

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ**

**ФАКУЛЬТЕТ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ**

**КАФЕДРА ПОЖЕЖНОЇ ПРОФІЛАКТИКИ В НАСЕЛЕНИХ ПУНКТАХ**

## **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

**Харків 2024**

*Рекомендовано до друку кафедрою пожежної профілактики  
в населених пунктах НУЦЗ України  
(протокол від 01.07.2024 р. № 20)*

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. Х.: НУЦЗ України, 2024. 15 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 № 1**

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 № залікової 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 20	10 19
4,5,6	10 11	9 12	1 13	2 14	3 15	4 16	5 17	6 18	7 19	8 20
7,8,9,0	5 13	4 14	1 15	2 16	3 17	10 18	9 19	8 20	7 11	6 12

**РОЗКРИТИ СУТНІСТЬ ПИТАНЬ:**

1. Визначення терміну «евакуація людей під час пожежі». Етапи евакуації людей. Особливості руху людей під час евакуації
2. Параметри руху людей під час евакуації. Методика розрахунку фактичного часу евакуації.
3. Методика розрахунку необхідного часу евакуації.
4. Загальні принципи нормування евакуаційних виходів та шляхів.
5. Визначення евакуаційних виходів та шляхів відповідно до нормативних документів. Вимоги протипожежних норм до евакуаційних виходів та шляхів (щодо кількості, розміщення, розмірів).
6. Конструктивне виконання евакуаційних шляхів (коридорів, вестибюлів). Вимоги до дверей на шляхах евакуації.
7. Типи евакуаційних сходів і сходових кліток. Вимоги до конструктивного виконання внутрішніх евакуаційних сходів.
8. Вимоги до застосування і виконання зовнішніх евакуаційних сходів, звичайних сходових кліток
9. Вимоги до застосування і виконання незадимлюваних сходових кліток.

10. Особливості влаштування евакуаційних виходів і шляхів у виробничих будинках, нормування їх кількості і розмірів.

### 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

$X_{\text{HCl}} = 2310^{-6}$  кг/м<sup>3</sup>. Висота робочої зони працюючих складає  $h = 1,8$  м. Коефіцієнт тепловтрат  $\varphi = 0,75$ . Коефіцієнт повноти горіння  $\eta = 0,5$ . Питома теплоємність  $C_p = 1,32$  кДж/(кг К). Вид горючої речовини – каучук, питома масова швидкість вигорання  $\Psi_F = 0,72$  кг/(м<sup>2</sup> хв.), питома виділення  $L_{\text{HCl}} = 0,22$  кг·кг<sup>-1</sup>, нижча теплота згорання  $Q_H = 40200$  кДж/кг, лінійна швидкість поширення полум'я  $v_L = 0,034$  м·с<sup>-1</sup>.

**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

$X_{\text{HCl}} = 2310^{-6}$  кг/м<sup>3</sup>. Висота робочої зони працюючих складає  $h = 1,8$  м. Коефіцієнт тепловтрат  $\varphi = 0,75$ . Коефіцієнт повноти горіння  $\eta = 0,5$ . Питома теплоємність  $C_p = 1,32$  кДж/(кг К). Вид горючої речовини – пінополіуретан, питома масова швидкість вигорання  $\Psi_F = 0,90$  кг/(м<sup>2</sup> хв.), питома виділення  $L_{\text{HCl}} = 0,32$  кг·кг<sup>-1</sup>, нижча теплота згорання  $Q_H = 24300$  кДж/кг, лінійна швидкість поширення полум'я  $v_L = 0,015$  м·с<sup>-1</sup>.

**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

$X_{\text{HCl}} = 2310^{-6}$  кг/м<sup>3</sup>. Висота робочої зони працюючих складає  $h = 1,8$  м. Коефіцієнт тепловтрат  $\varphi = 0,75$ . Коефіцієнт повноти горіння  $\eta = 0,5$ . Питома теплоємність  $C_p = 1,32$  кДж/(кг К). Вид горючої речовини – лінолеум, питома масова швидкість вигорання  $\Psi_F = 0,55$  кг/(м<sup>2</sup> хв.), питома виділення  $L_{\text{HCl}} = 0,11$  кг·кг<sup>-1</sup>, нижча теплота згорання  $Q_H = 24000$  кДж/кг, лінійна швидкість поширення полум'я  $v_L = 0,011$  м·с<sup>-1</sup>.

**Задача № 14.** Розрахувати необхідний час евакуації з людей з виробничого приміщення розмірами 60х60х4 м, виходячи з умов досягнення у продуктах горіння ГДК оксиду вуглецю (CO), яка складає  $X_{\text{CO}} = 1,16 \cdot 10^{-3}$  кг/м<sup>3</sup>. Висота робочої зони працюючих складає  $h = 1,9$  м. Коефіцієнт тепловтрат  $\varphi = 0,74$ .

Коефіцієнт повноти горіння  $\eta = 0,6$ . Питома теплоємність  $C_p = 1,3$  кДж/(кг К).

Вид горючої речовини – деревина, питома масова швидкість вигорання  $\Psi_F = 1,11 \text{ кг}/(\text{м}^2 \text{ хв.})$ , питома виділення  $L_{CO} = 0,24 \text{ кг}\cdot\text{кг}^{-1}$ , нижча теплота згорання  $Q_H = 13800 \text{ кДж/кг}$ , лінійна швидкість поширення полум'я  $v_{л} = 0,034 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ .

**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 (СО), яка складає  $X_{CO} = 1,16 \cdot 10^{-3} \text{ кг}/\text{м}^3$ . 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  $\Psi_F = 1,14 \text{ кг}/(\text{м}^2 \text{ хв.})$ , питома виділення оксиду вуглецю  $L_{CO} = 0,22 \text{ кг}\cdot\text{кг}^{-1}$ , нижча теплота згорання  $Q_H = 39000 \text{ кДж/кг}$ , лінійна швидкість поширення полум'я  $v_{л} = 0,008 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ .

**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 (СО), яка складає  $X_{CO} = 1,16 \cdot 10^{-3} \text{ кг}/\text{м}^3$ . 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  $\Psi_F = 0,62 \text{ кг}/(\text{м}^2 \text{ хв.})$ , питома виділення  $L_{CO} = 0,37 \text{ кг}\cdot\text{кг}^{-1}$ , нижча теплота згорання  $Q_H = 47100 \text{ кДж/кг}$ , лінійна швидкість поширення полум'я  $v_{л} = 0,016 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ .

**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  $\Psi_F = 0,636 \text{ кг}/(\text{м}^2 \text{ хв.})$ , питома витрати кисню  $L_{O_2} = 1,14 \text{ кг}\cdot\text{кг}^{-1}$ , нижча теплота згорання  $Q_H = 13400 \text{ кДж/кг}$ , лінійна швидкість поширення полум'я  $v_{л} = 0,017 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ , можлива площа горіння  $F_{гор.} = 80 \text{ м}^2$ .

**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  $h = 1,8 \text{ м}$ . 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 – деревина,

питома масова швидкість вигорання  $\Psi_F = 1,11 \text{ кг}/(\text{м}^2 \text{ хв.})$ , питомі витрати кисню  $L_{O_2} = 1,2 \text{ кг} \cdot \text{кг}^{-1}$ , нижча теплота згорання  $Q_H = 13800 \text{ кДж}/\text{кг}$ , лінійна швидкість поширення полум'я  $v_L = 0,017 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ , можлива площа горіння  $F_{\text{гор.}} = 120 \text{ м}^2$ .

**Задача № 19.** Розрахувати необхідний час евакуації людей з виробничого приміщення розмірами  $60 \times 60 \times 4 \text{ м}$ , виходячи з умов досягнення при пожежі зниженої концентрації кисню. Висота робочої зони працюючих складає

$h = 1,8 \text{ м}$ . Коефіцієнт тепловтрат  $\varphi = 0,75$ . Коефіцієнт повноти горіння  $\eta = 0,95$ . Питома теплоємність  $C_p = 1,32 \text{ кДж}/(\text{кг К})$ . Вид горючої речовини – каучук, питома масова швидкість вигорання  $\Psi_F = 0,72 \text{ кг}/(\text{м}^2 \text{ хв.})$ , питомі витрати кисню  $L_{O_2} = 2,9 \text{ кг} \cdot \text{кг}^{-1}$ , нижча теплота згорання  $Q_H = 40200 \text{ кДж}/\text{кг}$ , лінійна швидкість поширення полум'я  $v_L = 0,017 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ , можлива площа горіння  $F_{\text{гор.}} = 65 \text{ м}^2$ .

**Задача № 20.** Розрахувати необхідний час евакуації людей з виробничого приміщення розмірами  $90 \times 50 \times 5 \text{ м}$ , виходячи з умов досягнення при пожежі зниженої концентрації кисню. Висота робочої зони працюючих складає

$h = 1,8 \text{ м}$ . Коефіцієнт тепловтрат  $\varphi = 0,75$ . Коефіцієнт повноти горіння  $\eta = 0,95$ . Питома теплоємність  $C_p = 1,32 \text{ кДж}/(\text{кг К})$ . Вид горючої речовини – ацетон, питома масова швидкість вигорання -  $\Psi_F = 2,832 \text{ кг}/(\text{м}^2 \text{ хв.})$ , питомі витрати кисню  $L_{O_2} = 2,1 \text{ кг} \cdot \text{кг}^{-1}$ , нижча теплота згорання  $Q_H = 20000 \text{ кДж}/\text{кг}$ , можлива площа горіння  $F_{\text{гор.}} = 20 \text{ м}^2$ .

**Задача № 21.** Визначити фактичний час евакуації людей з глядацької зали (рис.1). Ширина проходу між рядами  $0,5 \text{ м}$ , відстань між спинками крісел  $1 \text{ м}$ , ширина крісла  $0,5 \text{ м}$ . 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 № залкової книжки	Ширина проходу, м				Кількість рядів		Кількість місць в ряду		Ширина дверей
	$\delta_1$	$\delta_2$	$\delta_3$	$\delta_4$	$m_1$	$m_2$	$n_1$	$n_2$	
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

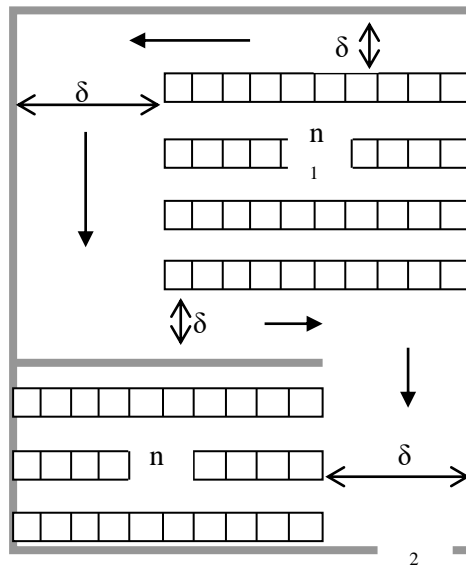


Рис. 1 – Схема глядацької зали.

## ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ

### Приклад 1

Розрахувати необхідний час евакуації людей з виробничого приміщення категорії «В» по досягненню ГДК токсичних речовин (HCl).

Вид горючої речовини – полівінілхлорид, розміри приміщення 40x50x5 м, питома масова швидкість вигорання  $\Psi_F = 0,0028 \text{ кг}/(\text{м}^2 \text{ с})$ , питома виділення хлористого водню при згорянні 1кг речовини  $L_{\text{HCl}} = 0,38 \text{ кг} \cdot \text{кг}^{-1}$ , ГДК хлористого водню  $X_{\text{HCl}} = 2310^{-6} \text{ кг}/\text{м}^3$ , нижча теплота згорання  $Q_H = 24300 \text{ кДж}/\text{кг}$ , висота робочої зони працюючих  $h = 1,8 \text{ м}$ , коефіцієнт тепловтрат  $\phi = 0,75$ , коефіцієнт повноти горіння  $\eta = 0,5$ , питома ізобарна теплоємність  $C_p = 1,32 \text{ кДж}/(\text{кг К})$ , лінійна швидкість поширення полум'я  $v_{\text{л}} = 0,033 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ ;

Рішення:

1. Оскільки можливе горіння твердого горючого матеріалу визначаємо розмірний параметр А за формулою:

$$A = 1,05 \cdot \Psi_F \cdot v_{\text{л}}^2 = 1,05 \cdot 0,0028 \cdot 0,033^2 = 3,2 \cdot 10^{-6} \text{ кг}/\text{с}$$



При цьому,  $n = 3$

2. Визначаємо розмірний комплекс  $B$ :

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

3. Визначаємо безрозмірний параметр  $Z$ , при  $H \leq 6$  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 ( $t_{кр}$ ) за умовою досягнення граничної концентрації хлористого водню

$$t_{кр}^{T.G.} = \left\{ \frac{B}{A} \ln \left[ 1 - \frac{VX}{BLz} \right]^{-1} \right\}^{1/n} =$$
$$= \left\{ \frac{929,7}{3,2 \cdot 10^{-6}} \ln \left[ 1 - \frac{2000 \cdot 5 \cdot 0,8 \cdot 23 \cdot 10^{-6}}{929,7 \cdot 0,38 \cdot 0,6} \right]^{-1} \right\}^{1/3} = 63 \text{ с}$$

5. Визначаємо необхідний час евакуації:

$$t_{нб} = \frac{0,8t_{кр}}{60} = \frac{0,8 \cdot 63}{60} = 0,84 \text{ хв.}$$

## Приклад 2

Розрахувати необхідний час евакуації людей з виробничого приміщення розмірами 90х60х4 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 – розчинник №346, питома масова швидкість вигорання  $\Psi_F = 0,048$  кг/(м<sup>2</sup> хв.), питомі витрати кисню  $L_{O_2} = 3,34$  кг·кг<sup>-1</sup>, нижча теплота згорання  $Q_H = 43540$  кДж/кг, можлива площа горіння  $F_{гор.} = 80$  м<sup>2</sup>.

Рішення:

1. Визначаємо розмірний параметр  $A$ :

$$A = \Psi_F \cdot F_{\text{гор.}} = 0,048 \cdot 80 = 3,84 \text{ кг/с}$$

При цьому,  $n = 1$

2. Визначаємо розмірний комплекс  $B$

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

3. Визначаємо безрозмірний параметр  $Z$ , при  $H \leq 6$  м:

$$z = \frac{h}{H} \exp\left(1,4 \frac{h}{H}\right) = \frac{1,8}{4} \exp\left(1,4 \frac{1,8}{4}\right) = 0,845$$

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

$$t_{\text{кр}}^{\text{O}_2} = \left\{ \frac{B}{A} \ln \left[ 1 - \frac{0,044}{\left( \frac{BL_{\text{O}_2}}{V} + 0,27 \right) z} \right]^{-1} \right\}^{1/n} =$$

$$= \left\{ \frac{1120,78}{3,84} \ln \left[ 1 - \frac{0,044}{\left( \frac{1120,78 \cdot 3,34}{17280} + 0,27 \right) 0,845} \right]^{-1} \right\}^{1/1} = 33 \text{ с}$$

5. Визначаємо необхідний час евакуації:

$$t_{\text{нб}} = \frac{0,8t_{\text{кр}}}{60} = \frac{0,8 \cdot 33}{60} = 0,44 \text{ хв.}$$

### Приклад 3

Визначити фактичний час евакуації людей з актового залу. 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.

Вихідні дані:

$$\delta_1 = 1,4 \text{ м}$$

$$\delta_2 = 1,9 \text{ м}$$

$$\delta_3 = 2,2 \text{ м}$$

$$\delta_4 = 2,9 \text{ м}$$

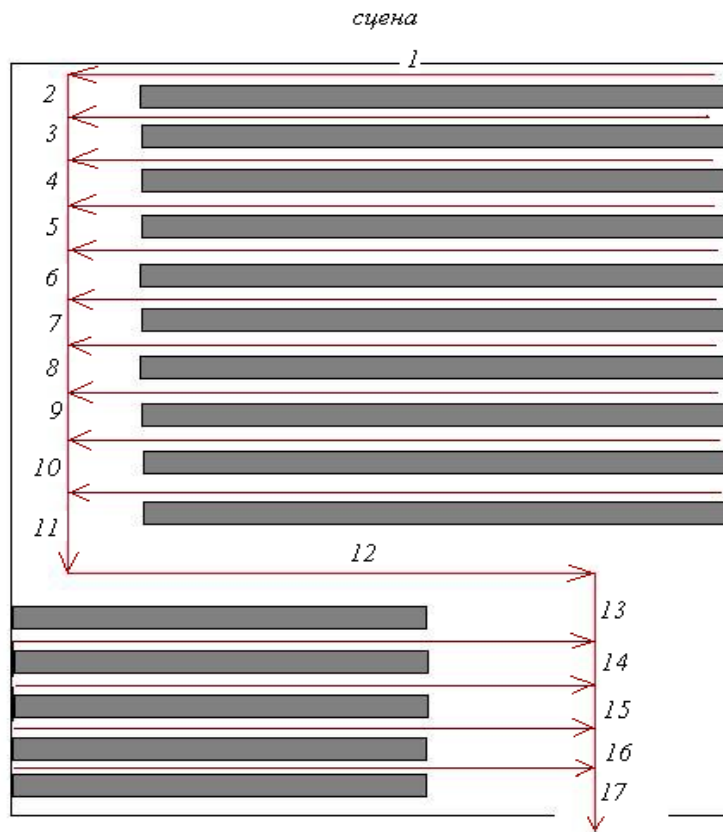
$$\delta_{\text{дб}} = 2,2$$

$$m_1 = 10$$

$$m_2 = 5$$

$$n_1 = 16$$

$$n_2 = 15$$



Рішення:

На плані приміщення намічаються маршрути руху людей і визначаються ділянки евакуації протяжністю  $l_i$  та шириною  $g_i$ .

$$D_{\text{ш}} = \frac{N_1 \times f}{l_1 \times \delta_1} = \frac{16 \times 0,1}{8,95 \times 1,4} = 0,13 \text{ м}^2 / \text{м}^2;$$

$$D_{\text{р1}} = \frac{N_1 \times f}{l_1 \times \delta_1} = \frac{16 \times 0,1}{8,95 \times 1,4} = 0,35 \text{ м}^2 / \text{м}^2;$$

$$D_{\text{р2}} = \frac{15 \times 0,1}{8,95 \times 0,5} = 0,33 \text{ м}^2 / \text{м}^2.$$

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

$$D_{\text{р1}} = 0,35 \rightarrow V = 43,5 \text{ м} / \text{хв}, q_{\text{р1}} = 14,5 \text{ м} / \text{хв};$$

$$D_{\text{р2}} = 0,33 \rightarrow V = 45 \text{ м} / \text{хв}, q_{\text{р2}} = 14,4 \text{ м} / \text{хв}.$$

$$\tau_{ш} = \frac{8,95}{74} = 0,12 \text{ хв}, \tau_{p1} = \frac{8,95}{43,5} = 0,205 \text{ хв}, \tau_{p2} = \frac{8,95}{45} = 0,2 \text{ хв}.$$

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

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

$$q_2 = \frac{(q_1 \times \delta_2) + (q_{p1} \times \delta_p)}{\delta_2} = \frac{(6,63 \times 1,9) + (14,5 \times 0,5)}{1,9} = 10,44 \text{ м/хв} \rightarrow$$

$$V_1 = 70 \text{ м/хв},$$

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

$$q_3 = \frac{(q_2 \times \delta_2) + (q_{p1} \times \delta_p)}{\delta_2} = \frac{(10,44 \times 1,9) + (14,5 \times 0,5)}{1,9} = 14,25 \text{ м/хв} \rightarrow$$

$$V_3 = 46 \text{ м/хв},$$

$$\tau_3 = \frac{l_3}{V_3} = \frac{1}{46} = 0,02 \text{ хв}.$$

$$q_4 = \frac{(q_3 \times \delta_2) + (q_{p1} \times \delta_{p1})}{\delta_2} = \frac{(14,25 \times 1,9) + (14,5 \times 0,5)}{1,9} = 18 \text{ м/хв}.$$

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.

$$\tau_4 = \tau_5 = \tau_6 = \tau_7 = \tau_8 = \tau_9 = \frac{l_4}{V} = \frac{1}{15} = 0,067 \text{ хв}.$$

$$\tau_{10} = \frac{l_{10}}{V} = \frac{1,85}{15} = 0,123 \text{ хв}.$$

$$\Delta\tau_{10} = N \times f \times \left( \frac{1}{q_{2p} \times \delta_{10}} - \frac{1}{q_9 \times \delta_9 + q_{p1} \times \delta_{p1}} \right) =$$

$$160 \times 0,1 \times \left( \frac{1}{13,5 \times 1,9} - \frac{1}{13,5 \times 1,9 + 14,5 \times 0,5} \right) = 0,14 \text{ хв}.$$

$$q_{11} = \frac{q_{10} \times \delta_{10}}{\delta_3} = \frac{13,5 \times 1,9}{2,2} = 11,6 \text{ м/хв} \rightarrow V_{11} = 62 \text{ м/хв},$$

$$l_{11} = n_1 \times 0,5 \times \delta_2 - \frac{\delta_2}{2} - \frac{\delta_4}{2} = 7,5 \text{ м},$$

$$\tau_{11} = \frac{7,5}{62} = 0,12 \text{ хв.}$$

$$q_{12} = \frac{q_{11} \times \delta_3}{\delta_4} = \frac{11,6 \times 2,2}{2,9} = 8,8 \text{ м/ хв} \rightarrow V_{12} = 76 \text{ м/ хв},$$

$$l_{12} = \frac{\delta_3}{2} + \frac{0,5}{2} = 1,1 + 0,25 = 1,35 \text{ м,}$$

$$\tau_{12} = \frac{1,35}{76} = 0,017 \text{ хв.}$$

$$q_{13} = \frac{(q_{12} \times \delta_4) + (q_{p2} \times \delta_{p2})}{\delta_4} = \frac{(8,8 \times 2,9) + (14,4 \times 0,5)}{2,9} = 11,3 \text{ м/ хв} \rightarrow$$

$$V_{13} = 64 \text{ м/ хв},$$

$$\tau_{13} = \frac{1}{64} = 0,015 \text{ хв.}$$

$$q_{14} = \frac{(q_{13} \times \delta_4) + (q_{p2} \times \delta_{p2})}{\delta_4} = \frac{(11,3 \times 2,9) + (14,4 \times 0,5)}{2,9} = 13,8 \text{ м/ хв} \rightarrow$$

$$V_{14} = 50 \text{ м/ хв},$$

$$\tau_{14} = \frac{1}{50} = 0,02 \text{ хв.}$$

$$q_{15} = \frac{(q_{14} \times \delta_4) + (q_{p2} \times \delta_{p2})}{\delta_4} = \frac{(13,8 \times 2,9) + (14,4 \times 0,5)}{2,9} = 16,3 \text{ м/ хв} \rightarrow$$

$$V_{15} = 35 \text{ м/ хв},$$

$$\tau_{15} = \frac{1}{35} = 0,028 \text{ хв.}$$

Надалі інтенсивність перевищуватиме критичну, тому для ділянок 16 та 17:

$$q_{16} = q_{17} = 13,5 \text{ м/ хв} \rightarrow V_{16} = V_{17} = 15 \text{ м/ хв},$$

$$\tau_{16} = \tau_{17} = \frac{1}{15} = 0,067 \text{ хв.}$$

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

$$\Delta\tau_{17} = N \times f \times \left( \frac{1}{q_{zp} \times \delta_4} - \frac{1}{q_{16} \times \delta_4 + q_{p2} \times \delta_p} \right) =$$

$$235 \times 0,1 \times \left( \frac{1}{13,5 \times 2,9} - \frac{1}{13,5 \times 2,9 + 14,4 \times 0,5} \right) = 0,09 \text{ хв.}$$

Так як  $\Delta\tau_{17} < \Delta\tau_{10}$ , то в розрахунках використовуємо  $\Delta\tau_{10}$

$$q_{зв} = \frac{q_{17} \times \delta_4}{\delta_{36}} = \frac{13,5 \times 2,9}{2,2} = 17,8 < q_{кр.зв}$$

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

$$\begin{aligned} \tau_{заг} &= \sum \tau_i = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \tau_4 + \tau_5 + \tau_6 + \tau_7 + \tau_8 + \tau_9 + \tau_{10} + \tau_{11} + \tau_{12} + \tau_{13} + \tau_{14} + \tau_{15} + \tau_{16} + \tau_{17} \\ &\quad + \Delta\tau_{10} \\ \tau &= 0,018 + 0,014 + 0,02 + 6 \times 0,067 + 0,123 + 0,12 + 0,017 + 0,15 + 0,02 + 0,028 + \\ &\quad + 0,067 + 0,14 = 1,05 \text{ хв.} \end{aligned}$$

Відповідь:  $\tau = 1,05$  хв.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Кодекс цивільного захисту України.
2. НАПБ А.01.001-14 Правила пожежної безпеки в Україні. Наказ МВС України №1417 від 19.10.2014 р.
3. ДСТУ 88281-2019 Пожежна безпека. Загальні вимоги.
4. ДСТУ 2272-2006 Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять.
5. ДБН В.1.1-7-2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва.
6. ДБН В.2.2-9-2019 Громадські будинки та споруди. Основні положення.
7. ДБН В.2.2-15-2019 Житлові будинки.
8. ДБН В. 2.2-4-2019 Будинки і споруди дитячих дошкільних закладів.
9. ДБН В.2.2.-3-2019 Будинки і споруди навчальних закладів.
10. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування.
11. ДБН В.2.5-56-2014 Інженерне обладнання будівель і споруд. Системи протипожежного захисту.
12. ДБН В.2.2-8-98 Будинки і споруди. Підприємства, будівлі і споруди по зберіганню та переробці зерна.
13. ДБН В.2.2-16:2019 Культурно-видовищні та дозвілеві заклади.
14. ДБН Б.2.2-12:2019 Планування і забудова територій.
15. ДБН В.2.2-10:2022 Заклади охорони здоров'я. Основні положення.
16. Отрош Ю. А. Будівлі і споруди та їх поведінка в умовах пожежі: навчальний посібник. Черкаси: ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2016. 158 с.
17. Васильченко О.В. Будівлі і споруди та їх поведінка в умовах НС: курс лекцій. Харків: НУЦЗ України, 2016. 569 с.
18. Васильченко О.В., Квітковський Ю.В., Луценко Ю.В., Миргород О.В. Безпека експлуатації будівель і споруд та їх поведінка в умовах надзвичайних ситуацій: навчальний посібник. Х: НУЦЗУ, 2010. 372 с.