

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ

Навчально-науковий інститут пожежної та техногенної безпеки

Кафедра державного нагляду у сфері пожежної та техногенної безпеки

ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД

Методичні вказівки

до виконання контрольної роботи з навчальної дисципліни
для здобувачів заочної форми навчання
за другим (магістерським) рівнем вищої освіти

Черкаси 2025

*Рекомендовано до друку кафедрою державного нагляду у сфері пожежної та техногенної безпеки НУЦЗ України
(протокол від 25.08.2025 р. № 1)*

Рецензент: кандидат технічних наук, доцент **О. Б. Васильєв**, начальник Дарницького районного управління Головного управління Державної служби України з надзвичайних ситуацій у м. Києві.

Пожежна безпека будівель та споруд: Методичні вказівки до виконання контрольної роботи з навчальної дисципліни для здобувачів заочної форми навчання за другим (магістерським) рівнем вищої освіти/ Укладачі: Ю.А. Отрош, Н.В. Рашкевич. Ч.: НУЦЗ України, 2025. 18 с.

Методичні вказівки містять в собі завдання для виконання контрольної роботи з навчальної дисципліни «Пожежна безпека будівель та споруд» здобувачами заочної форми навчання за другим (магістерським) рівнем вищої освіти.

Завдання для виконання контрольної роботи складається з теоретичних питань та практичних завдань. В методичні вказівки включені всі необхідні довідкові матеріали.

ВИМОГИ ДО КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ

При вивченні навчальної дисципліни та виконанні контрольної роботи слід користуватися підручниками, навчальними посібниками та методичними вказівками, іншими законодавчими актами та нормативними документами в галузі забезпечення пожежної безпеки в Україні.

Контрольна робота охоплює теми, які вивчаються під час викладання навчальної дисципліни «Пожежна безпека будівель та споруд».

У відповідях на запитання здобувачі вищої освіти повинен показати вміння працювати з технічною літературою, будівельними нормами, узагальнювати та аналізувати заходи протипожежного захисту об'єктів.

При розв'язанні задач у контрольній роботі необхідно привести розрахунки. В розрахунках розмірності фізичних величин слід використовувати в одиницях міжнародної системи (СІ).

Контрольна робота виконується рукописним (синя, чорна паста) або машинописним способом в звичайному учнівському зошиті або на стандартних листках формату А4. На титульному листі контрольної роботи обов'язково вказується шифр (номер залікової книжки). Відповіді на кожне запитання слід розпочинати з нової сторінки. Відповіді повинні бути проілюстровані рисунками та схемами, які виконуються в туші або олівцем з дотриманням вимог ЄСКД.

Контрольна робота надається викладачу до проведення заліку з навчальної дисципліни згідно з графіком навчального процесу. При отриманні позначки «не зараховано» здобувач вищої освіти зобов'язаний переробити контрольну роботу відповідно до вказівок рецензента і подати її на повторне рецензування. Контрольні роботи, виконані не за своїм варіантом, не зараховується.

По узгодженню з викладачем дозволяється виконувати роботу за індивідуальним завданням (наприклад, написання рефератів, узагальнення досвіду практичної роботи та ін.).

КОНТРОЛЬНА РОБОТА

Контрольна робота складається з теоретичного питання та задач. Номер варіанту модульної контрольної роботи відповідає двом останнім цифрам номеру залікової книжки здобувача вищої освіти. Вибір варіанту питань роботи і задач № 11–20 здійснюється за таблицею 1, вибір варіантів вихідних даних для розв'язання обов'язкової для всіх варіантів задачі № 21 за таблицею 2.

Для розв'язання задач наведено приклади їх рішення.

Таблиця 1

Варіанти питань і задач

Передостання цифра № заліко- вої книжки	Остання цифра № залікової книжки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1,2,3	1 20	2 19	3 18	4 17	5 16	6 15	7 14	8 13	9 12	10 11
4,5,6	10 20	9 19	8 18	7 17	6 16	5 15	4 14	3 13	2 12	1 11
7,8,9,0	20 13	19 14	18 15	17 16	16 17	15 18	14 19	13 20	12 11	11 12

РОЗКРИТИ ПИТАННЯ:

1. Проаналізувати критичні значення небезпечних чинників пожежі, що впливають на необхідний час евакуації людей з будівель та споруд.
2. Розкрити методику розрахунку необхідного часу евакуації за ДСТУ 8828-2019.
3. Проаналізувати параметри руху людей в будівлях при пожежі.
4. Обґрунтувати методику розрахунку фактичного часу евакуації людей із приміщень.
5. Проаналізувати необхідність влаштування систем противибухового захисту будівель та споруд.
6. Обґрунтувати методику розрахунку площі легкоскидних конструкцій.
7. Проаналізувати конструктивне виконання елементів противибухового захисту будівель та споруд.
8. Проаналізувати напрямки протидимного захисту та шляхи їх реалізації.
9. Проаналізувати підходи до організації димовидалення з приміщень при пожежі.
10. Обґрунтувати методику розрахунку параметрів систем димовидалення з природним спонуканням.
11. Обґрунтувати методику розрахунку систем штучного димовидалення з будівель.

12. Обґрунтувати методику розрахунку систем підпору повітря в будівлях підвищеної поверховості та висотних.
13. Обґрунтувати загальні положення оцінки рівня пожежної безпеки та його використання.
14. Проаналізувати практичне визначення критичності показників при використанні методів оцінки рівня пожежної безпеки об'єктів.
15. Проектування, склад, порядок розроблення та погодження проектної документації.
16. Початок будівництва об'єктів.
17. Вимоги пожежної безпеки на новобудовах.
18. Вимоги пожежної безпеки до будівельно-монтажних робіт.
19. Порядок перевірки архітектурно-будівельної частини проектів будівництва на відповідність вимогам пожежної безпеки.
20. Вимоги пожежної безпеки при організації будівельного виробництва.

ЗАДАЧІ

Задача № 11. Розрахувати необхідний час евакуації людей з виробничого приміщення розмірами 60х60х4 м, виходячи з умов досягнення при пожежі гранично допустимої концентрації хлористого водню (HCl), яка складає $X_{\text{HCl}} = 23 \cdot 10^{-6} \text{ кг/м}^3$. Висота робочої зони працюючих складає $h = 1,8 \text{ м}$. Коефіцієнт тепловтрат $\varphi = 0,75$. Коефіцієнт повноти горіння $\eta = 0,5$. Питома теплоємність $C_p = 1,32 \text{ кДж/(кг К)}$. Вид горючої речовини – каучук, питома масова швидкість вигорання $\Psi_F = 0,72 \text{ кг/(м}^2 \text{ хв.)}$, питома виділення $L_{\text{HCl}} = 0,22 \text{ кг} \cdot \text{кг}^{-1}$, нижча теплота згоряння $Q_H = 40200 \text{ кДж/кг}$, лінійна швидкість поширення полум'я $v_{\text{л}} = 0,034 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$.

Задача № 12. Розрахувати необхідний час евакуації людей з виробничого приміщення розмірами 90х50х3 м, виходячи з умов досягнення при пожежі гранично допустимої концентрації хлористого водню (HCl), яка складає $X_{\text{HCl}} = 23 \cdot 10^{-6} \text{ кг/м}^3$. Висота робочої зони працюючих складає $h = 1,8 \text{ м}$. Коефіцієнт тепловтрат $\varphi = 0,75$. Коефіцієнт повноти горіння $\eta = 0,5$. Питома теплоємність $C_p = 1,32 \text{ кДж/(кг К)}$. Вид горючої речовини – пінополіуретан, питома масова швидкість вигорання $\Psi_F = 0,90 \text{ кг/(м}^2 \text{ хв.)}$, питома виділення $L_{\text{HCl}} = 0,32 \text{ кг} \cdot \text{кг}^{-1}$, нижча теплота згоряння $Q_H = 24300 \text{ кДж/кг}$, лінійна швидкість поширення полум'я $v_{\text{л}} = 0,015 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$.

Задача № 13. Розрахувати необхідний час евакуації людей з виробничого приміщення розмірами 70х60х4 м, виходячи з умов досягнення при пожежі гранично допустимої концентрації хлористого водню (HCl), яка складає $X_{\text{HCl}} = 23 \cdot 10^{-6} \text{ кг/м}^3$. Висота робочої зони працюючих складає $h = 1,8 \text{ м}$. Коефіцієнт тепловтрат $\varphi = 0,75$. Коефіцієнт повноти горіння $\eta = 0,5$. Питома теплоємність $C_p = 1,32 \text{ кДж/(кг К)}$. Вид горючої речовини – лінолеум, питома масова

швидкість вигорання $\Psi_F = 0,55 \text{ кг}/(\text{м}^2 \text{ хв.})$, питоме виділення $L_{\text{HCl}} = 0,11 \text{ кг} \cdot \text{кг}^{-1}$, нижча теплота згорання $Q_H = 24000 \text{ кДж/кг}$, лінійна швидкість поширення полум'я $v_{\text{л}} = 0,011 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$.

Задача № 14. Розрахувати необхідний час евакуації з людей з виробничого приміщення розмірами $60 \times 60 \times 4 \text{ м}$, виходячи з умов досягнення у продуктах горіння ГДК оксиду вуглецю (CO), яка складає $X_{\text{CO}} = 1,16 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$. Висота робочої зони працюючих складає $h = 1,9 \text{ м}$. Коефіцієнт тепловтрат $\phi = 0,74$. Коефіцієнт повноти горіння $\eta = 0,6$. Питома теплоємність $C_p = 1,3 \text{ кДж}/(\text{кг К})$. Вид горючої речовини – деревина, питома масова швидкість вигорання $\Psi_F = 1,11 \text{ кг}/(\text{м}^2 \text{ хв.})$, питоме виділення $L_{\text{CO}} = 0,24 \text{ кг} \cdot \text{кг}^{-1}$, нижча теплота згорання $Q_H = 13800 \text{ кДж/кг}$, лінійна швидкість поширення полум'я $v_{\text{л}} = 0,034 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$.

Задача № 15. Розрахувати необхідний час евакуації з людей з виробничого приміщення розмірами $70 \times 60 \times 4 \text{ м}$, виходячи з умов досягнення у продуктах горіння ГДК оксиду вуглецю (CO), яка складає $X_{\text{CO}} = 1,16 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$. Висота робочої зони працюючих складає $h = 1,9 \text{ м}$. Коефіцієнт тепловтрат $\phi = 0,74$. Коефіцієнт повноти горіння $\eta = 0,6$. Питома теплоємність $C_p = 1,3 \text{ кДж}/(\text{кг К})$. Вид горючої речовини – полістирол, питома масова швидкість вигорання $\Psi_F = 1,14 \text{ кг}/(\text{м}^2 \text{ хв.})$, питоме виділення оксиду вуглецю $L_{\text{CO}} = 0,22 \text{ кг} \cdot \text{кг}^{-1}$, нижча теплота згорання $Q_H = 39000 \text{ кДж/кг}$, лінійна швидкість поширення полум'я $v_{\text{л}} = 0,008 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$.

Задача № 16. Розрахувати необхідний час евакуації з людей з виробничого приміщення розмірами $70 \times 50 \times 3 \text{ м}$, виходячи з умов досягнення у продуктах горіння ГДК оксиду вуглецю (CO), яка складає $X_{\text{CO}} = 1,16 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$. Висота робочої зони працюючих складає $h = 1,9 \text{ м}$. Коефіцієнт тепловтрат $\phi = 0,74$. Коефіцієнт повноти горіння $\eta = 0,6$. Питома теплоємність $C_p = 1,3 \text{ кДж}/(\text{кг К})$. Вид горючої речовини – поліетилен, питома масова швидкість вигорання $\Psi_F = 0,62 \text{ кг}/(\text{м}^2 \text{ хв.})$, питоме виділення $L_{\text{CO}} = 0,37 \text{ кг} \cdot \text{кг}^{-1}$, нижча теплота згорання $Q_H = 47100 \text{ кДж/кг}$, лінійна швидкість поширення полум'я $v_{\text{л}} = 0,016 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$.

Задача № 17. Розрахувати необхідний час евакуації людей з виробничого приміщення розмірами $90 \times 60 \times 4 \text{ м}$, виходячи з умов досягнення при пожежі зниженої концентрації кисню. Висота робочої зони працюючих складає $h = 1,8 \text{ м}$. Коефіцієнт тепловтрат $\phi = 0,75$. Коефіцієнт повноти горіння $\eta = 0,95$. Питома теплоємність $C_p = 1,32 \text{ кДж}/(\text{кг К})$. Вид горючої речовини – папір, питома масова швидкість вигорання $\Psi_F = 0,636 \text{ кг}/(\text{м}^2 \text{ хв.})$, питомі витрати кисню $L_{\text{O}_2} = 1,14 \text{ кг} \cdot \text{кг}^{-1}$, нижча теплота згорання $Q_H = 13400 \text{ кДж/кг}$, лінійна швидкість поширення полум'я $v_{\text{л}} = 0,017 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$, можлива площа горіння $F_{\text{гор.}} = 80 \text{ м}^2$.

Задача № 18. Розрахувати необхідний час евакуації людей з виробничого приміщення розмірами $100 \times 70 \times 3 \text{ м}$, виходячи з умов досягнення при пожежі

зниженої концентрації кисню. Висота робочої зони працюючих складає $h = 1,8$ м. Коефіцієнт тепловтрат $\varphi = 0,75$. Коефіцієнт повноти горіння $\eta = 0,95$. Питома теплоємність $C_p = 1,32$ кДж/(кг К). Вид горючої речовини – деревина, питома масова швидкість вигорання $\Psi_F = 1,11$ кг/(м² хв.), питомі витрати кисню $L_{O_2} = 1,2$ кг·кг⁻¹, нижча теплота згорання $Q_H = 13800$ кДж/кг, лінійна швидкість поширення полум'я $v_L = 0,017$ м·с⁻¹, можлива площа горіння $F_{гор.} = 120$ м².

Задача № 19. Розрахувати необхідний час евакуації людей з виробничого приміщення розмірами 60х60х4 м, виходячи з умов досягнення при пожежі зниженої концентрації кисню. Висота робочої зони працюючих складає $h = 1,8$ м. Коефіцієнт тепловтрат $\varphi = 0,75$. Коефіцієнт повноти горіння $\eta = 0,95$. Питома теплоємність $C_p = 1,32$ кДж/(кг К). Вид горючої речовини – каучук, питома масова швидкість вигорання $\Psi_F = 0,72$ кг/(м² хв.), питомі витрати кисню $L_{O_2} = 2,9$ кг·кг⁻¹, нижча теплота згорання $Q_H = 40200$ кДж/кг, лінійна швидкість поширення полум'я $v_L = 0,017$ м·с⁻¹, можлива площа горіння $F_{гор.} = 65$ м².

Задача № 20. Розрахувати необхідний час евакуації людей з виробничого приміщення розмірами 90х50х5 м, виходячи з умов досягнення при пожежі зниженої концентрації кисню. Висота робочої зони працюючих складає $h = 1,8$ м. Коефіцієнт тепловтрат $\varphi = 0,75$. Коефіцієнт повноти горіння $\eta = 0,95$. Питома теплоємність $C_p = 1,32$ кДж/(кг К). Вид горючої речовини – ацетон, питома масова швидкість вигорання - $\Psi_F = 2,832$ кг/(м² хв.), питомі витрати кисню $L_{O_2} = 2,1$ кг·кг⁻¹, нижча теплота згорання $Q_H = 20000$ кДж/кг, можлива площа горіння $F_{гор.} = 20$ м².

Задача № 21. Визначити фактичний час евакуації людей з глядацької зали (рис.1). Ширина проходу між рядами 0,5 м, відстань між спинками крісел 1 м, ширина крісла 0,5 м. Глядачі в залі знаходяться без зимового одягу. Всі евакуаційні шляхи прийняті горизонтальними, інші дані наведено в таблиці 4.

Таблиця 2

Варіанти вихідних даних для розв'язання задачі №21

Остання цифра № залікової книжки	Ширина проходу, м				Кількість рядів		Кількість місць в ряду		Ширина дверей
	δ_1	δ_2	δ_3	δ_4	m_1	m_2	n_1	n_2	
1	1,3	1,8	2,0	2,3	7	8	20	23	2,0
2	1,5	1,9	2,0	2,4	8	7	21	22	1,9
3	1,2	1,6	1,8	2,1	9	6	22	21	1,8

4	1,4	1,9	2,2	2,9	10	5	16	15	2,2
5	1,1	1,7	2,0	2,7	11	4	17	16	2,1
6	1,6	2,0	2,4	3,0	12	3	18	17	2,4
7	1,2	1,8	2,2	2,3	7	7	23	18	2,0
8	1,3	2,1	2,5	3,1	8	6	22	20	2,4
9	1,4	1,9	2,3	2,9	9	5	21	21	2,3
0	1,5	2,2	2,7	3,2	10	4	15	22	2,2

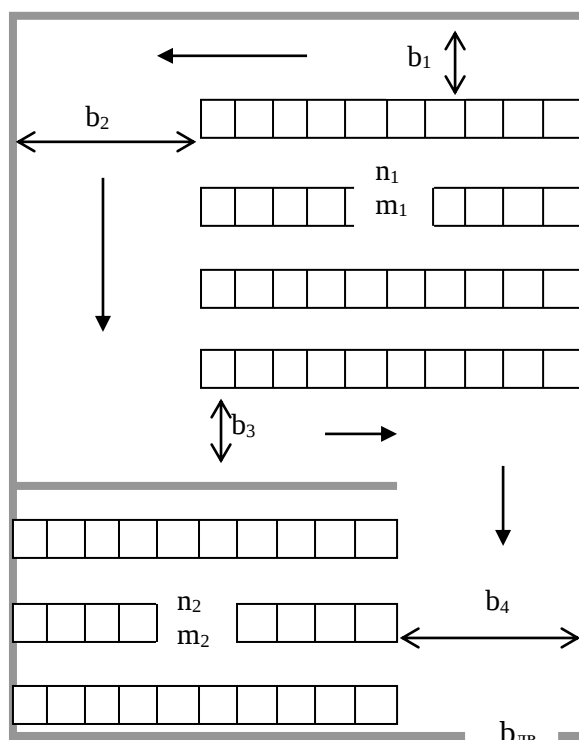


Рис. 1 – Схема глядацької зали.

ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ

Задача 1. Розрахувати необхідний час евакуації людей з виробничого приміщення за умов досягнення критичної температури.

Вихідні дані для розрахунку:

Вид горючої речовини – дизельне паливо

Розміри приміщення 120 х 40 х 4 м

Можлива площа поверхні горіння $F = 100 \text{ м}^2$

Питома масова швидкість вигорання - $\Psi_{\text{шт}} = 0,042 \text{ кг}/(\text{м}^2 \text{ с})$

Початкова температура повітря в приміщенні – $t_0 = 22^\circ\text{C}$

Нижча теплота згоряння $Q_n = 48870 \text{ кДж/кг}$;

Висота робочої зони працюючих – $h = 1,8 \text{ м}$;

Коефіцієнт тепловтрат – $\varphi = 0,75$;

Коефіцієнт повноти горіння - $\eta = 0,95$;

питома ізобарна теплоємність - $c_p = 1,32 \text{ кДж/(кг)}$;

Рішення:

1. Визначаємо розмірний параметр А, що враховує питому масову швидкість вигорання горючого матеріалу і площу пожежі для випадку горіння рідини із сталою швидкістю

$$A = \Psi_{\text{шт}} \cdot F = 0,042 \cdot 100 = 4,2 \text{ кг/с}$$

При цьому, показник ступеня, що враховує зміну маси вигоряючого матеріалу у часі - $n = 1$

2. Визначаємо розмірний комплекс В, що залежить від теплоти згорання матеріалу і вільного об'єму приміщення

$$B = \frac{353c_p \cdot V}{(1-\varphi)\eta Q} = \frac{353 \cdot 0,00132 \cdot 120 \cdot 40 \cdot 4 \cdot 0,8}{(1-0,75)0,5 \cdot 48,87} = 887,59 \text{ кг}$$

3. Визначаємо безрозмірний параметр Z, що враховує нерівномірність розподілу НЧП по висоті приміщення

$$\text{при } H \leq 6 \text{ м,} \quad z = \frac{h}{H} \exp\left(1,4 \frac{h}{H}\right) = \frac{1,8}{4} \exp\left(1,4 \frac{1,8}{4}\right) = 0,845$$

де h – висота робочої зони, м;

H – висота приміщення, м.

4. Розраховуємо значення критичної тривалості пожежі ($t_{\text{кр}}$) за умовою досягнення підвищеної температури в зоні перебування людей (робочій зоні):

$$\begin{aligned} t_{\text{кр}}^T &= \left\{ \frac{B}{A} \ln \left[1 + \frac{70 - t_0}{(273 + t_0)z} \right] \right\}^{1/n} \\ &= \left\{ \frac{887,59}{4,2} \ln \left[1 + \frac{70 - 22}{(273 + 22)0,845} \right] \right\}^{1/1} = 37,2 \text{ с} \end{aligned}$$

ВИСНОВОК: Необхідний час евакуації по досягненню критичної температури складає $37,2 \times 0,8 / 60 = 0,5 \text{ хв.}$

Задача 2. Розрахувати необхідний час евакуації людей з виробничого приміщення категорії “В” по досягненню ГДК токсичних речовин (HCl).

Вихідні дані для розрахунку:

Вид горючої речовини – полівінілхлорид

Розміри приміщення 40 x 50 x 5 м

Питома масова швидкість вигорання - $\Psi_{\text{пит}} = 0,0028 \text{ кг}/(\text{м}^2 \text{ с})$

Питоме виділення хлористого водню при згорянні 1кг речовини $L_{\text{HCl}} = 0,38 \text{ кг} \cdot \text{кг}^{-1}$.

ПДК хлористого водню $X_{\text{HCl}} = 23 \cdot 10^{-6} \text{ кг}/\text{м}^3$;

Нижча теплота згорання $Q_{\text{н}} = 24300 \text{ кДж}/\text{кг}$;

Висота робочої зони працюючих – $h = 1,8 \text{ м}$;

Коефіцієнт тепловтрат – $\varphi = 0,75$;

Коефіцієнт повноти горіння - $\eta = 0,5$;

Питома ізобарна теплоємність - $c_p = 1,32 \text{ кДж}/(\text{кг})$;

лінійна швидкість поширення полум'я – $v = 0,033 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$;

Рішення:

1. Визначаємо розмірний параметр А

$$A = 1,05 \cdot \Psi_{\text{пит}} \cdot v^2 = 1,05 \cdot 0,0028 \cdot 0,033^2 = 3,2 \cdot 10^{-6} \text{ кг}/\text{с}$$

При цьому, $n = 3$

2. Визначаємо розмірний комплекс В

$$B = \frac{353 c_p \cdot V}{(1 - \varphi) \eta Q} = \frac{353 \cdot 0,00132 \cdot 50 \cdot 40 \cdot 5 \cdot 0,8}{(1 - 0,75) 0,5 \cdot 24,3} = 929,7 \text{ кг}$$

3. Визначаємо безрозмірний параметр Z,

$$\text{при } H \leq 6 \text{ м, } z = \frac{h}{H} \exp\left(1,4 \frac{h}{H}\right) = \frac{1,8}{5} \exp\left(1,4 \frac{1,8}{5}\right) = 0,6$$

4. Розраховуємо значення критичної тривалості пожежі ($t_{\text{кр}}$) за умовою досягнення граничної концентрації хлористого водню

$$t_{\text{кр}}^{\text{Т.Г.}} = \left\{ \frac{B}{A} \ln \left[1 - \frac{V X}{B L z} \right]^{-1} \right\}^{1/n} =$$

$$= \left\{ \frac{929,7}{3,2 \cdot 10^{-6}} \ln \left[1 - \frac{2000 \cdot 5 \cdot 0,8 \cdot 23 \cdot 10^{-6}}{929,7 \cdot 0,38 \cdot 0,6} \right]^{-1} \right\}^{1/3} = 63 \text{ с}$$

ВИСНОВОК: Необхідний час евакуації по досягненню ГДК токсичних речовин (HCl) складає $63 \times 0,8 / 60 = 0,84 \text{ хв}$.

Задача 3. Розрахувати необхідний час евакуації людей з виробничого приміщення категорії “А” по зниженню концентрації кисню при пожежі.

Вихідні дані:

Висота робочої зони працюючих – $h = 1,8$ м;

Коефіцієнт тепловтрат – $\varphi = 0,75$;

Коефіцієнт повноти горіння - $\eta = 0,95$;

Питома ізобарна теплоємність - $c_p = 1,32$ кДж/(кг);

Вид горючої речовини – розчинник №346

Розміри приміщення $90 \times 60 \times 4$ м

Можлива площа горіння $F = 80$ м²

Питома масова швидкість вигорання - $\Psi_{\text{шт}} = 0,048$ кг/(м² с)

Питомі витрати кисню для згорання 1кг речовини $L_{O_2} = 3,34$ кг·кг⁻¹.

Нижча теплота згорання $Q_n = 43540$ кДж/кг;

Висота робочої зони працюючих – $h = 1,8$ м;

Коефіцієнт тепловтрат – $\varphi = 0,75$;

Коефіцієнт повноти горіння - $\eta = 0,95$;

Питома ізобарна теплоємність - $c_p = 1,32$ кДж/(кг К);

Рішення:

1. Визначаємо розмірний параметр А

$$A = \Psi_{\text{шт}} \cdot F = 0,048 \cdot 80 = 3,84 \text{ кг/с}$$

При цьому, $n = 1$

2. Визначаємо розмірний комплекс В

$$B = \frac{353c_p \cdot V}{(1 - \varphi)\eta Q} = \frac{353 \cdot 0,00132 \cdot 90 \cdot 60 \cdot 4 \cdot 0,8}{(1 - 0,75)0,5 \cdot 43,54} = 1120,78 \text{ кг}$$

3. Визначаємо безрозмірний параметр Z,

$$\text{при } H \leq 6 \text{ м,} \quad z = \frac{h}{H} \exp\left(1,4 \frac{h}{H}\right) = \frac{1,8}{4} \exp\left(1,4 \frac{1,8}{4}\right) = 0,845$$

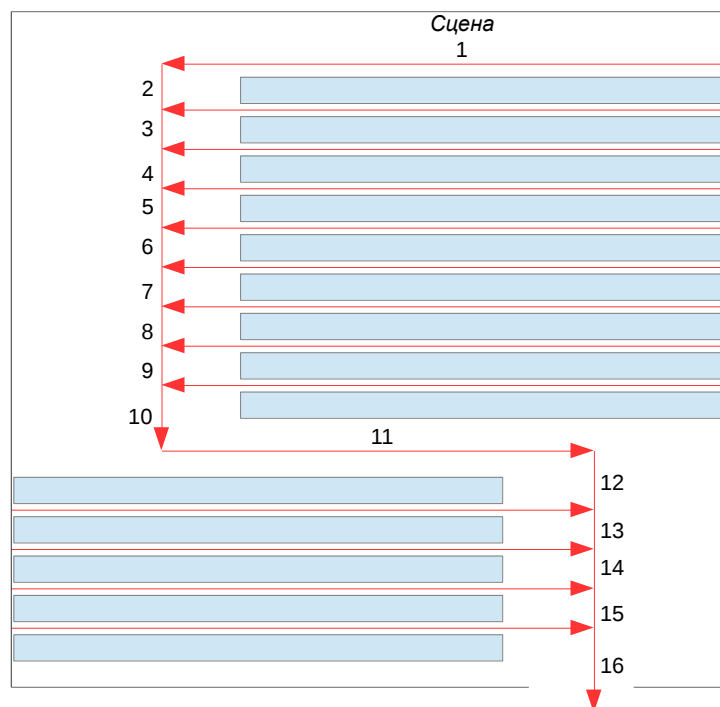
4. Розраховуємо значення критичної тривалості пожежі ($t_{\text{кр}}$) за умовою досягнення граничної концентрації кисню:

$$t_{кр}^{O_2} = \left\{ \frac{B}{A} \ln \left[1 - \frac{0.044}{\left(\frac{BL_{O_2}}{V} + 0.27 \right) z} \right]^{-1} \right\}^{1/n} =$$

$$= \left\{ \frac{1120,78}{3,84} \ln \left[1 - \frac{0.044}{\left(\frac{1120,78 \cdot 3,34}{17280} + 0.27 \right) 0,845} \right]^{-1} \right\}^{1/1} = 33с$$

ВИСНОВОК: Необхідний час евакуації по досягненню граничної концентрації кисню складає $33 \times 0,8/60 = 0.44$ хв.

Задача 4. Визначити фактичний час евакуації людей з глядацької зали. Ширина проходу між рядами 0,5 м, відстань між спинками крісел 1 м, ширина крісла 0,5 м. Глядачі в залі знаходяться без зимового одягу. Всі евакуаційні шляхи прийняті горизонтальними.



Рішення:

1. Відносна щільність, яка визначається як відношення площі проекції, зайнятої людьми, що евакуюються, до площі евакуаційного шляху.

$$D = \frac{N \cdot f}{\delta \cdot l},$$

де

δ і l – відповідно ширина і довжина ділянки евакуаційного шляху, м;

f - середня площа горизонтальної проекції людини, що приймається для

дорослої людини в домашньому одязі 0,1 м² /люд.

$$D_{\text{ш}} = \frac{21 \cdot 0,1}{1,4 \cdot 16,03} = 0,13 \text{ м}^2 / \text{м}^2;$$

$$D_{p1} = D_{p2} = \frac{21 \cdot 0,1}{16,03 \cdot 0,5} = 0,26 \text{ м}^2 / \text{м}^2.$$

2) Визначаємо швидкість руху людей V, м/хв., інтенсивність q, м/хв., враховуючи горизонтальний шлях:

$$D_{\text{ш}} = 0,13 \rightarrow V = 74 \text{ м} / \text{хв}, q_{\text{ш}} = 9 \text{ м} / \text{хв};$$

$$D_{p1} = D_{p2} = 0,26 \rightarrow V = 52,2 \text{ м} / \text{хв}, q_{p1} = q_{p2} = 13,3 \text{ м} / \text{хв}.$$

3) Визначимо τ - розрахунковий (фактичний) час евакуації людей, хв;

$$\tau = \frac{l}{V},$$

де

l – довжина ділянки евакуаційного шляху, м;

V – швидкість руху людей м/хв.

$$\tau_{\text{ш}} = \frac{16,03}{74} = 0,22 \text{ хв}, \tau_{p1} = \tau_{p2} = \frac{16,03}{52,2} = 0,3 \text{ хв}.$$

4) Визначимо q – інтенсивність руху, м/хв.

$$q_1 = \frac{q_{\text{ш}} \cdot \delta_{\text{ш}}}{\delta_2} = \frac{9 \cdot 1,4}{1,9} = 6,63 \text{ м} / \text{хв} \rightarrow V_1 = 90 \text{ м} / \text{хв},$$

$$\tau_1 = \frac{l_1}{V_1} = \frac{1,7}{90} = 0,018 \text{ хв}.$$

$$q_2 = \frac{(q_1 \cdot \delta_2) + (q_{p1} \cdot \delta_p)}{\delta_2} = \frac{(6,63 \cdot 1,9) + (13,3 \cdot 0,5)}{1,9} = 10,13 \text{ м} / \text{хв} \rightarrow V_2 = 70 \text{ м} / \text{хв},$$

$$\tau_2 = \frac{l_2}{V_2} = \frac{1}{70} = 0,014 \text{ хв}.$$

$$q_3 = \frac{(q_2 \cdot \delta_2) + (q_{p1} \cdot \delta_p)}{\delta_2} = \frac{(10,13 \cdot 1,9) + (13,3 \cdot 0,5)}{1,9} = 13,63 \text{ м} / \text{хв} \rightarrow V_2 = 49,9 \text{ м} / \text{хв},$$

$$\tau_3 = \frac{l_3}{V_3} = \frac{1}{49,9} = 0,02 \text{ хв}.$$

$$q_4 = \frac{(q_3 \cdot \delta_2) + (q_{p1} \cdot \delta_p)}{\delta_2} = \frac{(13,63 \cdot 1,9) + (13,3 \cdot 0,5)}{1,9} = 17,13 \text{ м} / \text{хв}$$

Так як інтенсивність руху на четвертій ділянці перевищила критичне значення, то надалі рух продовжиться із затримками, а отже визначимо максимальну затримку на останній ділянці проходу.

$$\tau_4 = \tau_5 = \tau_6 = \tau_7 = \tau_8 = \frac{l_4}{V} = \frac{1}{15} = 0,067 \text{ хв}.$$

$$\tau_9 = \frac{l_9}{V} = \frac{1,85}{15} = 0,123 \text{ хв}.$$

Визначаємо $\Delta\tau$ - час затримки

$$\Delta\tau = N \cdot f \cdot \left(\frac{1}{q_{2p} \cdot \delta_9} - \frac{1}{q_8 \cdot \delta_8 + q_{p1} \cdot \delta_{p1}} \right) = 210 \cdot 0,1 \cdot \left(\frac{1}{13,3 \cdot 1,9} - \frac{1}{13,3 \cdot 1,9 + 13,3 \cdot 0,5} \right) = 0,17 \text{хв.}$$

$$q_{10} = \frac{q_9 \cdot \delta_9}{\delta_3} = \frac{13,3 \cdot 1,9}{2,3} = 10,98 \text{м / хв} \rightarrow V_{10} = 65,1 \text{м / хв},$$

$$l_{10} = n_1 \cdot 0,5 \cdot \delta_2 - \frac{\delta_2}{2} - \frac{\delta_4}{2} = 21 \cdot 0,5 \cdot 1,9 - \frac{1,9}{2} - \frac{2,9}{2} = 17,55 \text{м},$$

$$\tau_{10} = \frac{17,55}{65,1} = 0,27 \text{хв.}$$

$$q_{11} = \frac{q_{10} \cdot \delta_3}{\delta_4} = \frac{10,98 \cdot 2,3}{2,9} = 8,7 \text{м / хв.} \rightarrow V_{11} = 76,5 \text{м / хв},$$

$$l_{11} = \frac{\delta_3}{2} + \frac{0,5}{2} = \frac{2,3}{2} + \frac{0,5}{2} = 1,4 \text{м},$$

$$\tau_{11} = \frac{1,4}{76,5} = 0,018 \text{хв.}$$

$$q_{12} = \frac{(q_{11} \cdot \delta_4) + (q_{p2} \cdot \delta_{p2})}{\delta_4} = \frac{(8,7 \cdot 2,9) + (13,3 \cdot 0,5)}{2,9} = 11 \text{м / хв} \rightarrow V_{12} = 65 \text{м / хв},$$

$$\tau_{12} = \frac{1}{65} = 0,015 \text{хв.}$$

$$q_{13} = \frac{(q_{12} \cdot \delta_4) + (q_{p2} \cdot \delta_{p2})}{\delta_4} = \frac{(11 \cdot 2,9) + (13,3 \cdot 0,5)}{2,9} = 13,29 \text{м / хв} \rightarrow V_{13} = 52 \text{м / хв},$$

$$\tau_{13} = \frac{1}{52} = 0,02 \text{хв.}$$

$$q_{14} = \frac{(q_{13} \cdot \delta_4) + (q_{p2} \cdot \delta_{p2})}{\delta_4} = \frac{(13,29 \cdot 2,9) + (13,3 \cdot 0,5)}{2,9} = 15,6 \text{м / хв} \rightarrow V_{13} = 41 \text{м / хв},$$

$$\tau_{14} = \frac{1}{41} = 0,024 \text{хв.}$$

Надалі інтенсивність перевищуватиме критичну, тому для ділянок 15 та 16:

$$q_{15} = q_{16} = 13,5 \text{м / хв} \rightarrow V_{15} = V_{16} = 15 \text{м / хв},$$

$$\tau_{15} = \tau_{16} = \frac{1}{15} = 0,067 \text{хв.}$$

Рух триватиме із затримкою, тому розрахуємо її час для останньої ділянки

$$\Delta\tau_{16} = N \cdot f \cdot \left(\frac{1}{q_{2p} \cdot \delta_4} - \frac{1}{q_{15} \cdot \delta_4 + q_{p2} \cdot \delta_p} \right) = 235 \cdot 0,1 \cdot \left(\frac{1}{13,5 \cdot 2,9} - \frac{1}{13,5 \cdot 2,9 + 13,3 \cdot 0,5} \right) = 0,1 \text{хв.}$$

Так як $\Delta\tau_{16} < \Delta\tau_9$, то в розрахунках використовуємо $\Delta\tau_9$

$$q_{3\theta} = \frac{q_{16} \cdot \delta_4}{\delta_{3\theta}} = \frac{13,5 \cdot 2,9}{2,3} = 17 < q_{кр.3\theta}$$

Затримки в дверях немає, отже, час евакуації з глядацької зали становитиме:

$$\begin{aligned} \tau_{заг} &= \sum \tau_i = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \tau_4 + \tau_5 + \tau_6 + \tau_7 + \tau_8 + \tau_9 + \tau_{10} + \tau_{11} + \tau_{12} + \tau_{13} + \tau_{14} + \tau_{15} + \tau_{16} + \Delta \tau_9 \\ \tau_{заг} &= 0,018 + 0,014 + 0,02 + 0,67 \cdot 5 + 0,123 + 0,27 + 0,018 + 0,015 + 0,02 + 0,024 + 0,067 \cdot 2 + 0,17 = \\ &= 1,16 \text{ хв.} \end{aligned}$$

Відповідь: $\tau = 1,16$ хв.

ЛІТЕРАТУРА

1. Освітньо-професійна програма вищої освіти «Пожежна безпека» 26 «Цивільна безпека» спеціальність 261 «Пожежна безпека» (Розглянуто та затверджено вченою радою Національного університету цивільного захисту України протокол №12 від 26 червня 2025 р.). Режим доступу: https://nuczu.edu.ua/images/topmenu/osvitnya_diyalnosti/osvitni_programi/2025/m/pb.pdf.
2. «Кодекс цивільного захисту України». [Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17#Text>]
3. ДСТУ 8828:2019 «Пожежна безпека. Загальні положення». [Електронний ресурс]. – URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=82138.
4. ДСТУ 2272:2006 «Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять». [Електронний ресурс]. – URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=29684.
5. ДСТУ 8855:2019 «Визначення класу наслідків (відповідальності)». [Електронний ресурс]. – URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=83254
6. ДБН А.2.2-3:2014 «Склад та зміст проектної документації на будівництво». [Електронний ресурс]. – URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=58105
7. ДБН В.1.1.7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва». [Електронний ресурс]. – URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=68456
8. ДБН Б.2.2-12:2019 «Планування і забудова територій». [Електронний ресурс]. – URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=83211
9. ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту». [Електронний ресурс]. – URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=59526
10. ДБН В.2.5-64:2012 «Внутрішній водопровід та каналізація». [Електронний ресурс]. – URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=29848
11. ДБН В.2.5-74:2013 «Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди». [Електронний ресурс]. – URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=54058
12. СНиП 2.09.02-85* «Виробничі будівлі». [Електронний ресурс]. – URL: <https://uscc.ua/uploads/page/images/normativnye%20dokumenty/%D0%A1%D0%9D%D0%B8%D0%9F/SNiP-20902-85-Proizvodstvennyye-zdaniya.pdf>
13. ДБН В.2.2-43:2021 «Будівлі та споруди. Складські будівлі. Основні положення». [Електронний ресурс]. – URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=98057

14. ДБН В.2.2-28:2010 «Будинки адміністративного та побутового призначення». [Електронний ресурс]. – URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=27263
15. ДБН В.2.2-9:2018 «Громадські будинки та споруди. Основні положення». [Електронний ресурс]. – URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=82012
16. ДБН В.2.2-15:2019 «Житлові будинки. Основні положення». [Електронний ресурс]. – URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=59627
17. ДБН В.2.2-16:2019 «Культурно-видовищні та дозвілєві заклади». [Електронний ресурс]. – URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=83745
18. ДБН В.2.2-23:2009 «Підприємства торгівлі. Будинки і споруди». [Електронний ресурс]. – URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=82592
19. ДБН В.2.2-20:2008 «Будинки і споруди. Готелі». [Електронний ресурс]. – URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=83210
20. ДБН В.2.2-4:2018 «Заклади дошкільної освіти. Будинки і споруди». [Електронний ресурс]. – URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=77081
21. ДБН В.2.2-3:2018 «Заклади освіти. Будинки і споруди». [Електронний ресурс]. – URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=77080
22. ДБН В.2.2-10:2022 «Заклади охорони здоров'я. Основні положення». [Електронний ресурс]. – URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=101916
23. ДБН В.2.2-40:2018 «Інклюзивність будівель і споруд». [Електронний ресурс]. – URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=79740
24. ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування». [Електронний ресурс]. – URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=50154
25. ДБН В.2.5-20:2018 «Газопостачання. Інженерне обладнання будинків і споруд». [Електронний ресурс]. – URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=82086
26. ДБН В.2.2-5:97 «Захисні споруди цивільного захисту». [Електронний ресурс]. – URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=4653
27. ДБН В.2.3-15:2007 «Автостоянки і гаражі для легкових автомобілів». [Електронний ресурс]. – URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=7136
28. НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні». [Електронний ресурс]. – URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=60541
29. НАПБ Б.01.005-2017 «Правил пожежної безпеки на ринках України». [Електронний ресурс]. – URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=75717

30. ДСТУ CEN/TR 12101-4:2016 Системи протидимного захисту. Частина 4. Побудова систем димо- та тепловидалення (CEN/TR 12101-4:2009, IDT).

31. ДСТУ EN 15004-1:2014 Стаціонарні системи пожежогасіння. Системи газового пожежогасіння. Частина 1. Проектування, монтування та технічне обслуговування (EN 15004-1:2008, IDT).

32. ДСТУ 4466-8:2008 Системи газового пожежогасіння. Проектування, монтування, випробування, технічне обслуговування та безпека Частина 8. Вогнегасна речовина HFC 125 (ISO 14520-8:2006, MOD).

33. ДСТУ EN 15004-5:2014 Стаціонарні системи пожежогасіння. Системи газового пожежогасіння. Частина 5. Вогнегасна речовина HFC 227ea (EN 15004-5:2008, IDT).

34. ДСТУ Б EN 12845:2011 Стаціонарні системи пожежогасіння. Автоматичні спринклерні системи. Проектування, монтування та технічне обслуговування.

35. ДСТУ CEN 14816:2013 Стаціонарні системи пожежогасіння. Дренчерні системи. Проектування, монтування та технічне обслуговування.