

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІМ. Ю.М. ПОТЕБНИ  
ЗАПОРІЗЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

Є.А. Манідіна  
В.В. Грідяєв

**ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА**

**Методичні вказівки**

до практичних та лабораторних занять  
для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра  
спеціальності 263 «Цивільна безпека»  
освітньо-професійної програми «Охорона праці»

Затверджено  
вченою радою ЗНУ  
Протокол № 6 від 24.12.2024

Запоріжжя  
2024

УДК 614.84  
М 234

Манідіна Є.А., Грідяєв В.В. Пожежна безпека : методичні вказівки до практичних та лабораторних занять для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності 263 «Цивільна безпека» освітньо-професійної програми «Охорона праці». Запоріжжя : Запорізький національний університет, 2024. 120 с.

Методичні вказівки розроблено відповідно вимогам до навчально-методичної літератури та змісту силабусу навчальної дисципліни «Пожежна безпека». У виданні в систематизованому вигляді подано зміст практичних занять, запропоновано приклади виконання завдань, наведено принципи, вимоги і поради до виконання, оформлення та обробки результатів експериментальних досліджень.

Призначені для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності 263 «Цивільна безпека» освітньо-професійної програми «Охорона праці».

Рецензент

*О.Г. Добровольська*, кандидат технічних наук, доцент кафедри міського будівництва і архітектури

Відповідальний за випуск

*Ю.О. Блоконь*, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри металургійних технологій, екології та техногенної безпеки

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	5
РОЗДІЛ 1. ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ.....	7
1.1 Розрахунок температури спалаху парів вогненебезпечних рідин.....	7
1.2 Розрахунок концентраційних меж поширення полум'я.....	10
1.3 Розрахунок температурних меж поширення полум'я .....	16
1.4 Розрахунок адіабатичної температури горіння .....	18
1.5 Визначити можливу обстановку на пожежі, а також основні параметри її розвитку .....	20
1.6 Визначення категорії приміщень при розливанні ЛВР та викидів горючих газів.....	24
1.7 Визначення розрахункового та необхідного часу евакуації .....	38
1.8 Розрахунок блискавкозахисту (зони захисту об'єкта) .....	49
1.9 Гасіння пожеж. Водяне та пінне пожежогасіння .....	54
1.10 Розрахунок параметрів вибуху при підриві заряду конденсованої вибухової речовини .....	58
РОЗДІЛ 2. ЛАБОРАТОРНІ ЗАНЯТТЯ.....	65
2.1 Лабораторне заняття 1. Визначення температури спалаху нафтопродуктів в закритому тиглі .....	65
2.2 Лабораторне заняття 2. Визначення ступеня займання матеріалів із пластичних мас .....	74
2.3 Лабораторне заняття 3. Вогнегасні речовини та первинні засоби протипожежного захисту .....	78
2.4 Лабораторне заняття 4. Визначення показників пожежної небезпеки аварійного розливу легкозаймистих та горючих рідин .....	92
2.5 Лабораторне заняття 5. Визначення надлишкового тиску вибуху для горючого пилу.....	96
ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА.....	102
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА.....	104
ДОДАТКИ .....	106
Додаток А Значення коефіцієнтів для зв'язку і-го виду. Властивості вогненебезпечних рідин.....	106
Додаток Б Коефіцієнт для розрахунку меж поширення полум'я. Стандартна теплота утворення. Коефіцієнт флегматизації .....	107
Додаток В Показники для розрахунку температурних меж поширення полум'я .....	108
Додаток Г Нижча робоча теплота згоряння. Середні об'ємні теплоємності .	110
Додаток Д Показники пожежної небезпеки деяких горючих рідин і газів .....	111

Додаток Е Карта середньої тривалості гроз за рік у годинах для території України.....	118
Додаток Ж Ступеня руйнувань об'єктів в залежності від значення надлишкового тиску .....	119

## ВСТУП

Метою вивчення навчальної дисципліни «Пожежна безпека» є засвоєння системи професійних знань з пожежної безпеки і вибухозахисту, принципів дотримання безпечного ведення технологічних процесів і експлуатації виробничого обладнання, а також вироблення умінь щодо застосування цих знань на практиці.

Основними завданнями вивчення дисципліни «Пожежна безпека» є:

- ознайомитися з законодавчою та нормативною базою у сфері пожежної безпеки;
- ознайомитися з небезпечними та шкідливими факторами, що пов'язані з пожежами;
- набути навички оцінювання за технологічним регламентом та технологічною схемою пожежовибухонебезпеку апарата, процесу, а також рівня їхнього протипожежного захисту;
- засвоїти методики розробки пожежо-профілактичних заходів на підприємствах та установах;
- ознайомитися з системами та засобами протипожежного захисту, їх утриманням і експлуатацією на підприємствах.

Навчальна дисципліна «Пожежна безпека» продовжує підготовку здобувачів вищої освіти і базується на знаннях, отриманих при вивченні дисциплін «Фізика», «Основи хімічної безпеки», «Інженерна графіка» та служить підґрунтям для вивчення дисциплін «Основи охорони праці та безпека життєдіяльності», «Електробезпека».

Практичне заняття – вид навчального заняття, на якому здобувачам вищої освіти надаються більш детальні роз'яснення окремих теоретичних положень навчальної дисципліни та формуються вміння і навички їх практичного застосування шляхом виконання здобувачем відповідно сформульованих завдань.

Основною дидактичною метою практичного заняття є розширення, поглиблення і деталізація наукових знань, отриманих здобувачами вищої освіти на лекціях та в процесі самостійної роботи, спрямоване на підвищення рівня засвоєння навчального матеріалу, прищеплення умінь та навичок, розвиток творчого та усного мовлення здобувачів вищої освіти.

Лабораторні заняття – форма навчального заняття, за якою студент під керівництвом викладача проводить природничі або імітаційні експерименти чи досліди з метою підтвердження окремих теоретичних положень навчальної дисципліни, набуває практичних навичок роботи з лабораторним устаткуванням, обладнанням, обчислювальною технікою, вимірювальною апаратурою, методикою експериментальних досліджень.

Лабораторні заняття не лише закріплюють теоретичні знання, а й дають змогу студентові глибоко вивчати механізм застосування цих знань, оволодівати важливим для фахівця умінням інтелектуального проникнення у виробничі процеси, які досліджуються під час проведення заняття. Під впливом

цієї форми занять у студентів часто виникають нові ідеї наукового і технічного характеру, що використовуються у курсових проєктах.

Перед початком лабораторного заняття здобувачу проводять первинний інструктаж з охорони праці, з обов'язковим зазначенням ризиків виникнення небезпечних подій та порядку дій в аварійних ситуаціях, які можуть відбуватися при виконанні експериментального дослідження, порядку надання первинної домедичної допомоги.

Бали, отримані здобувачем вищої освіти за окремі практичні заняття та за виконання, оформлення і захист лабораторних робіт, враховуються при виставленні підсумкової оцінки з даної навчальної дисципліни.

## РОЗДІЛ 1. ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ

### 1.1 Розрахунок температури спалаху парів вогненебезпечних рідин

**Мета:** ознайомитися з методиками розрахунків температури спалаху індивідуальних рідин в закритому тиглі та температури спалаху суміші рідин в закритому тиглі.

#### План

1. Методика розрахунку температури спалаху індивідуальних рідин.
2. Методика розрахунку температури спалаху суміші рідин в закритому тиглі.
3. Приклади розв'язання завдань.
4. Практичні завдання до теми заняття.

#### Теоретичні відомості

**1. Методика розрахунку температури спалаху індивідуальних рідин.** Температура спалаху рідини в закритому тиглі, °С, розраховується за наступною формулою:

$$t_{\text{сп}} = 0,659 \cdot t_{\text{кип}} + \sum_{i=1}^n a_i \cdot l_i - 73,14 \quad (1.1)$$

де  $t_{\text{кип}}$  – температура кипіння рідини, °С;  
 $l_i$  – кількість зв'язків і-го виду в молекулі рідини (табл. А.1);  
 $a_i$  – коефіцієнт для зв'язку і-го виду зв'язку (табл. А.1).

**2. Методика розрахунку температури спалаху суміші рідин в закритому тиглі.** Температуру спалаху суміші рідин  $T_{\text{сп сум}}$  знаходять з наступного виразу:

$$\sum_{i=1}^k x_i \cdot \exp \left[ \frac{\Delta H_i/R}{T_{\text{сп і}}} - \frac{\Delta H_i/R}{T_{\text{сп сум}}} \right] = 1 \quad (1.2)$$

де  $x_i$  – мольна доля і-го компонента в суміші;  
 $\Delta H_i$  – мольна теплота випаровування і-го компонента, Дж/моль;  
 $R$  – універсальна газова постійна, Дж/(моль·°К),  $R = 8,31$  Дж/(моль·°К);  
 $T_{\text{сп і}}$  – температура спалаху і-го компонента, °К.

Безрозмірне співвідношення  $\Delta H_i/R$  можна наближено визначити за наступною формулою:

$$\frac{\Delta H_i}{R} = 19,6 \cdot T_{\text{кип і}} - 2918,6 \quad (1.3)$$

де  $T_{\text{кип і}}$  – температура кипіння і-го компонента, К.

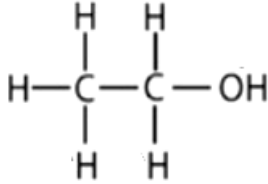
## Приклади розв'язання завдань

### Приклад 1

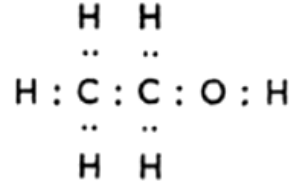
Розрахувати температуру спалаху етилового спирту ( $C_2H_5OH$ ).  
Температура кипіння етилового спирту  $78,35\text{ }^\circ\text{C}$ .

*Розв'язання*

Розглянемо зв'язки в молекулі спирту:



Структурна формула



Електронна формула

#### перший вид зв'язку в молекулі спирту

C=C: кількість такого типу зв'язку в молекулі етилового спирту 1, отже  $l_1 = 1$ . Коефіцієнт для зв'язку такого типу, відповідно до табл. А.1, дорівнює  $-0,28$ ,  $a_1 = -0,28$ ;

#### другий вид зв'язку в молекулі спирту

C—H: кількість такого типу зв'язку в молекулі етилового спирту 5, отже  $l_2 = 5$ . Коефіцієнт для зв'язку такого типу, відповідно до табл. А.1, дорівнює  $1,105$ ,  $a_2 = 1,105$ ;

#### третій вид зв'язку в молекулі спирту

C—O: кількість такого типу зв'язку в молекулі етилового спирту 1, отже  $l_3 = 1$ . Коефіцієнт для зв'язку такого типу, відповідно до табл. А.1, дорівнює  $2,47$ ,  $a_3 = 2,47$ ;

#### четвертий вид зв'язку в молекулі спирту

O—H: кількість такого типу зв'язку в молекулі етилового спирту 1, отже  $l_4 = 1$ . Коефіцієнт для зв'язку такого типу, відповідно до табл. А.1, дорівнює  $23,9$ ,  $a_4 = 23,9$ ;

Робимо підстановку отриманих значень параметрів у форм. (1.1):

$$t_{\text{сп}} = 0,659 \cdot 78,35 + (1 \cdot (-0,28) + 5 \cdot 1,105 + 1 \cdot 2,47 + 1 \cdot 23,9) - 73,14 = 10,11\text{ }^\circ\text{C}.$$

Порівнюємо розрахункову температуру спалаху з довідковими даними (табл.А.2).

### Приклад 2

Розрахувати температуру спалаху суміші: 30 об.% ацетону та 70 об.% етилового спирту. Температура спалаху ацетону ( $-18$ )  $^\circ\text{C}$ , етилового спирту  $12$   $^\circ\text{C}$ . Температура кипіння: ацетону  $58,1$   $^\circ\text{C}$ , етилового спирту  $78,3$   $^\circ\text{C}$ , густина ацетону  $\rho_a = 792$   $\text{кг/м}^3$ , спирту  $\rho_c = 789$   $\text{кг/м}^3$ . Молекулярна маса ацетону  $M_a = 58$   $\text{Mr}$ , спирту  $M_c = 46$   $\text{Mr}$ .

*Розв'язання*



Знаходимо масові долі компонентів  $g_i$ , за умов, що їхні об'ємні частки в суміші становлять:  $r_a = 0,3$ ,  $r_c = 0,7$ .

$$g_a = \frac{\rho_a \cdot r_a}{\rho_a \cdot r_a + \rho_c \cdot r_c} = \frac{0,792 \cdot 0,3}{0,792 \cdot 0,3 + 0,789 \cdot 0,7} = 0,3016$$

Тоді беручи до уваги, що суміш це:  $g_a + g_c = 1$ , тоді масова частка спирту в суміші буде становити:

$$g_c = 1 - g_a = 1 - 0,3016 = 0,6984$$

Далі знаходимо мольні частки компонентів:

для ацетону

$$x_a = \frac{\frac{g_a}{M_a}}{\frac{g_a}{M_a} + \frac{g_c}{M_c}} = \frac{\frac{0,3016}{58}}{\frac{0,3016}{58} + \frac{0,6984}{0,7}} = 0,255$$

для спирту

$$x_c = 1 - x_a = 1 - 0,255 = 0,745.$$

За форм. (1.3) знаходимо для ацетону та для етилового спирту значення безрозмірного співвідношення  $\Delta H_i/R$ :

$$\frac{\Delta H_a}{R} = 19,6 \cdot (273 + 58,1) - 2918,6 = 3571$$

$$\frac{\Delta H_c}{R} = 19,6 \cdot (273 + 78,3) - 2918,6 = 3966,9$$

Отримані значення далі підставляємо в рівняння (1.2) отримуємо температуру спалаху суміші  $T_{сп сум} = 277 \text{ }^\circ\text{K}$ , тобто  $t_{сп сум} = 277 - 273 = 4 \text{ }^\circ\text{C}$ .

## Практичні завдання до теми заняття

### Завдання 1

Розрахувати температуру спалаху індивідуальної рідини в закритому тиглі. Вихідні дані до завдання 1 наведені у табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Вихідні дані до завдання 1.

Варі-ант	Речовина	Температура кипіння, $t_{кип}$ , $^\circ\text{C}$	Варі-ант	Речовина	Температура кипіння, $t_{кип}$ , $^\circ\text{C}$
1	Етиленгліколь $\text{ОНС}_2\text{H}_4\text{ОН}$	197	6	Сірковуглець $\text{CS}_2$	46
2	Хлоргексан $\text{C}_6\text{H}_{13}\text{Cl}$	132,4	7	Трифтортрихлоретан $\text{C}_2\text{F}_3\text{Cl}_3$	47,2
3	Анілін $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$	184,4	8	Етиловий ефір $\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5$	34,6
4	Октен $\text{C}_8\text{H}_{16}$	121,3	9	Ундекан $\text{C}_{11}\text{H}_{24}$	196
5	Трихлосилан $\text{SiHCl}_3$	31,8	10	Тетрадецен $\text{C}_{14}\text{H}_{28}$	246

### Завдання 2

Надана суміш двох рідин. Визначити об'ємну частку першої рідини, при якій температура спалаху суміші буде дорівнювати заданому значенню, яке наведено в табл. 1.2. Необхідні довідкові дані знаходяться у табл. А.2

Таблиця 1.2 – Вихідні дані до завдання 2

Варіант	Перша рідина	Друга рідина	Температура спалаху суміші, $t_{сп сум}, ^\circ C$
1	Етанол	Метанол	7,5
2	Октан	Пентан	-10
3	Етанол	Вода	33
4	Циклогексанол	Циклогексан	0
5	Ацетон	Октан	4
6	Нонан	Тридекан	62
7	Стирол	Толуол	22
8	Хлорбензол	Трихлорбензол	70
9	Октан	Нонан	18
10	Оцтова кислота	Етанол	26

## 1.2 Розрахунок концентраційних меж поширення полум'я

**Мета:** засвоїти методики розрахунків нижніх концентраційних меж поширення полум'я та верхніх концентраційних меж поширення полум'я для суміші горючих речовин та суміші горючих речовин з негорючими.

### План

1. Методика розрахунку нижніх концентраційних меж поширення полум'я та верхніх концентраційних меж поширення полум'я для суміші горючих речовин.
2. Методика розрахунку нижніх концентраційних меж поширення полум'я та верхніх концентраційних меж поширення полум'я для суміші горючих речовин з негорючими.
3. Приклади розв'язання завдань.
4. Практичні завдання до теми заняття.

### Теоретичні відомості

**1. Методика розрахунку нижніх концентраційних меж поширення полум'я та верхніх концентраційних меж поширення полум'я для суміші горючих речовин.** Нижня концентраційна межа поширення полум'я (НКМПП) для суміші горючих речовин визначається за наступною формулою:

$$\varphi_H = \frac{100}{\sum_{k=1}^n \frac{\varphi_k}{\varphi_{Hk}}} \quad (1.4)$$

де  $\varphi_k$  – концентрація  $k$ -го компонента, об. %;  
 $\varphi_{нк}$  – нижня концентраційна межа поширення полум'я  $k$ -го компонента, об. %.

Верхня концентраційна межа поширення полум'я (ВКМПП) для суміші горючих речовин визначається за наступною формулою:

$$\varphi_B = \frac{100}{\sum_{k=1}^n \frac{\varphi_k}{\varphi_{Bk}}} \quad (1.5)$$

де  $\varphi_k$  – концентрація  $k$ -го компонента, об. %;  
 $\varphi_{Bk}$  – верхня концентраційна межа поширення полум'я  $k$ -го компонента, об. %.

**2. Методика розрахунку нижніх концентраційних меж поширення полум'я та верхніх концентраційних меж поширення полум'я для суміші горючих речовин з негорючими.** Нижня концентраційна межа поширення полум'я (НКМПП) знаходиться наступним чином.

Число молей повітря, яке відповідає 1 молю вихідної суміші:

$$\nu_B = \sum_{k=1}^n \frac{\varphi_k}{\varphi_{нк}} - 0,01 \left( \sum_{k=1}^n \varphi_k + \sum_{j=1}^m \varphi_j C_j \right) \quad (1.6)$$

де  $\varphi_k$  – концентрація  $k$ -го горючого компонента, % об.;  
 $\varphi_{нк}$  – нижня концентраційна межа  $k$ -го горючого компонента, % об.;  
 $\varphi_j$  – концентрація  $j$ -го негорючого компонента, % об.;  
 $C_j$  – коефіцієнт  $j$ -го негорючого компонента, табл. Б.1.

Тоді НКМПП суміші:

$$\varphi_H = \frac{100}{1 + \nu_B} \quad (1.7)$$

Розрахунок верхньої концентраційної межі поширення полум'я (ВКМПП) ведеться наступним чином. Підраховується число атомів і структурних груп  $i$ -го виду в молекулі кожного горючого компонента –  $m_{ik}$ .

Знаходиться умовне число атомів і структурних груп  $i$ -го виду в суміші горючих компонентів:

$$m_i = \frac{\sum_{k=1}^n m_{ik} \varphi_k}{\sum_{k=1}^n \varphi_k} \quad (1.8)$$

Стандартна теплота утворення суміші горючих компонентів, кДж:

$$\Delta H_f^0 = \sum_{k=1}^n \Delta H_{fk}^0 \varphi_k / \sum_{k=1}^n \varphi_k \quad (1.9)$$

де  $\Delta H_{fk}^0$  – стандартна теплота утворення к-го горючого компонента, кДж, (табл. Б.2).

Мінімальна флегматизуюча концентрація j-го негорючого компонента:

$$\varphi_{\phi i} = 100 \frac{h'_f \Delta H_f^0 + h'_\phi + \sum_1^l h'_i m_i}{h''_\phi - 1 + \sum_1^l h''_i m_i} \quad (1.10)$$

де  $h'_f$  – коефіцієнт теплоти утворення суміші горючих компонентів;  
 $h'_\phi, h''_\phi$  – вільні члени;  
 $h'_i, h''_i$  – коефіцієнти атомів і структурних груп, табл. Б.1

Коефіцієнт флегматизації:

$$K_{\phi j} = \sum_1^n \varphi_k / \sum_1^n (\varphi_k / K_{\phi k}) \quad (1.11)$$

де  $K_{\phi k}$  – коефіцієнт флегматизації j-го флегматизатора для к-го горючого компонента, табл. Б.3.

Верхня умовна межа поширення полум'я для j-го негорючого компонента:

$$\varphi'_{\phi j} = \frac{\varphi_{\phi j}}{\left(1 - \sum_1^n \left(\frac{\varphi_k}{\varphi_{\phi k}} / \frac{\varphi_k}{\varphi_{\phi k}}\right)\right) (1 - K_{\phi j})} \quad (1.12)$$

Тоді ВКМПП для суміші знаходиться за формулою:

$$\varphi_{\phi} = \frac{100}{\sum_{k=1}^n \left(\frac{\varphi_k}{\varphi_{\phi k}}\right) + \sum_{j=1}^m \left(\frac{\varphi_j}{\varphi_{\phi j}}\right)} \quad (1.13)$$

При температурі суміші більшою ніж 25 °С (до 150 °С) проводиться перерахунок НКМПП та ВКМПП за наступними формулами:

$$\varphi_{H t} = \varphi_{H 25} \left(1 - \frac{t - 25}{1250}\right) \quad (1.14)$$

$$\varphi_{B t} = \varphi_{B 25} \left(1 + \frac{t - 25}{800}\right) \quad (1.15)$$

**Приклади розв'язання завдань**

**Приклад 1**

Знайти верхню концентраційну межу поширення полум'я суміші, що має наступний склад:  $\text{H}_2 - 20 \text{ об.}\%$ ;  $\text{CH}_4 - 80 \text{ об.}\%$ . За наступних умов:  $\varphi_{\text{вH}_2} = 80 \%$ ,  $\varphi_{\text{вCH}_4} = 15,4 \%$ .

*Розв'язання*

Верхня концентраційна межа поширення полум'я суміші визначається за форм. (1.5):

$$\varphi_{\text{в}} = \frac{100}{\frac{20}{80} + \frac{80}{15,4}} = 18,4 \%$$

Отже, величина верхньої концентраційної межі поширення полум'я суміші становить  $18,4 \%$

**Приклад 2**

Знайти межі поширення полум'я для доменного газу складу, об. %:  $\text{CO} - 25,1$ ;  $\text{H}_2 - 9,6$ ;  $\text{CO}_2 - 17,7$ ;  $\text{N}_2 - 46,8$ .

*Розв'язання*

З табл. Б.1 знаходимо наступні коефіцієнти для негорючих компонентів суміші:  $C_{\text{N}_2} = 0,988$  та  $C_{\text{CO}_2} = 1,59$

З табл. В.3 знаходимо значення нижніх концентраційних меж горючого компонента суміші :  $\varphi_{\text{нCO}} = 12,5 \%$  та  $\varphi_{\text{нH}_2} = 4,09 \%$

За форм. (1.6) розраховуємо число молей повітря, яке відповідає 1 моллю вихідної суміші:

$$v_{\text{в}} = \frac{25,1}{12,5} + \frac{9,6}{4,09} - 0,01(25,1 + 9,6 + 0,988 \cdot 46,8 + 1,59 \cdot 17,7) = 3,264$$

НКМПП доменного газу розраховуємо за форм. (1.7):

$$\varphi_{\text{н}} = \frac{100}{1 + 3,264} = 23,5 \%$$

З табл. В.3 знаходимо значення верхніх концентраційних меж горючих компонент суміші:  $\varphi_{\text{вCO}} = 80 \%$  та  $\varphi_{\text{вH}_2} = 80 \%$  (флегматизатор  $\text{CO}_2$ ).

З табл. Б.1 знаходимо значення наступних параметрів (для  $\text{CO}_2$ ):

$$h'_f = 0,00736$$

$$h'_\phi = 0,584$$

$$h''_\phi = 2,02$$

$$h'_c = 1,292$$

$$h'_o = 0,570$$

$$h'_H = 0,427$$

$$h''_c = 4,642$$

$$h''_H = 1,160$$

$$h''_o = -2,321$$

З рівняння (1.8) знаходимо умовне число атомів і структурних груп і-го виду в суміші горючих компонентів (атоми H, O, C):

$$m_c = \frac{1 \cdot 25,1}{25,1 + 9,6} = 0,723$$

$$m_o = \frac{1 \cdot 25,1}{25,1 + 9,6} = 0,723$$

$$m_H = \frac{2 \cdot 9,6}{25,1 + 9,6} = 0,553$$

З табл. Б.2 знаходимо стандартну теплоту утворення k-го горючого компонента (CO та H<sub>2</sub>):

$$\Delta H_{fCO}^0 = -110,5 \text{ кДж}$$

$$\Delta H_{fH_2}^0 = 0$$

Тоді стандартна теплота утворення суміші горючих компонентів, форм. (1.9), буде дорівнювати:

$$\Delta H_{fCO}^0 = \frac{-110,5 \cdot 25,1}{25,1 + 9,6} = -79,93 \text{ кДж}$$

$$\Delta H_{fO}^0 = 0 \text{ кДж}$$

Мінімальна флегматизуюча концентрація j-го негорючого компонента визначається за форм. (1.10):

$$\varphi_{\phi CO_2} = 100 \cdot \frac{0,00736 \cdot (-79,93) + 0,584 + 1,292 \cdot 0,723 + 0,57 \cdot 0,723 + 0,427 \cdot 0,553}{2,02 - 1 + 4,642 \cdot 0,723 + 1,160 \cdot 0,553 + (-2,321) \cdot 0,723} = 47,26\%$$

З табл. А.5 для флегматизатора CO<sub>2</sub> визначаємо коефіцієнти флегматизації: K<sub>φH<sub>2</sub></sub> = 0,018 та K<sub>φCO</sub> = 0,096.

За форм. (1.12) знаходимо коефіцієнт флегматизації для CO<sub>2</sub>:

$$K_{\phi CO_2} = \frac{25,1 + 9,6}{\frac{25,1}{0,096} + \frac{9,6}{0,018}} = 0,0437$$

Верхня умовна межа поширення полум'я для j-го негорючого компонента (CO<sub>2</sub>) визначається за форм. (1.11)

$$\varphi'_{\phi CO_2} = \frac{47,26}{\left(1 - \frac{\frac{25,1}{80} + \frac{9,6}{80}}{\frac{25,1}{12,5} + \frac{9,6}{4,09}}\right) (1 - 0,0437)} = 54,89 \%$$

Проводимо аналогічні розрахунки для флегматизатора N<sub>2</sub>:

дані з табл. Б.1

$$h'_f = 0,00865$$

$$h'_\phi = 1,256$$

$$h''_\phi = 2,800$$

$$h'_c = 2,528$$

$$\begin{aligned}
 h'_O &= 0,197 \\
 h'_H &= 0,759 \\
 h''_C &= 5,946 \\
 h''_H &= 1,486 \\
 h''_O &= -2,973
 \end{aligned}$$

$$\varphi_{\phi N_2} = 100 \cdot \frac{0,00865 \cdot (-79,93) + 1,256 + 2,528 \cdot 0,723 + 0,197 \cdot 0,723 + 0,759 \cdot 0,553}{2,800 - 1 + 5,946 \cdot 0,723 + 1,486 \cdot 0,553 + (-2,973) \cdot 0,723} = 61,92\%$$

З табл. А.5 для флегматизатора  $N_2$  визначаємо коефіцієнти флегматизації:

$$K_{\phi H_2} = 0,003 \text{ та } K_{\phi CO} = 0,02.$$

За форм (1.12) знаходимо коефіцієнт флегматизації для  $CO_2$ :

$$K_{\phi N_2} = \frac{25,1 + 9,6}{\frac{25,1}{0,02} + \frac{9,6}{0,003}} = 0,0078$$

Верхня умовна межа поширення полум'я для j-го негорючого компонента ( $CO_2$ ) визначається за форм. (1.11):

$$\varphi'_{BN_2} = \frac{61,92}{\left(1 - \frac{\frac{25,1}{80} + \frac{9,6}{80}}{\frac{25,1}{12,5} + \frac{9,6}{4,09}}\right) (1 - 0,0078)} = 69,32\%$$

Тоді ВКМПП для суміші знаходиться за форм. (1.13):

$$\varphi_B = \frac{100}{\frac{25,1 + 9,6}{80} + \frac{17,7}{54,89} + \frac{46,8}{69,32}} = 69,88\%$$

## Практичні завдання до теми заняття

### Завдання

Знайти концентраційні межі поширення полум'я горючих та негорючих газів за заданою температурою.

Варіант	Склад суміші, % об.								t, °C
	H <sub>2</sub>	CO	NH <sub>3</sub>	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	
1	50	-	-	40	-	-	10	-	40
2	-	20	20	-	-	30	-	30	50
3	-	-	-	70	10	-	5	15	60
4	10	20	-	30	5	-	35	-	70
5	-	-	60	-	-	5	8	7	80
6	-	70	-	-	20	-	-	10	90
7	30	-	-	-	20	-	20	30	100
8	-	15	-	-	-	80	5	-	110
9	-	-	33	16	-	10	20	21	120
10	10	10	10	-	10	10	25	25	130

### 1.3 Розрахунок температурних меж поширення полум'я

**Мета:** засвоїти методики розрахунку температурних меж поширення полум'я.

#### План

1. Методика розрахунку температурних меж поширення полум'я за відомою залежністю тиску насичення рідини від температури.
2. Методика розрахунку температурних меж поширення полум'я при невідомій залежності тиску насичення рідини від температури.
3. Приклади розв'язання завдань.
4. Практичні завдання до теми заняття.

#### Теоретичні відомості

**1. Методика розрахунку температурних меж поширення полум'я за відомою залежністю тиску насичення рідини від температури.** Якщо відома залежність тиску насичення рідини від температури, то температурні межі поширення полум'я знаходиться за формулою:

$$t_{H/B} = \frac{B}{A - \lg(0,01 \cdot \varphi_{H/B} \cdot P_0)} - C_A \quad (1.16)$$

де  $A, B, C_A$  – константи рівняння Антуана (табл. В.1);

$\varphi_{H/B}$  – концентраційна межа поширення полум'я (нижня або верхня), об. %;

$P_0$  – атмосферний тиск, мм.рт.ст.

**2. Методика розрахунку температурних меж поширення полум'я при невідомій залежності тиску насичення рідини від температури.** Якщо залежність тиску насичення рідини від температури не відома, то межі поширення полум'я знаходяться за формулами:

$$t_H = 0,655 \cdot t_{\text{кип}} - 62,46 + \sum a_j \cdot l_j \quad (1.17)$$

$$t_B = 0,723 \cdot t_{\text{кип}} - 41,43 + \sum a_j \cdot l_j \quad (1.18)$$

де  $l_j$  – кількість зв'язків  $j$ -го виду в молекулі речовини;

$a_j$  – коефіцієнти зв'язку  $j$ -го виду (табл. В.2).

#### Приклади розв'язання завдань

##### Приклад 1

Знайти температурні межі поширення полум'я для парів етанолу  $C_2H_5OH$  при атмосферному тиску 760 мм.рт.ст.



### Розв'язання

З табл. В.1 та табл. В.3 знаходимо:  $A = 8,687$ ;  $B = 1918,5$ ;  $C_A = 252,1$ ;  $\varphi_H = 3,61 \%$ ;  $\varphi_B = 19 \%$ .

Тоді нижня температурна межа поширення полум'я знаходиться за форм. (1.16):

$$t_H = \frac{1918,5}{8,687 - \lg(0,01 \cdot 3,61 \cdot 760)} - 252,1 = 12,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

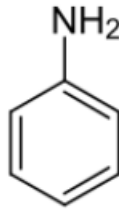
$$t_B = \frac{1918,5}{8,687 - \lg(0,01 \cdot 19 \cdot 760)} - 252,1 = 41,6 \text{ } ^\circ\text{C}$$


### Приклад 2

Знайти температурні межі поширення полум'я аніліну  $C_6H_5NH_2$ ,  $t_{кип} = 184,4 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

### Розв'язання

Для визначення кількостей та видів зв'язків в молекулі речовини (табл. В.2) необхідно представити формулу аніліну в та структурній формі



Зв'язок :  $a_H = -4,4$ ;  $a_B = -4,6$ .

Зв'язок N – H:  $l_{N-H} = 2$ ;  $a_H = 6,53$ ;  $a_B = 6,152$ .

Зв'язок C – H:  $l_{C-H} = 5$ ;  $a_H = -0,009$ ;  $a_B = 0,57$ .

Зв'язок C – N:  $l_{C-N} = 1$ ;  $a_H = -2,14$ ;  $a_B = 0,096$ .

Знайдення значення параметрів підставляємо в форм. (1.17) – (1.18):

$$t_H = 0,655 \cdot 184,4 - 62,46 + (-4,4) + 2 \cdot 6,53 + 5 \cdot (-0,009) + (-2,14) = 64,8 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_B = 0,723 \cdot 184,4 - 41,43 + (-4,6) + 2 \cdot 6,152 + 5 \cdot 0,57 + 0,096 = 102,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

## Практичні завдання до теми заняття

### Завдання

Знайти температурні межі поширення полум'я для речовини *a* з використанням рівняння Антуана, для речовини *b* за хімічною формулою. Атмосферний тиск становить 760 мм рт. ст.

Варіант	Речовина <i>a</i>	Речовина <i>b</i>
1	Пентан	Циклогексан
2	Октан	Стирол
3	Ацетон	Толуол
4	Бензол	Хлорбензол
5	Дихлоретан	Трихлорбензол
6	Метанол	Оцтова кислота
7	Сірковуглець	Нонан
8	Етанол	Тридекан
9	Ксилол	Трихлорбензол
10	Бензин А-72	Циклогексанол

## 1.4 Розрахунок адіабатичної температури горіння

**Мета:** засвоїти методику розрахунку адіабатичної температури горіння речовин.

### План

1. Методика розрахунку адіабатичної температури горіння речовин.
2. Приклади розв'язання завдань.
3. Практичні завдання до теми заняття.

### Теоретичні відомості

**Методика розрахунку адіабатичної температури горіння речовин.**  
Адіабатична температура горіння розраховується за формулою, °С:

$$t_{\text{ад}} = \frac{Q_{\text{н}}^{\text{р}}}{\sum V_i \cdot C_i} \quad (1.19)$$

де  $Q_{\text{н}}^{\text{р}}$  – нижня робоча теплота згорання речовини, кДж/м<sup>3</sup> (кДж/кг);  
 $V_i$  – питомий об'єм і-го компоненту продуктів згорання, м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> (м<sup>3</sup>/кг);  
 $C_i$  – теплоємність і-го компоненту при постійному тиску, кДж/м<sup>3</sup>·К;

Нижня робоча теплота згорання твердої речовини, кДж/кг:

$$Q_{\text{н}}^{\text{р}} = 339 \cdot C^{\text{р}} + 103 \cdot \text{Н}^{\text{р}} - 109 \cdot \text{О}^{\text{р}} + 109 \cdot S^{\text{р}} - 250 \cdot W^{\text{р}} \quad (1.20)$$

де  $C^{\text{р}}$ ,  $\text{Н}^{\text{р}}$ ,  $\text{О}^{\text{р}}$ ,  $S^{\text{р}}$ ,  $W^{\text{р}}$  – вміст у робочій масі відповідно вуглецю, водню, кисню, сірки та води, мас. % об.

Для суміші газів, кДж/м<sup>3</sup>:

$$Q_{\text{н}}^{\text{р}} = \left( \frac{1}{100} \right) \sum Q_{\text{ні}}^{\text{р}} \cdot a_i \quad (1.21)$$

де  $Q_{\text{ні}}^{\text{р}}$  – нижня робоча теплота згорання речовини, кДж/м<sup>3</sup> (кДж/кг);  
 $a_i$  – вміст і-го компоненту у суміші, об. %.

Об'єми продуктів згорання віднесені до 1 кг твердої речовини, м<sup>3</sup>/кг:

$$V_{\text{CO}_2} = 0,0187 \cdot C^{\text{р}} \quad (1.22)$$

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = 0,112 \cdot \text{Н}^{\text{р}} + 0,0124 \cdot W^{\text{р}} + 0,00124 \cdot V_0 \cdot d_{\text{в}} \quad (1.23)$$

де  $V_0$  – теоретично необхідний об'єм повітря для спалювання 1 кг речовини, м<sup>3</sup>;

$d_{\text{в}}$  – вологовміст повітря, г/м<sup>3</sup>, приймаємо рівним 10 г/м<sup>3</sup>.

$$V_{N_2} = 0,008 \cdot N^p + 0,79 \cdot V_0 \quad (1.24)$$

$$V_{SO_2} = 0,007 \cdot S^p \quad (1.25)$$

Теоретично необхідний об'єм повітря для спалювання 1 кг речовини, м<sup>3</sup>, визначається за наступною формулою:

$$V_0 = (0,0889 \cdot C^p + 0,0333 \cdot S^p + 0,265 \cdot H^p - 0,0333O^p)(1 + 0,00124 \cdot d_b) \quad (1.26)$$

Об'єми продуктів згорання, віднесені до 1 м<sup>3</sup> газової суміші, м<sup>3</sup>:

$$V_{CO_2} = 0,01(CO + CO_2 + \sum (m \cdot C_m H_n) + \sum (m \cdot C_m H_n Cl_k)) \quad (1.27)$$

$$V_{H_2O} = 0,01(H_2 + H_2S + \sum (\frac{n}{2} \cdot C_m H_n) \sum (\frac{n-k}{2} \cdot C_m H_n Cl_k + H_2O + 0,124 \cdot V_0 \cdot d_b)) \quad (1.28)$$

$$V_{N_2} = 0,01 \cdot (N_2 + 79 \cdot V_0) \quad (1.29)$$

$$V_{SO_2} = 0,01 \cdot H_2S \quad (1.30)$$

$$V_{HCl} = 0,01 \cdot \sum (k C_m \cdot H_n \cdot Cl_k) \quad (1.31)$$

$$V_0 = 0,0476(0,5 \cdot CO + 0,5 \cdot H_2 + 1,5 \cdot H_2S + \sum (m + \frac{n}{4}) C_m H_n + \sum (m + \frac{n-k}{4}) C_m H_n Cl_k - O_2)(1 + 0,00124 \cdot d_b) \quad (1.32)$$

де  $CO, CO_2$  та ін. – вміст компонентів, об. %.

### Приклади розв'язання завдань

#### Приклад

Розрахувати температуру горіння суміші газів: пропан C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> – 60%, бутан C<sub>4</sub>H<sub>10</sub> – 40%.

З табл. Г.1 знаходимо значення:  $Q_{H_{C_3H_8}}^p = 91100$  кДж/м<sup>3</sup>;  $Q_{H_{C_4H_{10}}}^p = 118000$  кДж/м<sup>3</sup>.

$$Q_H^p = 0,01(91100 \cdot 60 + 118000 \cdot 40) = 102100 \text{ кДж/м}^3.$$

Об'єми повітря та продуктів згорання, розраховуються за форм. (1.27)-(1.32), м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>:

$$V_0 = 27;$$

$$V_{CO_2} = 3,4;$$

$$V_{H_2O} = 4,7;$$

$$V_{N_2} = 21,33.$$

У першому наближенні приймаємо  $t_{ад} = 2300$  °С. Для цієї температури по табл. Г.2 знаходимо теплоємності продуктів згорання, кДж/м<sup>3</sup>·К:

$$6C_{CO_2} = 2,80; C_{H_2O} = 2,05; C_{N_2} = 1,56.$$

$$t_{ад} = \frac{102100}{3,4 \cdot 2,8 + 4,7 \cdot 2,05 + 21,33 \cdot 1,56} = 1950 \text{ °С}$$

Проводимо уточнення теплоємності продуктів згорання, кДж/м<sup>3</sup>·К:

$$C_{CO_2} = 2,63; C_{H_2O} = 1,96; C_{N_2} = 1,52.$$

У другому наближенні приймаємо  $t_{ад} = 2019$  °С.

Для цієї температури по табл. Г.2 знаходимо теплоємності продуктів згорання та робимо перерахунок.

Після декількох наближень встановлюємо, що  $t_{ад} = 2000$  °С.

### Практичні завдання до теми заняття

#### Завдання

Розрахувати температуру горіння суміші.

Варіант	Склад суміші
1	50%H <sub>2</sub> +50%CO
2	30%CH <sub>4</sub> +70%CH <sub>3</sub> Cl
3	40% C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> +60%H <sub>2</sub> S
4	70% C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> +20% N <sub>2</sub> +10% O <sub>2</sub>
5	50% C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> +20% H <sub>2</sub> +30% N <sub>2</sub>
6	80% C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> +10% CO+10% N <sub>2</sub>
7	50% C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> +45% H <sub>2</sub> +5% O <sub>2</sub>
8	50% C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> +50% H <sub>2</sub>
9	30% CH <sub>2</sub> O+60% CO+10% H <sub>2</sub> S
10	90% CH <sub>3</sub> Cl+10% CH <sub>4</sub>

Під час горіння CH<sub>3</sub>Cl отримуються CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O та HCl.

### 1.5 Визначити можливу обстановку на пожежі, а також основні параметри її розвитку

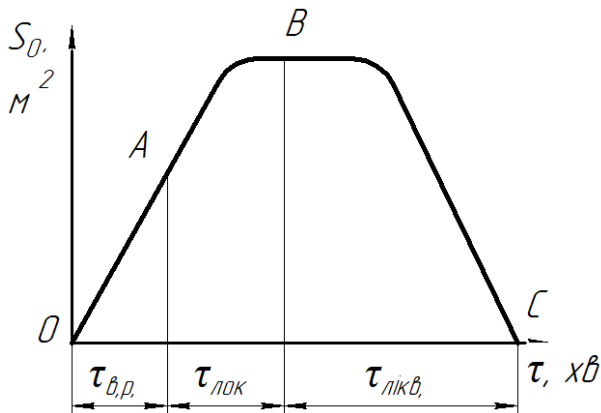
**Мета:** ознайомитися з періодами розвитку пожежі, засвоїти методику визначення можливої обстановки на пожежі та основні параметри її розвитку.

#### План

1. Періоди розвитку пожежі.
2. Методика розрахунку можливої обстановки на пожежі, а також основні параметри її розвитку.
3. Приклади розв'язання завдань.
4. Практичні завдання до теми заняття.

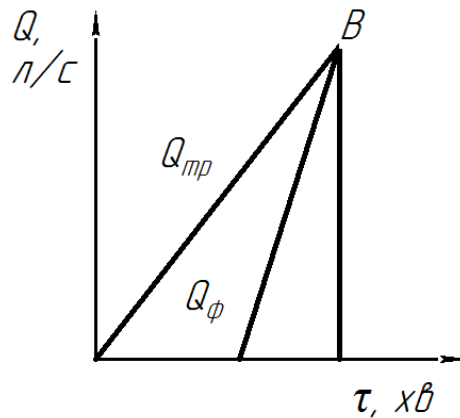
## Теоретичні відомості

**1. Періоди розвитку пожежі.** Розвиток пожежі – це зміна її параметрів в часі та в просторі від початку виникнення до повної ліквідації горіння.



$\tau_{в.р.}$  – вільний розвиток;  
 $\tau_{лок.}$  – локалізація;  
 $\tau_{лік.}$  – ліквідація пожежі;  
 А – початок подачі вогнегасних речовин;  
 В – момент локалізації пожежі;  
 С – момент ліквідації пожежі

Рисунок 1.1 – Графік розвитку пожежі



$Q_{ф} \geq Q_{тр}$

$Q_{тр}$  – необхідна витрата вогнегасних речовин;  
 $Q_{ф}$  – фактична витрата вогнегасних речовин;  
 А – початок подачі вогнегасних речовин;  
 В – момент локалізації пожежі.

Рисунок 1.2 – Графік локалізації пожежі

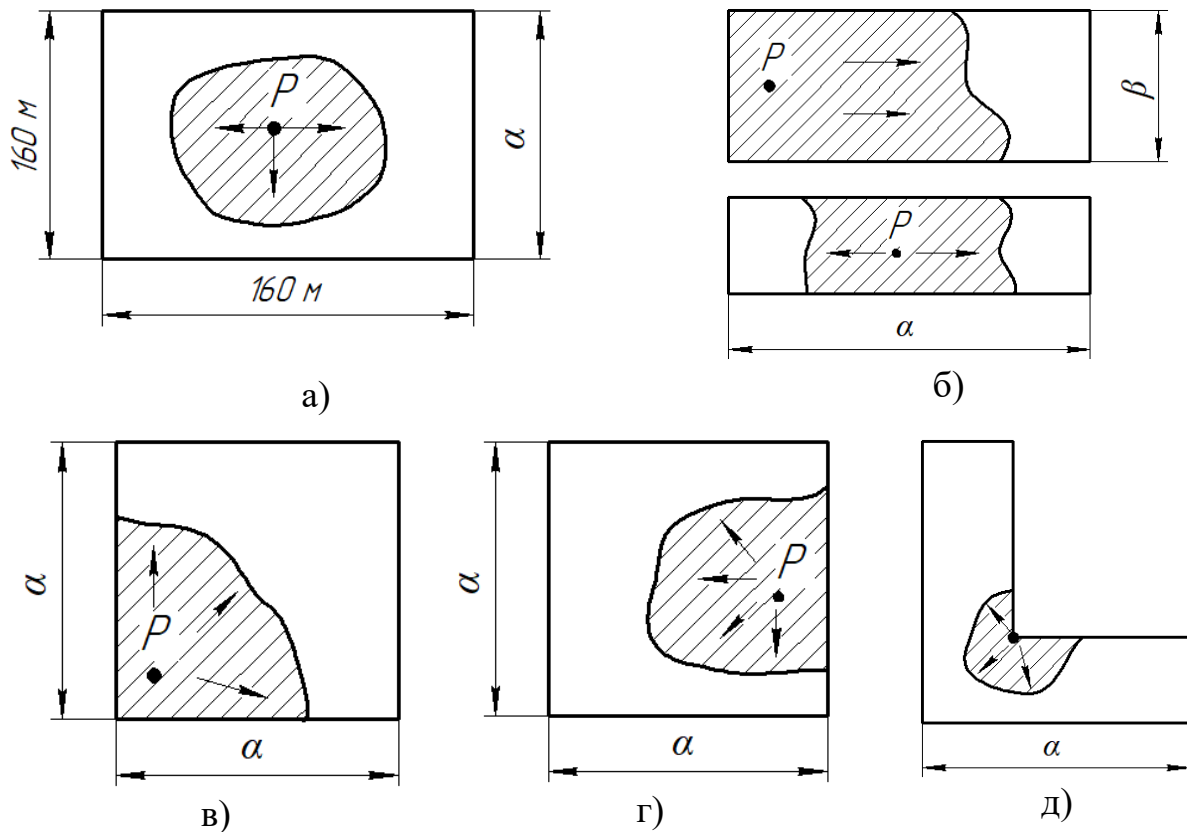
*Джерело: розроблено автором*

**Перший період** – розвиток пожежі (відрізок 0-А) характеризується ростом площі пожежі, вигоранням пожежного навантаження, нагріванням будівельних конструкцій, можливістю вибухів.

**Другий період** – період (відрізок А-В), що характеризується збільшенням площі пожежі, зменшенням швидкості поширення горіння та вигорання пожежного навантаження.

**Третій період** – період (В-С), що характеризується площею пожежі, яка на початку локалізується, а потім скорочується до моменту повного припинення горіння на всіх поверхнях пожежного навантаження.

Форма площі пожежі, що розвивається, є основою для визначення розрахункової схеми, напряму скупчення сил та засобів гасіння, а також необхідної їхньої кількості.



а – форма кола; б – прямокутна форма; в, г, д – кутова форма  
 Рисунок 1.3 – Форми приміщень

Джерело: розроблено автором

**2. Методика розрахунку можливої обстановки на пожежі, а також основні параметри її розвитку.** Можлива довжина шляху розповсюдження горіння визначається за наступною формулою:

$$R = v \cdot t \tag{1.33}$$

де  $v$  – середня лінійна швидкість, м/хв;  
 $t$  – час поширення пожежі, хв.

Швидкість зростання периметру пожежі, м/хв, визначається за формулою:

$$v_p = \frac{P_{\Pi}}{t} \tag{1.34}$$

де  $P_{\Pi}$  – периметр пожежі, м.

Фронт пожежі буде дорівнювати периметру пожежі,  $\Phi_{\Pi} = P_{\Pi}$ .

### Приклади розв’язання завдань

#### Приклад

Визначити можливу обстановку на пожежі, а також основні параметри її розвитку, якщо горіння виникає у центрі складського майданчика розміром  $(160 \times 160) \text{ м}^2$  і буде розповсюджуватись протягом  $t = 30$  хв із середньою

лінійною швидкістю  $v = 1,6$  м/хв. (рис 1.3а), горюче навантаження майданчика становить  $\mu = 70\%$ .

### Розв'язання

1. Знаходимо можливу довжину шляху розповсюдження горіння за форм. (1.33):

$$R = 1.6 \cdot 30 = 48 \text{ м}$$

2. Отриманий розмір шляху наносимо у масштабі на схему об'єкта.

3. Визначаємо основні параметри пожежі (схема 15.3а – форма кола):

- площа пожежі:

$$S_{\text{п}} = \pi \cdot R^2 = 3,14 \cdot 48^2 = 7335 \text{ м}^2;$$

- периметр пожежі:

$$P_{\text{п}} = 2 \cdot \pi \cdot R = 2 \cdot 3.14 \cdot 46 = 300 \text{ м};$$

- фронт пожежі:

$$\Phi_{\text{п}} = P_{\text{п}} = 300 \text{ м};$$

- площа горіння:

$$S_{\text{г}} = \mu \cdot S_{\text{п}} = 0.7 \cdot 7335 = 5135 \text{ м}^2;$$

- швидкість зростання периметру пожежі буде дорівнювати швидкості росту фронту пожежі (форм. (1.34)):

$$v_{\text{р}} = v_{\text{ф}} = \frac{300}{30} = 10 \frac{\text{м}}{\text{хв}}.$$

### Практичні завдання до теми заняття

#### Завдання

Визначити можливу обстановку на пожежі, а також основні параметри її розвитку за умов, що наведені нижче. Намалювати схему пожежі.

Варіант	Форма площі пожежі, рис. 15.3	Розмір приміщення, $\alpha$ , м	Розмір приміщення, $\beta$ , м	Горюче навантаження, $\mu$ , %	Час поширення пожежі, t, хв	Середня лінійна швидкість $v$ , м/хв
1	а	100	-	70	25	1,6
2	б	160	30	80	30	1,4
3	в	50	-	90	40	1,2
4	г	120	25	100	35	1,0
5	д	50	-	60	20	1,5
6	а	40	-	70	30	1,6
7	б	90	20	80	40	0,9
8	в	70	-	90	45	0,8
9	г	80	-	70	20	1,0
10	д	20	5	60	30	1,1

## **1.6 Визначення категорії приміщень при розливанні ЛВР та викидів горючих газів**

**Мета:** ознайомитися з методикою визначення категорії приміщень при розливанні ЛВР та викидів горючих газів.

### **План**

1. Процедура визначення категорії приміщень за вибухопожежною та пожежною небезпекою.
2. Розрахунок надлишкового тиску вибуху.
3. Визначення надлишкового тиску вибуху для сумішей та горючого пилу.
4. Визначення надлишкового тиску вибуху для речовин і матеріалів, які здатні вибухати та горіти під час взаємодії з водою, киснем повітря або один з одним.
5. Визначення надлишкового тиску вибуху для складних вибухо-небезпечних сумішей.
6. Розрахунок маси горючих речовин, що надходять до приміщення при розгерметизації технологічного обладнання.
7. Визначення категорій приміщень за пожежною небезпекою.
8. Приклади розв'язання завдань.
9. Практичні завдання до теми заняття.

### **Теоретичні відомості**

**1. Процедура визначення категорії приміщень за вибухопожежною та пожежною небезпекою.** Визначення категорій приміщень здійснюється згідно [1, 2] шляхом послідовної перевірки належності приміщення до категорій від найвищої (категорія А) до найнижчої (категорія Д) за винятком категорії Г. При визначенні категорії приміщення за вибухопожежною та пожежною небезпекою необхідно перш за все вивчити технологічний процес, його параметри та ознайомитись із розмірами виробничого приміщення.

Під час розрахунку значень критеріїв вибухопожежної небезпеки як розрахунковий слід обирати найбільш несприятливий варіант аварії або період нормальної роботи апаратів, за яким у вибуху бере участь найбільша кількість речовин і матеріалів, що є найбільш небезпечними щодо наслідків вибуху. Для кожного виробничого приміщення вся процедура визначення категорії за вибухопожежною та пожежною небезпекою містить наступні етапи:

- розрахункове визначення маси речовини, що надходить до приміщення при розгерметизації технологічного обладнання;
- розрахункове визначення надлишкового тиску вибуху;
- висновок щодо визначення категорії приміщення.

При визначенні кількості речовин, що потрапили до приміщення під час аварії та утворюють вибухонебезпечні газо- паро- та пилоповітряні суміші, беруться до уваги наступні допущення:



1. Увесь вміст апарата потрапляє до приміщення.

2. Відбувається одночасно витікання речовин із трубопроводів, які живлять апарат по прямому і зворотному потоках, протягом часу, необхідного для перекривання трубопроводів.

Розрахунковий час перекривання трубопроводів визначається у кожному конкретному випадку виходячи з реальної обстановки і має бути мінімальним, з урахуванням паспортних даних на запірні пристрої, характеру технологічного процесу та виду розрахункової аварії. Розрахунковий час перекривання трубопроводів слід приймати таким, що дорівнює:

- часу спрацьовування (приведення в дію) системи автоматики відключення (перекривання) трубопроводів – згідно з паспортними даними установки, якщо ймовірність відмови системи автоматики не перевищує  $10^{-6}$  на рік або забезпечується резервування її елементів (але не більше 120 с.);

- 120 с – якщо ймовірність відмови системи автоматики перевищує  $10^{-6}$  на рік та у системі автоматики не забезпечується резервування її елементів;

- 300 с – у разі ручного відключення (перекривання). Не допускається використання технічних засобів для перекривання трубопроводів, для яких час перекривання перевищує наведені вище значення. Швидкодіючі клапани-відсікачі повинні автоматично перекривати подавання газу (рідини) по трубопроводам у разі порушення електрозабезпечення або при спрацьовуванні системи пожежної сигналізації та автоматичних систем пожежогасіння чи газоаналізаторів, або різкого падіння тиску у трубопроводах.

3. При прогнозуванні аварійних ситуацій, що пов'язані з виходом ЛЗР та ГР, необхідно додатково враховувати випаровування рідини за умов, коли:

- відбувається випаровування з поверхні рідини, що розлилася; площа випаровування, у разі розливу на підлогу, визначається (у разі відсутності довідникових даних) виходячи з розрахунку, що 1 л сумішей та розчинів, які містять 70 % і менше (за масою) розчинників, розливається на площі 0,5 м<sup>2</sup>, а інших рідин – на 1 м<sup>2</sup> підлоги приміщення;

- відбувається випаровування рідини з відкритої поверхні ємностей технологічного обладнання та з поверхонь, на які за технологічним процесом нанесена горюча рідина, що на час аварії знаходиться у стадії висихання (наприклад, пофарбовані поверхні).

У всіх випадках тривалість випаровування рідини приймається рівною з часом її повного випаровування, але не більше 3600 с.

4. При прогнозуванні аварійних ситуацій, що пов'язані з виходом пилу, кількість пилу, який може утворювати вибухонебезпечну суміш, визначають, виходячи з таких передумов:

- розрахунковій аварії передувало накопичення пилу у виробничому приміщенні, яке відбувалося в умовах нормального режиму роботи (наприклад, внаслідок виділення пилу з негерметичного виробничого обладнання);

- у момент розрахункової аварії сталась планова (ремонтні роботи) або позапланова розгерметизація одного з технологічних апаратів, внаслідок якої стався аварійний викид до приміщення усього пилу, що знаходився в апараті.

5. Вільний об'єм приміщення,  $V_{\text{вільн}}$ , визначають як різницю між геометричним об'ємом приміщення (з урахуванням підвісних стель – у разі їх наявності) і об'ємом, який займає технологічне обладнання. Якщо вільний об'єм приміщення визначити неможливо, допускається приймати його рівним 80 % від загального об'єму приміщення.

6. При визначенні маси ( $m$ ) ГГ або парів ЛЗР та ГР, що потрапили внаслідок розрахункової аварії до приміщення, допускається враховувати роботу аварійної вентиляції, якщо вона забезпечена резервними вентиляторами, автоматичним пуском у разі перевищення максимально допустимої вибухобезпечної концентрації речовин у повітрі та електрозабезпеченням за першою категорією надійності (ПУЕ, [3]), за умови розміщення пристроїв для видалення повітря з приміщення у безпосередній близькості від місця можливої аварії (апарата, установки тощо).

При цьому масу ГГ або парів ЛЗР, або ГР, нагрітих до температури спалаху і вище, які потрапили в об'єм приміщення, слід розділити на коефіцієнт  $K$ , що визначають за формулою:

$$K = A \cdot \tau + 1 \quad (1.35)$$

де  $A$  – кратність повітрообміну, що створює аварійна вентиляція,  $\text{с}^{-1}$ ;

$\tau$  – тривалість потрапляння ГГ та парів ЛЗР і ГР до об'єму приміщення,  $\text{с}$  (приймається за пунктом 3 цих допущень).

7. Якщо під час аварійної ситуації можливе виділення ГГ, парів ЛЗР, горючого пилу та волокон, надлишковий тиск вибуху у приміщенні слід визначати як суму надлишкових тисків вибуху, які розраховані окремо для ЛЗР, ГГ, горючого пилу та волокон.

**2. Розрахунок надлишкового тиску вибуху.** Надлишковий тиск вибуху ( $\Delta P$ ) при спалахуванні локального накопичення горючої суміші визначається з урахуванням процесу горіння та негерметичності приміщення [1,2].

Розрахункове визначення надлишкового тиску вибуху здійснюється з урахуванням особливостей хімічного складу горючих речовин та матеріалів.

Надлишковий тиск вибуху для індивідуальних горючих речовин, які складаються з атомів С, Н, О, N, Cl, Br, I, F, визначається за формулою:

$$\Delta P = (P_{\text{max}} - P_0) \cdot \frac{m \cdot Z}{V_{\text{вільн}} \cdot \rho_{\text{Г,П}}} \cdot \frac{100}{C_{\text{ст}}} \cdot \frac{1}{K_{\text{н}}} \quad (1.36)$$

де  $P_{\text{max}}$  – максимальний тиск вибуху стехіометричної газоповітряної або пароповітряної суміші у замкнутому об'ємі, який визначається дослідним шляхом або приймається за довідковими даними. У разі відсутності таких даних допускається приймати  $P_{\text{max}}$  таким, що дорівнює 900 кПа;

$P_0$  – початковий тиск, кПа (допускається приймати таким, що дорівнює 101 кПа);

$m$  – маса ГГ або парів ЛЗР та ГР, що потрапили в результаті розрахункової аварії до приміщення, кг;

$Z$  – коефіцієнт участі ГГ або парів у вибуху, який може бути розрахований на підставі характеру розподілення газів і парів в об'ємі приміщення. Допускається приймати значення  $Z$  за табл. 1.3;

$V_{\text{вільн}}$  – вільний об'єм приміщення, м<sup>3</sup>.

$\rho_{\text{г,п}}$  – густина газу або пари за розрахункової температури  $t_p$ , кг/м<sup>3</sup>.

$C_{\text{ст}}$  – стехіометрична концентрація ГГ або парів ЛЗР та ГР, % (об.).

$K_n$  – коефіцієнт, що враховує негерметичність приміщення й неадіабатичність процесу горіння. Допускається приймати  $K_n$  рівним 3.

Густина газу або пари за розрахункової температури визначається за формулою [1,2]:

$$\rho_{\text{г,п}} = \frac{M}{V_0(1 + 0.00367 \cdot t_p)} \quad (1.37)$$

де  $M$  – молярна маса, кг/кмоль<sup>-1</sup>;

$V_0$  – мольний об'єм, що дорівнює 22,413 м<sup>3</sup>/кмоль;

$t_p$  – розрахункова температура, °С.

Як розрахункову температуру слід приймати максимально можливу температуру повітря в даному приміщенні у відповідній кліматичній зоні або максимально можливу температуру повітря за технологічним регламентом, з урахуванням можливого підвищення температури у разі аварійної ситуації.

Стехіометрична концентрація ГГ або парів ЛЗР та ГР, об. %, визначається за формулою:

$$C_{\text{ст}} = \frac{100}{1 + 4,84 \cdot \beta} \quad (1.38)$$

де  $\beta$  – стехіометричний коефіцієнт кисню в реакції згорання (при розрахунку  $\beta$  атоми азоту не враховуються);

$n_C, n_H, n_O, n_X$  пс, пн, по, пх – число атомів С, Н, О та галогенів у молекулі ГГ або парів ГР.

Стехіометричний коефіцієнт кисню в реакції згорання:

$$\beta = n_C + \frac{n_H - n_X}{4} - \frac{n_O}{2} \quad (1.39)$$

Негерметичність приміщення зумовлена постійно відкритими прорізами в огорожувальних конструкціях приміщення.

Таблиця 1.3 – Значення коефіцієнта (Z) участі ГГ або парів ЛЗР у вибуху

Вид горючої речовини	Значення Z
Водень	1,0
ГГ (крім водню)	0,5
ЛЗР та ГР, нагріті до температури спалаху і вище	0,3
ЛЗР та ГР, нагріті нижче температури спалаху, за умови можливості утворення аерозолю	0,3
ЛЗР та ГР, нагріті нижче температури спалаху, за неможливості утворення аерозолю	0

**3. Визначення надлишкового тиску вибуху для сумішей та горючого пилу.** Розрахунок надлишкового тиску вибуху для інших індивідуальних речовин та сумішей, а також горючого пилу, може бути виконаний за формулою [1,2]:

$$\Delta P = \frac{m \cdot H_T \cdot P_0 \cdot Z}{V_{\text{вільн}} \cdot \rho_{\text{п}} \cdot C_p \cdot T_0} \cdot \frac{1}{K_H} \quad (1.40)$$

де  $m$  – маса ГГ або парів ЛЗР та ГР, що потрапили в результаті розрахункової аварії до приміщення, кг;

$H_T$  – теплота згоряння, Дж/кг;

$P_0$  – початковий тиск, кПа (допускається приймати таким, що дорівнює 101 кПа);

$Z$  – коефіцієнт участі ГГ або парів у вибуху, який може бути розрахований на підставі характеру розподілення газів і парів в об'ємі приміщення. Допускається приймати значення  $Z$  за табл. 1.3.

$V_{\text{вільн}}$  – вільний об'єм приміщення, м<sup>3</sup>;

$\rho_{\text{п}}$  – густина повітря до вибуху за початкової температури  $T_0$ , кг/м<sup>3</sup>;

$C_p$  – теплоємність повітря, Дж/кг·К (допускається приймати рівною  $1,01 \cdot 10^3$  Дж/кг·К);

$T_0$  – початкова температура повітря, К.

Для горючого пилу у завислому стані (аерозоль)  $Z$  розраховується за формулою:

$$Z = 0,5 \cdot F \quad (1.41)$$

де  $F$  – масова частка частинок пилу розміром менше критичного.

З перевищенням критичного розміру частинок пилу аерозоль стає вибухобезпечною речовиною, нездатною поширювати полум'я. У разі відсутності можливості отримання даних щодо масової частки пилу розміром частинок менше критичного, допускається приймати  $Z = 0,5$ .

**4. Визначення надлишкового тиску вибуху для речовин і матеріалів, які здатні вибухати та горіти під час взаємодії з водою, киснем повітря або один з одним.** Розрахунковий надлишковий тиск вибуху  $\Delta P$  для речовин і

матеріалів, здатних вибухати та горіти під час взаємодії з водою, киснем повітря або один з одним, визначають за форм. (1.36), приймаючи, що  $Z = 1$  і  $H_T$  – це енергія, яка виділяється під час взаємодії вищевказаних речовин (з урахуванням того, що вищевказаний процес взаємодії проходить до кінця, тобто до утворення кінцевих продуктів), або експериментально під час натурних випробувань. У випадку, якщо визначити величину  $\Delta P$  неможливо, слід приймати її більшою за 5 кПа [1,2].

**5. Визначення надлишкового тиску вибуху для складних вибухо-небезпечних сумішей.** Розрахунковий надлишковий тиск вибуху ( $\Delta P$ ) для складних вибухо-небезпечних сумішей, які містять ГГ (пари) і пил, визначають за формулою:

$$\Delta P = \Delta P_1 + \Delta P_2, \quad (1.42)$$

де  $\Delta P_1$  – тиск вибуху, обчислений для ГГ (парів) відповідно до форм. (1.36) та (1.40);

$\Delta P_2$  – тиск вибуху, що обчислений для горючого пилу відповідно до формул (1.40) та (1.41).

**6. Розрахунок маси горючих речовин, що надходять до приміщення при розгерметизації технологічного обладнання.**

*Приміщення з горючими газами.*

В основі визначення розрахункової маси горючого газу беруться до уваги наступні положення [1,2]:

– відбувається аварія одного з апаратів (чи трубопроводів), за якою до приміщення може надійти найбільша кількість найбільш небезпечної речовини;

– відбуваються витіки газу із трубопроводів, підключених до пошкодженого апарата, протягом часу, необхідного для їх відключення.

Масу ( $m$ ) газу, що потрапив до приміщення під час розрахункової аварії, визначають за формулою, кг:

$$m = (V_a + V_T) \cdot \rho_T \quad (1.43)$$

де  $V_a$  – об'єм газу, що вийшов з апарата, м<sup>3</sup>;

$V_T$  – об'єм газу, що вийшов із трубопроводів, м<sup>3</sup>;

$\rho_T$  – густина газу або пари за розрахункової температури визначається за форм. (1.37), кг/м<sup>3</sup>.

При цьому

$$V_a = \frac{P_1}{P_0} \cdot V \quad (1.44)$$

де  $P_1$  – тиск в апараті, кПа;

$V$  – об'єм апарата, м<sup>3</sup>

$P_0$  – атмосферний тиск, кПа.

$$V_T = V_{1T} + V_{2T} \quad (1.45)$$

де  $V_{1T}$  – об’єм газу, що вийшов із трубопроводу до його перекривання, м<sup>3</sup>;  
 $V_{2T}$  – об’єм газу, що вийшов із трубопроводу після його перекривання, м<sup>3</sup>.

Об’єм газу, що вийшов із трубопроводу до його перекривання, м<sup>3</sup>, визначається за формулою:

$$V_{1T} = q \cdot \tau \quad (1.46)$$

де  $q$  – витрата газу, яку визначають згідно з технологічним регламентом залежно від тиску у трубопроводі, його діаметра, температури газового середовища тощо, м<sup>3</sup>/с;

$\tau$  – час, який визначають за пунктом 3, с.

Об’єм газу, що вийшов із трубопроводу після його перекривання, м<sup>3</sup>:

$$\begin{aligned} V_{2T} &= \pi \cdot \frac{P_2}{P_1} \cdot (r_1^2 \cdot L_1 + r_2^2 \cdot L_2 + r_n^2 \cdot L_n) = \\ &= 0,01 \cdot \pi \cdot P_2 \cdot (r_1^2 \cdot L_1 + r_2^2 \cdot L_2 + r_n^2 \cdot L_n) \end{aligned} \quad (1.47)$$

де  $P_2$  – максимальний тиск у трубопроводі за технологічним регламентом, кПа;

$r$  – внутрішній радіус трубопроводів, м;

$L$  – довжина трубопроводів від аварійного апарата до засувки, м.

### ***Приміщення з горючими рідинами.***

Приміщення з легкозаймистими та горючими рідинами Під час прогнозування аварійних ситуацій, що пов’язані з виходом ЛЗР та ГР, необхідно враховувати випаровування рідини з відкритих за нормальних умов експлуатації ємностей та апаратів, з різних розпилюючих пристроїв, з поверхні розлитих рідин, а також із поверхонь зі свіжнанесеною рідиною (фарбою).

Масу парів рідини ( $m$ ), які потрапили до приміщення за наявності декількох джерел випаровування (поверхня розлитої рідини, поверхня зі свіжнанесеною рідиною, відкриті ємності тощо), визначають за формулою:

$$m = m_p + m_{\text{емн}} + m_{\text{св}} \quad (1.48)$$

де  $m_p$  – маса рідини, що випарувалася з поверхні розливу, кг;

$m_{\text{емн}}$  – маса рідини, що випарувалася з поверхонь відкритих ємностей, кг;

$m_{\text{св}}$  – маса рідини, що випарувалася з поверхонь, на які було нанесено свіжу рідину, кг.

За цих умов кожен зі складових у формулі (1.48) визначають за формулою:

$$m = W \cdot F_B \cdot \tau \quad (1.49)$$

де  $W$  – інтенсивність випаровування,  $\text{кг} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{м}^{-2}$ ;  
 $F_v$  – площа випаровування,  $\text{м}^2$ , яку визначають залежно від маси рідини  $m_p$ , що потрапила до приміщення;  
 $\tau$  – тривалість випаровування, с.

У разі, якщо аварійна ситуація пов'язана з можливим надходженням рідини в розпиленому стані, то вона має бути врахована у формулі (1.48) шляхом введення додаткової складової, яка враховує загальну масу рідини, що надійшла від розпилювальних пристроїв, виходячи з тривалості їхньої роботи.

Інтенсивність випаровування  $W$  визначають за довідковими та експериментальними даними.

Для ЛЗР, нагрітих вище температури навколишнього середовища, у разі відсутності таких даних, допускається розраховувати  $W$  за формулою:

$$W = 10^{-6} \cdot \eta \cdot (M)^{0.5} \cdot P_H \quad (1.50)$$

де  $\eta$  – коефіцієнт, який приймають за табл. 1.4 залежно від швидкості повітряного потоку, що створюється аварійною вентиляцією, та температури повітряного потоку над поверхнею випаровування (у разі відсутності аварійної вентиляції дорівнює 1);

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

$P_H$  – тиск насиченої пари за розрахункової температури рідини  $t_p$ , кПа.

Тиск насиченої пари за розрахункової температури рідини визначається за довідковими даними або за формулою:

$$P_H = 10^{\frac{A \cdot B}{C_a + t_p}} \quad (1.51)$$

де  $A, B, C_a$  – константи рівняння Антуана (табл. Д 1).

Швидкість повітряного потоку у приміщенні (м/с) можна визначити за формулою:

$$U_H = A \cdot I \quad (1.52)$$

де  $A$  – кратність повітрообміну,  $\text{с}^{-1}$ ;

$I$  – довжина приміщення, м.

Масу парів рідини ( $m_{\text{нагр}}$ ), нагрітої вище розрахункової температури, але не вище температури кипіння рідини, визначають за формулою, кг:

$$m_{\text{нагр}} = 0,02 \cdot \sqrt{M} \cdot P_H \frac{C_p \cdot m_p}{L_{\text{вип}}} \quad (1.53)$$

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

$P_H$  – тиск насиченої пари за розрахункової температури рідини  $t_p$ , кПа;

$C_p$  – питома теплоємність рідини за початкової температури випаровування, Дж/кг К;

$L_{\text{вип.}}$  – питома теплота випаровування рідини за початкової температури випаровування, довідкові дані, Дж/кг;

$m_p$  – маса рідини, кг.

Таблиця 1.4 – Значення коефіцієнта  $\eta$  залежно від швидкості повітряного потоку й температури повітря у приміщенні

Швидкість повітряного потоку у приміщенні, м·с <sup>-1</sup>	Значення коефіцієнта $\eta$ за температури повітря у приміщенні t, °С					
	10	15	20	30	35	37
0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
0,1	3,0	2,6	2,4	1,8	1,6	1,6
0,2	4,6	3,8	3,5	2,4	2,3	2,3
0,3	5,3	4,5	4,1	2,8	2,6	2,6
0,4	6,0	5,1	4,7	3,2	2,9	2,8
0,5	6,6	5,7	5,4	3,6	3,2	3,1
0,6	7,3	6,3	5,9	4,0	3,5	3,4
0,7	7,9	6,9	6,4	4,4	3,8	3,7
0,8	8,6	7,5	6,8	4,8	4,1	4,0
0,9	9,3	8,1	7,3	5,2	4,4	4,3
1,0	10,0	8,7	7,7	5,6	4,6	4,4

За відсутності довідкових даних допускається визначати питому теплоту випаровування за формулою:

$$L_{\text{вип.}} = \frac{19,173 \cdot 10^3 \cdot V \cdot T_a^2}{(T_a + C_a - 273,2)^2 \cdot M} \quad (1.54)$$

де  $V, C_a$  – константи рівняння Антуана, визначають за довідковими даними для тиску насичених парів, кПа, табл. Д1;

$T_a$  – початкова температура нагрітої рідини, К.

Формули (1.53) та (1.54) справедливі для рідин, нагрітих до температури спалаху і вище за умови, що температура спалаху рідини перевищує значення розрахункової температури.

**7. Визначення категорій приміщень за пожежною небезпекою.** До пожежонебезпечної категорії В відносяться приміщення, які не відносяться до категорій А або Б, і питома пожежна навантага для твердих і рідких легкозаймистих та горючих речовин на окремих ділянках площею не менше 10 м<sup>2</sup> кожна перевищує 180 МДж/м<sup>2</sup> [1,2].

**Пожежна навантага** – кількість теплоти, що може виділитися у приміщенні у разі повного згоряння речовин і матеріалів, які обертаються у



виробництві, у тому числі технологічне обладнання, кабелі (ізоляція), а також у разі повного згоряння речовин і матеріалів, що знаходяться у складських приміщеннях, меблі тощо, що здатні горіти [2].

**Питома пожежна навантага** – пожежна навантага, що припадає на одиницю площі приміщення [2].

Величину пожежної навантаги, до матеріалів якої входять тверді, рідкі легкозаймисті, горючі, важкогорючі речовини та матеріали у межах пожежонебезпечної ділянки, визначають за формулою:

$$Q = \sum_{i=1}^n G_i \cdot Q_i^P \quad (1.55)$$

де  $G_i$  – кількість і-ої складової пожежної навантаги, кг;  
 $Q_i^P$  – найнижча теплота згоряння і-ої складової пожежної навантаги, МДж/кг (табл. Д.2, табл. Д.3).

Питому пожежну навантагу ( $q$ ), МДж/м<sup>2</sup>, визначають зі співвідношення:

$$q = \frac{Q}{F_{\text{пн}}} \quad (1.56)$$

де  $Q$  – пожежна навантага, МДж;  
 $F_{\text{пн}}$  – площа розміщення складових пожежної навантаги, м<sup>2</sup>.

Під час розміщення складових пожежної навантаги на площі меншій, ніж 10 м<sup>2</sup>, у розрахунках приймається площа 10 м<sup>2</sup>.

Якщо питома пожежна навантага не перевищує 180 МДж/м<sup>2</sup>, для віднесення приміщення до категорії В або Д слід перевірити виконання наступної вимоги: якщо величина пожежної навантаги ( $Q$ ), що складається з твердих, рідких легкозаймистих, горючих та важкогорючих речовин і матеріалів, на окремій ділянці відповідає нижченаведеній нерівності, то приміщення відноситься до категорії В:

$$Q \geq 0,64 \cdot g_T \cdot H^2 \quad (1.57)$$

де  $g_T$  – питома пожежна навантага, МДж/м<sup>2</sup>;  
 $H$  – мінімальна відстань від пожежної навантаги (крім кабельних ліній) до нижнього пояса незахищених металевих ферм або перекриття (покриття), м.

Якщо  $g_T < 180$  МДж/м<sup>2</sup>, то для розрахунку величина  $g_T$  приймається рівною 180 МДж/м<sup>2</sup>.

У протилежному випадку приміщення відноситься до категорії Д, за умови, якщо:

- відстань між ділянками, що містять складові пожежної навантаги (тверді горючі та/або важкогорючі речовини і матеріали) не менше за мінімальні граничні відстані  $l_{\text{гр}1}$  (табл. 1.5). Значення  $l_{\text{гр}1}$  приймаються за умови, якщо

$H \geq 11$  м; якщо  $H < 11$  м, то мінімальну відстань визначають, як  $l_{гр} = l_{гр1} + (11 - H)$ , де  $l_{гр1}$  приймають за табл. 1.5;

- відстань між ділянками розміщення (розливу), що містять складові пожежної навантаги (легкозаймисті або горючі рідини) не менше за мінімальні граничні відстані  $l_{гр2}$ , які визначають з наступних умов:

$$l_{гр2} \geq 15 \text{ м при } H \geq 11 \quad (1.58)$$

$$l_{гр2} \geq 26 - H \text{ при } H < 11. \quad (1.59)$$

Таблиця 1.5 – Значення відстаней,  $l_{гр1}$ , залежно від величини критичної густини падаючих променистих потоків  $q_{кр}$

$q_{кр}, \text{кВт} \cdot \text{м}^{-2}$	5	10	15	20	25	30	40	50
$l_{гр1}, \text{м}$	12	8	6	5	4	3,8	3,2	2,8

У разі наявності у приміщенні легкозаймистих і горючих рідин площа пожежної навантаги, яка утворюється цими складовими, визначається за площею їх розливу, що дорівнює площі відбортовок ван поблизу ємностей та технологічних апаратів (за їх відсутності приймається за п.3). Допускається під час розрахунку кількості ЛЗР і ГР, що потрапляють до приміщення внаслідок аварії, враховувати для визначення пожежної навантаги розлив у приміщенні вмісту однієї найбільшої ємності (технологічного апарата) за умов спрацьовування інженерних протипожежних заходів під час пожежі (аварійний злив рідини, перекирвання трубопроводів, розташування ємностей за межами будівлі тощо).

Критична поверхнева густина променистого потоку  $q_{кр}, \text{кВт} \cdot \text{м}^{-2}$  – мінімальне значення густини теплового потоку, за якого виникає стійке полуменеве горіння матеріалів, на які падає променистий потік [1,2].

Значення  $q_{кр}$  (за тривалості опромінення 15 хв.) для деяких матеріалів пожежної навантаги наведені у табл. 1.6 та у табл. Д.4.

Таблиця 1.6 – Значення  $q_{кр}$  для деяких матеріалів пожежної навантаги

Матеріал	$q_{кр}, \text{кВт} \cdot \text{м}^{-2}$
Деревина (сосна вологістю 12 %)	13,9
Деревостружкові плити (питома вага – $417 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$ )	8,3
Торфобрикети	13,2
Торф кусковий	9,8
Бавовна-волокно	7,5
Шаруватий пластик	15,4
Склопластик	15,3
Пергамін	17,4
Гума	14,8
Вугілля	35,0
Рулонна покрівля	17,4
Сіно, солома (за мінімальної вологості до 8 %)	7,0

Якщо матеріали пожежної навантаги складаються з різних матеріалів, то значення  $q_{кр}$  визначають за матеріалом з мінімальним значенням  $q_{кр}$ .

Для матеріалів пожежної навантаги з невідомими значеннями  $q_{кр}$  значення мінімальних граничних відстаней приймають  $l_{гр1} = 12$  м.

Значення мінімальних граничних відстаней можуть бути зменшені за умови застосування конструктивних рішень, спрямованих на створення протипожежних перешкод поширенню пожежі між ділянками, що містять складові пожежної навантаги.

## Приклади розв'язання завдань

### Приклад

Визначити категорію компресорного відділення розмірами 12 x 9 x 12 м, в якому знаходяться апарат з етиленом об'ємом 10 м<sup>3</sup> та система підвідних і відвідних трубопроводів діаметром 90 мм. Довжина підвідного трубопроводу до засувки становить 0,5 м, а відвідного – 4,5 м. Тиск у системі становить 244,42 кПа, продуктивність компресора –  $5 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>·с<sup>-1</sup>, кратність аварійної вентиляції – 8 год<sup>-1</sup>, вимкнення ручне, температура повітря у приміщенні – 20 °С. Для розв'язання завдання необхідно використовувати залежності, які наведені для приміщення з горючими газами.

### Розв'язання

1. Визначаємо густину етилену при технологічних режимах ведення процесу за формулою (1.37):

Молекулярна маса етилену 28 Mr.

$$\rho_{г,п} = \frac{28}{22,41(1 + 0.00367 \cdot 20)} = 1,164 \text{ кг/м}^3$$

2. Розраховуємо масу етилену, що надходить до приміщення під час аварії, за форм. (1.43). Але для цього за форм. (1.44) визначаємо об'єм газу, що вийшов з апарата, м<sup>3</sup>, та за форм. (1.45) об'єм газу, що вийшов із трубопроводів, м<sup>3</sup>.

$$V_a = 0,01 \cdot 244,42 \cdot 10 = 24,442 \text{ м}^3$$

При цьому об'єм газу, що вийшов із трубопроводу до його перекривання, становить (форм. (1.46)).

$$V_{1т} = 5 \cdot 10^{-3} \cdot 300 = 1,5 \text{ м}^3.$$

Об'єм газу, що вийшов із трубопроводу після його перекривання, м<sup>3</sup>, форм. (1.47):

$$V_{2т} = 0,01 \cdot 3,14 \cdot 244,42 \left( \left( \frac{90}{2} \right)^2 \cdot 0,5 + \left( \frac{90}{2} \right)^2 \cdot 4,5 \right) = 0,077$$

Тоді

$$V_T = 1,5 + 0,077 = 1,58 \text{ м}^3$$

$$m = (24,442 + 1,58) \cdot 1,164 = 1,58 \text{ кг}$$

Визначаємо масу етилену, що буде брати участь в утворенні вибухонебезпечної концентрації з урахуванням роботи аварійної вентиляції, за формулою:

$$m^* = \frac{m}{K}$$

Коефіцієнт К, що визначають за форм. (1.35)

$$K = 8 \cdot \frac{300}{3600} + 1 = 1,66$$

Тоді маса етилену буде становити:

$$m^* = \frac{30,29}{1,66} = 19,54 \text{ кг}$$

4. Обчислюємо вільний об'єм приміщення. Приймається за п. 5.

$$V_{\text{вільн}} = 0,8 \cdot 12 \cdot 9 \cdot 12 = 1036,8 \text{ м}^3$$

5. Визначаємо коефіцієнт кисню у реакції горіння етилену за форм. (1.39):

$$\beta = 2 + \frac{4 - 0}{4} - \frac{0}{2} = 3$$

6. Визначаємо стехіометричну концентрацію горючої речовини за формулою (1.38):

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

7. Розраховуємо надлишковий тиск вибуху у приміщенні компресорної за форм. (1.36) та з урахуванням, що максимальний тиск вибуху стехіометричної етиленоповітряної суміші, який визначається за довідковими даними (для етиленоповітряної суміші  $P_{\text{max}} = 830 \text{ кПа}$ ):

$$\Delta P = (830 - 101) \cdot \frac{19,54 \cdot 0,5}{1036,8 \cdot 1,164} \cdot \frac{100}{6,44} \cdot \frac{1}{3} = 28,8 \text{ кПа}$$

## Практичні завдання до теми заняття

### Завдання 1

Визначити категорію компресорного відділення розмірами 10 x 8 x 6 м, в якому знаходяться апарат з метаном об'ємом 6 м<sup>3</sup> та система підвідних і відвідних трубопроводів діаметром 80 мм. Довжина підвідного трубопроводу до засувки становить 0,6 м, а відвідного – 3,0 м. Тиск у системі становить 200,0 кПа, продуктивність компресора –  $4,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$ , кратність аварійної вентиляції – 8 год<sup>-1</sup>, вимкнення ручне, температура повітря у приміщенні – 25 °С. Для розв'язання завдання необхідно використовувати залежності, які наведені для приміщень з горючими газами [1].

### Завдання 2

Визначити категорію приміщення пресової ділянки розмірами 12 x 6 x 5 м. Коефіцієнт вільного об'єму приміщення становить 70 %, вентиляція у приміщенні відсутня. Температура повітря у приміщенні – 20 °С. Тиск оливи у гідросистемі становить 20 кг/см<sup>2</sup>. Внутрішній діаметр трубок системи – 10 мм. Робоча рідина – олива АМГ-300Т. Для розв'язання завдання необхідно використовувати залежності, які наведені для приміщень з горючими рідинами [1].

### **Завдання 3**

Визначити категорію приміщення складу ацетону, в якому зберігається 10 бочок з ацетоном, кожна об'ємом по 0,08 м<sup>3</sup>. Розміри приміщення – 12 x 6 x 6 м. Об'єм приміщення – 432 м<sup>3</sup>. Вільний об'єм приміщення – 345,6 м<sup>3</sup>. Площа приміщення становить 72 м<sup>2</sup>. Для розв'язання завдання необхідно використовувати залежності, які наведені для приміщень з легкозаймистими рідинами.

### **Завдання 4**

Визначити категорію приміщення складської будівлі. Складська будівля являє собою багатостележний склад, в якому передбачено зберігання на металевих стелажах негорючих матеріалів у картонних коробках. У кожному з десяти рядів стелажів міститься 10 ярусів, 16 відсіків, в яких зберігаються по 3 картонні коробки вагою 1 кг кожна. Верхня відмітка зберігання картонної тари на стелажах складає 5 м, а висота нижнього поясу до відмітки підлоги – 7,2 м. Довжина стелажу – 48 м, ширина – 1,2 м, відстань між рядами стелажів – 2,8 м.

Відповідно до вихідних даних площа розташування пожежної навантаги у кожному ряду становить 57,6 м<sup>2</sup>.

Для розв'язання завдання необхідно використовувати залежності, які наведені для приміщень із твердими горючими і важкогорючими речовинами і матеріалами [1].

### **Завдання 5**

Визначити категорію приміщення складу зберігання лужних металів у контейнерах. У контейнері зберігається натрій у кількості 3 кг. Вільний об'єм приміщення – 120 м<sup>3</sup>. Температура у приміщенні 20 °С. Вентиляція відсутня. Для розв'язання завдання необхідно використовувати залежності, які наведені для приміщень з речовинами і матеріалами, здатними вибухати і горіти під час взаємодії з водою, киснем повітря і/або один з одним.

### **Завдання 6**

Визначити категорію машинного відділення цеху розподілу, компресії повітря та компресії продуктів розподілу повітря. У приміщенні знаходяться горючі речовини (турбінні, індустриальні та інші оливи з температурою спалаху понад 61 °С), що обертаються у відцентрових і поршневих компресорах. Кількість оливи у компресорі становить 15 кг. Кількість компресорів – 5. За технологічними умовами площа розташування пожежної навантаги дорівнює 6-8 м<sup>2</sup>. У приміщенні машинного відділення мінімальна відстань від поверхні пожежної навантаги до нижнього поясу ферм перекриття Н становить близько 9 м [1].

### **Завдання 7**

Визначити категорію приміщення за вибухопожежною та пожежною небезпекою. Характеристика виробничого приміщення, технологічного

обладнання та горючих речовин і матеріалів, що в ньому обертаються, представлена в табл. 1.7 та 1.8.

Таблиця 1.7 – Характеристика виробничого приміщення [1]

Значення параметрів	№ варіанта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
l, м	10	48	8	16	24	18	12	22	36	20
b, м	8	9	6	14	12	16	10	14	12	18
h, м	4	6	3	5	7	6	5	4	10	8
K <sub>B</sub> , %	80	85	90	70	75	80	85	90	70	75
A <sub>B</sub> , год <sup>-1</sup>	8	5	4	6	7	9	8	6	10	8
T <sub>пов</sub> , °C	20	19	21	22	23	18	24	20	17	20

Таблиця 1.8 – Характеристика технологічного обладнання та горючих речовин і матеріалів, що в ньому обертаються

Значення параметрів	№ варіанта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Бутан	Ацетилен	Водень	Метан	Пропан	Бензол	Гексан	Метанол	Толуол	Етанол
V <sub>АП</sub> , м <sup>3</sup>	10	8	6	4	12	0,2	2,1	0,4	1,4	5,8
P <sub>P</sub> , кгс см <sup>-2</sup>	2,4	3,0	4,1	3,2	2,6	-	-	-	-	-
ε	-	-	-	-	-	0,7	0,8	0,9	0,75	0,6
t <sub>p</sub> , °C	160	150	140	155	170	20	18	17	21	19
q, м <sup>3</sup> с <sup>-1</sup>	5·10 <sup>-3</sup>	4·10 <sup>-3</sup>	6·10 <sup>-3</sup>	3·10 <sup>-3</sup>	7·10 <sup>-3</sup>	1,24·10 <sup>-4</sup>	1,91·10 <sup>-4</sup>	1,67·10 <sup>-4</sup>	1,37·10 <sup>-4</sup>	1,51·10 <sup>-4</sup>
l <sub>n</sub> , м	0,4	0,7	0,6	0,5	0,8	3	1	4	3	2
d <sub>n</sub> , мм	70	90	80	60	50	40	35	45	30	50
l <sub>0</sub> , м	5	7	8	6	4	12	7	10	8	6
d <sub>0</sub> , мм	70	90	80	60	50	40	35	45	30	50
t <sub>з</sub> , с	300	300	250	200	250	120	110	100	115	110

## 1.7 Визначення розрахункового та необхідного часу евакуації

**Мета:** засвоїти методику визначення розрахункового та необхідного часу евакуації.

### План

1. Нормативно-правові та нормативні документи, які регулюють проведення розрахунку часу евакуації людей з приміщень при заповненні їх димом.
2. Порядок розрахунку і вихідні данні для розрахунку евакуації.
3. Визначення розрахункового часу евакуації
4. Приклади розв'язання завдань.
5. Практичні завдання до теми заняття.

## Теоретичні відомості

**1. Нормативно-правові та нормативні документи, які регулюють проведення розрахунку часу евакуації людей з приміщень при заповненні їх димом.** Сучасне будівництво характеризується зростанням кількості будівель зі складною геометрією приміщень та численними внутрішніми елементами, такими як атріуми, коридори, а також складною системою вертикальних і горизонтальних зв'язків. Це може призводити до одночасного перебування великої кількості людей всередині приміщень, що підвищує рівень пожежної небезпеки таких об'єктів [4].

Тому необхідно пам'ятати, що основою комплексного забезпечення пожежної безпеки є забезпечення безпечної евакуації людей. Своєчасна евакуація є найефективнішим засобом захисту людей під час пожежі і має пріоритет у вимогах пожежної безпеки.

Безпечна евакуація досягається завдяки правильному вибору об'ємно-планувальних та конструктивних рішень, що дозволяють вивести людей із будівлі до настання критичних для здоров'я значень небезпечних факторів пожежі.

Проведення розрахунку часу евакуації людей з приміщень та заповнення останніх димом регулюється нормативно-правовими та нормативними документами:

а) обов'язкова наявність розрахунку часу евакуації людей з приміщень у складі проектної документації для об'єктів будівництва, що мають клас наслідків (відповідальності) СС2, СС3, передбачена, передусім, ДБН А.2.2-3:2014 «Склад та зміст проектної документації на будівництво», зокрема, зміною № 1 до цих ДБН, затвердженою наказом Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 27 грудня 2017 р. № 338, що набрала чинності ще 1 червня 2018 року.

б) відповідно до вимог Кодексу цивільного захисту України, наявність розрахунку часу евакуації з приміщень перевіряється при проведенні планових і позапланових заходів органом державного нагляду (контролю) у сфері пожежної та техногенної безпеки.

Варто зазначити, що у випадку зміни на об'єкті, під час експлуатації, об'ємно-планувальних і конструктивних рішень та призначення будівлі чи окремих приміщень та/або значної зміни кількості людей, які перебувають або можуть перебувати у будівлі, треба обов'язково проводити коригування поточного або розроблення нового розрахунку часу евакуації залежно від обсягу та характеру самих змін.

Не можна ототожнювати розрахунок евакуації та план евакуації, оскільки це абсолютно різні речі.

На відміну від плану евакуації, який містить схематичне зображення шляхів евакуації людей з різних приміщень, розрахунок часу евакуації є комплексним підходом, який моделює як саму можливу евакуацію людей різних груп мобільності з приміщень, визначаючи необхідний час для виходу останньої людини з приміщень на вулицю, так і розраховує час настання

граничних значень для небезпечних чинників пожежі, насамперед – заповнення приміщень димом.

Безпечною евакуація людей з приміщень буде вважатися тільки у тому випадку, якщо остання людина встигне покинути приміщення до моменту, коли небезпечні чинники пожежі досягнуть своїх критичних значень. В інакшому випадку існуватиме загроза для життя та здоров'я людини, а отже треба буде говорити про необхідність внесення змін до об'ємно-планувальних та конструктивних рішень, влаштування системи димовидалення або використання більш потужних вентиляторів тощо [4].

**2. Порядок розрахунку і вихідні дані для розрахунку евакуації.** Розрахунок часу евакуації починають з визначення розрахункового часу евакуації, який надалі буде нормою і повинен бути меншим чи однаковим з необхідним часом евакуації [5]:

$$t_p \leq t_{нб} \quad (1.60)$$

де  $t_{нб}$  – необхідний час евакуації, хв;  
 $t_p$  – розрахунковий час евакуації, хв.

Далі весь розрахунок поділяють на два етапи:

- розрахунок розрахункового часу евакуації  $t_p$ ;
- розрахунок необхідного часу евакуації  $t_{нб}$ .

Перш ніж почати розрахунки, треба отримати у викладача всі необхідні дані, а саме:

- об'єм приміщення,  $V$ , м<sup>3</sup>;
- щільність евакуйованих,  $N$ , чол.;
- категорію виробництва з пожежо- і вибухонебезпеки;
- схему шляху евакуації;
- вид приміщення: промислове, допоміжне або громадський будинок;
- характерні особливості будинку – наявність балконів, трибун тощо;
- загальну висоту будинку, висоту поверху, площу поверху, ступінь і межу вогнетривкості конструкцій будинку, ширину коридорів, проходів, період року: теплий (середньодобова температура +8 °С і вище) або холодний (середньодобова температура нижче +8 °С).

Після визначення необхідного часу евакуації треба переконатися, що  $t_p$  і  $t_{нб}$  задовольняють вимогам формули. Коли виявиться, що розрахунковий час евакуації  $t_p$  більший за необхідний  $t_{нб}$ , то розрахунковий час приймають як необхідний і виконують перерахунок самого будинку по ширині і довжині шляху евакуації. При цьому треба виходити із вимог максимально допустимої довжини шляху (табл. 1.9, 1.10) залежно від густоти людського потоку. Густина людського потоку визначається як відношення кількості людей, евакуйованих по загальному проходу, до площі цього проходу.

Густина людського потоку визначається як відношення кількості людей, евакуйованих по загальному проходу, до площі цього проходу [5].



Таблиця 1.9 – Значення необхідного часу евакуації з приміщень виробничих споруд I, II, III ступенів вогнетривкості

Категорія виробництва	Необхідний час евакуації (хв) при об'ємі приміщення (тис. м <sup>3</sup> )				
	до 15	30	40	50	≥60
А,Б	0,50	0,75	1,00	1,50	1,75
В	1,25	2,00	2,00	2,50	3,00
Г,Д	Не обмежується				

Таблиця 1.10 – Швидкість та інтенсивність руху людського потоку, залежно від його щільності

Щільність потоку, м <sup>2</sup> /м <sup>2</sup>	Горизонтальний шлях		Двері	Сходи вниз		Сходи вгору	
	Швидкість, м <sup>2</sup> /м <sup>2</sup>	Інтенсивність, м/хв	Інтенсивність, м/хв	Швидкість, м <sup>2</sup> /м <sup>2</sup>	Інтенсивність, м/хв	Швидкість, м <sup>2</sup> /м <sup>2</sup>	Інтенсивність, м/хв
0,01	100	1	1	100	1	60	0,6
0,05	100	5	5	100	5	60	3
0,10	80	8	8,7	95	9,5	53	5,3
0,20	60	12	13,4	68	13,6	40	8
0,30	47	14,1	16,5	52	15,6	32	9,6
0,40	40	16	18,4	40	16	26	10,4
0,50	33	16,5	19,4	31	15,5	22	11
0,60	27	16,2	19	24	14,4	18	10,8
0,70	23	16,1	18,5	18	12,6	15	10,5
0,80	19	15,2	17,3	13	10,4	13	10,4
0,90 та більше	15	13,5	8,5	8	7,2	11	9,9

*Примітки:* 1. Інтенсивність руху людського потоку – це величина в м/хв або чол/хв, яка дорівнює добутку щільності й швидкості. 2. Табличне значення інтенсивності руху і дверного отвору при густоті потоку 0,9 і більше дорівнює 8,5 м/хв і встановлено для дверного отвору шириною 1,6 і більше, а при дверному отворі, меншому за ширину 1,6 м, інтенсивність руху треба обраховувати за відповідними формулами.

Кількість евакуйованих людей  $N$  дорівнює кількості працюючих у найбільш навантажену зміну. Категорію виробництва за пожежо- і вибухобезпекою приймають, виходячи з вимог ДСТУ Б В.1.1-36:2016.

Схема шляхів евакуації виконується аналогічно схемі на рис.1.4. Величина  $d_i$  на рис. 1.4 – це ширина евакуаційного шляху на  $i$ -й ділянці. На рис. 1.5 наведена схема злиття людських потоків.

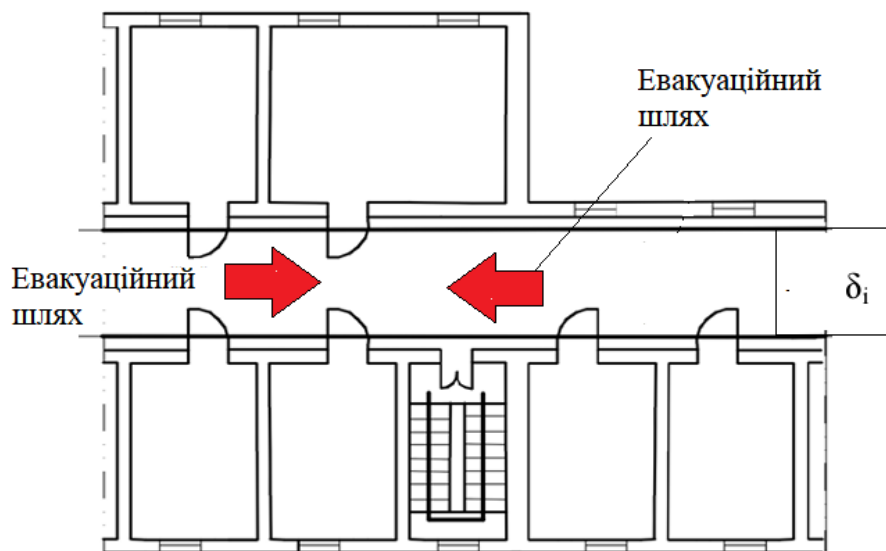


Рисунок 1.4 – Схема шляхів евакуації

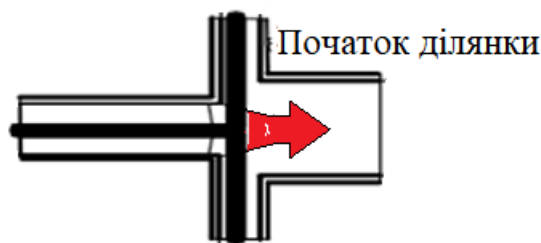


Рисунок 1.5 – Схема злиття людських потоків

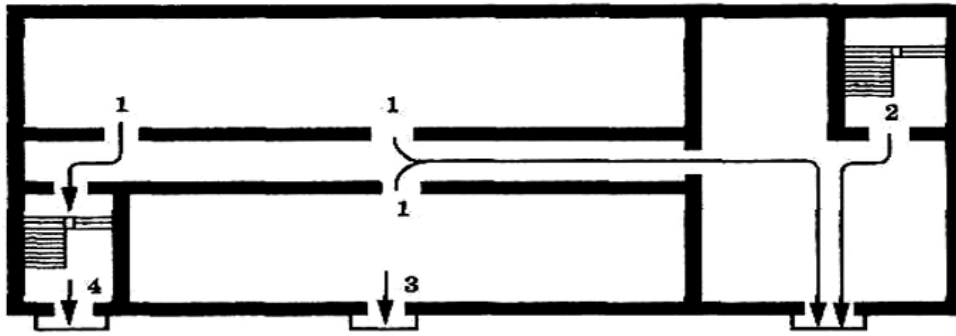
Джерело: [5]

Ступінь та межу вогнестійкості конструкцій будинків треба приймати згідно зі ДБН В.1.1-7:2016 або вихідних даних до завдання.

Залежно від того, який задається будинку період року, знаходиться середня площа горизонтальної проекції  $f$ ,  $m^2/люд.$ : дорослої у домашньому одязі – 0,100; дорослої у зимовому одязі – 0,125; підлітка – 0,70.

**3. Визначення розрахункового часу евакуації.** Є три етапи евакуації. **Перший етап** – рух людей від найбільш віддаленої точки приміщення до евакуаційного виходу з нього. До таких приміщень належать виробничі цехи і майстерні, класи і аудиторії навчальних закладів тощо. **Другий етап** – рух людей по евакуаційних виходах з приміщень до виходів на вулицю. Такий рух відбувається по коридорах, проходах і фойє до сходів і по сходах через вестибюль назовні (рис. 1.6, рис. 1.7).

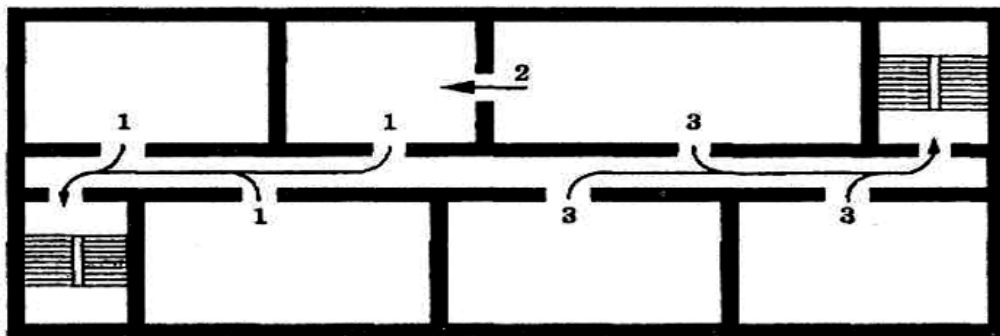
**Третій етап** – рух людей від виходу з будинку і розсіювання їх на території підприємства [5].



1– вихід з приміщення в коридор, який веде крізь вестибюль або сходову клітку безпосередньо назовні; 2 – вихід із сходової клітки крізь вестибюль назовні; 3 – вихід з приміщення безпосередньо назовні; 4 – вихід із сходової клітки безпосередньо назовні

Рисунок 1.6 – Евакуаційні виходи з приміщень першого поверху

Джерело: [5]



1– вихід з приміщення в коридор, який веде до сходової клітки, що має безпосередньо вихід назовні; 2 – вихід у сусіднє приміщення; 3 – вихід з приміщення в коридор, який веде до сходової клітки, що має вихід через вестибюль, відокремлений від коридору перегородкою з дверима

Рисунок 1.7 – Евакуаційні виходи з приміщень другого поверху та вище розташованих поверхів

Джерело: [5]

Розрахунковий час евакуації ( $t_p$ , хв), треба визначати як суму часу руху людського потоку по окремих ділянках шляху за формулою:

$$t_p = t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_i \quad (1.61)$$

де  $t_1$ – час руху людського потоку на початковій ділянці, хв;

$t_2, t_i$  – час руху людського потоку на кожній з наступних після першої ділянок шляху, хв.

Щільність людського потоку  $D_1$  на першій ділянці шляху, завдовжки  $l_1$  та шириною  $\delta_1$  треба визначати за формулою:

$$D_1 = \frac{N_1 \cdot f}{l_1 \cdot \delta_1} \quad (1.62)$$

де  $N_1$  – кількість людей на першій ділянці, чол.  
 $f$  – середня площа горизонтальної проекції людини, м<sup>2</sup>;  
 $l_1$  – довжина першої ділянки, м;  
 $\delta_1$  – ширина першої ділянки, м.

За величиною щільності людського потоку  $D_1$  знаходиться швидкість руху людей на ділянці  $v_1$ , м/хв, та інтенсивність руху  $q_1$ , м/хв, табл. 1.10.

Час руху людського потоку по першій ділянці шляху треба визначати за формулою [5]:

$$t_1 = \frac{l_1}{v_1} \quad (1.63)$$

де  $v_1$  – значення швидкості руху людського потоку по горизонтальному шляху на першій ділянці, визначається за табл. 1.10, залежно від щільності  $D$ , м/хв.

Значення швидкості людського потоку на наступних ділянках шляху приймається залежно від значення інтенсивності руху людського потоку  $q_i$  по кожній з цих ділянок, які треба визначити, у тому числі і для дверних прорізів за формулою:

$$q_i = \frac{q_{i-1} \cdot \delta_{i-1}}{\delta_i} \quad (1.64)$$

де  $q_i, q_{i-1}$  – значення інтенсивності руху людського потоку на ділянках шляху, що розглядається, і попередній, м/хв;  
 $\delta_i, \delta_{i-1}$  – ширина розглянутої та попередньої  $i$ -ої ділянок шляху, м.

Значення інтенсивності руху людського потоку на першій ділянці шляху  $q_i = q_1$  визначають за значенням  $D$ , знайденому за формулою (1.63). Коли значення  $q_i$ , визначене за формулою, менше або дорівнює значенню  $q_{max}$ , то час руху по ділянках шляху треба приймати за формулою:

$$t_i = \frac{l_i}{V_i} \quad (1.65)$$

При цьому значення  $q_{max}$  треба приймати, м/хв, з урахуванням наступних умов:

горизонтального шляху – 16,5;  
дверних прорізів – 19,6;  
сходів униз – 16;  
сходів угору – 11.

Коли значення  $q_i$  знайдене за формулою, більше  $q_{max}$ , тоді ширину  $d$ . даної  $i$ -ї ділянки шляху треба збільшити на таку величину, щоб виконувалась умова:

$$q_i < q_{max}, \quad (1.66)$$

При неможливості виконання цієї умови, інтенсивність і швидкість руху людського потоку по цій ділянці шляху визначається за табл. 1.7 при значенні щільності  $D \leq 0,9$ .

При злитті на початку ділянки і двох і більше людських потоків інтенсивність руху визначається за формулою:

$$q_i = \frac{\sum q_{i-1} \cdot \delta_{i-1}}{\delta_i} \quad (1.67)$$

де  $q_i$  – інтенсивність руху людських потоків, злитих на початку ділянки, м/хв;

$\delta_{i-1}$  – ширина ділянки шляху до злиття, м;

$q_{i-1}$  – значення інтенсивності руху людського потоку на ділянці до злиття потоку, м/хв.

Для дверного отвору значення даються для  $\delta \geq 1,6$ . Як що  $\delta < 1,6$ ,  
 $q = 2,5 + 3,75\delta$

Повний розрахунковий час евакуації,  $t_p$ , визначається як сума часів по ділянках. Необхідний час евакуації,  $t_{нб}$ , складається з часу евакуації з виробничого приміщення, часу евакуації коридорами і часу евакуації сходами.

Необхідний час евакуації для виробничих приміщень знаходиться за табл. 1.9.

Необхідний час евакуації коридорами для будівель I, II і III ступеня вогнестійкості:

а) від приміщень між двома виходами або сходовими клітинами для категорій А і Б – 1 хв, В – 2 хв, Г і Д – 3 хв;

б) від приміщень з виходом у тупиковий коридор – 0,5 хв.

Для будівель IV ступеня вогнестійкості час зменшується на 30 %, для будівель V ступеня вогнестійкості – на 50 %.

Необхідний час евакуації сходами для будівель I, II і III ступеня вогнестійкості з кількістю поверхів 1...5 – 5 хв., з кількістю поверхів 6...9 – 10 хв. Для будівель IV і V ступеня вогнестійкості час зменшується на 30 % і 50 % відповідно.

## Приклади розв'язання завдань

### Приклад

Визначити розрахунковий та необхідний час евакуації з двоповерхової будівлі II ступеня вогнестійкості з приміщеннями категорії В.

Об'єм приміщення 1 – 1000 м<sup>3</sup>, кількість працюючих у приміщенні 1 – 20 чол, у приміщенні 2 – 20 чол, у приміщенні 3 – 15 чол.

Розрахункова схема приміщення наведена на рис.1.8.

Робітники працюють без зимового одягу.

Довжина проходу від найбільш віддаленого робочого місця до повороту  $l_1 = 15$  м, ширина  $\delta_1 = 1,5$  м, кількість людей на цій ділянці  $N_1 = 10$  чол.

Довжина другої ділянки  $l_2 = 12$  м, ширина  $\delta_2 = 2$  м,  $N_2 = 20$  чол.

Третя ділянка – дверний отвір,  $\delta_3 = 1,6$  м.

Четверта ділянка – коридор,  $l_4 = 14$  м,  $\delta_4 = 2,5$  м.

П'ята ділянка – коридор,  $l_5 = 10$  м,  $\delta_5 = 2,5$  м.

Шоста ділянка – дверний отвір,  $\delta_6 = 3,2$  м.

Сьома ділянка – сходовий марш,  $l_7 = 14$  м,  $\delta_7 = 2,5$  м.

Восьма ділянка – коридор з першого поверху на вулицю,  $l_8 = 7$  м,  $\delta_8 = 2,5$

м.

Дев'ята ділянка – вхідні двері,  $\delta_9 = 3,2$  м,

Довжина ділянки  $5'$ ,  $l_{5'} = 20$  м.

Зробити висновки.

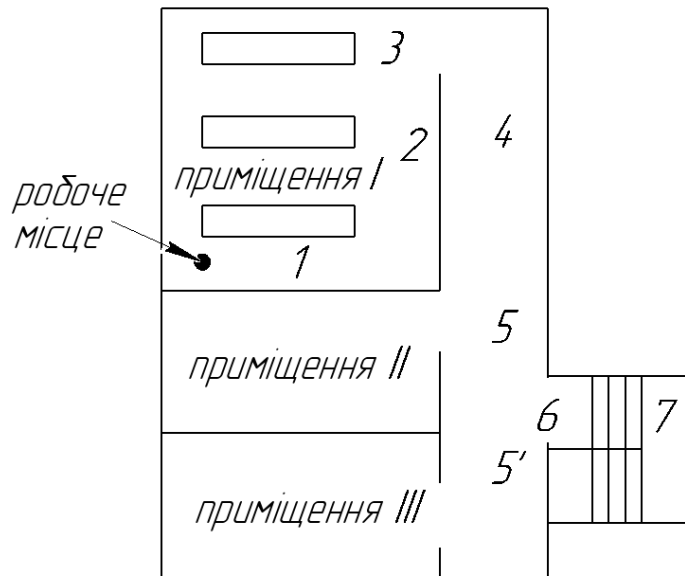


Рисунок 1.8 – Схема приміщення

Джерело: розроблено автором

### Розв'язання

За вищенаведеною методикою знаходимо розрахунковий час евакуації.

**1 ділянка**, знаходимо щільність потоку за форм. (1.62):

$$D_1 = \frac{10 \cdot 0,1}{15 \cdot 1,5} = 0,044 \text{ м}^2/\text{м}^2.$$

За табл. 1.10 знаходимо швидкість руху робітників, інтенсивність руху:

$$v_1 = 100 \text{ м/хв}, q_1 = 4,4 \text{ м/хв}.$$

Тоді розрахунковий час евакуації на ділянці 1, форм. (1.63):

$$t_1 = \frac{15}{100} = 0,15 \text{ хв}$$

**2 ділянка**, знаходимо щільність потоку за форм. (1.62):

$$D_2 = \frac{20 \cdot 0,1}{12 \cdot 2} = 0,08 \text{ м}^2/\text{м}^2.$$

За табл. 1.7 знаходимо швидкість руху робітників, інтенсивність руху:  
 $v_2 = 88$  м/хв,  $q_2 = 6,8$  м/хв.

Тоді розрахунковий час евакуації на ділянці 2, форм. (1.63):

$$t_2 = \frac{12}{88} = 0,14 \text{ хв.}$$

**3 ділянка**, розраховуємо інтенсивність потоку за форм. (1.64):

$$q_3 = \frac{q_2 \cdot \delta_2}{\delta_3} = \frac{6,8 \cdot 2}{1,6} = 8,5 \text{ м/хв.}$$

Тоді за табл. 1.10 визначаємо швидкість потоку людей через двері (ділянка 3 та ділянка 6), приймаємо довжину  $l_3 = 0,7$  м :  $v_3 = 85$  м/хв.

Розрахунковий час евакуації на ділянці 3:

$$t_3 = \frac{0,7}{85} = 0,01 \text{ хв.}$$

**4 ділянка**, розраховуємо інтенсивність потоку за форм. (1.64):

$$q_4 = \frac{q_3 \cdot \delta_3}{\delta_4} = \frac{8,5 \cdot 1,6}{2,5} = 5,44 \text{ м/хв.}$$

За табл. 1.10 знаходимо швидкість руху робітників, інтенсивність руху:  
 $v_4 = 97$  м/хв, тоді розрахунковий час евакуації на ділянці 4:

$$t_4 = \frac{14}{97} = 0,14 \text{ хв.}$$

**5 ділянка**. Так як число робітників в другому приміщенні дорівнює числу робітників в першому приміщенні, то інтенсивність потоку з приміщення II можна прийняти рівною  $q_3 = 8,5$  м/хв.

Отже, інтенсивність потоку на 5 ділянці буде за форм. (1.67) дорівнювати:

$$q_5 = \frac{q_4 \cdot \delta_4 + q_3 \cdot \delta_3}{\delta_5} = \frac{5,4 \cdot 2,5 + 8,5 \cdot 1,6}{2,5} = 10,8 \text{ м/хв.}$$

Швидкість руху робітників, інтенсивність руху:  $v_5 = 66$  м/хв, тоді розрахунковий час евакуації на ділянці 5:

$$t_5 = \frac{10}{66} = 0,15 \text{ хв.}$$

**6 ділянка** (для зустрічного потоку):

$$D_B = \frac{15 \cdot 0,1}{20 \cdot 2,5} = 0,03 \text{ м}^2/\text{м}^2.$$

За табл. 1.10 знаходимо швидкість руху робітників зустрічного потоку, інтенсивність руху зустрічного потоку:  $v_B = 100$  м/хв,  $q_B = 3,0$  м/хв.

Знаходимо інтенсивність потоку на 6 ділянці за форм. (1.67):

$$q_6 = \frac{q_5 \cdot \delta_5 + q_B \cdot \delta_B}{\delta_6} = \frac{(10,8 + 3) \cdot 2,5}{3,2} = 10,8 \text{ м/хв.}$$

Швидкість руху робітників, інтенсивність руху:  $v_6 = 77$  м/хв, тоді розрахунковий час евакуації на ділянці 6:

$$t_6 = \frac{0,7}{77} = 0,01 \text{ хв.}$$

**7 ділянка**, розраховуємо інтенсивність потоку за форм. (1.64):

$$q_7 = \frac{q_6 \cdot \delta_6}{\delta_7} = \frac{10,8 \cdot 3,2}{2,5} = 13,8 \text{ м/хв.}$$

Швидкість руху робітників, інтенсивність руху:  $v_7 = 66,4$  м/хв, тоді розрахунковий час евакуації на ділянці 7

$$t_7 = \frac{14}{66,4} = 0,21 \text{ хв.}$$

**8 ділянка**, беремо до уваги, що кількість працюючих на першому поверсі така ж, як на другому. Визначаємо інтенсивність потоку людей на ділянці 8:

$$q_8 = \frac{q_7 \cdot \delta_7 + q_6 \cdot \delta_6}{\delta_8} = \frac{13,8 \cdot 2,5 + 10,8 \cdot 3,2}{2,5} = 27,6 \text{ м/хв}$$

Швидкість руху робітників, інтенсивність руху на ділянці 8:  $v_8 = 8$  м/хв, тоді розрахунковий час евакуації на ділянці 8:

$$t_8 = \frac{7}{8} = 0,88 \text{ хв.}$$

**9 ділянка**. Інтенсивність потоку людей на ділянці:

$$q_9 = \frac{q_8 \cdot \delta_8}{\delta_6} = \frac{27,6 \cdot 2,5}{3,2} = 21,6 \text{ м/хв.}$$

Швидкість руху робітників, інтенсивність руху на ділянці 9:  $v_9 = 8,5$  м/хв, тоді розрахунковий час евакуації на ділянці:

$$t_9 = \frac{0,7}{8,5} = 0,08 \text{ хв.}$$

Таким чином, розрахунковий час евакуації буде становити, форм. (1.61):

$$t_p = 0,15 + 0,14 + 0,01 + 0,14 + 0,15 + 0,01 + 0,21 + 0,88 + 0,08 = 1,77 \text{ хв.}$$

За табл. 1.9 визначаємо необхідний час евакуації:  $t_{нб} = 0,5 + 0,5 + 5 = 6$  хв.

Отже виконується умова, форм. (1.60), що:  $t_p \leq t_{нб}$ .

## Практичні завдання до теми заняття

### Завдання 1

Визначити розрахунковий та необхідний час евакуації з 3-х поверхневої будівлі (рис. 1.9).

Число робітників на всіх поверхах однакова. Об'єм першого приміщення –  $1200 \text{ м}^3$ . Ширина дверних отворів на поверсі 1,6 м, ширина дверних отворів, що ведуть на сходовий майданчик та на вулицю – 3,2 м. Ширина маршу сходинок – 2 м. Довжина маршу сходинок між поверхами – 12 м. З першого поверху вихід зі сходової клітки безпосередньо на вулицю. Вихідні дані взяти з табл. 1.11.



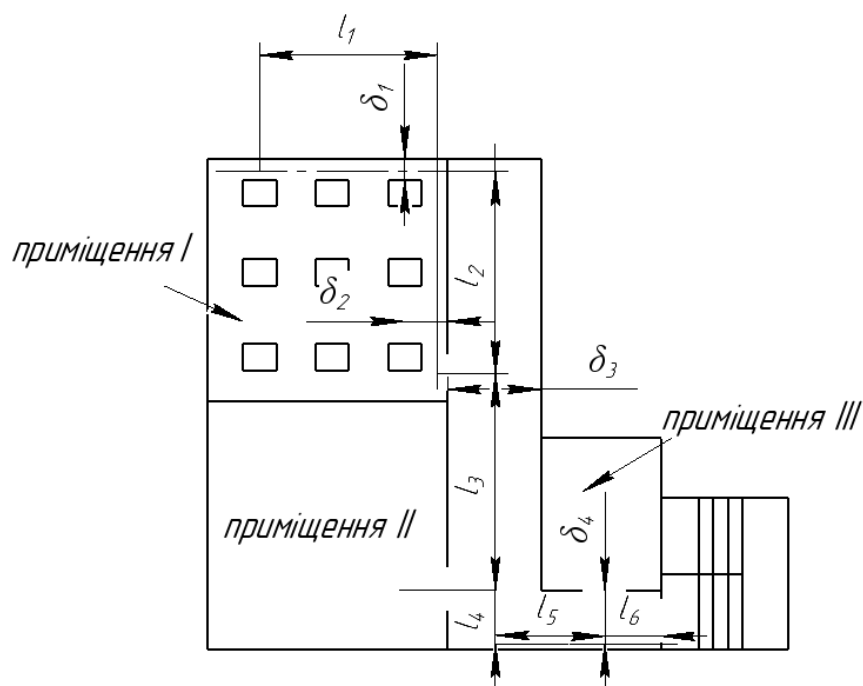


Рисунок 1.9 – Схема будівлі

Джерело: розроблено автором

Таблиця 1.11 – Вихідні дані для розрахунку часу евакуації

Вар.	Катег.	Ступ. вогн.	$N_1$ , чол	$N_2$ , чол	$N_{II} = N_{III}$ , чол	Розміри, м					
						$l_1$	$l_2$	$l_3$	$l_4$	$l_5$	$l_6$
1	А	І	10	30	15	15	15	10	5	5	12
2	Б	ІІ	15	25	20	12	10	8	7	6	6
3	В	ІV	40	90	50	15	20	20	10	10	10
4	Г	ІV	20	40	20	10	10	4	12	6	15
5	Б	ІІІ	20	50	30	7	15	10	5	5	8
6	В	ІІІ	10	20	25	12	25	20	10	8	18
7	Д	V	5	10	10	14	18	7	10	7	10
8	Б	ІІ	20	30	10	10	10	10	5	5	10
9	В	ІІ	10	20	30	10	20	15	5	15	12
10	Г	ІV	6	12	8	25	25	10	10	10	30

## 1.8 Розрахунок блискавкозахисту (зони захисту об'єкта)

**Мета:** засвоїти методику розрахунку зони захисту одиничного стрижньового блискавковідводу

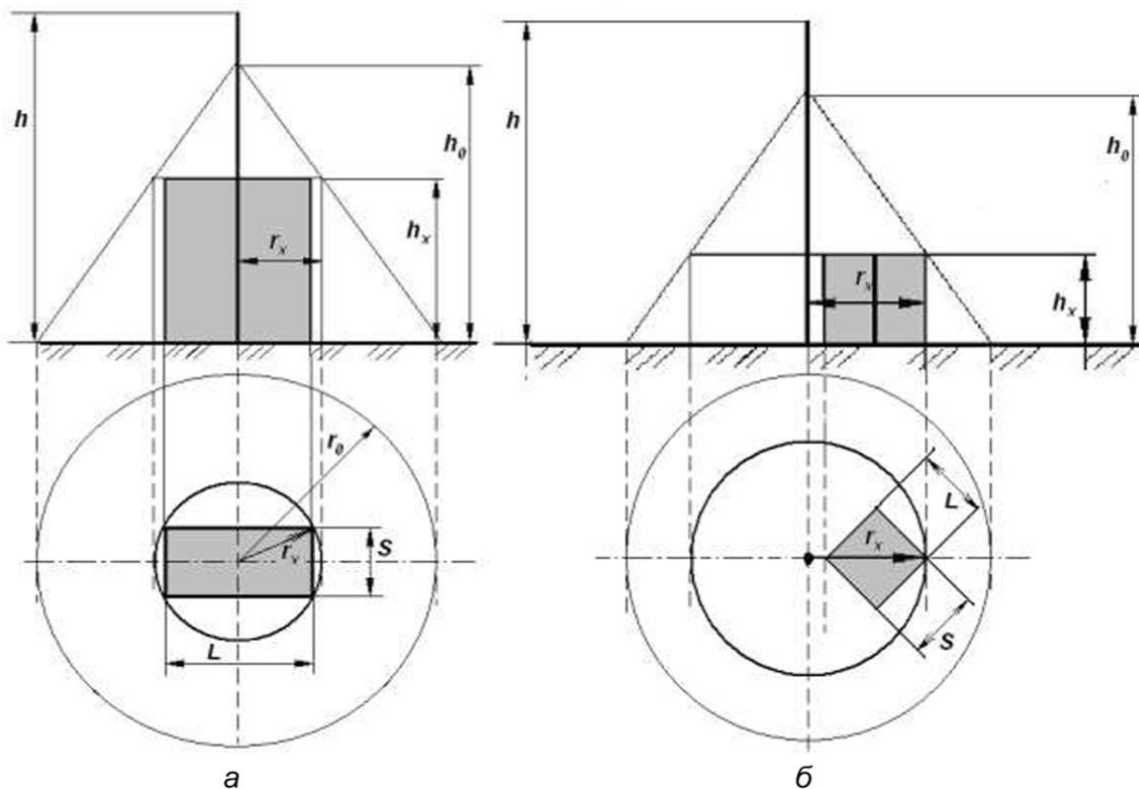
### План

1. Методика розрахунку зони захисту одиничного стрижньового блискавковідводу.
2. Приклади розв'язання завдань.
3. Практичні завдання до теми заняття.

## Теоретичні відомості

**Методика розрахунку зони захисту одиничного стрижньового блискавковідводу.** Вибір типу та висоти блискавковідводів здійснюється з урахуванням потрібного рівня надійності захисту  $R_z$ . Об'єкт вважається захищеним, якщо всі блискавковідводи забезпечують загальну надійність захисту не менше ніж  $R_z$ . Якщо захист об'єкта забезпечується найпростішими типами блискавковідводів (одинарним або подвійним стрижневим, одинарним або подвійним тросовим, замкнутим тросовим), їхні розміри визначаються відповідно до зон захисту блискавковідводів, що відповідають заданому значенню  $R_z$ . За інших рівних умов висоту блискавковідводів можна зменшити, якщо замість стрижневих конструкцій використовувувати тросові, особливо при їхньому розташуванні уздовж зовнішнього периметру об'єкта. [1].

Одиночний стрижньовий блискавковідвід. Стандартною зоною захисту одиничного стрижньового блискавковідводу заввишки  $h$ , м, є круговий конус заввишки  $h_0 < h$ , м, вершина якого збігається з вертикальною віссю блискавковідводу. Габарити зони визначаються двома параметрами: висотою конуса  $h_0$ , м, і радіусом конуса на рівні землі  $r_0$ , м, (рис. 1.10).



а – розміщеного на перетині діагоналей покрівлі будинку; б – розміщеного поза будівлею:  $h$  – висота блискавковідводу, м;  $h_0$  – максимальна висота зони захисту безпосередньо біля блискавковідводу, м;  $h_x$  – висота зони захисту об'єкта (максимальна висота будівлі), м;  $r_0$  – радіус конуса захисту на поверхні землі, м;  $r_x$  – радіус зони захисту в горизонтальному перерізі на висоті  $h_x$

Рисунок 1.10 – Зона захисту одиничного стрижньового блискавковідводу  
Джерело: [16]

З рисунку видно, що блискавковідвід, розміщений посередині будівлі, більш ефективно захищає її від прямих ударів блискавки (ПУБ). Наведені нижче розрахункові формули (табл. 1.12) придатні для блискавковідводів заввишки до 150 м. При більш високих блискавковідводах розрахунку слід користуватися спеціальною методикою. Для зони захисту одиночного стрижневого блискавковідводу радіус горизонтального перерізу  $r_x$ , м, на висоті  $h_x$ , м, визначається формулою:

$$r_x = r_0 (h_0 - h_x) / h_0, \quad (1.68)$$

Тому при розрахунку параметрів стрижневого блискавковідводу залежно від типу зони захисту користуються співвідношеннями у табл. 1.13 і табл. 1.14.

Таблиця 1.12 – Розрахунок зони захисту одиночного стрижневого блискавковідводу

Надійність захисту $P_z$	Рівень зони захисту	Висота блискавковідводу, $h$ , м	Висота конуса захисту, $h_0$ , м	Радіус конуса $r_0$ , м
0,9	III	від 0 до 100	0,85h	1,2h
		від 100 до 150	0,85h	$[1,2 - 10^{-3}(h-100)]h$
0,99	II	від 0 до 30	0,8h	0,8h
		від 30 до 100	0,8h	$[0,8 - 1,43 \cdot 10^{-3}(h-30)]h$
		від 100 до 150	$[0,8 - 10^{-3}(h-100)]h$	0,7h
0,999	I	від 0 до 30	0,7h	0,6h
		від 30 до 100	$[0,7 - 7,14 \cdot 10^{-4}(h-30)]h$	$[0,6 - 1,43 \cdot 10^{-3}(h-30)]h$
		від 100 до 150	$[0,65 - 10^{-3}(h-100)]h$	$[0,5 - 2 \cdot 10^{-3}(h-100)]h$

Таблиця 1.13 – Параметри зони захисту об'єкта від прямого удару блискавки при висоті блискавковідводу до 30 м

Параметр	Зона I (99,0-99,5%)	Зона II (95-99 %)
$r_x$ (перетин діагоналей будівлі), м	$(S^2 + L^2)^{0,5} / 2$	$(S^2 + L^2)^{0,5} / 2$
$r_x$ (поза межами будівлі, рис. 10 б), м	Визначити за геометричними співвідношеннями	
$h_x$	$H_6$ (висота об'єкта)	$H_6$ (висота об'єкта)
$h$	$r_x / 0,6 + h_x / 0,7$	$(r_x + h_x) / 0,8$
$h_0$	0,7 h	0,8 h
$r_0$	0,6 h	0,8 h

Таблиця 1.14 – Параметри зони захисту об'єкта при висоті блискавковідводу від 30 до 100 м

Параметр	Зона I (99,0-99,5%)	Зона II (95-99 %)
$r_x$ (перетин діагоналей будівлі), м	$(S^2 + L^2)^{0,5} / 2$	$(S^2 + L^2)^{0,5} / 2$
$r_x$ (поза межами будівлі), м	Визначити за геометричними співвідношеннями	
$h_x$	$H_6$ (висота об'єкта)	$H_6$ (висота об'єкта)

$h$	З кубічного рівняння $h^3 - 1459,97h^2 + (699,3r_x + 1400,56h_x + 454253)h - (706568r_x + 629664h_x) = 0$ , див. примітку	$h = (-p - (p^2 - 4q)^{0,5})/2$ , де $p = (589,44 + 1,25h_x)$ , $q = (736,8h_x + 699,3r_x)$
$h_0$	$[0,7 - 7,14 \cdot 10^{-4}(h - 30)]h$	0,8 h
$r_0$	$[0,6 - 1,43 \cdot 10^{-3}(h - 30)]h$	$[0,8 - 1,43 \cdot 10^{-3}(h - 30)]h$

## Приклади розв'язання завдань

### Приклад

Промисловий об'єкт – деревообробний цех (пил) у м. Львів, розміри споруди в плані 18x12 м, висота 12 м. Об'єкт за блискавкозахистом: звичайний. Населений пункт – м. Львів.

### Розв'язання

1. Визначаємо кількість годин грозової активності на рік (для Львову  $T_{гр} = 70$  год за дод. Е).

$$n = 6,7 \cdot \frac{T_{гр}}{100} \quad (1.69).$$

де  $T_{гр}$  – кількість годин грозової активності, год/рік.

$$n = 6,7 \cdot \frac{70}{100} = 4,7 \text{ год/рік}$$

Приймаємо  $n = 5$  год/рік.

2. .Тоді очікувана кількість ударів блискавки за рік по об'єкту:

$$N = [(S + 6 \cdot h_{об})(L + 6 \cdot h_{об}) - 7,7 \cdot h_{об}^2] \cdot n \cdot 10^{-6} \quad (1.70)$$

де  $S$  – ширина промислового об'єкту, м;

$h_{об}$  – висота промислового об'єкту, м;

$L$  – довжина промислового об'єкту, м.

$$N = [(12 + 6 \cdot 12)(18 + 6 \cdot 12) - 7,7 \cdot 12^2] \cdot 5 \cdot 10^{-6} = 0,032 \text{ рік}^{-1}.$$

3. Будівля з легких металевих конструкцій з горючим утеплювачем (IVa ступеню вогнестійкості), в яких відсутні приміщення, віднесені за НПАОП 0.00-1.32-01 і НАПБ В.01.056-2005/111 до зон вибухо- і пожежонебезпечних класів.

4. При  $0,02 < N = 0,032 \leq 2$  будівля відноситься до III категорії рівня блискавкозахисту.

5. Обираємо вид блискавкоприймача (природний або спеціально встановлений) та тип блискавковідводу (чи групи блискавковідводів) і його розташування на території чи об'єкті. Прийнято спеціально встановлений блискавкоприймач та його тип – одиничний стрижньовий блискавковідвід.

6. Розрахунок параметрів зони захисту:

радіус будівлі

$$r_x = (S^2 + L^2)^{0,5} / 2 = (12^2 + 18^2)^{0,5} / 2 = 10,81 \text{ м.}$$

висота будівлі  $h_x = h = 12 \text{ м}$ ;

Приймаємо висоту блискавковідводу  $h < 30 \text{ м}$ , тоді за табл. 1.13

$h = (r_x + h_x) / 0,8 = (10,81 + 12) / 0,8 = 28,5 < 30 \text{ м}$  (якщо буде отримано  $h > 30 \text{ м}$ , використовуємо відповідне рівняння з табл. 5);

Параметри  $h_0$  і  $r_0$  розраховуються за відповідними формулами, табл.1.14:

$$h_0 = 0,8 h = 28,5 \cdot 0,8 = 22,8 \text{ м};$$

$$r_0 = 0,8 h = 28,5 \cdot 0,8 = 22,8 \text{ м.}$$

Результати розрахунку наведено на рис. 1.11.

### Практичні завдання до теми заняття

#### Завдання

Розрахунок зони захисту одиночного стрижневого блискавковідводу. Дані брати відповідно до табл. 1.15.

Таблиця 1.15 – Вихідні дані до розрахунку зони захисту одиночного стрижневого блискавковідводу [16]

Варіант	Висота приміщення, Н, м	Розміри приміщення, L×S, м	Місцевість	Захищений промисловий об'єкт
1	12	18 x 12	Львів	Деревообробний цех (пил)
2	10	18 x 36	Одеса	Обчислювальний центр
3	9	18x12	Крим	Металообробний цех
4	6	18 x 12	Крим	Деревообробний цех (пил)
5	6	12x36	Одеса	Нафтопереробне виробництво
6	6	8x12	Запоріжжя	Компресорна природного газу
7	12	18x12	Тернопіль	Металообробний цех
8	6	12x12	Київ	Деревообробний цех (пил)
9	12	10x18	Дніпро	Металообробний цех
10	6	18x12	Запоріжжя	Склад легкозаймистих рідин

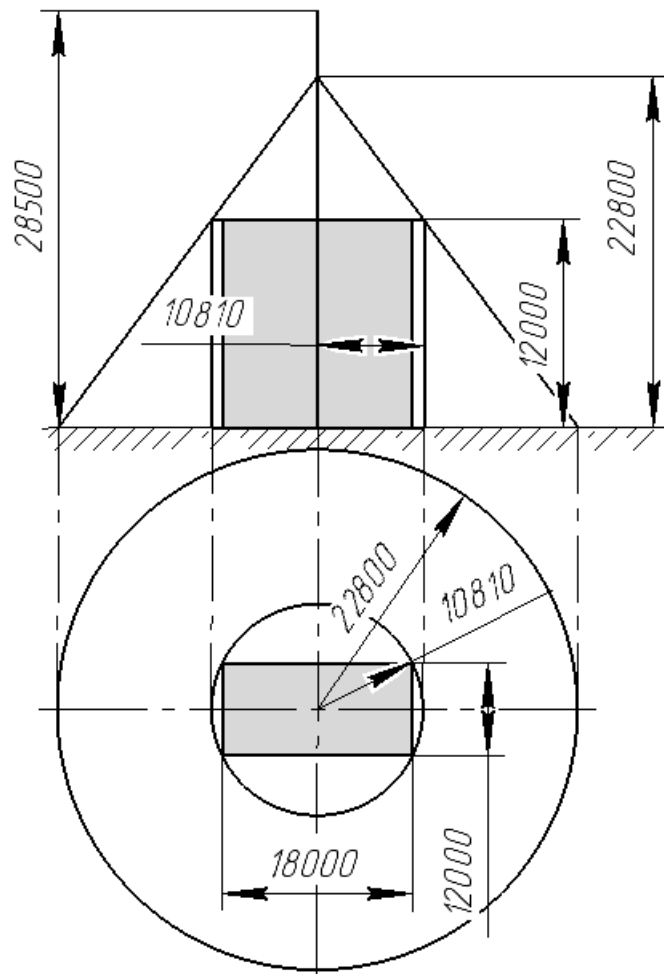


Рисунок 1.11 – Зона захисту одиничного стрижньового блискавковідводу розміщеного на перетині діагоналей покрівлі будинку

Джерело: [16]

### 1.9 Гасіння пожеж. Водяне та пінне пожежогасіння

**Мета:** засвоїти методику розрахунку зони захисту одиничного стрижньового блискавковідводу

#### План

1. Види зрошувачів.
2. Методика розрахунку системи водяного/пінного пожежогасіння.
3. Приклади розв'язання завдань.
4. Практичні завдання до теми заняття.

#### Теоретичні відомості

**1. Види зрошувачів.** Гасіння здійснюється спринклерними або дренчерними зрошувачами. Для таких зрошувачів  $H_{\min} = 5$  м;  $H_{\max} = 100$  м.  $H$  – вільний напір перед зрошувачем (генератором).

**Спринклерний зрошувач** – зрошувальна головка, що встановлюється на трубопроводах систем водного та пінного пожежогасіння. Забезпечені

тепловим замком-клапаном, закритим легкоплавким припоєм. Автоматично спрацьовує у разі підвищення температури.

**Дренчер** – прикрита зрошувальна головка, що встановлюється на трубопроводах водного та пінного автоматичного пожежогасіння. Подача води може здійснюватися сигналом від датчиків (включається насос) або вручну.

Максимальна відстань між зрошувачами  $L_{\max} = 2$  м.

## 2. Методика розрахунку системи водяного/пінного пожежогасіння.

1. Визначаємо об'єм бака з водою або розчином піноутворювача,  $Q_{\sigma}$ , л:

$$Q_{\sigma} = S \cdot g \cdot t \quad (1.71)$$

де  $S$  – площа приміщення,  $\text{м}^2$ ;  
 $g$  – інтенсивність зрошення водою,  $\text{л} / (\text{с} \cdot \text{м}^2)$   
 $t$  – час роботи установки, хв.

Час роботи установки приймається рівним 15 хв для приміщень з кількістю твердих горючих матеріалів понад  $200 \text{ кг/м}^2$  або горючими рідинами з температурою спалаху парів до  $28 \text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Час роботи установки приймається рівним 10 хв для приміщень з кількістю твердих матеріалів, що загоряються до  $200 \text{ кг/м}^2$  або горючими рідинами з температурою спалаху парів понад  $28 \text{ }^{\circ}\text{C}$ .

2. Визначаємо витрату води  $Q_d$  через один зрошувач,  $\text{л/с}$ :

$$Q_d = k \cdot \sqrt{H} \quad (1.72)$$

де  $k$  – коефіцієнт продуктивності зрошувача (генератора), що приймається за табл. 1.16.

$H$  – величина напору попереду зрошувача, м.

3. Визначаємо кількість зрошувачів  $n$ , шт:

$$n = \frac{Q_{\sigma}}{Q_{dr}} \quad (1.73)$$

де  $Q_{dr}$  – годинна витрата води через один зрошувач,  $\text{м}^3/\text{год}$ .

4. Визначаємо втрати напору  $H_1$ , м, на ділянці трубопроводів, що транспортують воду, м:

$$H_1 = \frac{Q^2}{B} \quad (1.74)$$

де  $Q$  – витрата води на розрахунковій ділянці трубопроводу,  $\text{л/с}$ ;  
 $B$  – характеристика трубопроводу.

Таблиця 1.16 – Коефіцієнт продуктивності зрошувача (генератора)

Діаметр вихідного отвір зрошувача, мм	Значення k
8	0,20
10	0,31
12	0,42
15	0,71
20	1,25

Розраховуємо характеристику трубопроводу В за наступною формулою:

$$B = \frac{k_1}{l} \quad (1.75)$$

де  $k_1$  – коефіцієнт, який приймається за довідниковими даними відповідно до типу трубопроводу та його діаметру;

$l$  – довжина ділянки трубопроводу, м

5. Визначаємо необхідний напір води на установці пожежогасіння, Н, м:

$$H' = H + H_1 + H_2 \quad (1.76)$$

де  $H_2$  – втрати напору на вузлах управління (клапанах), м,  $H=0,6$  м.

### Приклади розв'язання завдань

#### Приклад

Визначити ємність бака з водою або розчином піноутворювача, кількість зрошувачів та їх розташування для гасіння складу де зберігаються тверді матеріали. Площа приміщення  $S = 50 \text{ м}^2$ , висота 3 м. Інтенсивність зрошення водою  $q = 0,45 \text{ л / (с} \cdot \text{м}^2)$ , час роботи установки  $t=60$  хв.

#### Розв'язання

Приймаємо величину напору попереду зрошувачів  $H = 10$ м. Визначаємо об'єм бака,  $Q_6$ , форм. (1.71):

$$Q_6 = 50 \cdot 0,45 \cdot 3600 = 81000 \text{ л або } 81 \text{ м}^3$$

Визначаємо витрату води  $Q_d$  через один зрошувач, форм. (1.72).

Для пожежогасіння обираємо зрошувачі з діаметром вихідного отвору 10 мм. Тоді

$$Q_d = 0,31 \cdot \sqrt{10} = 0,98 \text{ л/с.}$$

Отже, годинна витрата води через один зрошувач складе, л/год:

$$Q_{dч} = 0,98 \cdot 3600 = 3500$$

Або  $Q_{dг} = 3,5 \text{ м}^3/\text{год}$

Визначаємо кількість зрошувачів,  $n$ , форм. (1.73), шт:

$$n = \frac{81 \text{ м}^3}{3,5 \text{ м}^3} = 23,1$$

Розподіляємо зрошувачі за площею складу, під стелею (рис.1.12). Склад може бути підключений до внутрішнього пожежного трубопроводу.



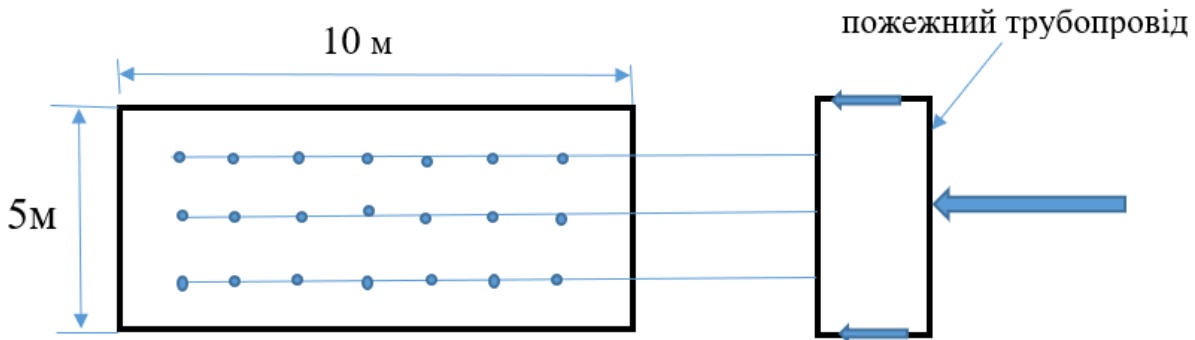


Рисунок 1.12 – Схема розміщення системи пожежогасіння

Джерело: розроблено автором

Витрата води на розрахунковій ділянці трубопроводу, л/с:

$$Q = \frac{Q_6}{3600} = \frac{81000}{3600} = 22,5$$

Для транспортування води приймаємо сталеву електрозварювальну трубу з діаметром умовного проходу 125 мм та товщиною стінки 3.2 мм. Для такої труби коефіцієнт  $k_1 = 13530$ , приймаємо довжину трубопроводу  $l=50$  м.

$$B = \frac{13530}{50} = 273$$

Визначаємо втрати напору  $H_1$ , м, на ділянці трубопроводів, що транспортують воду

$$H_1 = \frac{22,5^2}{273} = 1,86 \text{ м}$$

Необхідний напір води на установці пожежогасіння  $H$ , м, дорівнюватиме:

$$H = 10 + 1,86 + 0,6 = 12,46 \text{ м}$$

### Практичні завдання до теми заняття

#### Завдання

Визначити ємність бака з водою або розчином піноутворювача, кількість зрошувачів та їх розташування для гасіння складу де зберігаються тверді матеріали. Вихідні дані наведені в табл. 1.17.

Таблиця 1.17 – Вихідні дані для водяного пожежогасіння

Варіант	Площа приміщення, S, м <sup>2</sup>	Напір, H, м	Діаметр вихідного отвір зрошувача, d, мм
1	50	20	8
2	60	30	10
3	40	10	12
4	20	15	15
5	100	8	20
6	30	15	8
7	35	20	10
8	45	15	12
9	60	10	15
10	70	12	20

## 1.10 Розрахунок параметрів вибуху при підриві заряду конденсованої вибухової речовини

**Мета:** засвоїти методику розрахунку параметрів вибуху при підриві заряду конденсованої вибухової речовини

### План

1. Вплив продуктів вибуху та розльоту осколків.
2. Вплив ударних хвиль при вибуху.
3. Вплив сейсмічного ефекту вибуху.
4. Приклади розв'язання завдань.
5. Практичні завдання до теми заняття.

### Теоретичні відомості

Для прийняття рішень щодо захисту будівель, споруд, техніки та людей від впливу повітряної ударної хвилі, а також для розробки заходів вибухобезпеки, необхідно використовувати дані, що описують характеристики вибухів [14].

При підриві заряду конденсованої вибухової речовини утворюється осередок вибуху, ударні хвилі якого здатні викликати великі руйнування на будівельних об'єктах. В залежності від місця підриву вибухової речовини розрізняють повітряний, наземний або заглиблений вибух.

Таким чином, при розрахунках для оцінювання пошкоджень треба розглянути впливи на будівлі та споруди від:

- продуктів вибуху та розльоту осколків;
- впливу ударної хвилі;
- сейсмічного ефекту вибуху.

**1. Вплив продуктів вибуху та розльоту осколків.** При підриві заряду вибухової речовини на поверхні землі максимальний радіус розльоту осколків  $r_{\max}$ , м, визначають за формулою:

$$r_{\max} = 238 \sqrt[3]{C}, \quad (1.77),$$

де  $C$  – загальна маса заряду вибухової речовини, кг.

Загальна маса заряду вибухової речовини знаходиться за наступною формулою:

$$C = C_1 \cdot K_{\text{еф}} + C_2, \quad (1.78)$$

де  $C_1$  – маса діючого заряду вибухової речовини, кг;

$K_{\text{еф}}$  – коефіцієнт ефективності вибухової речовини в порівнянні із зарядом тротилу тієї ж маси (довідникові дані);

$C_2$  – маса зовнішнього контактного заряду тротилу для підриву діючого заряду вибухової речовини, кг (довідникові дані).

**2. Вплив ударних хвиль при вибуху.** Надлишковий тиск  $\Delta P_\phi$  (табл. Ж.1) для сферичної повітряної ударної хвилі, що вільно розповсюджується, убуває у міру видалення від місця вибуху. Тому розрахунок його значень звичайно проводиться на підставі співвідношень, в яких тиск є функцією двох аргументів – маси вибухової речовини і відстані від місця вибуху. Швидкість спаду значення  $\Delta P_\phi$  вибуху змінюється за рахунок впливу на ударну хвилю середовища, в якому вона розповсюджується. Чим більше відстань від місця вибуху, тим сильніше спотворюється характер зміни тиску у фронті ударної хвилі. З викладених причин в технічній літературі представлений достатньо широкий спектр розрахункових співвідношень для визначення значень  $\Delta P_\phi$ , кожне з яких має свою сферу застосування і призначення. Наприклад, для повітряного вибуху, для наземного вибуху, для малих відстаней від місця вибуху, для значних відстаней від місця вибуху, для невеликих зарядів вибухової речовини, для крупних зарядів вибухової речовини. Вплив ударних хвиль на конструкції та споруди розрізняється при вибуху у повітрі та при вибуху на поверхні землі.

Закони зміни тиску в повітряній ударній хвилі в часі не залежать від виду вибухової речовини. Головна особливість цієї хвилі – різке зростання тиску в її фронті, що рухається, від  $P_0$  (вихідний атмосферний тиск) до максимального значення  $P_0 + \Delta P_\phi$  і потім падіння до атмосферного тиску  $P_0$ .

Час  $\tau_+$ , протягом якого тиск падає з  $P_0 + \Delta P_\phi$  до  $P_0$ , визначає тривалість фази стиску (рис. 1.13).

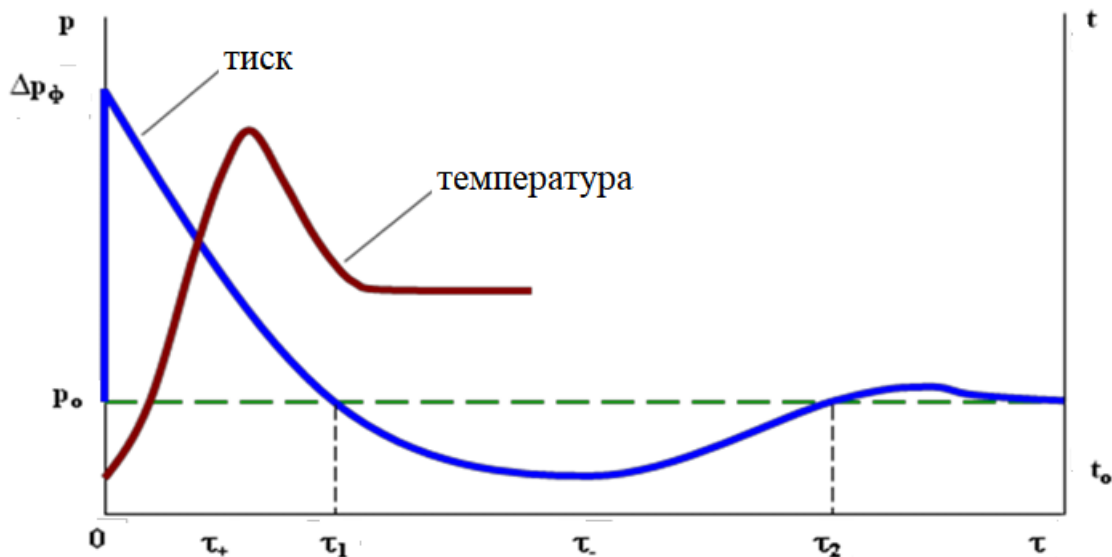


Рисунок 1.13 – Схема зміни тиску і температури в часі у фіксованій на місці точці при детонаційному вибуху

*Джерело: розроблено автором*

Фаза стиску змінюється фазою розрідження, у якій тиск виявляється нижче атмосферного. Механічна дія ударної хвилі на спорудження в більшості

випадків визначається тиском у фазі стиску, оскільки воно звичайно перевищує тиск у фазі розрідження. При визначенні навантажень, що виникають при дії ударної хвилі на перешкоду, необхідно враховувати умови її взаємодії з перешкодою (відбиття, обтікання, затікання). Основні параметри повітряної ударної хвилі при поширенні в повітрі від центра вибуху (минаюча хвиля) визначають по емпіричних формулах.

При повітряному вибуху тротилового заряду:

- надлишковий тиск на фронті ударної хвилі (МПа):

$$\Delta P_{\phi} = 0,084 \frac{\sqrt[3]{C}}{r} + 0,27 \frac{\sqrt[3]{C^2}}{r^2} + 0,7 \frac{C}{r^3} \quad (1.79)$$

де  $C$  – маса тротилового заряду, кг;

$r$  – відстань від центра вибуху до перешкоди, м.

Враховуючи приведений радіус вибуху  $R_{пр}$ , яким зручно користуватися в різних розрахункових співвідношеннях для визначення параметрів ударної хвилі вибуху, надлишковий тиск можна знайти за наступною формулою:

$$\Delta P_{\phi} = \frac{84}{R_{пр}} + \frac{270}{R_{пр}^2} + \frac{700}{R_{пр}^3} \quad (1.79)$$

де  $R_{пр}$  – приведений радіус вибуху, м.

Якщо відомий надлишковий тиск вибуху, то можна визначити:

$$R_{пр} = \sqrt[3]{\left[1 + \frac{337}{\Delta P_{\phi}}\right]^2 - 1} \quad (1.80)$$

- тривалість фази стиску, с:

$$r_{+} = 1,5 \cdot 10^{-3} \sqrt[6]{C} \cdot \sqrt{r} \quad (1.81)$$

- імпульс тиску у фазі стиску, віднесений до поверхні фронту хвилі площею 1 м<sup>2</sup>:

$$i = 4 \frac{\sqrt[3]{C^2}}{r} \quad (1.82)$$

Ударні хвилі при наземному вибуху. При вибуху заряду у ґрунті виникає подрібнення ґрунту і руйнування його структури з утворенням воронки. За межами воронки вибухові хвилі розповсюджуються у вигляді ударних хвиль або хвиль стиснення. Також виникають хвилі у ґрунті внаслідок розповсюдження над поверхнею повітряної ударної хвилі. При наземному вибуху тротилового заряду, враховуючи те, що ударна хвиля розповсюджується

в повітрі у вигляді півсфери, надлишковий тиск на фронті ударної хвилі, тривалість фази стиску, імпульс тиску у фазі стиску розраховують по формулам:

$$\Delta P_{\phi} = 0,1 \frac{\sqrt[3]{C}}{r} + 0,43 \frac{\sqrt[3]{C^2}}{r^2} + 1,4 \frac{C}{r^3} \quad (1.83)$$

Тривалість фази стиску, с:

$$r_{+} = 1,7 \cdot 10^{-3} \sqrt[6]{C} \cdot \sqrt{r} \quad (1.84)$$

Імпульс тиску у фазі стиску, віднесений до поверхні фронту хвилі площею 1 м<sup>2</sup>:

$$i = 6,3 \frac{\sqrt[3]{C^2}}{r} \quad (1.85)$$

Радіус руйнуючої дії повітряної ударної хвилі  $r_{yx}$  визначають за формулою:

$$r_{yx} = a\sqrt{C}, \quad (1.86)$$

де  $C$  – маса заряду, що підривається, у тротиловому еквіваленті, кг;  
 $a$  – коефіцієнт пропорційності, величина якого залежить від умов вибуху та інтенсивності руйнувань (довідникова величина).

Коефіцієнт  $a$  для деяких випадків також можна визначити за формулами, наприклад, при пошкодженні стіни товщиною  $b$ , м:

- при виникненні тріщин у цегляних стінах:  $a = \frac{0,6}{\sqrt{b}}$ ;
- при наскрізних проломах у цегляних стінах:  $a = \frac{0,4}{\sqrt{b}}$ ;
- при наскрізних проломах у бетонних стінах:  $a = \frac{0,25}{\sqrt{b}}$ ;
- при наскрізних проломах у залізобетонних стінах:  $a = \frac{0,2}{\sqrt{b}}$ .

**3. Вплив сейсмічного ефекту вибуху.** Розрахунок конструкцій заглиблених споруд на вплив вибухової хвилі проводять по емпіричній формулі:

$$q = k_m \cdot k_h \frac{C^{\frac{2}{3}}}{r^2} \cdot \omega \cdot f(\beta) \quad (1.87)$$

де  $k_m, k_h, f(\beta)$  – коефіцієнти, які визначаються за довідниковими даними;  
 $C$  – маса заряду тротилу, кг;  
 $r$  – відстань від центру вибуху до перешкоди, м;  
 $\omega$  – частота власних коливань перешкоди, 1/с.

Вплив сейсмічного ефекту вибуху на заглиблені частини будівель та споруд визначають за формулою:

$$R_C = a_C \cdot K_C \cdot \sqrt[3]{C} \quad (1.88)$$

де  $R_C$  – радіус сейсмічно небезпечної зони, м;  
 $a_C$  – коефіцієнт пропорційності, величина якого залежить від показника дії вибуху (довідникові дані);  
 $K_C$  – коефіцієнт, величина якого залежить від властивостей ґрунту в основі фундаментів будівель та споруд (довідникові дані);  
 $C$  – загальна маса заряду вибухової речовини, кг.

При вибухах в умовах міської забудови характер розповсюдження ударної хвилі істотно змінюється із-за її багатократного віддзеркалення і екранування стінами будівель. З цих же причин звичайно використовувані для розрахунку значень  $\Delta P$  непридатні.

Для оцінки ступеня пошкодження або руйнування будівель в місті використовується формула:

$$r = \frac{K_p \cdot \sqrt[3]{M_T}}{\sqrt[6]{1 + \left(\frac{3180}{M_T}\right)^2}} \quad (1.89)$$

де  $r$  – відстань від місця вибуху, м;  
 $M_T$  – тротиловий еквівалент заряду, кг (табл. Ж.2);  
 $K_p$  – коефіцієнт, що відповідає різним ступеням руйнування будівель.

Коефіцієнт, що відповідає різним ступеням руйнування будівель, приймають відповідно до наступних умов:

$K_p < 5,6$  – повне руйнування будівель;  
 $K_p = 5,6-9,6$  – сильні руйнування будівлі (будівля підлягає зносу);  
 $K_p = 9,6-28$  – середні руйнування (можливо відновлення будівлі);  
 $K_p = 28-56$  – руйнування внутрішніх перегородок, дверних і віконних отворів;  
 $K_p = 56$  – руйнування 90% скління.

### Приклади розв'язання завдань

#### Приклад

Визначити надмірний тиск та ступінь руйнування цегляної будівлі з залізобетонним перекриттям при вибуху на відстані 10 м від неї на ґрунті заряду гексогену масою 10 кг.

#### Розв'язання

1. Визначаємо тротиловий еквівалент вибухової речовини,  $M_T$ :

$$M_T = 2 \cdot \eta \cdot K_{ef} \cdot C = 2 \cdot 0,6 \cdot 1,3 \cdot 10 = 15,6 \text{ кг}$$

Коефіцієнт  $K_{ef}$  береться з табл. Ж.2.

Коефіцієнт, що враховує характер підстилаючої поверхні, на якій може статись вибух визначається за наступних умов:

метал – 1;

бетон – 0,95;

грунт – 0,6-0,8;

дерево – 0,6-0,8.

2. Визначаємо приведений радіус вибуху,  $R_{пр}$  :

$$R_{пр} = \frac{r}{\sqrt[3]{M_T}} = \frac{10}{\sqrt[3]{15,6}} = 4$$

3. Визначаємо величину надмірного тиску  $\Delta P_{\phi}$ , форм. (1.79):

$$\Delta P_{\phi} = \frac{84}{4} + \frac{270}{4^2} + \frac{700}{4^3} = 48,8 \text{ кПа}$$

Можна зробити висновок, що будівля одержить середні руйнування (табл. Ж.1).

### Практичні завдання до теми заняття

#### Завдання 1

Визначити надмірний тиск та ступінь руйнування цегляної будівлі з залізобетонним перекриттям при вибуху на відстані,  $r$  м, від неї на ґрунті заряду речовини, що наведена у табл.1.18, масою,  $C$  кг.

Варіант	Речовина	Відстань, $r$ , м	Маса, $C$ кг
1	Тротил	5	5
2	Гексоген	7	8
3	Трітонал	9	11
4	ТЕН	12	7
5	Амонал	4	9
6	Порох	6	8
7	ТНРС	8	10
8	Тетрил	10	6
9	Тротил	6	8
10	Гексоген	9	5

### **Завдання 2**

Визначити для умов міської забудови відстань, починаючи з якої будівлі одержать сильні руйнування при вибуху заряду 500 кг гексогену.

### **Завдання 3**

Оцінити ступінь руйнування будівель (для умов міської забудови).

Варіант	Речовина	Відстань, $r$ , м	Маса, $C$ кг
1	Гексоген	9	5
2	Тротил	6	8
3	Тетрил	10	6
4	ТНРС	8	10
5	Порох	6	8
6	Амонал	4	9
7	ТЕН	12	7
8	Трітонал	9	11
9	Гексоген	7	8
10	Тротил	5	5



## РОЗДІЛ 2. ЛАБОРАТОРНІ ЗАНЯТТЯ

### 2.1 Лабораторне заняття 1. Визначення температури спалаху нафтопродуктів в закритому тиглі

**Мета заняття:** ознайомитися з пожежонебезпечними властивостями горючих речовин, які впливають на визначення категорій виробництв по вибухопожежній небезпеці

#### Загальні відомості

Відповідно до ДСТУ БВ.1.1-36.2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою», **категорія пожежної (вибухопожежної) небезпеки** – це класифікаційна характеристика пожежної (вибухопожежної) небезпеки будинку (або частини будинку у межах протипожежного відсіку), приміщення, зовнішньої установки, що визначається кількістю та пожежовибухонебезпечними властивостями речовин і матеріалів, що знаходяться (обертаються) в них, з урахуванням особливостей технологічних процесів виробництв. Тобто, це характеристика самої можливості виникнення пожежі та вибуху, а також інтенсивності цих явищ [6].

За вибухопожежною та пожежною небезпекою приміщення та будинки характеризують за категоріями А, Б, В, Г та Д.

Визначення пожежовибухонебезпечних властивостей речовин і матеріалів провадиться на підставі результатів випробувань або розрахунків за стандартними методиками з урахуванням параметрів стану (тиску, температури тощо).

Категорії приміщень за вибухопожежною та пожежною небезпекою визначають шляхом перевірки належності приміщень до категорій від найбільш вибухопожежонебезпечної категорії А до найменш небезпечної категорії Д (табл. 2.1), за винятком категорії Г.

Таблиця 2.1 – Категорії приміщень за вибухопожежною та пожежною небезпекою [7]

Категорія приміщення	Характеристика речовин і матеріалів, що знаходяться (зберігаються, переробляються, транспортуються) у приміщенні
1	2
<b>А</b> вибухопожежо небезпечна	Горючі гази, легкозаймисті рідини з температурою спалаху не вище ніж 28 °С у такій кількості, що можуть утворювати вибухонебезпечні газо-, пароповітряні суміші, у разі займання яких розвивається розрахунковий надлишковий тиск вибуху у приміщенні, який перевищує 5 кПа, і/або речовини і матеріали, здатні вибухати і горіти при взаємодії з водою, киснем повітря і/або один з одним, у такій кількості, що розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні перевищує 5 кПа.
<b>Б</b> вибухопожежо небезпечна	Горючі пил і/або волокна, легкозаймисті рідини з температурою спалаху вище ніж 28 °С, горючі рідини у такій кількості, що можуть

	утворювати вибухонебезпечні пило-, пароповітряні суміші, у разі займання яких розвивається розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні, який перевищує 5 кПа.
<b>В</b> пожежо небезпечна	Горючі гази, легкозаймисті, горючі і/або важкогорючі рідини, а також речовини і/або матеріали, які здатні вибухати і горіти або тільки горіти під час взаємодії з водою, киснем повітря і/або один з одним; тверді горючі і/або важкогорючі речовини і матеріали (включно горючий пи́л і/або волокна), за умови, що приміщення, в яких вони знаходяться (зберігаються, переробляються, транспортуються), не відносяться до категорій А або Б і питома пожежна навантага для твердих і рідких легкозаймистих, горючих та важкогорючих речовин і/або матеріалів на окремих ділянках площею не менше 10 м <sup>2</sup> кожна перевищує 180 МДж·м <sup>-2</sup> . Якщо питома пожежна навантага не перевищує 180 МДж·м <sup>-2</sup> , то приміщення відноситься до категорії Д за умови виконання вимог, що наведені нижче табл.13 (пункти 7.6.1, 7.6.5 та 7.6.8 в ДСТУ Б В.1.1-36:2016 6.1)
<b>Г</b> помірнопожежо небезпечна	Негорючі речовини і/або матеріали у гарячому, розпеченому і/або розплавленому стані, процес обробки яких супроводжується виділенням променистого тепла, утворенням іскор і/або полум'я; горючі гази, рідини і/або тверді речовини, що спалюються або утилізуються як паливо
<b>Д</b> зниженопожежо небезпечна	Речовини і/або матеріали, що зазначені вище для категорії приміщень В (крім горючих газів, горючих пилу і/або волокон), а також негорючі речовини і/або матеріали в холодному стані (за температури навколишнього середовища), за умов, що приміщення, в яких знаходяться (зберігаються, переробляються, транспортуються) зазначені вище речовини і/або матеріали, не відносяться до категорій А, Б або В.

**Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів** – сукупність властивостей, що характеризують їхню здатність до виникнення і поширення горіння. Наслідком горіння, залежно від його швидкості та умов протікання, можуть бути пожежа або вибух.

Показники пожежовибухонебезпечності речовин і матеріалів визначають з метою отримання даних для розробки систем забезпечення пожежної безпеки і вибухобезпеки, державних будівельних норм, нормативних документів і нормативно-правових актів та оцінювання відповідності речовин і матеріалів.

Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів визначають показниками, вибір яких залежить від агрегатного стану речовини (матеріалу), та умов їхнього застосування.

Під час визначення пожежовибухонебезпечності речовин і матеріалів розрізняють: гази, рідини, тверді речовини та матеріали, пи́л.

Номенклатуру показників та їхнього застосування для характеристики пожежовибухонебезпечності речовин і матеріалів наведено в табл.2.2 відповідно до ДСТУ 8829:2019 (знаком «+» позначається застосування, знаком «-» незастосування показника) [7].

Таблиця 2.2 – Номенклатура та застосування показників пожежовибухонебезпеки речовин і матеріалів

№ з/п	Показник	Агрегатний стан речовин і матеріалів			
		гази	рідини	тверді	пил
1	Група горючості	+	+	+	+
2	Температура спалаху	—	+	—	—
3	Температура займання	—	+	+	+
4	Температура самозаймання	+	+	+	+
5	Концентраційні межі поширення полум'я (займання)	+	+	—	+
6	Температурні межі поширення полум'я (займання)	—	+	—	—
7	Температура тління	—	—	+	+
8	Умови теплового самозаймання	—	—	+	+
9	Мінімальна енергія запалювання	+	+	—	+
10	Кисневий індекс	—	—	+	—
11	Здатність вибухати і горіти при взаємодії з водою, киснем повітря та іншими речовинами	+	+	+	+
12	Нормальна швидкість поширення полум'я	+	+	—	—
13	Швидкість вигорання	—	+	—	—
14	Коефіцієнт димоутворення	—	—	+	—
15	Індекс поширення полум'я	—	—	+	—
16	Показник токсичності продуктів горіння полімерних, синтетичних та інших матеріалів	—	—	+	—
17	Група займистості			+	
18	Група поширення полум'я			+	
19	Мінімальний вибухонебезпечний вміст кисню	+	+	—	+
20	Мінімальна флегматизувальна концентрація флегматизатора	+	+	—	+
21	Максимальний тиск вибуху	+	+	—	+
22	Швидкість наростання тиску вибуху	+	+	—	+

**Група горючості** – класифікаційна характеристика здатності речовин і матеріалів до горіння.

За горючістю речовини і матеріали поділяють на три групи:

- **негорючі** – речовини і матеріали, не здатні до горіння в повітрі. Негорючі речовини можуть бути пожежовибухонебезпечними (наприклад, окисники або речовини, що виділяють горючі продукти під час взаємодії з водою, киснем повітря чи один з одним);

- **важкогорючі** – речовини і матеріали, здатні горіти в повітрі під час дії джерела запалювання, але не здатні самостійно горіти після його видалення;

- **горючі** – речовини і матеріали, здатні самозайматися, а також займатися під час дії джерела запалювання і самостійно горіти після його видалення.

**Спалах** – швидке згоряння газопароповітряної суміші над поверхнею

горючої речовини, що супроводжується короткочасним видимим світінням.

**Температура спалаху** – найменша температура конденсованої речовини, за якої в умовах спеціальних випробувань над її поверхнею утворюються випари, здатні спалахувати в повітрі від джерела запалювання, стійке горіння при цьому не виникає.

Горючі речовини і матеріали залежно від результатів випробувань поділяють на: важкозаймисті, середньої займистості, легкозаймисті.

Так, горючі рідини з температурою спалаху не більше ніж 61 °С у закритому тиглі або 66 °С у відкритому тиглі, зафлегматизованих сумішей, що не мають спалаху в закритому тиглі, належать **до легкозаймистих**.

Дана класифікація широко використовується при розробці протипожежних заходів для зберігання і використання легкозаймистих рідин.

**Температура займання** – найменша температура речовини (матеріалу), за якої в умовах спеціальних випробувань речовина виділяє горючі випари і гази з такою швидкістю, що під час дії на них джерела запалювання спостерігається займання.

**Займання** – виникнення полуменевого горіння речовини (матеріалу), що ініційоване джерелом запалювання і триває після його видалення.

**Температура самозаймання** – найменша температура довкілля, за якої в умовах спеціальних випробувань спостерігається самозаймання речовини (матеріалу).

**Нижня (верхня) концентраційна межа поширення полум'я** – мінімальний (максимальний) вміст горючої речовини в однорідній суміші з окислювальним середовищем, під час якого можливе поширення полум'я по суміші на будь-яку відстань від джерела запалювання.

**Температурні межі поширення полум'я** – такі значення температури речовини, за яких його насичена пара утворює в окислювальному середовищі концентрації, рівні відповідно до нижньої (нижня температурна межа) та верхньої (верхня температурна межа) концентраційних меж поширення полум'я.

**Температура тління** – температура речовини (матеріалу), за якої відбувається різке збільшення швидкості екзотермічних реакцій окислення, що призводять до тління.

**Тління** – горіння без видимого світлового випромінювання. 6.8 Умови теплового самозаймання.

**Умови теплового самозаймання** – експериментально виявлена залежність між температурою довкілля, кількості речовини (матеріалу) і часом до моменту її самозаймання.

**Самозаймання** – різке збільшення швидкості екзотермічних процесів у речовині (матеріалі), що призводить до виникнення осередку горіння.

**Мінімальна енергія запалювання** – найменша енергія електричного розряду, здатна запалити найбільш легкозаймисту суміш горючої речовини з повітрям.

**Кисневий індекс** – мінімальний вміст кисню в киснево-азотній суміші,

за якого можливе свічкоподібне горіння матеріалу в умовах спеціальних випробувань.

Здатність вибухати і горіти під час взаємодії з водою, киснем повітря та іншими речовинами – це якісний показник, що характеризує особливу пожежну небезпеку деяких речовин (матеріалів).

**Нормальна швидкість поширення полум'я** – швидкість переміщення фронту полум'я відносно газу, що не згорів, у напрямку, перпендикулярному до його поверхні.

**Швидкість вигорання** – кількість рідини, що згоряє за одиницю часу з одиниці площі. Швидкість вигорання характеризується інтенсивністю горіння рідини.

**Коефіцієнт димоутворення** – показник, що характеризує оптичну густину диму, що утворюється під час тління та полуменевого горіння певної кількості твердої речовини (матеріалу) в умовах спеціальних випробувань. Значення коефіцієнта димоутворення потрібно застосовувати для класифікації матеріалів за димоутворювальною здатністю.

**Індекс поширення полум'я** – умовний безрозмірний показник, що характеризує здатність речовин (матеріалів) займатися, поширювати полум'я по поверхні та виділяти тепло.

**Показник токсичності продуктів горіння** – відношення кількості матеріалу до одиниці об'єму замкнутого простору, в якому газоподібні продукти, які утворюються під час горіння матеріалу, спричиняють загибель 50 % піддослідних тварин.

**Група займистості** – класифікаційна характеристика здатності речовин і матеріалів до спалахування.

**Спалахування** – початок полуменевого горіння під дією джерела запалювання під час стандартного випробування, що характеризується стійким полуменевим горінням.

**Мінімальна флегматизувальна концентрація флегматизатора** – найменша об'ємна концентрація певного флегматизатора, достатня для флегматизування газових сумішей певної горючої речовини з певним окисником за будь-якого співвідношення цих двох компонентів в умовах спеціальних випробувань.

**Мінімальний вибухонебезпечний вміст кисню** – це така концентрація кисню в горючій суміші, що складається з горючої речовини, повітря і флегматизатора, менше якої поширення полум'я в суміші стає неможливим за будь-якої концентрації пального в суміші, розбавленій цим флегматизатором.

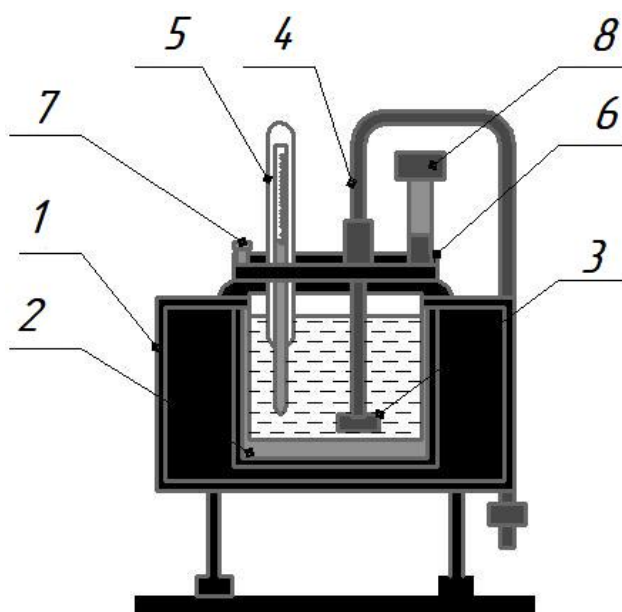
**Максимальний тиск вибуху** – найбільший надмірний тиск, що виникає під час детонаційного згорання газо-, паро- або пилоповітряної суміші в замкненій посудині за початкового тиску суміші 101,3 кПа.

**Швидкість наростання тиску вибуху** – похідна тиску вибуху за часом на висхідній ділянці залежності тиску вибуху горючої суміші в замкненій посудині від часу.

## Опис лабораторної установки

Для класифікації легкозаймистої рідини необхідно експериментально визначити температуру спалаху цієї рідини в закритому тиглі. Температура спалаху ЛЗР в закритому тиглі встановлюється за методом, який наведено в ДСТУ 8829: 2019 [8]. Метод реалізують у діапазоні температур від мінус 15 °С до 360 °С і він не застосовний для випробування рідин, що полімеризуються під час нагрівання, та рідин, що гідролізуються і швидко окислюються.

Установка для визначення температури спалаху в закритому тиглі (рис. 2.1) має такі нижченаведені елементи.



1 – ванна з нагрівачем; 2 – тигель; 3 – змішувач; 4 – гнучкий валик; 5 – термометр з підшкалою; 6 – кришка тигля; 7 – пальник; 8 – рукоятка

Рисунок 2.1 – Схема лабораторної установки

*Джерело: розроблено автором*

**Тигель** заввишки ( $55,9 \pm 0,1$ ) мм, із внутрішнім діаметром 50,8 мм, виконаний з корозійностійкого металу, має показчик рівня заповнення на глибині 21,8 мм від верхнього краю тигля. Тигель забезпечений кришкою та змішувачем, заслінкою, що відкривається, та пальником. Джерелом полум'я в пальнику може бути будь-який горючий газ.

**Пристрій для нагрівання тигля** з досліджуваною рідиною, що забезпечує швидкість нагрівання від 5 °С/хв до 6 °С/хв. Нагрівання тигля з в'язкою рідиною типу лаків, фарб, емалей, нафтових та аналогічних продуктів можна проводити із застосуванням нагрівальної ванни – посудини з рідиною достатньої теплоємності, що дає змогу регулювати швидкість нагрівання в заданому режимі. Також можна використовувати технічні способи, які забезпечують зазначену швидкість нагрівання. Для проведення випробування за температури проби, нижчої від температури довкілля, тигель охолоджують. Крім технічних способів охолодження можна використовувати посудину, яка

містить суміш льоду з хлористим натрієм, або ацетону чи етанолу з сухим льодом, або гексану з рідким азотом. Тигель має бути занурений у цю посудину до рівня випробувальної проби всередині тигля.

**Термометри** з поділкою шкали не більше ніж 1 °С.

**Секундомір** з похибкою не більше ніж  $\pm 1$  с для контролю швидкості нагрівання рідини.

Установка встановлена у **витяжній шафі**.

### Порядок виконання лабораторної роботи

Зразок рідини, що має температуру спалаху нижче ніж 50 °С, охолоджують до температури, яка не менше ніж на 17 °С нижча від передбачуваної температури спалаху. Зразки в'язких рідин перед випробуванням нагрівають до достатньої текучості.

Досліджувану рідину наливають у чистий сухий тигель до мітки, не допускаючи при цьому змочування стінок тигля вище вказаної мітки.

Тигель закривають кришкою та встановлюють у нагрівальну ванну, вставляють термометр і запалюють пальник, регулюючи полум'я так, щоб воно мало форму сфери діаметром  $(4,0 \pm 0,5)$  мм.

Порядок виконання експериментального дослідження:

1. Вмикають змішувач, забезпечуючи частоту обертання від  $1,5 \text{ с}^{-1}$  до  $2,0 \text{ с}^{-1}$ .

2. Вмикають установку та нагрівають досліджувану рідину зі швидкістю  $(5 - 6) \text{ }^\circ\text{C/хв}$ . У разі використання нагрівальної ванни нагрівання ведуть з такою швидкістю, щоб різниця між температурами рідини у ванні та досліджуваного зразка в закритому тиглі не перевищувала 2 °С.

3. Випробування на спалах починають проводити за температури зразка на 17 °С нижче передбачуваної температури спалаху і повторюють через кожний 1 °С підвищення температури для рідин з температурою спалаху до 104 °С та через кожні 2 °С – для рідин із температурою спалаху більше ніж 104 °С.

4. У момент випробування на спалах перемішування припиняють. Повертанням пружинного механізму відкривають заслінку на кришці та опускають полум'я пальника всередину тигля, залишаючи пальник у нижньому положенні на 1 с, та повертають у початкове положення. Стежать за полум'ям під час відкривання і закривання заслінки.

5. За температуру спалаху приймають показники термометра в момент появи першого полум'я над поверхнею рідини. Спалах пари досліджуваної рідини над поверхнею кришки тигля не враховують. Випробування на спалах (у разі її відсутності) припиняють, коли досягнуто температури кипіння досліджуваної рідини.

6. Якщо полум'я пальника згасло в момент відкривання кришки, результати цієї спроби не враховують.

7. За допомогою барометра визначають величину атмосферного тиску ( $P_{\text{атм}}$ , кПа).

Для виконання лабораторної роботи застосовуються розчини етилового спирту ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ) у дистильованій воді (табл. 2.3). Пожежонебезпечні властивості етилового спирту наведені у табл. 2.4.

Таблиця 2.3 – Основні характеристики розчинів етилового спирту ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ) у дистильованій воді

Концентрація, %	Щільність, $\text{кг/м}^3$	Температура, $^{\circ}\text{C}$		Температурні межі займання, $^{\circ}\text{C}$	
		Спалаху	Само-займання	Нижній	Верхній
70	890	22	468	20	43
55	924	26	480	23	45
40	951	28	535	25	49
20	975	38	570	33	54
10	986	50	615	50	62
5	993	61	Вище 750	60	71
3	995	-	Не займається	-	-

Таблиця 2.4 – Пожежонебезпечні властивості етилового спирту

ЛЗР	Щільність, $\text{кг/м}^3$	Температура кипіння, $^{\circ}\text{C}$	Температура спалаху, $^{\circ}\text{C}$	Мінімальна температура самозаймання, $^{\circ}\text{C}$
Етиловий спирт, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	789,3	78,37	13 (у закритому тиглі)	365
Етиловий спирт, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	789,3	78,37	21 (у відкритому тиглі)	365

### Обробка результатів експерименту

1. За температуру спалаху досліджуваної рідини вважають середнє арифметичне значень температури спалаху, отриманих на трьох зразках під час випробування ЛЗР (окрім лаків), з поправкою на атмосферний тиск.

2. Визначаємо виправлення ( $\Delta t$ ) на атмосферний тиск в  $^{\circ}\text{C}$  за формулою:

$$\Delta t = 0,27(101,3 - P_{\text{атм}}), \quad (2.1)$$

де  $P_{\text{атм}}$  – атмосферний тиск, кПа.

3. Знаходимо температуру спалаху з урахуванням поправки на атмосферний тиск.

4. Визначаємо розрахункове значення температури спалаху парів рідини в закритому тиглі можна визначити теоретично, розрахувавши її по формулі:

$$t_{\text{сп}}^{\text{теор}} = t_{\text{к}} - 18\sqrt{K}, \quad (2.2)$$



де  $t_k$  – температура кипіння рідини, °С;  
 $K$  – коефіцієнт горючості (при  $K < 0$  рідина не горить, при  $K > 0$  рідина горить).

$$K = 4 \cdot N_C + 1 \cdot N_H + 4 \cdot N_S - 2 \cdot N_O - 2 \cdot N_{Cl} - 3 \cdot N_F - 5 \cdot N_{Br}, \quad (2.3)$$

де  $N_C, N_H, N_S$  і т.д. – число атомів відповідних елементів, що входять до складу молекули рідини.

Щоб розрахувати температуру спалаху теоретичну за формулою (2.2). необхідно визначити температуру кипіння розчину етилового спирту у дистильованій воді:

$$t_k = t_k^{сп} \cdot C_{сп} + t_k^в \cdot C_в, \quad (2.4)$$

де  $t_{ксп}$ ,  $t_{кв}$  – температура кипіння чистого спирту (табл. 2.4) та чистої води відповідно, °С;

$C_{сп}$ ,  $C_в$  – концентрація в розчині спирту та води відповідно, %; концентрацію в розчині спирту можна визначити в залежності від заміряної температури спалаху за допомогою табл. 2.3.

### Зміст звіту

1. Короткі теоретичні відомості.
2. Схема лабораторної установки та її опис.
3. Розрахунки.
4. Таблиця результатів експериментальних та теоретичних досліджень (табл. 2.5).
5. Висновки.

Таблиця 2.5 – Результати експериментального та теоретичного досліджень

Параметри	Значення		
Рідина: назва			
хімічна формула			
молярна маса, кг · кмоль <sup>-1</sup>			
Температура спалаху (експериментальна), °С			
Середнєарифметичне значення температури спалаху (експериментальне), °С			
Атмосферний тиск, кПа			
Виправлення на атмосферний тиск, °С			
Коефіцієнт горючості			
Експериментально встановлене значення концентрації розчину спирту в дистильованій воді, %			
Температура спалаху теоретична, °С			

## Контрольні питання

1. Для чого необхідно визначати показники пожежовибухонебезпечності речовин і матеріалів?
2. Наведіть групи горючих матеріалів і речовин.
3. Наведіть категорії будівель за вибухопожежною і пожежною небезпекою.
4. Наведіть класи пожеж залежно від матеріалу що горить.
5. Що таке нижній та верхній концентраційні межі поширення полум'я горючого газу?

## 2.2 Лабораторне заняття 2. Визначення ступеня займання матеріалів із пластичних мас

**Мета заняття:** виявлення здатності до самогасіння та ступеня займання пластмас відповідно до вимог вогнестійкості

### Загальні відомості

**Вогнестійкість** – це здатність конструкцій, матеріалів затримувати поширення вогню, виражена в годинах. Усі будови і споруди за вогнестійкістю поділяються на 5 ступенів. Ступінь вогнестійкості залежить від вогнетривкості та займистості будівельних конструкцій, а також від межі поширення вогню по цих конструкціях, а саме [7,8]:

- у будівлях 1-го ступеню вогнестійкості всі конструктивні елементи неспалимі, з високою межею вогнестійкості (1,5-3 год);
- 2-го ступеня – також негорючі, але з меншою межею вогнестійкості (0,5-2,5 год);
- 3-го ступеня – будови, які мають основні несучі конструкції негорючі, а ненесучі (міжповерхові й перекриття на горищі) – важкогорючі (0,25-2 год);
- 4-го ступеня – будови, які мають всі конструкції важко спалимі (0,25-0,5 год);
- 5-го ступеня – всі конструкції горючі.

Багато неорганічних матеріалів хоч і не горять, але мають порівняно невелику термічну стійкість. Наприклад, вапняки і мармур руйнуються при температурі 300-400 °С, а шифер і азбоцементні вироби при температурі 300°С втрачають воду, стають крихкими, а при температурі 600°С при попаданні на них води – розтріскуються.

**Межа вогнестійкості** – це час (у годинах) від початку вогневого стандартного випробування зразків до виникнення одного з граничних станів елементів та конструкцій (втрата несучої та теплоізолюючої спроможності, щільності)

**Межа поширення вогню** – максимальний розмір пошкоджень, см, яким вважається обуглення або вигорання матеріалу, що визначається візуально, а також оплавлюванням термопластичних матеріалів.

**Самогасними матеріалами** називаються такі, що займатимуться і горітимуть, коли вони перебувають під впливом полум'я чи підвищеної температури, але які згаснуть, коли полум'я чи підвищена температура припиняють на них впливати.

Самогасна здатність матеріалу залежить від температури та часу її дії на матеріал або конструкцію. Так, якийсь матеріал може бути самогасним, коли він протягом певного проміжку часу піддавався дії температур горіння в межах 200-300 °С, наприклад, при малокалорійних джерелах підпалювання, які мають невисокі температури горіння.

При підвищенні температури або при дії тих самих температур, але протягом більш тривалого часу, цей матеріал може втратити здатність протистояти дії цих температур і спалахнути.

Здатність до самогасіння обумовлюється вимогами до вогнестійкості, що пред'являються до виробів або конструкцій з пластмас.

При певному обсязі вимог, що залежать від ступеня пожежної небезпеки об'єкта, його капітальності та призначення, властивості самогасних матеріалів з пластмас можуть сприяти самолокалізації вогнища горіння і запобіганню тим самим можливості поширення пожежі [7,8].

**Перевірка здатності до самогасіння** нових матеріалів із пластмас проводиться на підставі порівняння випробуваного зразка з контрольним, виготовленим з матеріалу з відомими горючими властивостями та раніше класифікованого за групою займистості.

Якщо дані випробувань зразка з нового матеріалу збігатимуться з даними аналогічних випробувань контрольного зразка, то новий матеріал має ті ж горючі властивості, що і матеріал з відомими горючими характеристиками.

Якщо матеріал класифікується як самогасний, то виріб або конструкції, виготовлені з нього, будуть у тому випадку самогасними, коли в них не буде елементів або перерізів меншої товщини, ніж товщина зразків, що були перевірені під час випробувань.

Якщо виріб або конструкція з пластмас виконані з різнорідних матеріалів, що мають різні горючі характеристики, оцінку здатності конструкції або виробу в цілому до самогасіння слід проводити за матеріалом, що володіє найбільш високими показниками горючості.

Визначення самогасної здатності пластмас може здійснюватися методом охоплення полум'ям.

### **Опис лабораторної установки**

Сутність методу охоплення полум'ям полягає у дії на випробуваний зразок відкритого полум'я протягом певного проміжку часу. Метод охоплення полум'ям є більш простим за виконанням та застосовується для дослідження

матеріалів з товщиною понад 1,27 мм. Схема лабораторної установки наведена на рис. 2.2. Якщо після припинення дії відкритого полум'я відбувається гасіння вогню, що виник на зразку, матеріал класифікують як самогасний.

Установка складається з лабораторного спиртового пальника 1, штатива 2 із затискачем 3, куди вставляється випробуваний зразок 4, і ковпака 5, що огорожує.

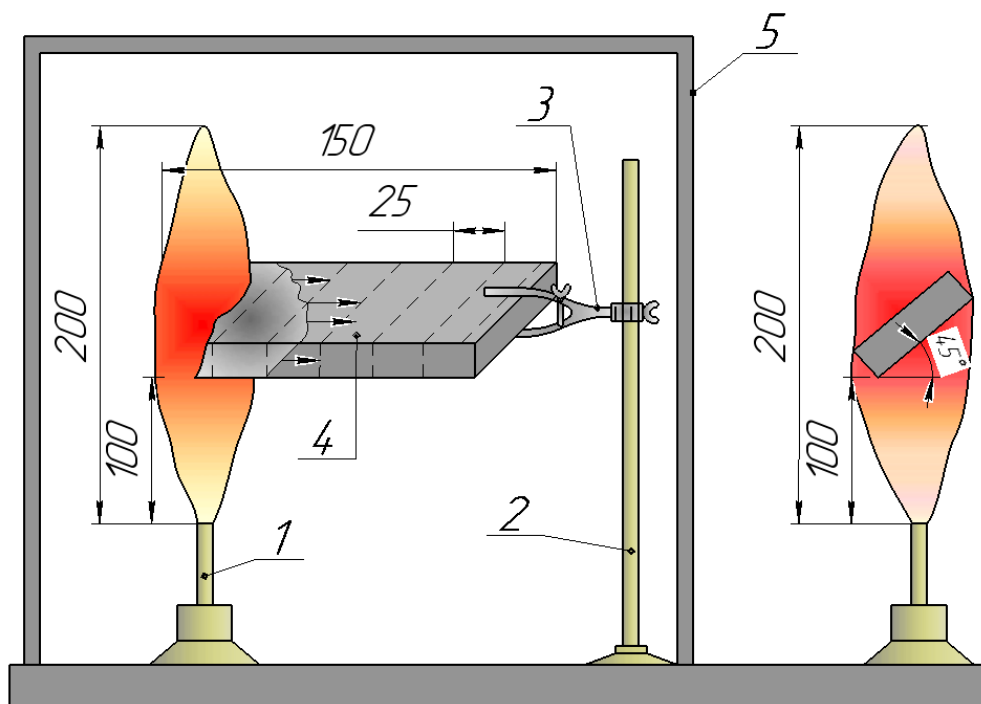


Рисунок 2.2 – Схема установки для визначення самогасної здатності пластмас методом відкритого полум'я

Джерело: розроблено автором

### Порядок виконання лабораторної роботи

1. З різних місць досліджуваного матеріалу вирізають зразки розміром 150x15 мм, товщиною трохи більше 15 мм. Краї зразків повинні бути гладкими та без зламів. На кожному зразку по його довжині через кожні 25 мм наносять мітки у вигляді смужок. До дослідів готують щонайменше п'ять зразків.

2. Випробуваний зразок у горизонтальному положенні за один кінець за допомогою затиску закріплюють на штативі, повертають його на 45° до горизонтальної площини і поміщають у витягну шафу, в таке місце, де відсутній рух повітря.

3. Осторонь зразка запалюють пальник і регулюють полум'я таким чином, щоб висота його була 20 мм. Температура полум'я в його найбільш сильно нагрітій частині повинна становити приблизно 1000 °С. Ця температура може бути визначається пірометром.

4. Запалений і відрегульований пальник поміщають під вільним торцем зразка на відстані 10 мм від нижньої його грані. Пальник установлюють точно

по осі зразка таким чином, щоб центр отвору пальника припадав на середину торця. Момент дотику зразка з полум'ям фіксують секундоміром.

5. Зразок піддають дії полум'я протягом 30 с, після чого пальник прибирають. Під час зіткнення зразка з полум'ям стежать, щоб не було коливань полум'я від руху повітря всередині ковпака, що захищає.

6. Через 5 хв після припинення горіння або тління зразка вдруге на нього впливають полум'ям, також протягом 30 с. Якщо вогонь на зразку гасне після дворазового впливу до досягнення ним другої позначки, нанесеної на зразку, матеріал класифікують як самогоасний. Ступінь займання визначається швидкістю поширення горіння за зразком від однієї позначки до іншої.

Досліди повторюють не менше ніж 3 рази до отримання порівняних результатів. При цьому фіксують швидкість горіння та час гасіння матеріалу, що відраховується з моменту усунення пальника. Дані дослідів заносяться до табл.2.6.

Таблиця 2.6 – Результати досліджень ступеня займання різних видів пластмас

Найменування досліджуваного матеріалу	№ досліду	Результат досліду (горіння, гасіння)	Швидкість горіння, м/с	Час гасіння, с	Ступінь займання
1	2	3	4	5	6

### Зміст звіту

1. Короткі теоретичні відомості.
2. Схема лабораторної установки та її опис.
3. Таблиця результатів експериментальних та теоретичних досліджень (табл. 2.6).
4. Висновки.

### Контрольні питання

1. Що таке межа вогнестійкості конструкції?
2. Які існують конструктивні характеристики будинків залежно від ступеня їх вогнестійкості?
3. Назвіть основні властивості будівельних матеріалів.
4. Чим визначається довговічність будівлі?
5. Наведіть способи підвищення вогнестійкості.

## 2.3 Лабораторне заняття 3. Вогнегасні речовини та первинні засоби протипожежного захисту

**Мета заняття:** ознайомитись з будовою та технічними характеристиками вогнегасників; навчитися використовувати вогнегасники.

### Загальні відомості

В Україні випускають порошкові, CO<sub>2</sub>-вогнегасники, хімічно-пінні, хімічно-повітряні, повітряно-пінні та хладонові вогнегасники.

Структура випуску вогнегасників в Україні така: порошкові – 40%; пінні – 35%; з двоокисом вуглецю – 20%; хладонові – 5%.

#### Види вогнегасників:

- повітряно-пінні (Air- Foam).
- водно-пінні (Water - Foam).
- порошкові (Powder).
- вуглекислотні (CO<sub>2</sub>).
- хладонові (Chladone).
- водні (Water).
- повітряно-емульсійні з фторвмісним зарядом (Air-emulsion).

Порівняння деяких видів вогнегасників наведено на рис. 2.7.

Тип вогнегасника	Водні (ВВ)	Повітряно-пінні (ВПП)	Повітряно-емульсійні (ВПЕ)	Порошкові закачні (ВП)	Вуглекислотні (ВВК)	Порошковий спеціальний закачний (ВПС)
тверді (дерево, папір)	+	+	+	+	-	-
горючі рідини	+	+	+	+	+	-
горючі гази	-	-	-	+	+	-
електро-обладнання	+	-	+	+	+	-
жири і масла	+	+	+	+	+	-
метали	-	-	-	-	-	+

Рисунок 2.7 – Порівняння вогнегасників

Джерело: [17]

Як експлуатувати вогнегасники, визначають Правила експлуатації та типові норми належності вогнегасників, затверджені наказом МВС від 15.01.2018 № 25. Вони поширюються на будинки і приміщення різного призначення, підприємства, установи й організації незалежно від виду їх діяльності та форм власності, механічні транспортні засоби.

**Хімічно-пінні вогнегасники.** Даний вид вогнегасників призначений для гасіння первинних осередків пожежі твердих матеріалів, а також різних горючих рідин на площі до 1 м<sup>2</sup>, за винятком електроустановок під напругою, речовин, здатних при взаємодії з водою (хімічною піною) вибухати, горіти.

Будова **хімічно-пінного вогнегасника** складається з трьох основних елементів: корпус, запірно-пусковий пристрій, кислотний циліндр (рис. 2.8). Для отримання піни хімічним шляхом використовуються кислота і луг. Всередині вогнегасника ці речовини розміщені окремо. В момент приведення в дію пінного вогнегасника вони змішуються і починається активна хімічна реакція.

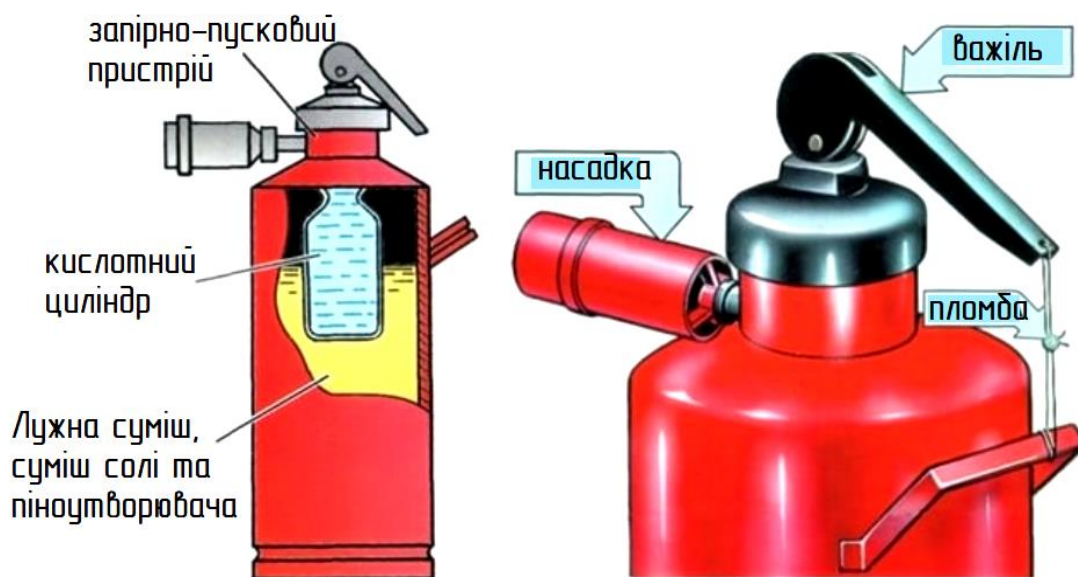


Рисунок 2.8 – Вогнегасник хімічно-пінний ВХП

Джерело: [18]

Зараз цей вид пінних вогнегасників вийшов з ужитку, його можна побачити тільки в музеях пожежної охорони.

**Вогнегасники повітряно-пінні (ВПП).** Призначені для гасіння вогнищ різних речовин і матеріалів за винятком лужних металів, речовин, які горять без доступу повітря, і електроустаткування під напругою.

Улаштування повітряно-пінних вогнегасників наведено на рис. 2.9.

Вогнегасники забезпечують кратність виходу піни 65. Вогнегасна ефективність цих вогнегасників у 2,5 рази вища від хімічних при однаковій місткості.

**Принцип дії (ВПП-5, ВПП-10):** при натисканні на пусковий важіль шток з фрезою проколє мембрану. (Балон CO<sub>2</sub> має на горловині різьбу, на яку

накручується ніпель, що затискає мембрану.) CO<sub>2</sub> виходить із балона і тисне на розчин зверху, а останній виходить через сифонну трубку і потрапляє в пінний розтруб. У розтрубі розчин змішується з повітрям і утворюється повітряно-механічна піна. Внутрішня поверхня корпусу вкрита епоксидною емаллю.

При використанні вогнегасника у зимовий період при мінусових температурах необхідно в заряд вогнегасника додати 2-3 літри гліцерину або етиленгліколю.

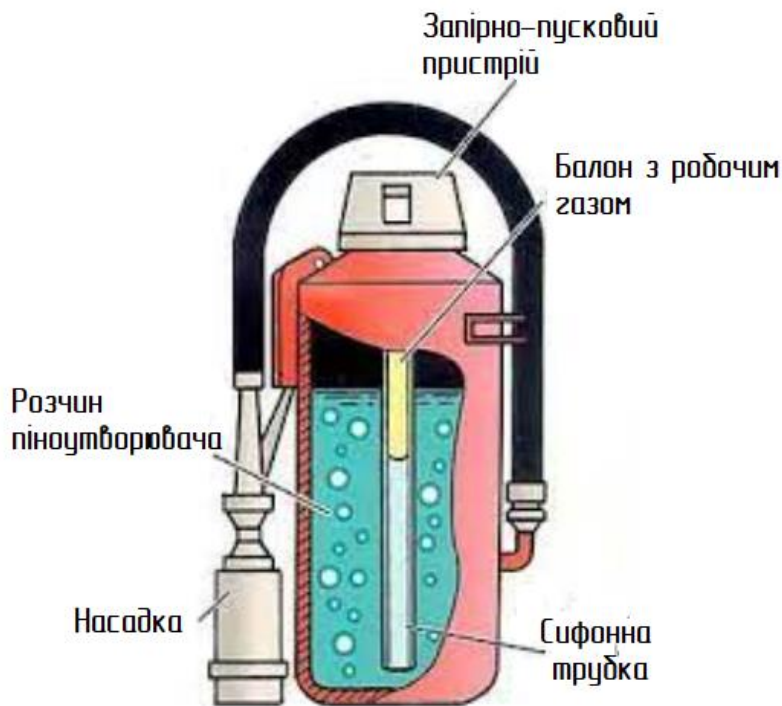


Рисунок 2.9 – Вогнегасник повітряно-пінний ВПП

Джерело: [18]

Балони для зберігання робочого газу розраховані на робочий тиск 15 МПа. Запірний балон забезпечує зберігання газу упродовж двох років. До кінця терміну зберігання газу допустимий витік не повинен перевищувати 10 г. Корпус повинен випробовуватись гідравлічним тиском 1,8 МПа упродовж 1 хв. Строк служби вогнегасника – 8 років. Гарантійний термін – 12 місяців з дня початку експлуатації, але не більше 24 місяців з дня отримання.

#### **Правила техніки безпеки при роботі з ВПП.**

1. При перезаряджанні вогнегасника необхідно провести гідравлічні випробування корпусу тиском 18-20 МПа упродовж 1 хв. Вогнегасники, які протікають, ремонту не підлягають, їх потрібно списувати.

2. При збиранні і розбиранні ВПП на запірно-пусковий пристрій повинна бути встановлена запобіжна чека.

3. Забороняється ремонтувати заповнені пускові балончики.

4. Забороняється допускати до експлуатації вогнегасники з глибокими забоїнами, ум'ятинами, іржею на корпусі.

5. При роботі з піноутворювачем (ПУ) потрібно працювати в гумових рукавицях, при потраплянні на шкіру промити її великою кількістю води.



**Вогнегасник повітряно-пінний ВПП-100** використовується для гасіння пожеж класів А і В. Вогнегасник не може бути використаний для гасіння речовин, горіння яких проходить без доступу повітря (бавовна, піроксилін), горючих металів (лужних, лужноземельних) та електроустановок під напругою.

Вогнегасник змонтований на одновісному возику. При роботі вогнегасник ставиться у вертикальне положення. На корпусі закріплений балон з вуглекислою. У середині корпусу проходить сифонна трубка, яка на поверхні з'єднується зі шлангом. На кінці шлангу прикріплено ствол для отримання піни середньої кратності (ГПС-100). Запобіжний клапан відрегульований на тиск 0,87-0,90 МПа.

Корпус вогнегасника випробовується на міцність і герметичність гідравлічним тиском 1,1 МПа (11 кг/см<sup>2</sup>). У верхньому дні корпусу змонтований запобіжний клапан.

Строк експлуатації вогнегасника ВПП-100 до першого випробовування становить 5 років. Гарантійний строк служби – 24 місяці з дня початку роботи.

Ваговий контроль кількості двоокису вуглецю в балоні проводиться через кожні 6 місяців. При зменшенні ваги СО<sub>2</sub> на 75 г балон необхідно відправити на дозаправку.

#### **Підготовка вогнегасника до роботи.**

1. Перевірити комплектність вогнегасника згідно з паспортом.
2. Відкрити кришку поворотом ключа проти годинникової стрілки і зняти її.
3. В горловину через фільтр залити 6-процентний розчин піноутворювача.
4. Запірно-пусковий пристрій балона опломбувати.

При виникненні пожежі:

- а) підвести вогнегасник до вогнища на відстань 5-6 метрів, встановити його вертикально;
- б) розкрутити гумовий шланг і спрямувати піногенератор на вогнище;
- в) відкрити ЗПП на балоні з СО<sub>2</sub>;
- г) спрямувати струмінь піни на ближній край вогню з поступовим переміщенням струменя.

**Вогнегасник стаціонарний ВППУ-250** призначений для гасіння пожеж класів А, В на промислових і складських об'єктах народного господарства. Вогнегасники встановлюють у приміщеннях з температурою повітря від +3 до +5 °С.

Вогнегасник складається зі сталевого корпусу, пускового балона з огороженням, котушки зі шлангом, запобіжного клапана і піногенератора. Корпус вогнегасника зварний, на чотирьох ніжках. До нижнього патрубку приварена зливна трубка з корковим краном і з'єднувальною головкою, яка одночасно використовується для заповнення корпусу водою і зливу її. Нижній патрубків закритий кришкою і призначений для огляду та чистки внутрішньої поверхні корпусу. Заливний патрубок із заглушкою призначений для заливання піноутворювача, верхній патрубок із заглушкою – для контролю за рівнем заповнення корпусу розчином.

Необхідно систематично стежити за станом вогнегасника і проводити його чистку від пилу. Особливо треба стежити за чистотою сітки, бажано верхню частину його закрити папером або плівкою. При пожежі плівку зірвати.

Раз у рік перевірити якість заряду. При необхідності замінити. Якщо вага  $\text{CO}_2$  менша 3 кг, балон необхідно дозарядити.

Через кожні три роки необхідно провести огляд внутрішньої поверхні корпусу вогнегасника. У випадку появи іржі необхідно її зачистити, а потім поверхню покрити епоксидною емаллю і повністю просушити.

Через кожні 6 років одночасно з внутрішнім оглядом провести випробування корпусу на міцність і герметичність гідравлічним тиском 1,3 МПа упродовж 3 хв. Повторний огляд пускових балонів має проводитись один раз на 10 років.

**Найефективніше ВПП** використовувати на початкових стадіях займання, коли необхідно погасити полум'я, що торкнулося легкозаймисті матеріали, тверді речовини і горючі компоненти, до яких відносяться лакофарбові вироби, деревина, масло та папір.

ВПП вогнегасниками не можна згасити пожежу, що розгорілася на електричних підстанціях з високою напругою, забороняється застосування на пожежах, що виникли на складах з металом і металовмісними матеріалами.

**Перевага:** досить тривалий термін служби.

**Недолік:** високий показник корозійної активності, необхідність щорічної перезарядки та використання виключно за плюсової температури навколишнього середовища, яка повинна змінюватись в межах від +5 до +50 градусів.

**Вогнегасники вуглекислотні.** Зарядом вуглекислотних вогнегасників є зріджений вуглекислий газ. Дуже часто в промисловості зріджений  $\text{CO}_2$  називають «вуглекислою». Він не проводить струм, його можна використовувати для гасіння електроустановок під напругою до 1000 В.

Фізико-хімічні властивості  $\text{CO}_2$ . Вуглекислий газ ( $\text{CO}_2$ ) – інертний безколірний газ з ледве відчутним запахом. При введенні 12-25% (за об'ємом) вуглекислого газу в приміщення, горіння припиняється.  $\text{CO}_2$  добре розчиняється у воді, з підвищенням температури розчинність знижується. Маса одного літра дорівнює 197,686 г. Характерною особливістю вуглекислоти є те, що при підвищенні тиску вона переходить з газоподібного стану в рідкий. При однаковій масі об'єм рідкої вуглекислоти при переході в газ збільшується в 400-500 разів, причому більша кількість тепла поглинається з навколишнього середовища, а при нестачі тепла газ переходить в снігоподібну масу, яка потім поступово випаровується.

Зріджена вуглекислота являє собою безбарвну рухливу рідину, її густина при 20°C і тиску 58,5 атм (5,85 МПа) складає 774 кг/м<sup>3</sup>. Густина зрідженої вуглекислоти змінюється залежно від температури.

Недоліком вуглекислоти є те, що вона не має змочувальної здатності, у зв'язку з чим нею не можна гасити тліючі матеріали. Ефективною дією вуглекислотних вогнегасників і обладнання пожежного захисту є в

температурних межах від  $+50^{\circ}\text{C}$  до  $-25^{\circ}\text{C}$ . При нижчих температурах, наприклад  $-30^{\circ}\text{C}$ , тиск вуглекислоти в балоні складає 1,45 МПа (14,5 атм), при якому вихід струменя з вогнегасника відбувається з меншою швидкістю, і його вогнегасна здатність різко знижується.

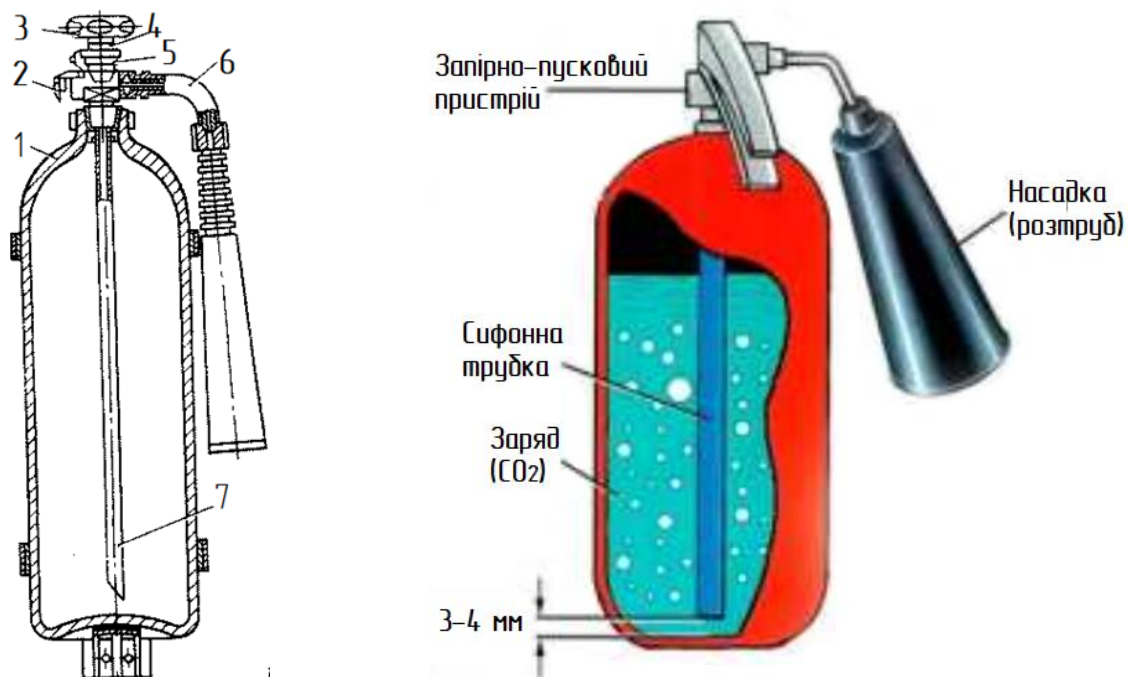
Вуглекислотні вогнегасники бувають:

- ручні – ВВК-2, ВВК-3, ВВК-5, ВВК-2ММ, ВВК-5ММ;
- пересувні – ВВК-25, ВВК-80, ВВК-400;
- стаціонарні – ВВКС-5, ВВКС-5П.

За допомогою вуглекислотних вогнегасників можна гасити різні речовини, електроустаткування під напругою до 1000 В, за винятком тих, що горять без доступу повітря.

Ручні вогнегасники головним чином застосовуються на автотранспорті, в приміщеннях, де зберігаються цінні матеріали (картинні галереї, музеї, архіви, бібліотеки, приміщення з ПЕОМ).

В основному за будовою всі вогнегасники однакові. Будову вуглекислотних вогнегасників розглянемо на прикладі **ВВК-5** (рис. 2.10).



1 – балон; 2 – запобіжник; 3 – маховичок вентиля-замок; 4 – металева плomba; 5 – вентиль; 6 – поворотний механізм з розтрубом; 7 – сифонна трубка

Рисунок 2.10 – Вогнегасник вуглекислотний ВВ – 5

Джерело: [18]

Вогнегасник являє собою балон, в горловину якого на конусній різьбі закручений запірно-пусковий пристрій (ЗПП) з сифонною трубкою, яка не доходить до дна балона на 3-4 мм. Для перенесення вогнегасника служить ручка, яка кріпиться на горловині балона за допомогою хомути. На вогнегасник встановлюються ЗПП трьох типів: пістолетного і важільного типів та ВЗПКМ.

Для приведення в дію вогнегасника із ЗПП пістолетного типу необхідно розтруб вогнегасника спрямувати на вогнище, важіль повернути на себе. Важіль

повернеться на осі і виступом натисне на шток, шток, пересилуючи зусилля пружини, відсуває клапан від сідла. Під тиском газу, який міститься у верхній частині корпусу, зріджена вуглекислота через сифонну трубку видаляється з балона в штуцер, розтруб. Відбувається різке збільшення об'єму і поглинання великої кількості тепла внаслідок того, що розтруб не дає можливості для надходження достатньої кількості тепла для переходу рідкого CO<sub>2</sub> в газ CO<sub>2</sub>, тобто відбувається переохолодження рідини з утворенням снігоподібної маси.

Для припинення випуску заряду необхідно важіль повернути на 180°, при цьому клапан під дією пружини і тиску газу в балоні закриває випускний отвір у головці. У ЗПП важільного типу необхідно припинити тиск на важіль, і подача вогнегасячої речовини припиниться.

ВВК-2 і ВВК-3 за будовою аналогічні ВВ-5. **ВВК-8** від попередніх вогнегасників відрізняється тим, що з'єднання не виконано з допомогою поворотного пристрою, а з допомогою шланга. На кінці шланга є ебонітова накладка. При гасінні тримати розтруб можна тільки в місці, де є ебонітова або дерев'яна накладка. Балон має плоске дно, що дозволяє ставити вогнегасник на підлогу. При необхідності випускати заряд без розтруба вогнегасник потрібно закріпити, бо виникаюча реактивна сила може його перекинути.

**Вогнегасник ВСВ-5** (вогнегасник стаціонарний вуглекислотний) призначений для гасіння займань на літаках. Вогнегасник відрізняється від раніше розглянутих типом ЗПП. Як ЗПП застосовують вуглекислий затвор з піротехнічним пуском, комбінованим (ВЗПКМ).

За допомогою **вогнегасника ВВК-80** можна погасити пожежу на площі до 5 м<sup>2</sup>. До місця пожежі вогнегасник транспортується двома особами, які його обслуговують, а потім необхідно удвох спрямувати розтруби на вогнище пожежі і відірвати клапани з них.

**ВВК-400** призначений для гасіння ЛЗР (легкозаймистих рідин) і ГР (горючих рідин) на площі 25 м<sup>2</sup>, пожеж у важкодоступних місцях або у закритих приміщеннях об'ємом до 75 м<sup>3</sup>. ВП є пересувною установкою газового пожежогасіння, яка складається з восьми балонів, заряджених зрідженою вуглекислотою.

Вуглекислотна установка приводиться в дію з допомогою важеля ЗПП, який дозволяє використати заряд частинами від одного або декількох балонів одночасно.

При гасінні пожежі застосовується один або два дифузори-снігоутворювачі.

**Для введення в дію вуглекислотної установки потрібно:**

- 1 – зняти з кронштейна дифузор;
- 2 – протягнути до місця пожежі шланг;
- 3 – спрямувати дифузор на вогонь, а потім повернути «на себе» до упора важіль затвора на балоні.

При роботі з дифузором бойова обслуга установки повинна складатися з трьох осіб: двоє працюють з дифузорами, один – біля колектора.

**Правила техніки безпеки при роботі з вуглекислотними**

### **вогнегасниками (ВВК).**

ВВ заряджають зрідженим CO<sub>2</sub>. Коефіцієнт заповнення балонів вуглекислотою не повинен перевищувати для вогнегасників 0,7 кг/л.

Не допускайте ударів по балону, головці, ЗПП, розтрубу. При виході заряду не торкайтесь рукою розтруба, бо температура його знижується до – 78°C. Вогнегасник повинен бути захищений від дії бензину, масла і особливо вологи. При зберіганні вогнегасники повинні захищатись від дії тепла (сонячне проміння, батареї опалення та ін.). Температура в приміщенні для зберігання вогнегасників не повинна перевищувати +30°C. Укладка вогнегасників штабелем один на один заборонена.

Вогнегасниками ВВК забороняється гасити металовмісні об'єкти, людей або будь-які інші матеріали, для горіння яких не потрібно кисень. Ці моделі активно використовуються у транспортних засобах, офісах, громадських та побутових приміщеннях.

**Перевага:** з їх допомогою ефективно зупиняється поширення полум'я. Цьому сприяє зниження температури вогню. Також на ефективність впливають пластівці, що ізолюють вогонь від зовнішнього кисню в повітрі, обволікаючи вуглекислим газом.

**Недолік:** випаровування вогнегасного засобу, ризик обмороження рук при неакуратній роботі з елементами конструкції, що відповідають за подачу ОТВ, а також негативний вплив парів газу на організм людини.

**Хладонові вогнегасники.** На підприємствах з підвищеними вимогами пожежної безпеки до збереження матеріальних цінностей і документації використовуються такі первинні засоби пожежогасіння, як хладонові вогнегасники. За принципом дії і конструкційними особливостями хладонові вогнегасники нагадують вуглекислотні.

Вогнегасною речовиною в структурі хладонового вогнегасника є безпосередньо хладон. Ця речовина є газоподібною сумішшю, подібною до тієї, що використовується як теплоносій у холодильних установках.

Зазвичай для заряджання цього типу вогнегасників використовується хладон FE-36 і подібні до нього суміші. Варто зауважити, що ці хладонові сполуки не шкодять озоновому шару атмосфери і не провокують утворення корозії.

Конструкційні особливості та принцип роботи хладонового вогнегасника тотожні особливостям і принципу роботи аналогічного вуглекислотного пристрою. За своєю суттю це – сифонна установка, заповнена хладоном, який вибризкується назовні під впливом надлишкового тиску.

Всередині балона вогнегасника розміщується сифонна трубка, з'єднана з зарядно-пусковим механізмом (рис.2.10). У відкритому положенні відбувається викид хладону в осередок загоряння завдяки його переходу з рідкого агрегатного стану в твердий (сніг). У процесі цієї трансформації відбувається реакція заміщення кисню, що своєю чергою уповільнює або зупиняє горіння матеріалів. Порівняно з вуглекислотними вогнегасниками хладонові мають меншу вагу, менші розміри і водночас аналогічний час роботи, що робить їх

більш комфортними у використанні.

**Застосування хладонових вогнегасників.** Хладонові вогнегасники, як найбільш затребувані первинні засоби пожежогасіння, використовуються там, де необхідно зберегти матеріальні цінності (зокрема й від впливу вогнегасної речовини). Такими місцями можуть бути:

- оргтехніка та електронне обладнання;
- диспетчерські та телекомунікаційні пункти;
- транспортна галузь (спеціалізований, залізничний, громадський і приватний транспорт);
- електроустановки;
- архіви і музейні цінності;
- лабораторний посуд, виготовлений зі спецскла.

**Принцип роботи хладонового вогнегасника.** Хладонові вогнегасники використовуються для гасіння пожеж таких класів:

- В – горіння рідин;
- С – горіння газів.

Хладон також використовується для ліквідації загорянь в електроустановках, які перебувають під напругою до 110 кВ (умова: процес горіння має бути на початковій стадії).

В основі **принципу роботи хладонового вогнегасника** лежить виштовхування скрапленого газу під впливом надлишкового тиску. Це відбувається у такій послідовності:

1. Під час вивільнення з вогнегасника хладон переходить у твердий агрегатний стан, тобто перетворюється на снігоподібну субстанцію.
2. Ця субстанція вкриває рівномірним шаром осередок загоряння і припиняє процес горіння.
3. Під час роботи вогнегасник не переохолоджується, відповідно не виникає загрози обмороження (на відміну від вуглекислотного вогнегасника). Тому на хладоновому вогнегаснику немає розтруба.
4. Після завершення гасіння хладон повністю випаровується з поверхні, і вона залишається неушкодженою (на відміну від використання води або піни).

**Правила користування хладоновим вогнегасником [9].**

Принцип використання хладонового вогнегасника досить простий:

1. Висмикніть чеку і спрямуйте шланг на осередок загоряння з дистанції не менш ніж 1 м.
2. Натисніть на спусковий механізм.
3. Після завершення гасіння треба провітрити приміщення.

**Перезарядження хладонового вогнегасника** здійснюється безпосередньо після використання або 1 раз на 5 років. **Повний термін роботи** становить 10 років.

Хладонового вогнегасник є відмінним засобом для гасіння пожежі, оскільки володіє непоганими технічними і експлуатаційними показниками. До **переваг пристроїв** варто віднести:

- високу ефективність;

- можливість використання для гасіння загоряння електроустановок, підключених до електромережі;
  - можливість застосування для гасіння твердих предметів, газу і горючої рідини;
  - зниження ризику псування електронного обладнання під час гасіння пожежі;
  - забезпечення високого рівня безпеки під час зберігання пристроїв.
- Навіть при випадковій розгерметизації балону не завдається шкоди людині. Це пояснюється малою токсичністю хладону;
- практично всі хладони, використовувані для зарядки вогнегасних балонів, не завдають шкоди навколишньому середовищу;
  - пристрій може безперервно працювати в температурному діапазоні + 50 ... -50 градусів;
  - для користування пристроєм не потрібно володіти особливими навичками;
  - виключається ризик обмороження рук, оскільки температура в балоні знижується повільно.

Також важливою перевагою є можливість використання цих вогнегасників для гасіння будь-яких пожеж на будь-якій площі.

Вогнегасні речовини, що містяться в балоні, відрізняються специфічними властивостями. Незважаючи на масу переваг, хладони мають деякі **недоліки**, які також слід враховувати:

- під дією високих температур утворюються небезпечні для здоров'я людини сполуки, тому ризик отруєння людей, які не мають засоби захисту, не виключається.
- є хладони, які є дуже чутливими до зростання температури в діапазоні 10-15 градусів. Через таку особливість в балоні підвищується тиск. Також може статися розрив запобіжної мембрани і мимовільний запуск агрегату;
- газ розпадається на безпечні компоненти порівняно довго. Існують такі хладони, які містяться в атмосфері більше 250 років;
- деякі компоненти, що містяться в вогнегасній речовині, відносять до парникових газів, які відіграють важливу роль в глобальному потеплінні.

Хладонові вогнегасники виготовляють і застосовують з урахуванням перерахованих вище недоліків.

Така речовина, як **хладон 23, заборонено для використання в хладонових вогнегасниках**. Це пояснюється його негативною дією на організм людини і природу.

**Порошкові вогнегасники.** У світовій практиці гасіння пожеж порошки знаходять найбільше поширення, оскільки порошок порівняно дешевий, нетоксичний, не псує предметів, на які потрапляє. Порошки знайшли застосування в гасінні пожеж за допомогою вогнегасників, автоматичних установок пожежного захисту, порошкових автомобілів.

Вогнегасний ефект порошкового гасіння полягає в:

- інгібуванні реакції окиснення;

- створенні на поверхні речовини, що горить, ізолюючої плівки;
- створенні хмари порошку з властивостями екрану;
- механічному забрудненні полум'я твердими частинками порошку;
- виведенні, виштовхуванні кисню із зони горіння.

**Принцип роботи порошкового вогнегасника (рис.2.11).**

В апаратах, укомплектованих внутрішнім газогенератором, джерелом газу або оснащених ємністю зі стисненим газом, в процесі використання виникає надлишковий тиск, спрямоване викидання вогнегасної порошку. При необхідності гасіння пожежі:

- витягнуть запобіжник (чеку);
- відведіть догори ручку запуску;
- натисніть пензлем на важіль розпилювача.

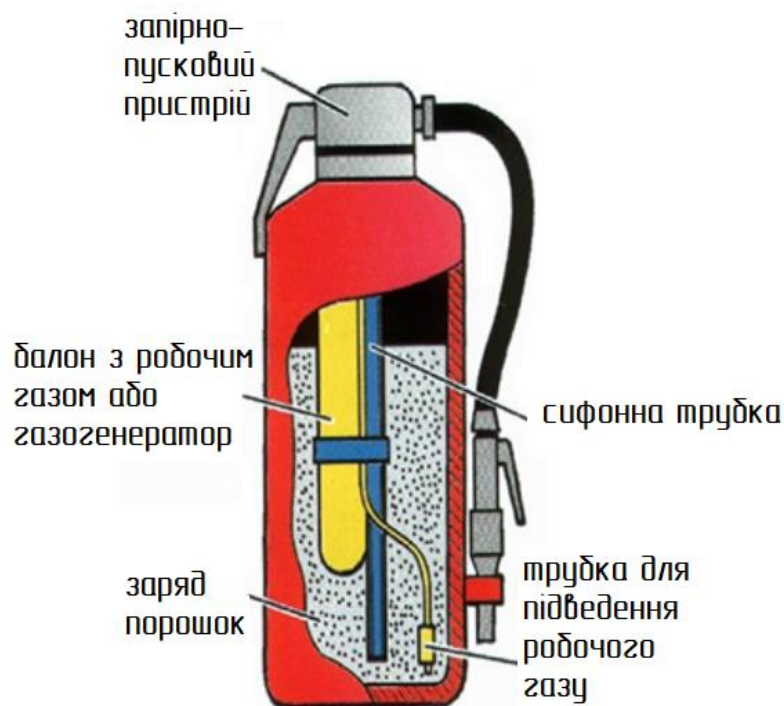


Рисунок 2.11 – Схема порошкового вогнегасника

Джерело: [18]

Гасіння проводиться з відстані 3-4 метрів від вогню з боку напрямку вітру. У вогнегасниках з закачувальним принципом роботи необхідно попередньо переконатися в достатньому тиску робочого газу на манометрі. Після цього:

- наблизьтесь до місця загоряння з навітряного боку за 3-4 м;
- витягнуть чеку, наставивши отвір сопла на вогонь;
- натисніть на рукоятку запуску.

Після згасання пожежі, апарати з внутрішнім газогенератором або закачувальним механізмом необхідно звільнити від залишився порошку, повторно затиснувши ручку запуску. Пристрої з балонами стисненого газу допустимо використовувати до 5 разів при переривчастій подачі вмісту (не більше 120 с/раз).



Обслуговування порошкових вогнегасників полягає в регулярному контролі тиску робочого газу та своєчасної зміни вогнегасної речовини.

**Рекомендації щодо оснащення об'єктів вогнегасниками.**

З 26.01.2021 вступив в дію наказ Міністерства внутрішніх справ “Про затвердження Змін до Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників” № 765 в редакції від 28.10.2020р. , яким удосконалено положення, що регулюють питання вибору типу та необхідної кількості вогнегасників [10].

Згідно з документом критеріями вибору типу вогнегасника та необхідної для захисту об'єкта кількості є:

- категорія за вибухопожежною та пожежною небезпекою виробничих, складських та лабораторних приміщень;
- клас можливої пожежі;
- придатність вогнегасника для гасіння пожежі певного класу та відповідність умовам його експлуатації;
- площа, яка захищена.

В табл. 2.7 наведені рекомендації по оснащенню приміщень переносними вогнегасниками.

Будівлі та споруди, які зводяться та реконструюються, мають бути забезпечені вогнегасниками з розрахунку:

- на 200 м<sup>2</sup> площі підлоги – один вогнегасник (якщо площа поверху менша 200 м<sup>2</sup> – два вогнегасники на поверх);
- на кожні 20 м довжини риштування (на поверхах) – один вогнегасник (але не менше двох на поверсі);
- на 200 м<sup>2</sup> площі перекриття з горючим утеплювачем або горючими покрівлями – один вогнегасник;
- на кожному люльку агрегату для будівництва градирень – по два вогнегасники;
- у місці встановлення теплогенераторів, калориферів – два вогнегасники.

У вищезазначених місцях слід застосовувати вогнегасники пінні чи водяні місткістю 10 л або порошкові місткістю не менше 5 л.

Будинки адміністративного та побутового призначення і громадські будинки, у тому числі підприємства торгівлі, на кожному поверсі повинні мати не менше двох переносних (порошкових, водопінних або водяних) вогнегасників з масою заряду вогнегасної речовини 5кг і більше. Якщо ж площа поверху більша за 100 м<sup>2</sup>, кількість вогнегасників визначають з розрахунку 1 кг вогнегасної речовини на кожні 10 м<sup>2</sup> площі підлоги.

Крім того, слід передбачати по одному газовому вогнегаснику з величиною заряду вогнегасної речовини 3 кг і більше:

- на 20 м<sup>2</sup> площі підлоги в офісних приміщеннях з оргтехнікою, коморах, електрощитових, вентиляційних камерах та інших технічних приміщеннях;
  - на 50 м<sup>2</sup> площі підлоги в приміщеннях архівів, бібліотек, музеїв.
- Приміщення площею менше ніж 20 м<sup>2</sup>, у яких розміщено оргтехніку, слід оснащувати переносним газовим вогнегасником ВВК-2.

Таблиця 2.7 – Рекомендації по оснащенню приміщень переносними вогнегасниками

Категорія приміщення	Гранична площа, яка захищена, м <sup>2</sup>	Клас пожежі	Пінні та водні вогнегасники місткістю, 10л	Порошкові вогнегасники місткістю, л			Хладонні вогнегасники місткістю 2(3)л	Вуглекислотні вогнегасники місткістю, л	
				2	5	10		2(3)	5(8)
А, Б, В (горючі гази і рідини)	200	А	2++	-	2+	1++	-	-	-
		В	4+	-	2+	1++	4+	-	-
		С	-	-	2+	1++	4+	-	-
		Д	-	-	2+	1++	-	-	-
В	400	А	2++	4+	2++	1+	-	-	2+
		Д	-	-	2+	1++	-	-	-
Г	800	В	2+	-	2++	1+	-	-	-
		С	-	4+	2++	1+	-	-	-
Г, Д	1800	А	2++	4+	2++	1+	-	-	-
		Д	-	-	2+	1++	-	-	-
Громадські будівлі і споруди	800	А	4++	8+	4++	2+	-	-	4+

В табл. 2.8 наведено рекомендації щодо оснащення приміщень пересувними вогнегасниками.

Таблиця 2.8 – Рекомендації щодо оснащення приміщень пересувними вогнегасниками

Категорія приміщення	Гранична площа, яка захищена, м <sup>2</sup>	Клас пожежі	Повітряно-пінні вогнегасники місткістю, 100 л	Комбіновані вогнегасники місткістю (піна порошок) 100л	Порошкові вогнегасники місткістю 50 (100) л	Вуглекислотні вогнегасники місткістю, л	
						25 (40)	80
А, Б, В (горючі гази і рідини)	500	А	1++	1++	1++	-	3+
		В	2+	1++	1++	-	3+
		С	-	1+	1++	-	3+
		Д	-	-	1++	-	-
В (окрім горючих газів і рідин)	800	А	1++	1++	1++	4+	2+
		В	2+	1++	1++	-	3+
		С	-	1+	1++	2	3+
		Д	-	-	1++	-	-

Примітки:

1. Максимальні площі можливих вогнищ пожеж класів А і В в приміщеннях, в яких передбачається використання вогнегасників, не повинні перевищувати вогнегасної здатності переносних вогнегасників.
2. Знаком «++» позначені вогнегасники, рекомендовані до оснащення об'єктів, знаком «+» – вогнегасники, застосування яких дозволяється в разі відсутності рекомендованих вогнегасників та за наявності відповідного обґрунтування; знаком «-» – вогнегасники, які не допускаються для оснащення об'єктів.

Для захисту квартир багатоквартирних житлових будинків і будинків індивідуальної забудови слід використовувати переносні вогнегасники з розрахунку один водяний (ВВ-5, ВВ-6) чи водопінний (ВВП-6) або один порошковий (ВП-2, ВП-3) вогнегасник на одну квартиру або на один будинок індивідуальної забудови.

**Для захисту приміщень від пожеж, пов'язаних з горінням речовин, які застосовуються для приготування їжі (рослинні або тваринні масла і жири), слід використовувати переносні вогнегасники з можливістю гасіння пожежі класу F з розрахунку один вогнегасник на одне окреме робоче місце.**

Під час вибору типу і необхідної кількості вогнегасників як елементів протипожежного захисту об'єкта слід також керуватися галузевими правилами пожежної безпеки, нормами технологічного проектування та іншими нормативно-правовими актами, що регламентують вимоги до оснащення об'єктів вогнегасниками. При цьому Правила експлуатації та типових норм належності вогнегасників не поширюються на:

- об'єкти, у яких зберігаються, виробляються або є в обігу вибухові речовини і засоби підривання, небезпечні хімічні речовини, радіаційні та бактеріологічні засоби;

- підземні споруди підприємств гірничодобувної промисловості;

- електрорухомий склад, шахти, тунелі та підземні споруди метрополітену;

- транспортні засоби залізничного, повітряного, річкового та морського транспорту.

Також іншим нормативним документом потрібно користуватися при оснащенні вогнегасниками колісних транспортних засобів. Норми оснащення вогнегасниками колісних транспортних засобів затверджені постановою Кабміну від 08.10.1997 року № 1128.

Під час вибору типу вогнегасників необхідно враховувати кліматичні умови експлуатації будівель та споруд, вибираючи вогнегасник з відповідною температурною межею використання [19]. Також, якщо на об'єкті можливі комбіновані осередки пожеж, то перевага у виборі вогнегасника віддається більш універсальному щодо області застосування.

При розташуванні вогнегасників необхідно щоб відстань від можливого осередку пожежі до місця розташування вогнегасника не перевищувала 20 м для громадських будівель та споруд та 30 м – для приміщень категорій А, Б, В (горючі гази та рідини); 40 м – для приміщень категорій В, Г; 70 м – для приміщень категорії Д.

### **Порядок виконання лабораторної роботи**

1. Відповідно до умов, наведених в табл. 2.9 визначити категорію приміщення за вибухопожежною та пожежною безпекою, вибір обґрунтувати;

2. Встановити клас можливої пожежі горючих речовин і матеріалів, що перебувають на об'єкті (вибір обґрунтувати);
3. Визначити тип та необхідну кількість вогнегасників.

Таблиця 2.9 – Результати визначення типу та кількості вогнегасників

Характеристика виробництва	Категорія приміщення за вибухопожежною та пожежною небезпекою	Тип вогнегасника	Кількість
Столярний цех промислового підприємства. Основні технологічні операції – виготовлення дерев'яної упаковки для готової продукції. Загальна площа приміщення цеху – 760 м <sup>2</sup>			
Цех механічної обробки металів площею 1550 м <sup>2</sup>			
Приміщення акумуляторної площею 32 м <sup>2</sup>			
Складу ЛЗР. Площа – 290 м <sup>2</sup>			

### Зміст звіту

1. Короткі теоретичні відомості.
2. Таблиця результатів теоретичних досліджень (табл. 2.9).
3. Висновки.

### Контрольні питання

1. Які вимоги до вогнегасних речовин?
2. Що позначає комплексна дія вогнегасної речовини?
3. Назвіть основні первинні засоби протипожежного захисту.
4. Наведіть основні види вогнегасників.
5. Назвіть недоліки хладонових вогнегасників.

## 2.4 Лабораторне заняття 4. Визначення показників пожежної небезпеки аварійного розливу легкозаймистих та горючих рідин

**Мета заняття:** ознайомлення з методикою експериментального дослідження параметрів, що характеризують розтікання горючих рідин по поверхні твердих тіл.

## Загальні відомості

Аварії технологічного обладнання та установок нерідко пов'язані з порушенням герметичності апаратів, резервуарів та трубопроводів, розтіканням горючих та легкозаймистих рідин, що сприяє розвитку пожежі з невеликого осередку горіння у пожежу, яка має характер катастрофи та призводить до значних матеріальних збитків, загибелі людей та порушення роботи цілого промислового об'єкта, зокрема енергетичного підприємства [11].

До показників, що характеризують пожежну небезпеку розливу горючих та легкозаймистих рідин по твердій поверхні, до яких відносяться площа розливу, радіус зони розливу, коефіцієнт розливу. Слід відзначити також, що знання площі випаровування розлитої рідини за умов аварії є необхідною умовою при визначенні категорії приміщень, будинків і зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. Але на жаль, в довідниках з пожежної небезпеки речовин і матеріалів дані про розтікання рідин відсутні.

Як відомо, розтікання рідини залежить від таких факторів, як витрата, тривалість витоку, в'язкість тощо. Радіус розтікання горючих рідин на горизонтальних поверхнях виражається здобутком ступеневих функцій критерія Галілея та критерія гомохронності [11]:

$$\frac{R}{l} = G_a^m \cdot H_0^n \quad (2.4)$$

де  $R$  – радіус розтікання рідини, м;  
 $l$  – визначальний розмір, м;  
 $A$  – постійна величина;  
 $G_a$  – критерій Галілея;  
 $H_0$  – перетворений критерій гомохронності;  
 $m$  та  $n$  – показники ступеня, які визначаються експериментально.

Критерій Галілея визначається за формулою:

$$G_a = g \cdot \frac{l^3}{\nu^3} \quad (2.5)$$

Перетворений критерій гомохронності :

$$H_0 = g \cdot \frac{\tau^2}{l} \quad (2.6)$$

На підставі формули (2.4) встановлено залежність радіус розтікання від тривалості, в'язкості, об'єму та витрати горючої рідини, що витікає під час аварії. Ці залежності описуються наступними рівняннями:

при разовому витоку

$$\frac{R}{\sqrt[3]{V}} = 0.58 \cdot \left(g \cdot \frac{v}{v^2}\right)^{0.08} \left(g \cdot \frac{\tau^2}{\sqrt[3]{v}}\right)^{0.06} \quad (2.7)$$

при безперервному витоку

$$\frac{R}{\sqrt[3]{Q \cdot \tau}} = 0.46 \cdot \left(g \cdot \frac{Q \cdot \tau}{v^2}\right)^{0.08} \left(g \cdot \frac{\tau^2}{\sqrt[3]{Q \cdot \tau}}\right)^{0.06} \quad (2.8)$$

- де  $R$  – радіус розтікання рідини, м;  
 $V$  – швидкість руху рідини, м/с;  
 $Q$  – витрата рідини, м<sup>3</sup>/с;  
 $g$  – прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>;  
 $v$  – коефіцієнт кінематичної в'язкості, м<sup>2</sup>/с.

Швидкість витоку рідини з закритої ємкості з тиском  $P$  на поверхні рідини до середовища з тиском  $P_0$  через отвір визначається за формулою:

$$V = \varphi \sqrt{\frac{2}{\rho} [g \cdot H + (P - P_0)]} \quad (2.9)$$

- де  $\varphi$  – коефіцієнт швидкості, який враховує втрати напору в отворі;  
 $\rho$  – густина рідини, що витікає, кг/м<sup>3</sup>;  
 $H$  – напір в центрі отвору, м;  
 $P$  – тиск на поверхні рідини, Па;  
 $P_0$  – тиск середовища, в яке витікає рідина, Па.

Витрата рідини, що витікає з отвору визначається за формулою:

$$Q = \mu \cdot S_0 \sqrt{\frac{2}{\rho} [g \cdot H + (P - P_0)]} \quad (2.10)$$

- де  $\mu$  – коефіцієнт витрати отвору  
 $S_0$  – площа перерізу отвору, м<sup>2</sup>.

Отже, використовуючи формули (2.9) та (2.10) можна визначити фактичну площу дзеркала горючої рідини, що розтікається під час аварії.

## Опис лабораторної установки

Лабораторна установка (рис. 2.12) складається зі робочої поверхні 1, що розділена вертикальним склом 6 на дві однакові половини. На одній половині столу закріплюється штатив 4 з бюреткою 5, а також джерело освітлення (лампа) 3. Бюретка 5 має вентиль 7 для дозування кількості рідини, що подається на робочу поверхню (скло, лінолеум) 2.

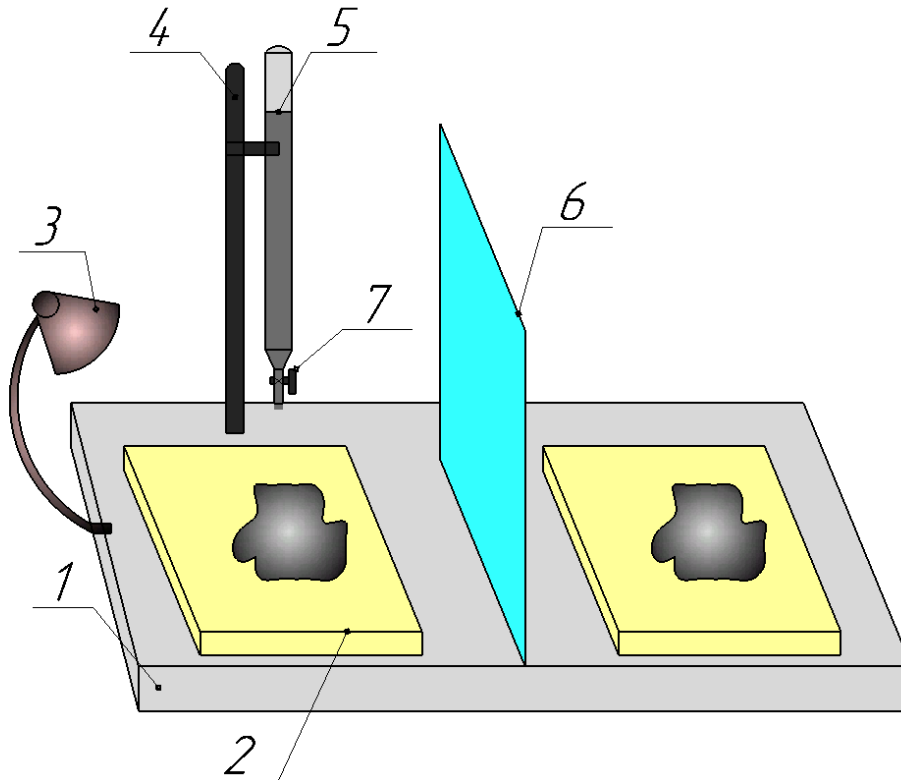


Рисунок 2.12 – Схема лабораторної установки

Джерело: розроблено автором

## Порядок виконання лабораторної роботи

1. Вивчити параметри, що характеризують розтікання горючих рідин по твердим поверхням: розтікання, максимальне розтікання, товщина плівки, діаметр еквівалентного кола, коефіцієнт впливу властивостей поверхні.
2. Ознайомитись з влаштуванням лабораторної установки.
3. Увімкнути витяжну шафу.
4. Отримати у викладача рідину для дослідження та залити її в бюретку.
5. Підготувати поверхню скла до дослідів, для чого очистити її спеціально підготовленим розчином, промити чистою водою та висушити повітрям.
6. Розташувати скло під бюреткою, випустити з неї на поверхню скла перший об'єм рідини (наприклад, 1 мл) та почекати до завершення розтікання (1хв.).
7. Перенести окреслення контуру рідини на міліметровий папір/на кальку, для чого розташувати його з іншого боку столу.

8. Ввімкнути лампу і, використовуючи дзеркальний ефект, обвести олівцем зображення рідини на папері.

9. Визначити площу усередині контуру на міліметровому папері/зважуванням кальки.

10. За експериментальними даними побудувати графіки залежності площі розтікання рідини від об'єму розлитої рідини на різні поверхні: скло, лінолеум.

### **Зміст звіту**

1. Короткі теоретичні відомості.
2. Міліметрова бумага з нанесеною плямою розливу рідини
3. Висновки.

### **Контрольні питання**

1. Які вимоги пожежної безпеки процесів зберігання легкозаймистих і горючих рідин.
2. Що таке легкозаймисті рідини?
3. Які речовини називаються горючими? Наведіть приклади.
4. Які показники характеризують пожежну небезпеку розливу горючих та легкозаймистих рідин по твердій поверхні?

## **2.5 Лабораторне заняття 5. Визначення надлишкового тиску вибуху для горючого пилу**

**Мета заняття:** ознайомитися з вибухонебезпечними властивостями горючого пилу та методикою розрахунку визначення надлишкового тиску вибуху для горючого пилу.

### **Загальні відомості**

Пожежну небезпеку представляють як пилові хмари, так і відкладення пилу на будівельних конструкціях та технологічному обладнанні. Обертання ж в технологічних процесах таких потенційно небезпечних речовин, як пластмаса, барвники, натуральне паливо тощо в мілко подрібненому стані, створює загрозу вибуху усередині технологічного обладнання та у виробничих приміщеннях. Вибухи пилу виникають також і при створенні інтенсивних технологій переробки дисперсних матеріалів: при подрібненні та розмелі зерна, при добутку кам'яного вугілля тощо [12].

Найбільшу руйнівну силу мають вибухи пилу, що виникають у виробничих приміщеннях. Відомо, що в цих умовах вибухи дуже часто мають



«естафетний» характер: невеликий хлопок приводить до завихрення відкладень пилу на будівельних конструкціях, апаратах, технологічних комунікаціях. При цьому утворюються хмари пилу великого об'єму, що й при згорянні створюють ударні хвилі, від яких руйнуються несучі конструкції будівель.

При вивченні питання щодо виходу горючого пилу у виробниче приміщення основну увагу необхідно приділяти оцінці запилення приміщення з врахуванням осілого пилу (аерогелю), що може тліти та горіти, створюючи при цьому пожежну небезпеку, а за визначених умов переходити у завислий стан, утворюючи з повітрям вибухонебезпечні суміші.

**Вибух пилу** – хімічна реакція горіння завислого в повітрі пилу, що має надзвичайно швидкий перебіг і дуже поширюється. Він супроводжується утворенням великого об'єму газоподібних продуктів горіння і підвищенням тиску, внаслідок чого може зруйнуватися скло вікон або навіть стіни приміщення. Причиною такого швидкого займання є величезна питома поверхня взаємодії з повітрям. Володіючи нею, пил набуває деяких властивостей, що слабко виявляються у твердих речовин у компактному стані. Так, пил здатний своєю поверхнею поглинати велику кількість газів і пари. Він поглинає кисень повітря, у зв'язку з чим реакція прискорюється. Крім того, маючи велику поверхню, пил під час руху здатний заряджатися статичною електрикою. Величина заряду залежить від швидкості руху пилу, її поверхні, вологості, концентрації й властивостей пилу. У разі розряду статичної електрики виникають іскри, що здатні підпалити пил.

Ступінь пожежонебезпечності пилу визначає температура його самозаймання.

**Температура самозаймання** – це температура, при якій пил може самостійно загорітися без зовнішнього джерела запалювання.

Що вона нижча, то пил пожежонебезпечніший.

Ступінь вибухонебезпеки залежить від нижньої концентраційної межі поширення полум'я вибуху пилу.

**Нижня концентраційна межа поширення полум'я** – це мінімальна об'ємна (масова) частка горючої речовини (пилу) у суміші з даним окислювачем, при якій можливе займання (самозаймання) суміші від джерела запалювання з наступним поширенням полум'я по суміші на будь-яку відстань від джерела запалювання.

Що менша НКМПП вибуху для згаданого пилу, то частіше і швидше можуть виникати вибухонебезпечні концентрації.

За ступенем вибухо- і пожежонебезпечності пил поділяють на дві групи й чотири класи (згідно з ДСТУ Б В.1.1-36 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою, ДНАОП 0.00-1.32-01 Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок):

-вибухонебезпечний (група А) – пил із нижньою концентраційною межею поширення полум'я (НКМПП) до  $65 \text{ г/м}^3$ ;

-найбільш вибухонебезпечний (І клас) – пил із НКМПП до 15 г/м<sup>3</sup> (пил сірки, каніфолі, нафталіну, сухого молока, торфу);

-вибухонебезпечний (ІІ клас) – пил із НКМПП від 15 до 65 г/м<sup>3</sup> (пил кави, чаю, борошна, вугілля, сіна, гороху);

-пожежонебезпечний (група Б) – пил із НКМПП понад 65 г/м<sup>3</sup>.

-найбільш пожежонебезпечний (ІІІа клас) – пил із температурою самозаймання до 250 °С (пил тютюну);

-пожежонебезпечний (ІІІ клас) – пил із температурою самозаймання понад 250 °С (деревний та вугільний пил).

Вибуховість вугільного пилу залежить від вмісту в ньому летких речовин, зольності, вологості, тонкості й концентрації. Вибуховим вважають пил, який вміщує понад 10% летких речовин, має зольність і вологість до 40%, розмір часток до 0,1 мм, і концентрація його сягає 10-3000 г/м<sup>3</sup>.

Пил стає вибухонебезпечним у разі:

-наявності в повітрі вибухонебезпечної концентрації пилу, а також осілого пилу;

-наявності джерела займання з температурою, не нижчою за температуру самозаймання;

-достатньої кількості кисню в повітрі робочої зони.

Причини пилоутворення:

- неправильна і недостатня робота аспіраційних установок, вимкнення їх під час роботи технологічного обладнання;

- відкриті під час роботи люки машин і апаратів, завали, випускання продукції на підлогу, навіть за виробничої потреби;

- неякісне прибирання приміщень, недостатнє і несвоєчасне витирання пилу з обладнання, стін, стель і конструкцій.

Для визначення запилення приміщень можна використати наступний спосіб: на поверхнях з відкладеннями пилу (обладнання, будівельні конструкції, підлоги) вимірюють товщину шару осілого пилу та площу запиленої поверхні; загальну площу поверхонь з відкладеннями пилу множать на середню товщину шару і одержують загальний об'єм пилу; відбирають проби пилу і визначають об'ємну або насипну вагу; множать об'єм відкладеного пилу на його вагу і, таким чином, одержують його загальну масу; визначають максимально можливу концентрацію пилу в об'ємі всього приміщення або максимальний об'єм вибухонебезпечної пилоповітряної суміші [13].

Також, концентрацію пилу в повітрі робочої зони можна визначати ваговим (гравіметричний) методом. Ваговий метод полягає в протягуванні через фільтр повітря заданого об'єму, зважуванні відкладених на фільтрі пилових частинок та розрахунку на основі цих даних масової концентрації пилу, мг/м<sup>3</sup>. Для цього застосовуються спеціальні аналітичні аерозольні фільтри марки АФА, що складаються з фільтрувального елемента та захисних паперових кілець з виступами. Для фільтрувальних елементів використовується матеріал ФП (фільтр Петрянова), що складається із рівномірного шару тонких полімерних волокон на марлевій підкладці [14].

Для швидкого визначення концентрації пилю в приміщенні використовують експрес-методи. В якості приладів для визначення концентрації пилю в даних методах застосовуються пиломіри.

Оцінка можливості виникнення вибухонебезпечного середовища у приміщенні виконується за наступною умовою:

$$\varphi'_{\text{факт}} \geq \varphi'_n \quad (2.11)$$

де  $\varphi'_{\text{факт}}$  – фактична концентрація пилю в приміщенні, г/м<sup>3</sup>;  
 $\varphi'_n$  – НКМПП пилоповітряної суміші, г/м<sup>3</sup>.

НКМПП визначається з довідників, розрахунком або експериментально в лабораторних умовах.

### Опис лабораторної установки

Запиленість повітряного середовища приміщення визначається на лабораторній установці, що наведена на рис. 2.13. Дана установка складається з таких основних елементів: пилова камера 1, компресора для подачі стислого повітря 2, гумової трубки 3, насадки 4, отворів для розміщення пиломіра 5.

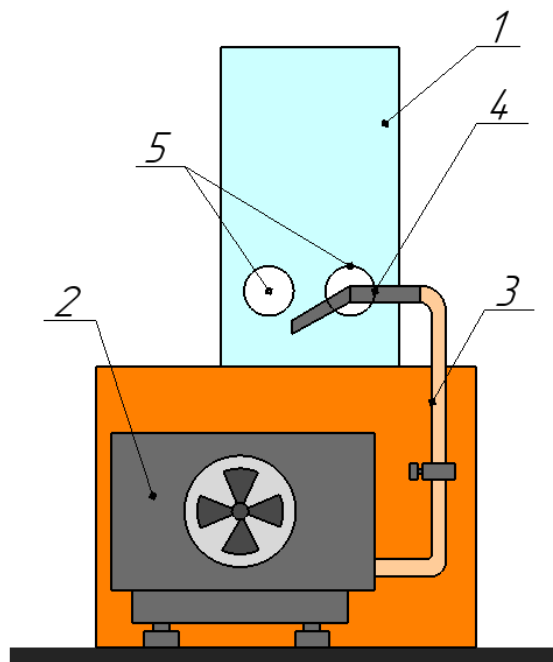


Рисунок 2.13 – Схема лабораторної установки

*Джерело: розроблено автором*

В якості пиломіра використовують портативний тестер запиленості повітря Walcom NT-9600.

За допомогою пилової камери 1 імітують робоче приміщення, усередині якого штучно створюють підвищену запиленість повітря. Для цього в камеру поміщають навіску пилю, який при досліді приводять в зважений стан потоком

стислого повітря. Подачу стислого повітря в камеру від компресора 2 регулюють краном.

### Порядок виконання лабораторної роботи

1. Перед початком роботи здобувачі ознайомлюються з принципом визначення концентрації пилу в приміщенні портативним тестером запиленості повітря Walcom NT-9600;

2. Викладач видає наважку пилу, який необхідно розмістити в пилову камеру;

3. Здобувачі попередньо вимірюють геометричні розміри пилової камери.

4. Для створення запиленого повітря здобувачі вмикають компресор і краном регулюють інтенсивність подачі стислого повітря.

5. Далі вносимо у отвір 5 пилової камери 1 портативний тестер запиленості повітря Walcom NT-9600. Вмикаємо тестер та фіксуємо значення запиленості повітря у приміщенні. Також, за допомогою тестера, визначаємо дисперсний склад пилу в повітрі пилової камери.

### Обробка результатів експерименту

Обробку результатів експериментальних досліджень проводимо відповідно до ДСТУ Б В.1.1-36:2016 [2].

Розрахунок надлишкового тиску вибуху для горючого пилу  $\Delta P$  у кіло Паскалях обчислюють за формулою (2.11).

$$\Delta P = \frac{m \cdot P_0 \cdot H_T \cdot Z}{V_{\text{вільн}} \cdot \rho_{\text{пов}} \cdot C_p \cdot T_0} \cdot \frac{1}{K_n} \quad (2.11)$$

де  $P_0$  – атмосферний тиск, кПа (приймаємо за показаннями барометра);

$m$  – маса парів горючої речовини (пилу), що потрапили в результаті розрахункової аварії до об'єму приміщення, яку визначають для ГР, кг;

$H_T$  – теплота згорання, Дж·кг<sup>-1</sup>;

$Z$  – коефіцієнт участі пилу у вибуху, розрахований на підставі характеру розподілення газів і парів в об'ємі приміщення;

$V_{\text{вільн}}$  – вільний об'єм приміщення, м<sup>3</sup>;

$\rho_{\text{пов}}$  – густина повітря до вибуху за початкової температури  $T_0$ , кг·м<sup>-3</sup>;

$C_p$  – теплоємність повітря, Дж·(кг<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>) (дозволено приймати такою, що дорівнює  $1,01 \cdot 10^3$  Дж (кг<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>))

$K_n$  – коефіцієнт, що враховує негерметичність приміщення й неадиабатичність процесу горіння. **Дозволено приймати  $K_n = 3$ .**

Під величиною  $Z$  розуміють коефіцієнт участі пилу в завислому стані (стані аерозолі) у вибуху, який розраховують за формулою:

$$Z = 0,5 \cdot M_{кр} \quad (2.12)$$

де  $M_{кр}$  – масова частка частинок пилу розміром менше критичного. З перевищенням критичного розміру частинок пилу аерозоль стає вибухобезпечною, а саме такою, що не здатна поширювати полум'я.

У разі відсутності можливості отримання даних щодо масової частки частинок пилу розміром частинок менше критичного **дозволено приймати  $Z = 0,5$** .

Масу горючого пилу  $m$  у кілограмах, що знаходиться у стані аерозолі в об'ємі приміщення в результаті аварії визначають з урахуванням експериментально отриманих даних по вмісту пилу в пиловій камері:

$$m = C \cdot V \quad (2.13)$$

де  $C$  – концентрація пилу в пиловій камері, г/м<sup>3</sup>;  
 $V$  – об'єм пилової камери, м<sup>3</sup>.

### **Зміст звіту**

1. Короткі теоретичні відомості.
2. Розрахунки надлишкового тиску вибуху для горючого пилу.
3. Висновки.

### **Контрольні питання**

1. Які є особливості горіння твердих речовин?
2. Наведіть особливості горіння пилоповітряних сумішей.
3. Назвіть види самозаймання. Що може бути причиною самозаймання?
4. Для чого необхідно визначати показники пожежовибухонебезпечності речовин і матеріалів?
5. Наведіть групи горючих матеріалів і речовин.

## ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Михайлюк О.П., Олійник В.В., Сирих В.М. Теоретичні основи пожежної профілактики технологічних процесів та апаратів : практикум. Харків : НУЦЗУ, 2016. 198 с.
2. ДСТУ Б В.1.1-36:2016. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. URL: <http://surl.li/lacght> (дата звернення 01.10.2024).
3. Правила улаштування електроустановок. URL: <http://surl.li/femiom> (дата звернення 01.10.2024).
4. Як правильно розрахувати час евакуації з приміщень об'єкта у випадку пожеж. URL: <http://surl.li/ekkzxx> (дата звернення 11.10.2024).
5. Книш О.І., Беспалова А.В., Дашковська О.П. Охорона праці в будівництві : методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи для здобувачів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» галузі знань 19 «Архітектура та будівництво» другого освітнього рівня (магістр). Одеса : ОДАБА, 2020. 31 с.
6. Категорії будинків, споруд і зовнішніх установок за пожежної та вибухопожежною небезпекою. URL: <http://surl.li/wcsltc> (дата звернення 01.10.2024).
7. Манідіна Є.А., Грідяєв В.В. Пожежна безпека : курс лекцій для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності 263 «Цивільна безпека» освітньо-професійної програми «Охорона праці». Запоріжжя : Запорізький національний університет, 2024. 313 с.
8. ДСТУ 8829: 2019. Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація. [Чинний від 2020-01-01]. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2020. 70 с. (Інформація та документація).
9. Особливості застосування хладонових вогнегасників. URL: <http://surl.li/ojlyrh> (дата звернення 11.10.2024).
10. Нові вимоги щодо вогнегасників. URL: <http://surl.li/bshueb> (дата звернення 01.10.2024).
11. Щодо аварійного розливу горючих рідин. URL: <http://surl.li/xfczat>.
12. Пожежна профілактика технологічних процесів та апаратів. URL: [http://academy.apbu.edu.ua/e-books/book\\_10/985.html](http://academy.apbu.edu.ua/e-books/book_10/985.html) (дата звернення 11.10.2024).
13. Пожежна профілактика технологічних процесів та апаратів. URL: [http://univer.nuczu.edu.ua/e-books/book\\_10/1063.html](http://univer.nuczu.edu.ua/e-books/book_10/1063.html) (дата звернення 01.10.2024).
14. Манідіна Є.А., Белоконь К.В. Безпека технологічних процесів та обладнання : навчально-методичний посібник для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності 263 «Цивільна безпека» освітньо-професійної програми «Охорона праці». Запоріжжя : Запорізький національний університет, 2022. 133 с.

15. Поняття про вибух. Вплив вибуху на будівлі та споруди. Вибухозахист. URL: <https://ekhnuir.karazin.ua/items/6b0e6892-a481-4606-85c5-f1f1f20f3363> (дата звернення 01.10.2024).

16. Вільсон О.Г. Улаштування блискавкозахисту будівель і споруд : методичні рекомендації до виконання розрахунково-графічної роботи та індивідуальних завдань з охорони праці. Київ : КНУБА, 2020. 36 с.

17. День ОП. URL: <https://ppt-online.org/1081560> (дата звернення 01.10.2024).

18. Горіння й окиснення речовин у повітрі. URL: <https://uahistory.co/pidruchniki/grygorovich-chemistry-7-class-2015/26.php> (дата звернення 01.10.2024).

19. Правила експлуатації та типові норми належності вогнегасників. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0225-18#Text> (дата звернення 12.10.2024).

20. Класифікація будівель і споруд щодо улаштування блискавкозахисту. URL: [https://spo.stu.cn.ua/Oksana/rozrah\\_rozd\\_OP\\_DP\\_bak\\_spec\\_mag/140.html](https://spo.stu.cn.ua/Oksana/rozrah_rozd_OP_DP_bak_spec_mag/140.html) (дата звернення 20.10.2024).

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

### Основна:

1. Пожежна профілактика технологічних процесів : підручник / Н. О. Ференц, Ю. Е. Павлюк. Львів : ЛДУ БЖД, 2019. 332 с.
2. Зберігання та дистрибуція нафти, нафтопродуктів і газу : навч. посіб. / Л.Н. Ширін, О.В. Денищенко, С.Є. Барташевський, Є.А. Коровяка, В.О. Расцветаєв. Дніпро : НТУ«ДП», 2019. 306 с.
3. Білим П. А. Пожежна безпека технологічних процесів : конспект лекцій для студентів усіх форм навчання першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 263 Цивільна безпека. Харків : ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2021. 27 с.

### Додаткова:

1. Шурин І.А., Комарницький Я.О. Забезпечення пожежної безпеки на об'єктах різноманітного призначення : методичні рекомендації. Львів : НУ «Львівська політехніка», 2020. 57 с.
2. Рожков А.П. Пожежна безпека та цивільний захист : poradnik для голів та управлінців освітою територіальних громад / за заг. ред. Грищенко А.А., Мацокіна А.К. Київ : Швейцарсько-український проект DECIDE – «Децентралізація для розвитку демократичної освіти», 2022. 72 с.
3. Рижков В. Г., Белоконь К. В., Манідіна Є. А., Цимбал В. А. Радіаційна безпека у чорній металургії: контроль брухту, дефектоскопія, контрольно-вимірювальні прилади, пожежні датчики. *Металургія*. 2021. № 2. С. 112-120.
4. Манідіна Є. А., Белоконь К. В., Румянцев В. Р., Гордиман О. М. Особливості застосування радіоактивних ізотопів у пожежних датчиках. *Металургія*. 2023. № 1. С. 12-16.
5. ДСТУ 8302:2015. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. [Чинний від 2016-07-01]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 16 с. (Інформація та документація).
6. ДСТУ 3008:2015. Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання. [На заміну ДСТУ 3008-95; чинний від 2017-07-01]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 26 с. (Інформація та документація).

### Інформаційні джерела:

1. ДСТУ 2273:2006 Протипожежна техніка. Терміни та визначення 11 основних понять. URL: [https://antifire.ua/ua/dbn/20-dstu\\_2273\\_2006.pdf](https://antifire.ua/ua/dbn/20-dstu_2273_2006.pdf) (дата звернення 01.10.2024).
2. ДСТУ 4297:2004 Пожежна техніка. Технічне обслуговування вогнегасників. Загальні технічні вимоги. URL: [https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/pdf/pozhezhna\\_tekhnika.\\_tekhnichne\\_o-3-51525.pdf](https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/pdf/pozhezhna_tekhnika._tekhnichne_o-3-51525.pdf) (дата звернення 01.10.2024).



3. ДСТУ 3734-98 Пожежна техніка. Вогнегасники пересувні. Загальні технічні вимоги. URL: <http://surl.li/cnjqvf> (дата звернення: 19.10.2024).

4. ДСТУ EN 62305-2:202\_ (EN 62305-2:2011, IDT). Блискавкозахист. Частина 2. Порядкування ризиком. URL: <http://surl.li/vhjrga> (дата звернення 01.10.2024).

5. НАПБ А.01.001-2014 Правила пожежної безпеки в Україні. URL: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/z0252-15> (дата звернення: 01.10.2024).

6. ДБН Б.2.2-12:2019 Планування і забудова територій. URL: <https://dreamdim.ua/wp-content/uploads/2019/07/DBN-B22-12-2019.pdf> (дата звернення 01.10.2024).

7. ДБН В 1.1-7-2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. URL: <https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/28a25142ab16479b848fd157e102a044.pdf> (дата звернення 01.10.2024).

8. ДБН В.2.5-56-2014 Інженерне обладнання будинків і споруд. Системи протипожежного захисту. URL: <https://etz.com.ua/systemy-protypozhezhnogo-zahystu/> (дата звернення 01.10.2024).

**ДОДАТОК А**  
**Значення коефіцієнтів для зв'язку і-го виду. Властивості**  
**вогнебезпечних рідин**

Таблиця А.1 – Значення коефіцієнтів для зв'язку і-го виду

Зв'язок	Коефіцієнт для зв'язку і-го виду, $a_i$	Зв'язок	Коефіцієнт для зв'язку і-го виду, $a_i$	Зв'язок	Коефіцієнт для зв'язку і-го виду, $a_i$
C – C	-2,03	C $\equiv$ N	12,13	Si – H	11,00
C = C	-0,28	C – S	2,09	Si – Cl	10,07
C $\equiv$ C	1,72	C=S	-11,91	N – H	5,83
C – H	1,105	C–F	3,33	O – H	23,9
C – O	2,47	C–Cl	15,11	S – H	5,64
C=O	11,66	C–Br	19,40	P – O	3,27
C – N	14,15	C–Si	-4,84	P = O	9,64

Таблиця А.2 – Властивості вогнебезпечних рідин

Рідина	Густина, $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Температура кипіння, $t_k$ , °C	Температура спалаху, $t_{сп}$ , °C
Етанол	789	78,3	-
Метанол	787	64,9	-
Октан	703	125,7	-
Бензол	874	80	-11
Пентан	621	36	-
Ацетон	792	58,1	-18
Циклогексан	773	80,7	-17
Циклогексанол	962	161	61
Тридекан	756	235	90
Нонан	718	128,3	31
Стирол	902	145	30
Толуол	867	110,6	7
Хлорбензол	1106	132	29
Трихлорбензол	1446	215	110
Оцтова кислота	1049	118	4

**ДОДАТОК Б**  
**Коефіцієнт для розрахунку меж поширення полум'я. Стандартна**  
**теплота утворення. Коефіцієнт флегматизації**

Таблиця Б.1 – Коефіцієнт для розрахунку меж поширення полум'я

Коефіцієнт	N <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>
$h'_f$	0,00865	0,00802	0,00736
$h'_\phi$	1,256	0,78	0,584
$h'_c$	2,528	1,651	1,292
$h'_H$	0,759	0,527	0,427
$h'_O$	0,197	0,446	0,570
$h'_N$	-0,151	-0,147	-0,133
$h'_{c*с}$	1,500	1,500	1,500
$h''_\phi$	2,800	2,236	2,02
$h''_c$	5,946	5,000	4,642
$h''_H$	1,486	1,250	1,160
$h''_O$	-2,973	-2,500	-2,321
$h''_N$	0	0	0
$h''_{c*с}$	0	0	0
$C_j$	0,988	1,247	1,59

Таблиця Б.2 – Стандартна теплота утворення, кДж/моль

Речовина	$\Delta H_{fk}^\circ$	Речовина	$\Delta H_{fk}^\circ$
CH <sub>4</sub>	-74,85	H-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	-124,7
CO	-110,5	ізо-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	-131,6
H <sub>2</sub>	0	H-C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	-146,4
H <sub>2</sub> S	-20,2	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	52,3
NH <sub>3</sub>	-46,1	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	226,8
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	-84,7	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	82,9
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	-103,85	SiH <sub>4</sub>	34,7

Таблиця Б.3 – Коефіцієнт флегматизації

Флегматизатор	K <sub>фк</sub>		
	Органічна речовина	H <sub>2</sub>	CO
N <sub>2</sub>	0,1	0,003	0,02
CO <sub>2</sub>	0,19	0,018	0,096
H <sub>2</sub> O	0,16	0,003	-


## ДОДАТОК В

### Показники для розрахунку температурних меж поширення полум'я

Таблиця В.1 – Показники для розрахунку температурних меж поширення полум'я

Речовина	Константи рівняння Антуана			$\varphi_H$ ; об. %	$\varphi_B$ ; об. %
	A	B	$C_A$		
Пентан $C_5H_{12}$	6,84715	1062,565	231,805	1,47	8,0
Гексан $C_6H_{14}$	6,87024	1166,274	223,661	1,242	7,5
Гептан $C_7H_{16}$	6,95154	1295,405	219,819	1,074	6,7
Октан $C_8H_{18}$	6,96903	1379,556	211,896	0,945	6,2
Нонан $C_9H_{20}$	7,05283	1510,695	211,502	0,843	5,7
Декан $C_{10}H_{22}$	7,39530	1809,975	227,700	0,760	5,1
Анілін $C_6H_7N$	6,92129	1457,020	176,195	1,32	7,5
Ацетон $C_3H_6O$	7,25058	1281,721	237,088	2,91	13,0
Бензол $C_6H_6$	6,98426	1252,776	225,178	1,43	9,5
Гліцерин $C_3H_8O_2$	9,052597	3074,220	214,712	3,09	11,3
Дихлоретан $C_2H_4Cl_2$	7,66135	1640,179	259,715	4,6	16
М-ксилол $C_8H_{10}$	7,00849	1461,925	215,073	1,0	7,6
Метанол $CH_3OH$	8,22777	1660,464	245,818	6,7	38,5
Сірковуглець $CS_2$	7,00048	1202,471	245,616	1,33	50
Етанол $C_2H_5OH$	8,68665	1918,508	252,125	3,61	19,0
Бензин А-72	5,07020	682,876	222,066	1,08	5,1
Дизельне паливо Л	5,87629	1314,04	192,473	0,52	-
Гас освітлювальний КО-20	5,69697	1211,73	194,677	0,55	7,0
Олія трансформаторна	7,75932	2524,17	174,010	0,291	-

Таблиця В.2 – Коефіцієнт для розрахунку температурних меж поширення полум'я

Зв'язок	$a_j$	
	для $t_H$	для $t_B$
C – C	-0,909	-1,158
C = C	-2,66	-4,64
C - H	-0,009	0,57
C - O	0,11	1,267
C = O	5,57	5,86
C - N	-2,14	0,096
N - H	6,53	6,152
O - H	19,75	17,80
	-4,4	-4,6

Таблиця В.3 – Концентраційні межі поширення полум'я, об. %

Речовина	НКМПП	ВКМПП	Речовина	НКМПП	ВКМПП
CH <sub>4</sub>	5,28	15,4	H <sub>2</sub>	4,09	80,0
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	3,07	14,95	CO	12,5	80,0
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	2,31	9,5	NH <sub>3</sub>	17,0	27,0
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	1,8	8,5	Бензол C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	1,43	1,5
C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	1,47	8,0	Етиловий спирт C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	3,61	19,0
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	3,11	35,0	H <sub>2</sub> S	4,0	44,5
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	2,5	82,0			

## ДОДАТОК Г

### Нижча робоча теплота згорання. Середні об'ємні теплоємності

Таблиця Г.1 – Нижча робоча теплота згорання

Речовина	Формула	$Q_H^p$ ; кДж/м <sup>3</sup>
Водень	H <sub>2</sub>	10800
Оксид вуглецю	CO	12640
Метан	CH <sub>4</sub>	35820
Етан	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	63750
Пропан	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	91100
Бутан	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	118000
Пентан	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	146100
Етилен	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	59070
Пропилен	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	86600
Ацетилен	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	56000
Формальдегід	CH <sub>2</sub> O	25480
Сірководень	H <sub>2</sub> S	23400
Хлорметан	CH <sub>3</sub> Cl	28600

Таблиця Г.2 – Середні об'ємні теплоємності

Речовина	$C_p^l$ ; кДж/м <sup>3</sup> · К
CO <sub>2</sub>	1,7132+1,723·10 <sup>-4</sup> · t
H <sub>2</sub> O	1,473+2,498·10 <sup>-4</sup> · t
H <sub>2</sub>	1,306+1,107·10 <sup>-4</sup> · t
SO <sub>2</sub>	1,796+5,98·10 <sup>-4</sup> · t
HCl	1,297+1,70·10 <sup>-4</sup> · t
O <sub>2</sub>	1,308+1,73·10 <sup>-4</sup> · t

## ДОДАТОК Д

### Показники пожежної небезпеки деяких горючих рідин і газів

Таблиця Д.1 – Показники пожежної небезпеки деяких горючих рідин і газів

Речовина	Хімічна формула	Молярна маса, кг/кмоль	Температура спалаху °С	Температура самоспалахування, °С	Константи рівняння Антуана			Нижня концентраційна межа поширення полум'я, %(об.)	Теплота згоряння, кДж
					А	В	Са		
Амілацетат	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	130,196	+43	+290	6,29350	1579,510	21,365	1,08	29879
Амилен	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub>	70,134	<-18	+273	5,91048	1014,294	29,783	1,49	45017
н-Аміловий спирт	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> O	88,149	+48	+300	6,3073	1287,625	61,330	1,46	38385
Аміак	NH <sub>3</sub>	17,03	-	+650	-	-	-	15,0	18585
Анілін	C <sub>6</sub> H <sub>7</sub> N	93,128	+73	+617	6,04622	1457,02	76,195	1,3	32386
Ацетальдегід	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	44,053	-40	+172	6,31653	1093,537	33,413	4,12	27071
Ацетилен	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	26,038	-	+335	-	-	-	2,5	49965
Ацетон	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	58,08	-18	+535	6,37551	1281,721	37,086	2,7	31360
Бензоловий спирт	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O	108,15	+90	+415	-	-	-	1,3	-
Бензол	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	78,113	-11	+560	5,61391	902,275	78,099	1,43	40576
1,3-Бутадиєн	C <sub>4</sub> H <sub>6</sub>	54,091	-	+430	-	-	-	2,0	44573
н-Бутан	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	58,123	-69	+405	6,00525	968,098	42,555	1,8	45713
1-Бутен	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	56,107	-	+384	-	-	-	1,6	45317
н-Бутилацетат	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	116,16	+29	+330	6,25205	1430,418	10,745	1,35	28280
н-Бутиловий спирт	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O	74,122	+35	+340	8,72232	2664,684	79,638	1,8	36805
Вінілхлорид	C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> Cl	62,499	-	+470	6,0161	905,008	39,475	3,6	18496
Водень	H <sub>2</sub>	2,016	-	+510	-	-	-	4,12	119841
н-Гексадекан	C <sub>16</sub> H <sub>34</sub>	226,44	+128	+207	5,91242	1656,405	36,869	0,47	44312
н-Гексан	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	86,177	-23	+233	5,99517	1166,274	23,661	1,24	45105
н-Гексиловий спирт	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> O	102,17	+60	+285	6,17894	1293,831	52,631	1,2	39587
Гептан	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	100,203	-4	+223	6,07647	1295,405	19,819	1,07	44919
Гідразин	N <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	32,045	+38	+132	7,99805	2266,447	66,316	4,7	14644
Гліцерин	C <sub>2</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub>	92,1	+198	+400	8,177393	3074,220	14,712	2,6	16102
Декан	C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>	142,28	+47	+230	6,52023	1809,975	27,700	0,7	44602
Дивініловий ефір	C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O	70,1	-30	+360	-	-	-	1,7	32610
N, N-Диметилформамід	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> ON	73,1	+53	+440	6,15939	1482,985	104,342	2,35	-
1,4-Діоксан	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	88,1	+11	+375	6,64091	1632,425	50,725	2,0	-
1,2-Дихлоретан	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> Cl <sub>2</sub>	98,96	+9	+413	6,78615	1640,179	59,715	6,2	10873

Діетиламін	C <sub>4</sub> H <sub>11</sub> N	73,14	-14	+310	6,34794	1267,557	36,329	1,78	34876
Діетиловий ефір	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O	74,12	-41	+180	6,12270	1098,945	32,372	1,7	34147
н-Додекан	C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>	170,337	+77	+202	7,29574	2463,739	53,884	0,63	44470
Ізобутан	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	58,123	-76	+462	5,95318	916,054	43,783	1,81	45578
Ізобутилен	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	56,11	-	+465	-	-	-	1,78	45928
Ізобутиловий спирт	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O	74,12	+28	+390	7,83005	2058,392	45,642	1,8	36743
Ізопентан	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	72,15	-52	+432	5,91799	1022,551	33,493	1,36	45239
Ізопропілбензол	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub>	120,20	+37	+424	6,06756	1461,643	07,56	0,88	46663
Ізопропіловий спирт	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	60,09	+14	+430	7,51055	1733,00	32,380	2,23	34139
м-Ксилол	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	106,17	+28	+530	6,13329	1461,925	15,073	1,1	52829
о-Ксилол	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	106,17	+31	+460	6,28893	1575,114	23,579	1,0	41217
п-Ксилол	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	106,17	+26	+528	6,25485	1537,082	23,608	1,1	41207
Метан	CH <sub>4</sub>	16,04	-	+537	5,68923	380,224	64,804	5,28	50000
Метиловий спирт	CH <sub>4</sub> O	32,04	+6	+440	7,3527	1660,454	45,818	6,98	23839
Метилпропіл-кетон	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub> O	86,133	+6	+452	6,98913	1870,4	73,2	1,49	33879
Метилетил-кетон	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O	72,107	-6	+514	7,02453	1292,791	32,340	1,90	-
Нафталін	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>	128,06	+80	+520	9,67944	3123,337	43,569	0,9	39435
н-Нонан	C <sub>9</sub> H <sub>20</sub>	128,257	+31	+205	6,17776	1510,695	11,502	0,78	44684
Оксид вуглецю	CO	28,01	-	+605	-	-	-	12,5	10104
Оксид етилену	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	44,05	-18	+430	-	-	-	3,2	27696
н-Октан	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	114,230	+14	+215	6,09396	1379,556	11,896	0,9	44787
н-Пентадекан	C <sub>15</sub> H <sub>32</sub>	212,42	+115	+203	6,0673	1739,084	57,545	0,5	44342
н-Пентан	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	72,150	-44	+286	5,97208	1062,555	31,805	1,47	45350
Піридин	C <sub>5</sub> H <sub>5</sub> N	79,10	+20	+530	5,91684	1217,730	96,342	1,8	35676
Пропан	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	44,096	-96	+470	5,95547	813,864	48,116	2,3	46353
Пропілен	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	42,080	-	+455	5,94852	786,532	47,243	2,4	45604
н-Пропіловий спирт	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O	60,09	+23	+371	7,44201	1751,981	25,125	2,3	34405
Сірководень	H <sub>2</sub> S	34,076	-	+246	-	-	-	4,3	-
Сірковуглець	CS <sub>2</sub>	76,14	-43	+102	6,12537	1202,471	45,616	1,0	14020
Стирол	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub>	104,14	+30	+490	7,06542	2113,057	72,986	1,1	43888
Тетрагідро-фуран	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O	72,1	-20	+250	6,12008	1202,29	26,254	1,8	34730
н-Тетрадекан	C <sub>14</sub> H <sub>30</sub>	198,39	+103	+201	6,40007	1950,497	90,513	0,5	44377
Толуол	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	92,140	+7	+535	6,0507	1328,171	17,713	1,27	40936
н-Тридекан	C <sub>13</sub> H <sub>28</sub>	184,36	+90	+204	7,09388	2468,910	50,310	0,58	44424
2,2,4-Триметилпентан	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	114,230	-4	+411	5,93682	1257,84	20,735	1,0	44647
Оцтова кислота	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub>	60,05	+54	+465	7,10337	1906,53	55,973	4,0	13097



н-Ундекан	C <sub>11</sub> H <sub>24</sub>	156,31	+62	+205	6,80501	2102,959	242,574	0,6	44527
Формальдегід	CH <sub>2</sub> O	30,03	-	+430	5,40973	607,399	197,626	7,0	19007
Фталевий ангідрид	C <sub>8</sub> H <sub>4</sub> O <sub>3</sub>	148,1	+153	+580	7,12439	2879,067	277,501	1,7	-
Хлорбензол	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> Cl	112,56	+29	+637	6,38605	1607,316	235,351	1,4	27315
Хлоретан	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> Cl	64,51	-50	+510	6,11140	1030,007	238,612	3,8	19392
Циклогексан	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub>	84,16	-17	+259	5,96991	1203,526	222,863	1,3	43833
Етан	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	30,069	-	+515	-	-	-	2,9	52413
Етилацетат	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	88,10	-3	+446	6,22672	1244,951	217,881	2,0	23587
Етилбензол	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	106,16	+20	+431	6,35879	1590,660	229,581	1,0	41323
Етилен	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	28,05	-	+435	-	-	-	2,7	46988
Етиленглі- коль	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	62,068	+111	+412	8,13754	2753,183	252,009	4,29	19329
Етиловий спирт	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O	46,07	+13	+400	7,81158	1918,508	252,125	3,6	30562
Етилцело- зольв	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	90,1	+40	+235	7,86626	2392,56	273,15	1,8	26382

Таблиця Д.2 – Значення нижчої теплоти згоряння для деяких твердих горючих речовин і матеріалів

Речовини та матеріали	Нижча теплота згоряння, МДж/кг
<i>Папір:</i>	
розрихлений	13,40
книги, журнали	13,40
книги на дерев'яних стелажах	13,40
Деревина (бруски W = 14 %)	13,80
Деревина (меблі у житлових і адміністративних будинках W = 8 - 10 %)	13,80
Кальцій (стружка)	15,80
Каніфоль	30,40
Кіноплівка триацетатна	18,80
Капрон	31,09
Карболітові вироби	26,90
Каучук СКС	43,89
Каучук натуральний	44,73
Каучук хлоропреновий	27,99
Барвник жировий 5С	33,18
Барвник 9-78Ф п/е	20,67
Ледерин (шкірозамінник)	17,76
Лінкруст полівінілхлоридний	17,08
<i>Лінолеум:</i>	
масляний	20,97
полівінілхлоридний	14,31
полівінілхлоридний двошаровий	20,67
полівінілхлоридний на повстяній основі	16,57
полівінілхлоридний на тканинній основі	20,29
Лінопор	19,71
Магній	25,10
Натрій металевий	10,88

Органічне скло	27,67
Полістирол	39,00
Гума	33,52
Текстоліт	20,90
Торф	16,60
Пінополіуретан	24,30
Волокно штапельне	13,80
Волокно штапельне у купі 40x40x40 см	13,80
Поліетилен	47,14
Поліпропілен	45,67
Бавовна у тюках $\rho = 190 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$	16,75
Бавовна розрихлена	15,70
Льон розрихлений	15,70
Бавовна + капрон (3:1)	16,20

Таблиця Д.3 – Показники пожежної небезпеки деяких сумішей та технічних продуктів

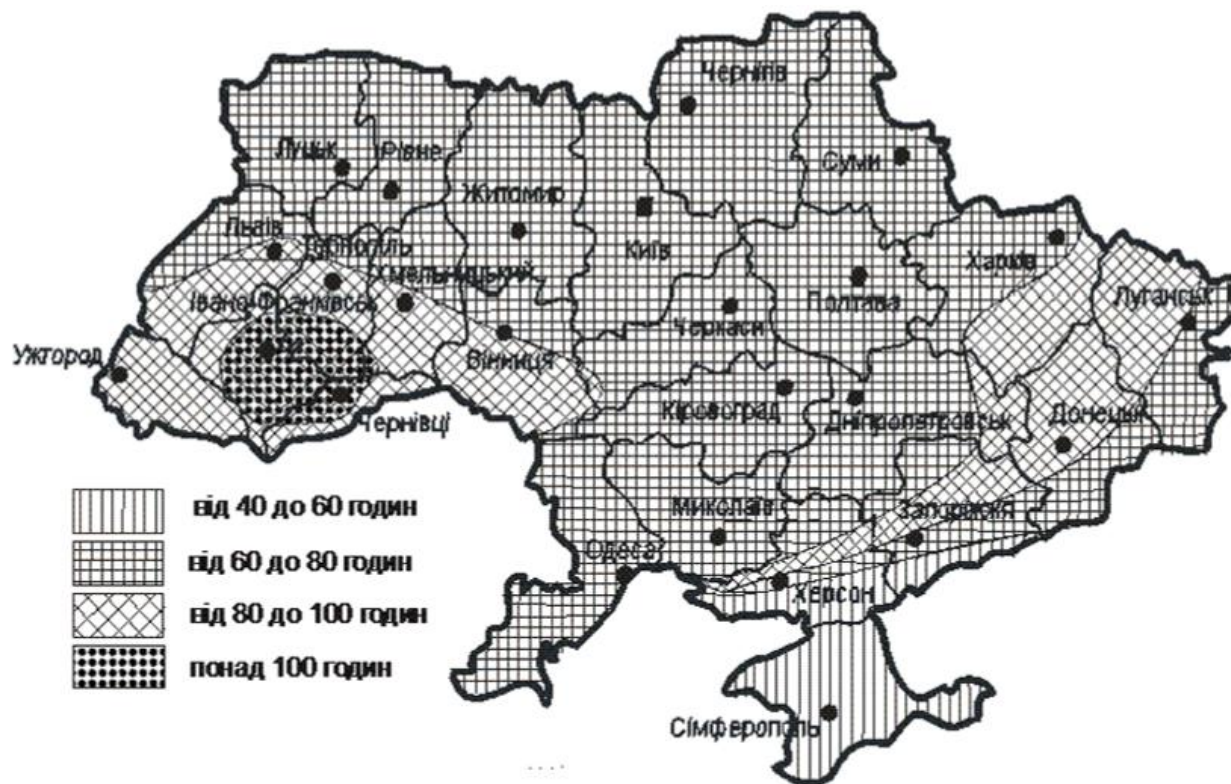
Продукт (склад суміші), % (мас.)	Сумарна формула	Молярна маса, кг/кмоль	Температура спалаху, °С	Темпера- тура само- спалахува- ння, °С	Константи рівняння Антуана			НКМПП, % (об.)	Теплота згоряння, кДж/кг
					А	В	С <sub>А</sub>		
Бензин авіаційний Б-70	C <sub>7,267</sub> H <sub>14,796</sub>	102,2	-34	300	7,54424	2629,65	384,195	0,79	44094
Бензин А- 72 (зимовий)	C <sub>6,991</sub> H <sub>13,706</sub>	97,2	-36	-	4,19500	682,876	222,066	1,08	44239
Бензин АІ-93 (літній)	C <sub>7,024</sub> H <sub>13,706</sub>	98,2	-36	-	4,12311	664,976	221,695	1,06	43641
Бензин АІ-93 (зимовий)	C <sub>6,911</sub> H <sub>12,168</sub>	95,3	-37	-	4,26511	695,019	223,220	1,1	43641
Дизельне паливо «З»	C <sub>12,343</sub> H <sub>23,889</sub>	172,3	>+35	+225	5,07818	1255,73	199,523	0,61	43590
Дизельне паливо «Л»	C <sub>14,511</sub> H <sub>29,120</sub>	203,6	>+40	+210	5,00109	1314,04	192,473	0,52	43419
Гас освітлювальн. КО-20	C <sub>13,595</sub> H <sub>26,860</sub>	191,7	>+40	+227	4,82177	1211,73	194,677	0,55	43692
Гас освітлювальн. КО-22	C <sub>10,911</sub> H <sub>13,706</sub>	153,1	>+40	+245	5,59599	1394,72	204,260	0,64	43692
Гас освітлювальн. КО-25	C <sub>7,024</sub> H <sub>21,752</sub>	154,7	>+40	+236	5,12496	1223,85	203,341	0,66	43692
Ксилол (суміш ізомерів)	C <sub>8,10</sub>	106,17	+29	+490	6,17972	1478,16	220,535	1,1	43154
Уайт-спірит	C <sub>10,5</sub> H <sub>21,0</sub>	147,3	>+33	+250	7,13623	2218,3	273,15	0,7	43966
Олива трансформаторна	C <sub>21,74</sub> H <sub>42,28</sub> S <sub>0,04</sub>	303,9	>+135	+270	6,88412	2524,17	174,010	0,29	43111
Олива АМТ-300	C <sub>21,75</sub> H <sub>33,48</sub> S <sub>0,34</sub> N <sub>0,07</sub>	312,9	>+170	+290	6,12439	2240,001	167,85	0,2	42257
Олива АМТ-300 Т	C <sub>19,04</sub> H <sub>24,58</sub> S <sub>0,196</sub> N <sub>0,04</sub>	260,3	>+189	+334	5,62020	2023,77	164,09	0,2	41778
Розчинник М (бутилацетат-30, етилацет-5, етиловий спирт-60, ізобутиловий спирт-5)	C <sub>2,761</sub> H <sub>7,147</sub> O <sub>1,187</sub>	59,36	+6	+397	8,05697	2083,566	267,735	2,79	36743
Розчинник Р-4 (ксилол-5, толуол-70, ацетон-15)	C <sub>6,231</sub> H <sub>7,798</sub> O <sub>0,223</sub>	86,3	-4		6,27853	1415,199	244,752	0,38	43154
Розчинник Р-5 (бутилацетат-30, ксилол-40, ацетон-30)	C <sub>5,309</sub> H <sub>8,655</sub> O <sub>0,897</sub>	86,8	9		6,30343	1378,851	245,039	1,57	43154
Розчинник (бутилацетат-30, ксилол-10, толуол-60)	C <sub>6,838</sub> H <sub>7,606</sub> O <sub>0,515</sub>	99,6	+10		6,17297	403,079	221,483	0,26	43154

Розчинник РМЛ (толуол-10, етиловий спирт-64, бутиловий спирт-10, етилцелозольв -16)	$C_{2,645}H_{6,810}O_{1,038}$	55,24	+10	+374	8,69654	2487,728	290,920	2,85	40936
Розчинник РМЛ-218 (бутилацетат-9, ксилол-21,5, толуол-21,5, етиловий спирт -16, бутиловий спирт-3, етилцелозольв13, етилацетат -16)	$C_{4,791}H_{8,318}O_{0,974}$	81,51	+4	+399	7,20244	1761,043	251,546	1,72	43154
Розчинник РМЛ-315 (бутилацетат-8, ксилол-25, толуол-25, бутиловий спирт-15, етилцелозольв 17)	$C_{5,962}H_{9,779}O_{0,845}$	94,99	+16	+367	6,83653	1699,687	241,00	1,25	43154
Уайт-спірит	$C_{10,5}H_{21,0}$	147,3	>+33	+250	7,13623	2218,3	273,15	0,7	43966

Таблиця Д.4 – Значення критичної поверхневої густини променистого потоку для деяких матеріалів пожежної навантаги

Матеріал	$q_{кр}, \text{кВт} \cdot \text{м}^{-2}$
Деревина (сосна, вологість 12 %)	13,9
Деревинно-стружкова плита питомої густини 417 кг/м <sup>3</sup>	8,3
Торф брикетний	13,2
Торф кусковий	9,8
Бавовна-волокно	7,5
Шаруватий пластик	15,4
Склопластик	15,3
Пергамін	17,4
Гума	14,8
Вугілля	35,0
Рулонна покрівля	17,4
Картон сірий	10,8
Декоративний паперово-шаруватий пластик	19,0
Металопласт	24,0
Плита деревинно-волокниста	13,0
Плита деревинно-стружкова з обробкою «Поліплен»	12,0
Плита деревинно-волокниста з лакофарбовим покриттям під цінні породи дерева	16,0
Вінілштучшкіра	32,0
Шкіра штучна	20,0
Склопластик на поліефірній основі	14,0
Лакофарбові покриття	25,0
Шпалери миючі ПВХ на паперовій основі	12,0
Лінолеум ПВХ одношаровий	10,0
Лінолеум алкідний	10,0
Лінолеум ПВХ	12,0
Лінолеум ПВХ на тканинній основі	12,0
Лінолеум рулонний на тканинній основі	12,0
Доріжка пруткова з чистої вовни, Покриття килимне, прошивне	9,0 22,0
Сіно, солома (мінімальна вологість до 8 %)	7,0
Легкозаймісті, горючі та важкогорючі рідини за температури самоспалахування, °С:	
300	12,1
350	15,5
400	19,9
500 та вище	28,0

**ДОДАТОК Е**  
**Карта середньої тривалості гроз за рік у годинах для території України**



Джерело: [20]

**ДОДАТОК Ж**  
**Ступені руйнувань об'єктів залежно від значення надлишкового тиску ( $\Delta P_f$ , кПа)**

Таблиця Ж.1 – Ступені руйнувань об'єктів в залежності від значення надлишкового тиску ( $\Delta P_f$ , кПа)

Об'єкт	Руйнування			
	повне	сильне	середнє	слабке
<b>Будівлі жилі</b>				
Цеглові багатоповерхові	30...40	20...30	10...20	8...10
Цеглові малоповерхові	35...45	25...35	15...25	8...15
Дерев'яні	20...30	12...20	8...12	6...8
<b>Будівлі промислові</b>				
З важким металевим або залізобетонним каркасом	60...100	50...60	40...50	20...40
З легким металевим каркасом або без каркасні	60...80	40...50	30...50	20...30
<b>Промислові об'єкти</b>				
ТЕС	25...40	20...25	15...20	10...15
Котельні	35...45	25...35	15...25	10...15
Трубопроводи наземні	20	50	130	–
Трубопроводи на естакадах	20...30	30...40	40...50	–
Трансформаторні підстанції	100	40...60	20...40	10...20
ЛЕП	120...200	80...120	50...70	20...40
Водонапірні вежі	70	40...60	20...40	10...20
<b>Резервуари</b>				
Сталеві наземні	90	80	55	35
Газгольдери, ємкості з ПМР та хімічними речовинами	40	35	25	20
Частково заглиблені для нафтопродуктів	100	75	40	20
Підземні	200	150	75	40
Металеві та залізобетонні мости	250...300	200...300	150...200	100...150
Залізничні колії	400	250	175	125
Тепловози вагою до 50 т.	90	70	50	40
Цистерни	80	70	50	30
Вагони цільнометалеві	150	90	60	30
Вагони товарні дерев'яні	40	35	30	15

Таблиця Ж.2 – Коефіцієнт переведення певного виду вибухової речовини ефективно тротилу

Вибухова речовина	Тротил	Тритонал	Гексоген	ТЕН	Амонал	Порох	ТНРС	Тетрил
	1	1,53	1,3	1,39	0,99	0,66	0,39	1,15

Навчально-методичне видання  
(українською мовою)

Манідіна Євгенія Анатоліївна  
Грідяєв Володимир Васильович

## **ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА**

### **Методичні вказівки**

до практичних та лабораторних занять  
для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра  
спеціальності 263 «Цивільна безпека»  
освітньо-професійної програми «Охорона праці»

Рецензент *О.Г. Добровольська*  
Відповідальний за випуск *Ю.О. Белоконь*  
Коректор *Є.А. Манідіна*