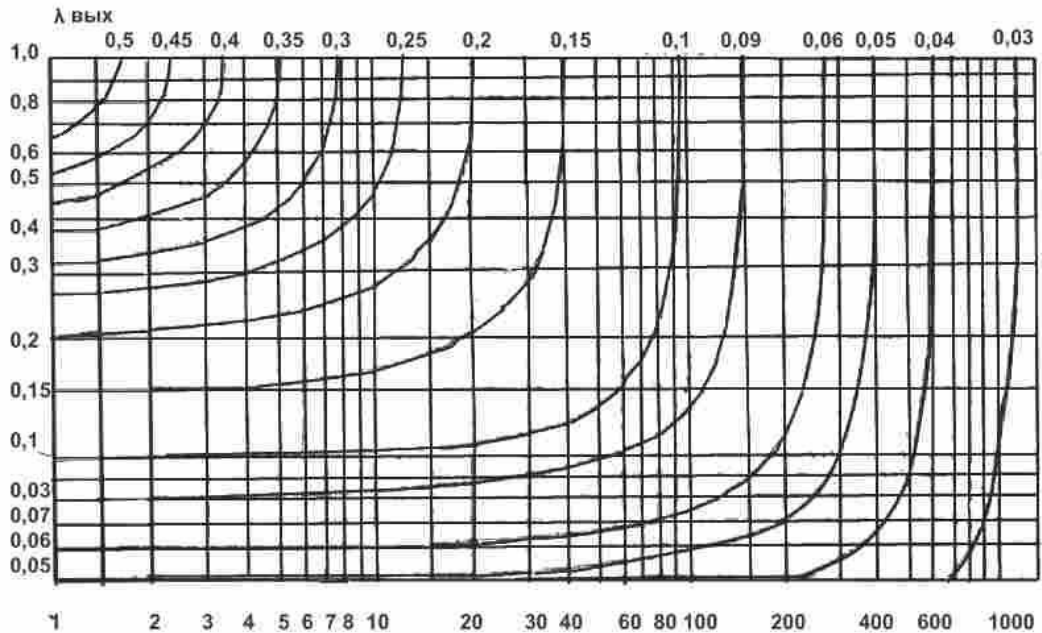


Рисунок 1.

19. Визначаємо швидкість парогазового середовища на виході із запобіжного клапана

$$\omega_{ex} = \lambda_{ex} \cdot \omega_{кр} = 29,97 \text{ м/с.}$$

20. Розраховуємо падіння тиску у відвідному трубопроводі

$$\Delta P = P_{ex} \cdot \left(1 - \frac{G}{\rho_{від} \cdot F_{від} \cdot \omega_{від}} \right) = 0,072 \text{ МПа}$$

21. Визначаємо уточнене значення тиску на вході у відвідний трубопровід

$$P'_{вх} = P_c + \Delta P = 0,202 \text{ МПа}$$

22. Порівняємо уточнене значення тиску на вході у відвідний трубопровід $P'_{вх}$ з прийнятим раніше значенням $P_{вх}$.

$$0,1235 < 0,202 < 0,1365 \quad (0,95 \cdot P_{вх} < P'_{вх} < 1,05 \cdot P_{вх})$$

Нерівність хибна. Пропускню спроможність клапана перераховуємо, прийнявши $P_{вх} = P'_{вх}$. (розрахунки повторюють, починаючи з п. 4).

23. Приймаємо тиск на вході у відвідний трубопровід $P_{вх}$ (на виході із відвідного патрубка запобіжного клапана):

$$P_{ex} = P_c = 0,202 \text{ МПа},$$

де P_c - абсолютний тиск середовища у закритій системі, куди здійснюється скидання парогазового середовища, МПа.

24. Визначають відношення

$$\frac{P_{ex.н.}}{P_{сн.н.}} = 0,148.$$

25. За табл. 3.2. [2] знаходимо нове значення коефіцієнту $V=0,503$.

26. Визначаємо необхідну площу прохідного перерізу запобіжного клапана при максимальній продуктивності апарата за парогазовим середовищем (або притоку в апарат середовища) під час аварійної ситуації

$$F = \frac{7,142 \cdot 10^{-4} \cdot G}{\varphi \cdot V \cdot (P_{сн} - P_{ex}) \rho_t} =$$

$$= \frac{7,142 \cdot 10^{-4} \cdot 0,097}{0,15 \cdot 0,502 \cdot (0,79 - 0,13) \cdot 5,61} = 0,00020 \text{ м}^2.$$

27. Визначимо за формулою фактичну площу прохідного перерізу F_k запобіжного клапана, встановленого в апараті

$$F_k = 0,785 \cdot d_c^2 = 0,00126 \text{ м}^2.$$

Виконується нерівність $F < F_k$. Розрахунки продовжуємо.

28. Площа перерізу відвідного трубопроводу не змінюється

$$F_{від} = 0,0078 \text{ м}^2.$$

29. Визначаємо густину середовища на виході з відвідного трубопроводу (у закритій системі)

$$\rho_{від} = 120,27 \cdot \frac{M \cdot P_{ex}}{t_p + 273} = 1,4343 \text{ кг/м}^3.$$

30. Швидкість витікання парогазового середовища не змінюється

$$\omega_{кр} = 399,63 \text{ м/с}.$$

31. Визначаємо швидкісний коефіцієнт на виході з відвідного трубопроводу

$$\lambda_{вих} = \frac{G}{\rho_{від} \cdot F_{від} \cdot \omega_{кр}} = 0,02155.$$

Розрахунки п. 13-17 виконувати нема потреби.

32. Знаходимо значення швидкісного коефіцієнта на вході парогазового середовища у відвідний трубопровід за графіком на рис. 1

$$\lambda_{ex} = f(L, \lambda_{вих}) = f(59,48; 0,02155) = 0,04.$$

33. Визначаємо швидкість парогазового середовища на виході із запобіжного клапана

$$\omega_{ex} = \lambda_{ex} \cdot \omega_{kp} = 15,98 \text{ м/с.}$$

34. Розраховуємо падіння тиску у відповідному трубопроводі

$$\Delta P = P_{ex} \cdot \left(1 - \frac{G}{\rho_{вид} \cdot F_{вид} \cdot \omega_{вид}} \right) = 0,093 \text{ МПа.}$$

35. Визначаємо уточнене значення тиску на вході у відповідний трубопровід

$$P'_{ex} = P_c + \Delta P = 0,223 \text{ МПа.}$$

36. Порівнюємо уточнене значення тиску на вході у відповідний трубопровід $P'_{вх}$ з прийнятим раніше значенням $P_{вх}$.

$$0,1919 < 0,223 < 0,2121$$

Нерівність хибна. Пропускную спроможність клапана перераховуємо, прийнявши $P_{вх} = P'_{вх}$. (розрахунки повторюють, починаючи з п. 4).

37. Приймаємо тиск на вході у відповідний трубопровід $P_{вх}$ (на виході із відповідного патрубка запобіжного клапана):

$$P_{ex} = P_c = 0,202 \text{ МПа.}$$

38. Визначають відношення

$$\frac{P_{ex.н.}}{P_{сн.н.}} = 0,1785.$$

39. За табл. 3.2. [2] знаходимо коефіцієнт $V=0,527$.

40. Визначаємо необхідну площу прохідного перерізу запобіжного клапана при максимальній продуктивності апарата за парогазовим середовищем (або притоку в апарат середовища) під час аварійної ситуації

$$F = \frac{7,142 \cdot 10^{-4} \cdot G}{\varphi \cdot V \cdot (P_{сн} - P_{ex}) \rho_t} =$$

$$= \frac{7,142 \cdot 10^{-4} \cdot 0,097}{0,15 \cdot 0,527 \cdot (0,79 - 0,13) \cdot 5,61} = 0,00021 \text{ м}^2.$$

41. Визначимо за формулою фактичну площу прохідного перерізу F_k запобіжного клапана, встановленого в апараті

$$F_k = 0,785 \cdot d_c^2 = 0,00126 \text{ м}^2$$

Виконується нерівність $F < F_k$. Розрахунки продовжуємо.

42. Площа перерізу відповідного трубопроводу не змінюється

$$F_{вид} = 0,0078 \text{ м}^2.$$

43. Визначаємо густину середовища на виході з відповідного трубопроводу (у закритій системі)

$$\rho_{\text{від}} = 120,27 \cdot \frac{M \cdot P_{\text{ex}}}{t_p + 273} = 1,5848 \text{ кг/м}^3.$$

44. Швидкість витікання парогазового середовища не змінюється

$$\omega_{\text{кр}} = 399,63 \text{ м/с.}$$

45. Визначаємо швидкісний коефіцієнт на виході з відвідного трубопроводу

$$\lambda_{\text{вих}} = \frac{G}{\rho_{\text{від}} \cdot F_{\text{від}} \cdot \omega_{\text{кр}}} = 0,0195.$$

Розрахунки п.13-17 виконувати нема потреби.

46. Знаходимо значення швидкісного коефіцієнта на вході парогазового середовища у відвідний трубопровід за графіком на рис.1

$$\lambda_{\text{ex}} = f(L; \lambda_{\text{вих}}) = f(59,48; 0,0195) = 0,035.$$

47. Визначаємо швидкість парогазового середовища на виході із запобіжного клапана

$$\omega_{\text{ex}} = \lambda_{\text{ex}} \cdot \omega_{\text{кр}} = 13,99 \text{ м/с.}$$

48. Розраховуємо падіння тиску у відвідному трубопроводі

$$\Delta P = P_{\text{ex}} \cdot \left(1 - \frac{G}{\rho_{\text{від}} \cdot F_{\text{від}} \cdot \omega_{\text{від}}} \right) = 0,0988 \text{ МПа.}$$

49. Визначаємо уточнене значення тиску на вході у відвідний трубопровід

$$P'_{\text{ex}} = P_c + \Delta P = 0,229 \text{ МПа.}$$

50. Порівняємо уточнене значення тиску на вході у відвідний трубопровід $P'_{\text{вх}}$ з прийнятим раніше значенням $P_{\text{вх}}$

$$0,21185 < 0,229 < 0,23415.$$

Нерівність вірна. Продовжуємо розрахунки.

51. Уточнюємо значення коефіцієнта В за табл. 3.2. [2].

$$B' = 0,527.$$

52. Перевіряємо пропускну спроможність запобіжного клапана G_k

$$G_k = 1,41 \cdot 10^3 \cdot \varphi \cdot F \cdot B' \cdot \sqrt{(P_{\text{сн}} - P_{\text{ex}}) \cdot \rho_t} = 0,27 \quad (2.40)$$

де G_k – максимальна пропускну спроможність запобіжного клапана, кг/с.

53. Порівняємо знайдене значення пропускну спроможності клапана G_k з максимальною продуктивністю апарата за парогазовим середовищем під час аварійної ситуації $G_{\text{max}} = 0,097$ кг/с.

Якщо $G_k \geq G_{\text{max}}$ розрахунки закінчують. Якщо $G_k < G_{\text{max}}$ необхідно:

1) встановити запобіжний клапан з більшим діаметром сопла і відповідно з більшим діаметром відповідного патрубка та трубопроводу $d_{\text{від}}$ і повторити розрахунки, починаючи з п.8;

2) зменшити гідравлічний опір відповідного трубопроводу (зменшити його довжину, збільшити діаметр або зменшити кількість місцевих опорів). У цьому випадку розрахунки повторюють, починаючи з п.13.

У нашому випадку пропускна спроможність клапана достатня.

Результати перевірного розрахунку запобіжного клапана (технічна характеристика):

- середовище у апараті: пари аміаку;
- робочий (абсолютний) тиск: 0,7 МПа;
- робоча температура: 20°C;
- тиск (абсолютний) спрацьовування клапана: 0,79 МПа;
- тиск (абсолютний) у закритій системі: 0,13 МПа;
- тип запобіжного клапана: СППК-4;
- пропускна спроможність клапана: 0,27 кг/с;
- площа прохідного перерізу клапана 0,0001256, м²;
- діаметр відповідного трубопроводу 0,1 м;
- коефіцієнт опору системи 52,45;
- падіння тиску у відповідному трубопроводі 0,0988 МПа.

Література

1. Михайлюк О.П., Олійник В.В., Мозговий Г.О. Теоретичні основи пожежної профілактики технологічних процесів та апаратів. Підручник. - Харків.- ХНАДУ.- 2014. - 380с.

2. Михайлюк О.П., Олійник В.В., Сирих В.М. Теоретичні основи пожежної профілактики технологічних процесів та апаратів. Практикум. - Харків.- НУЦЗУ, ФОП Панов А.М., 2016.-198 с.

3. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: Справ. изд.: В 2-х кн./А.Н. Баратов, А.Я. Корольченко, Г.Н. Кравчук и др.-М.: Химия, 1990. Кн. 1-496 с. Кн. 2 - 384 с.

Питання для самопідготовки

- 1.Методика аналізу пожежної небезпеки виробництв.
2. Класифікація основних технологічних процесів та апаратів.
- 3.Системи забезпечення пожежної безпеки об'єктів. Нормативний документ.
- 4.Умови утворення горючого середовища в апаратах з нерухомим рівнем рідини. Інженерно-технічні рішення по запобіганню утворення горючого середовища в апаратах з нерухомим рівнем рідини.
- 5.Апарати з рухомим рівнем рідини. Умови утворення горючого середовища. Пожежно-профілактичні заходи.
- 6.Умови утворення горючого середовища в апаратах з горючими газами. Основні напрямки протипожежного захисту апаратів з горючими газами.

7. Утворення горючого середовища в технологічному обладнанні з горючим пилом та волокнами. Протипожежні заходи.
8. Пожежна небезпека апаратів з відкритою поверхнею випаровування горючої рідини. Протипожежний захист апаратів з відкритою поверхнею випаровування.
9. Пожежна небезпека та протипожежний захист апаратів з дихальними пристроями.
10. Пожежна небезпека та протипожежний захист періодично діючих апаратів.
11. Пожежна небезпека та протипожежний захист апаратів, що працюють під надмірним тиском.
12. Пожежна небезпека та протипожежний захист апаратів в періоди пуску та зупинки.
13. Класифікація причин пошкодження технологічного обладнання.
14. Класифікація та загальна характеристика аварійних ситуацій.
15. Локальне та повне пошкодження технологічного обладнання. Визначення кількості горючих речовин, що виходять назовні під час повного та локального пошкодження апаратів.
16. Пошкодження технологічного обладнання від механічних дій. Основні причини та види механічних пошкоджень. Інженерно-технічні заходи, які виключають пошкодження технологічного обладнання від механічних дій.
17. Загальні положення класифікації приміщень за вибухопожежною та пожежною небезпекою.
18. Загальна методика визначення категорії приміщень за вибухопожежною та пожежною небезпекою.
19. Методика визначення категорії будинків та протипожежних відсіків за вибухопожежною та пожежною небезпекою.
20. Методика розрахунку надлишкового тиску вибуху для приміщень з горючими газами.
21. Методика розрахунку надлишкового тиску вибуху для приміщень з легкозаймистими та горючими рідинами.
22. Методика визначення категорії приміщення з горючим пилом за вибухопожежною та пожежною небезпекою.
23. Поняття джерела запалювання та їх класифікація. Основні параметри, що характеризують джерела запалювання.
24. Пожежна небезпека відкритого вогню, розжарених продуктів горіння та високо нагрітих поверхонь. Профілактичні заходи.
25. Пожежна небезпека підвищення температури тіл в результаті перетворення механічної енергії у теплову. Профілактичні заходи.
26. Пожежна небезпека від іскор печей та двигунів внутрішнього згорання. Протипожежні заходи.
27. Пожежна небезпека теплових проявів хімічних реакцій. Профілактичні заходи.

28. Пожежна безпека теплових проявів електричної енергії. Профілактичні заходи.

29. Іскрогасники. Улаштування, принцип дії та галузь їх застосування.

30. Іскроуловлювачі, Улаштування, принцип дії та галузь застосування.

31. Вогневі роботи на виробництві. Види вогневих робіт. Пожежна безпека проведення вогневих ремонтних робіт.

32. Способи підготовки технологічного обладнання до вогневих робіт. Заходи пожежної профілактики

33. Умови та шляхи поширення пожежі на виробництві. Пожежна безпека.

34. Поширення пожежі по виробничим комунікаціям. Протипожежний захист.

35. Аварійний злив горючої рідини. Вимоги до систем аварійного зливу.

36. Методика розрахунку режиму системи аварійного зливу легкозаймистих рідин.

37. Вогнеперешкоджувачі. Призначення, принцип захисної дії, улаштування.

38. Призначення, улаштування, принцип дії та галузь застосування гідрозатворів.

39. Методика визначення діаметру каналів вогнеперешкоджувача.

40. Запобіжні клапани, призначення та принцип дії. Визначення пропускної здатності запобіжного клапану.

41. Способи захисту технологічного обладнання від руйнування під час вибуху.

42. Складові частини та методика розробки карти пожежної безпеки.

43. Методика визначення категорій зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною безпекою. Нормативний документ.

Література

1. Михайлюк О.П., Олійник В.В., Мозговий Г.О. Теоретичні основи пожежної профілактики технологічних процесів та апаратів. Підручник. - Харків.- ХНАДУ.- 2014. - 380с.

2. Михайлюк О.П., Олійник В.В., Сирих В.М. Теоретичні основи пожежної профілактики технологічних процесів та апаратів. Практикум. - Харків.- НУЦЗУ, ФОП Панов А.М., 2016.-198 с.

3. ДСТУ Б.В.1.1.36:2016. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною безпекою.

4. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: Справ. изд.: В 2-х кн./А.Н. Баратов, А.Я. Корольченко, Г.Н. Кравчук и др.-М.: Химия, 1990. Кн. 1-496 с. Кн. 2 - 384 с.

5. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни „Пожежна профілактика технологічних процесів” для курсантів, студентів та слухачів за спеціальністю "Пожежна безпека" / В.В. Олійник, Н.І. Коровникова. - Харків: НУЦЗУ, 2010. - 77 с.