

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Київський національний університет будівництва і архітектури

ОРГАНІЗАЦІЯ ЕКОБЕЗПЕЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД

МОДУЛЬ 3. ПІДТРИМАННЯ ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНОГО ПОВІТРЯНОГО СЕРЕДОВИЩА У ПРИМІЩЕННЯХ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД

Методичні вказівки
до виконання практичних занять
для студентів спеціальності 101 «Екологія»
спеціалізації «Екологія та охорона навколишнього середовища»
всіх форм навчання

Київ 2019

УДК 697. 92: 699.81

О-64

Укладачі: В.Б. Довгалюк, канд. техн. наук, професор;
В.О. Мілейковський, канд. техн. наук, доцент;
В.Г. Дзюбенко, канд. техн. наук, доцент

Рецензент О. В. Задоянний, канд. техн. наук, доцент

Відповідальний за випуск В.Б. Довгалюк, канд. техн. наук,
професор

*Затверджено на засіданні кафедри теплогазопостачання і
вентиляції, протокол №13 від 18 червня 2018 року.*

В авторській редакції.

Організація екобезпечної експлуатації будівель і споруд.
О-64 Модуль 3. Підтримання екологічно безпечного повітряного
середовища у приміщеннях будівель і споруд: методичні
вказівки / уклад.: В.Б. Довгалюк, В.О. Мілейковський,
В.Г. Дзюбенко. – Київ: КНУБА, 2019. – 40 с.

Наведено завдання до розрахунково-графічної роботи та
приклад її виконання. Значна увага приділяється вентиляції та
протидимному захисту будівлі.

Призначено для студентів спеціальності 101 «Екологія»
спеціалізації «Екологія та охорона навколишнього середовища»
усіх форм навчання.

ЗМІСТ

Загальні положення.....	4
1. Завдання до розрахунково-графічної роботи.....	5
2. Приклад виконання розрахунково-графічної роботи.....	8
2.1. Параметри зовнішнього і внутрішнього повітря.....	9
2.2. Розрахунок теплонадходжень у приміщення глядацької зали.	12
2.2.1. Теплонадходження від сонячної радіації.....	12
2.2.2. Теплонадходження від штучного освітлення.....	12
2.2.3. Теплонадходження від людей.....	13
2.2.4. Загальні теплонадходження	14
2.3. Надходження вологи від людей.....	14
2.4. Надходження вуглекислого газу від людей.....	15
2.5. Загальні надходження шкідливостей до приміщення.....	15
2.6. Визначення повітрообміну для приміщення глядацької зали	16
2.6.1. Повітрообмін за мінімальною кількістю зовнішнього повітря на одну людину.....	16
2.6.2. Повітрообмін на розбавлення вуглекислого газу до ГДК.....	16
2.6.3. Повітрообмін на асиміляцію надлишків повної теплоти.....	17
2.6.4. Повітрообмін на асиміляцію вологонадлишків.....	20
2.6.5. Результати розрахунку повітрообміну.....	21
2.7. Визначення витрат теплоти на калорифери II підігріву.....	22
2.8. Визначення витрат холоду.....	22
2.9. Порівняння часу евакуації людей з часом задимлення приміщення.....	23
2.10. Визначення витрати диму, що видаляється при пожежі з глядацької зали.....	31
2.11. Розробка системи димовидалення.....	33
Список літератури.....	34
Додаток.....	36

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

На практичних заняттях студенти засвоюють методики визначення повітрообміну в приміщеннях та розрахунку систем димовидалення. Студенти вивчають методики розрахунку балансу шкідливостей у приміщенні, необхідного повітрообміну, витрати диму при пожежі та розрахунку систем димовидалення.

Мета курсу - Дисципліна «Організація екобезпечної експлуатації будівель і споруд» відноситься до нормативних професійно-орієнтованих і передбачає вивчення методів підтримання безпечного для життя і не шкідливого для здоров'я людини середовища у будівлях і спорудах різного призначення.

Вивчення теоретичних положень дисципліни передбачається на лекціях, а практичних навичок – на практичних заняттях і при самостійній роботі студентів.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

знати:

- вплив параметрів повітряного середовища на людину;
- нормативні параметри повітряного середовища;
- технічні засоби для підтримання параметрів повітряного середовища;
- виділення шкідливих речовин від оздоблювальних матеріалів, елементів інтер'єру та обладнання у штатному режимі експлуатації та під час пожежі;
- правила, методи та засоби контролю повітряного середовища у приміщеннях різного призначення;
- основні закономірності розвитку пожежі у будівлі;
- протипожежні вимоги до будівель;
- технічні засоби протидимного захисту будівель при пожежі;
- захист працівників під час виробничих аварій;
- наслідки енергетичного забруднення атмосфери;
- заходи підвищення енергоефективності систем забезпечення мікроклімату;
- енергетичний паспорт будівлі;

вміти:

1. визначати нормативні параметри повітряного середовища у приміщеннях;
2. визначити повітрообмін, витрату зовнішнього та рециркуляційного повітря у приміщеннях;
3. контролювати стан повітряного середовища у приміщеннях різного призначення;
4. визначити час евакуації людей під час пожежі та час задимлення приміщення;
5. визначити витрату диму, що видаляється при пожежі;
6. конструювати систему димовидалення;
7. аналізувати енергоефективність будівель і споруд.

2. ЗАВДАННЯ ДО РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ

Визначити потрібний повітрообмін та мінімальну витрату зовнішнього повітря у глядацькій залі одноповерхового кінотеатру (рис. 1, рис. 2) у м. Києві з перекриттям, що суміщене з покрівлею.

Розробити заходи протидимного захисту глядацької зали при пожежі.

Розміри будівлі визначаються з табл. 1 за двома останніми цифрами номера залікової книжки. Ширина сцени 2,75 м.

Дані до вибору завдання

Роз- мір	Значення									
	Передостання цифра номера залікової книжки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
a, мм	6300	6400	6500	6600	6800	6900	7000	7300	7200	7100
b, мм	6300	6400	6500	6600	6800	6900	7000	7300	7200	7100
c, мм	5400	5600	5500	5600	5800	5900	6000	6400	6600	5700
d, мм	14600	14800	14900	14800	15000	15100	15500	15600	15300	15800
e, мм	4500	4800	4700	4800	4600	4900	4500	4700	4400	4500
i, мм	4500	4800	4700	4800	4600	4900	4500	4700	4400	4500
	Остання цифра номера залікової книжки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
f, мм	5200	5300	5400	5600	5700	5800	5900	6000	6000	5300
g, мм	14000	14100	14200	14400	14700	14600	14800	15000	14100	15000
h, мм	5200	5300	5400	5600	5700	5800	5900	6000	6000	5300
Висо- та Н, м	5,0	5,2	5,4	5,6	5,8	6,0	6,2	6,4	6,6	6,8
Кіль- кість лю- дей	300	310	320	330	340	300	310	320	330	340

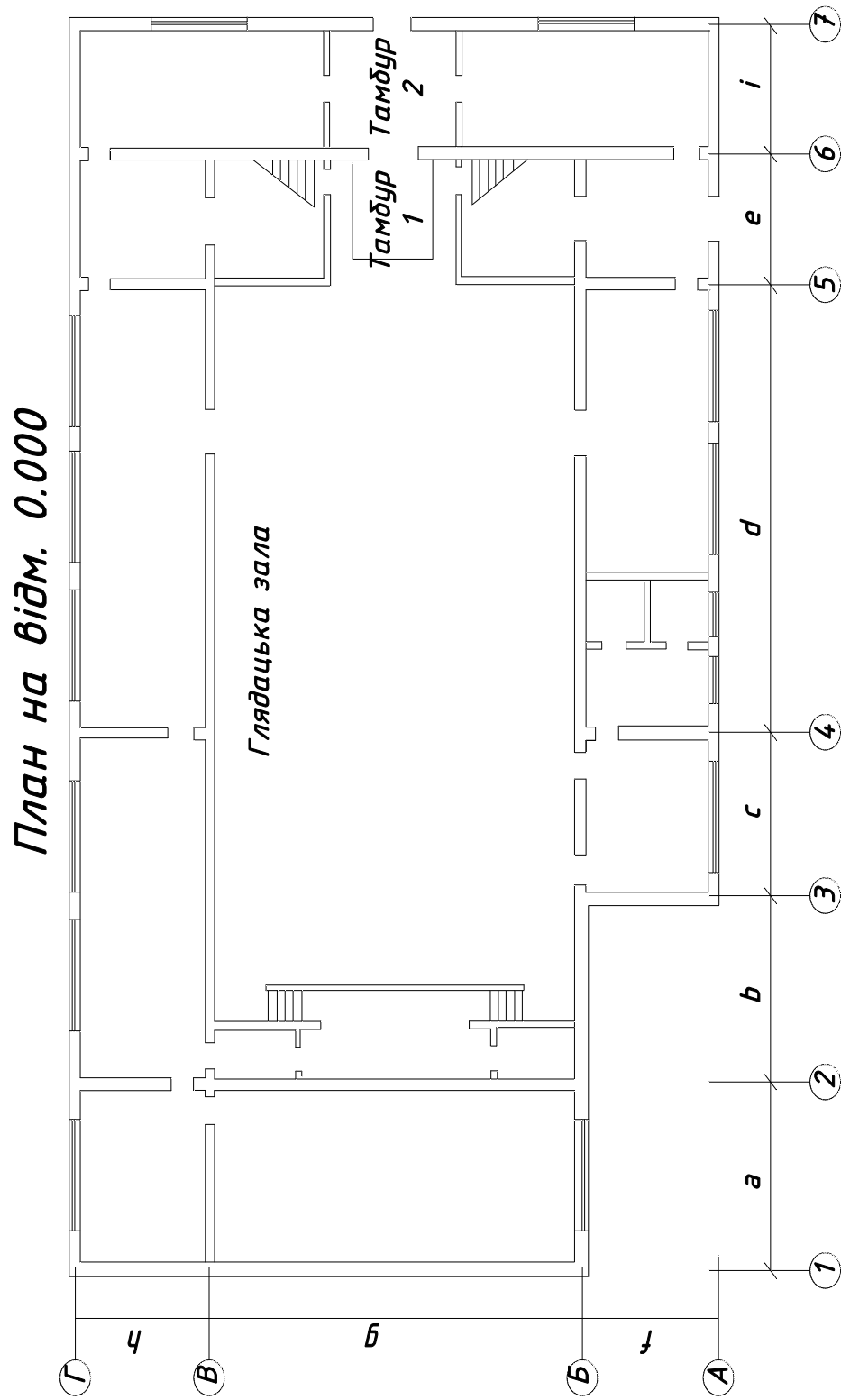


Рис. 1. План будівлі

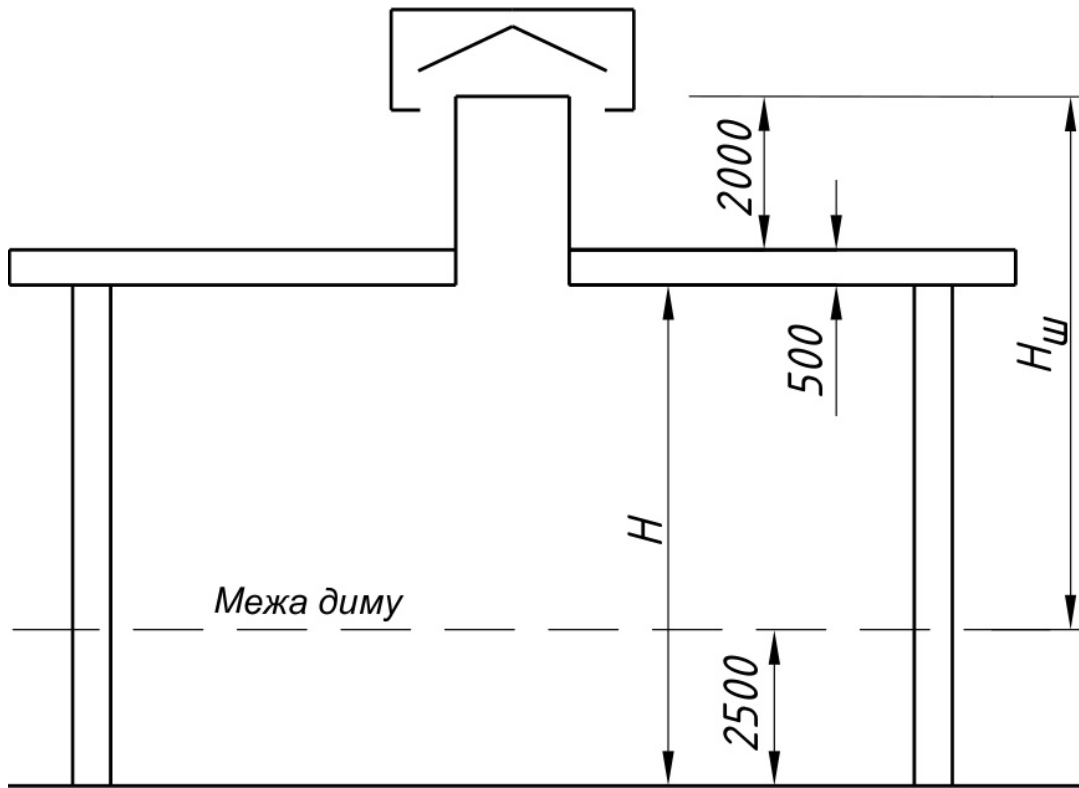


Рис. 2. Схема для розрахунку димової шахти

3. ПРИКЛАД ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ

Визначити повітрообмін та мінімальну витрату зовнішнього повітря у глядацькій залі одноповерхового кінотеатру (рис. 3) з суміщеним покриттям у м. Києві. Висота приміщення $H = 6,5$ м.

Розробити заходи протидимного захисту глядацької зали одноповерхової будівлі (рис. 2, 3).

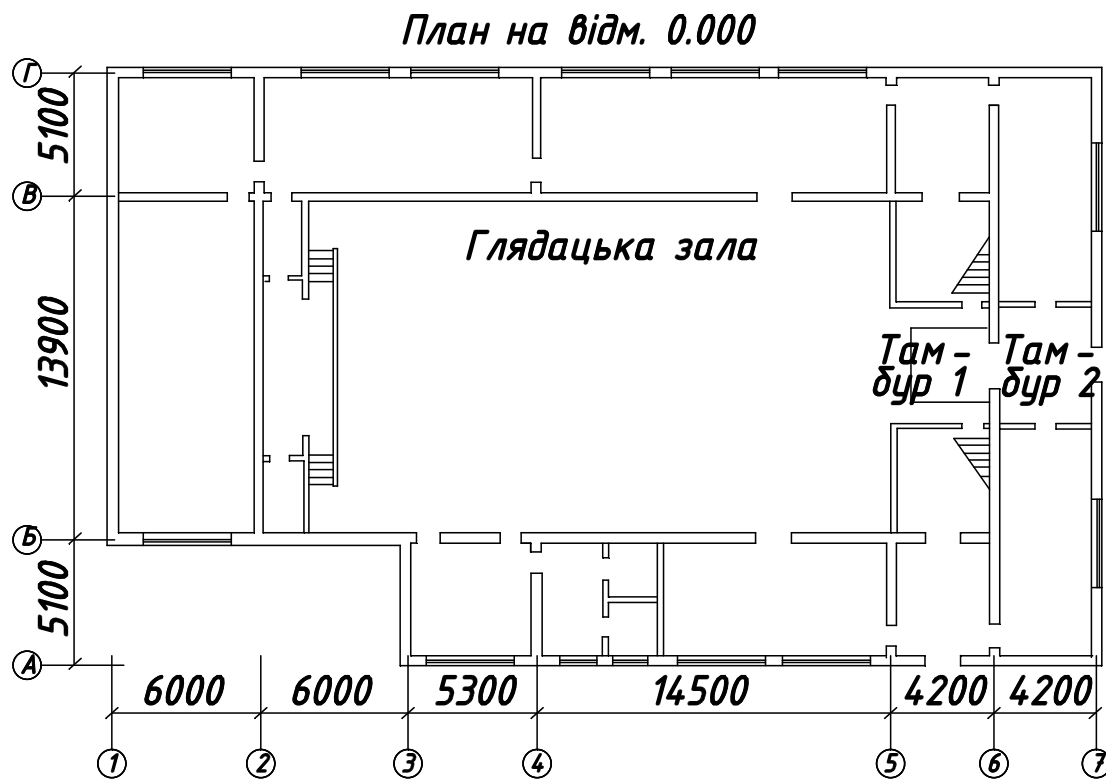


Рис. 3. План будівлі

2.1. Параметри зовнішнього і внутрішнього повітря

Вибираємо параметри зовнішнього повітря. Для систем вентиляції для забезпечення нормованих параметрів мікроклімату в приміщеннях за [1] приймаємо:

- в холодний період року температуру зовнішнього повітря для найхолоднішої п'ятиденки забезпеченістю 0,92 (табл. Д.4);
- в теплий період року – температуру зовнішнього повітря для найспекотнішої п'ятиденки забезпеченістю 0,99 (табл. Д.4).

Інші параметри приймаються за I-d діаграмою.

Температура внутрішнього повітря приймається за [2], а також згідно із санітарними нормами до мікроклімату виробничих приміщень згідно з [3] і санітарно-епідеміологічними вимогами до внутрішнього повітря житлових, громадських та адміністративно-побутових будівель, а саме (табл. Д.5):

- а) у холодний період року в зоні обслуговування житлових, громадських та адміністративно-побутових приміщень температуру та швидкість руху повітря приймають у межах оптимальних (підвищених оптимальних для відповідних приміщень) норм;

допускається приймати температуру та швидкість руху повітря в межах допустимих норм у зоні обслуговування громадських та адміністративно-побутових приміщень з відсутніми місцями постійного перебування людей та в приміщеннях загального користування за межами квартир житлових будинків;

б) у холодний період у робочій зоні виробничих приміщень температуру та швидкість руху повітря приймають у межах оптимальних норм; на робочих місцях допускається приймати температуру та швидкість руху повітря в межах допустимих норм за неможливості забезпечення оптимальних норм через технологічні вимоги виробництва;

в) у теплий період року – в зоні обслуговування та в робочій зоні громадських, адміністративно-побутових та виробничих приміщень швидкість руху повітря та температуру повітря приймають у межах допустимих норм, при неможливості забезпечення оптимальних параметрів мікроклімату за технологічними вимогами виробництва, технічною недосяжністю та економічно-обґрунтованою недоцільністю; у виробничих приміщеннях з надлишками теплоти допускається приймати температуру повітря рівною розрахунковій температурі зовнішнього повітря у теплий період року для найспекотнішої доби забезпеченістю 0,95 згідно з [1], збільшеної не більше ніж на 4°C та не більше максимально допустимої норми внутрішньої температури повітря. У теплий період року параметри мікроклімату не нормуються для приміщень:

- житлових будинків (крім приміщень з системами кондиціонування та охолодження повітря);

- громадських, адміністративно-побутових та виробничих будівель у періоди, коли їх не використовують, і у неробочий час за відсутності технологічних вимог до температурного режиму приміщень.

г) відносну вологість повітря допускається приймати у межах допустимих норм (за відсутністю спеціальних вимог); допускається приймати відносну вологість повітря до 75 % включно у кліматичних

районах (природних зонах) з відотною вологістю зовнішнього повітря у липні рівною або більшою за 75 % згідно з [1] (за відсутністю вимог інших норм).

У теплий період року в приміщеннях з вентиляторами (загальними для приміщення або індивідуальними) та за можливості місцевого регулювання ними допускається збільшувати максимальну результуючу температуру повітря за рахунок підвищення швидкості руху повітря згідно з [2].

Якщо у теплий період року в робочій зоні або в зоні обслуговування неможливо забезпечити нормовану температуру через виробничі, технічні або економічні умови, то на постійних робочих місцях і місцях постійного перебування людей у приміщенні слід передбачати душування зовнішнім повітрям або застосовувати кондиціонування з охолодженням повітря.

Параметри мікроклімату згідно з в), г) рекомендується брати у межах оптимальних норм замість допустимих.

У холодний період року в опалюваних приміщеннях упродовж періоду їх невикористання у житлових будинках допускається, а у громадських, адміністративно-побутових та виробничих будівлях слід приймати температуру повітря нижчою не більше ніж на 4 °С від нормованої температури, але не нижче ніж 12 °С у житлових, громадських та адміністративно-побутових будівлях і не нижче ніж 5 °С у виробничих приміщеннях.

Відновлення нормованої температури слід забезпечувати до початку використання приміщення або до початку роботи.

2.2. Розрахунок теплонадходжень у приміщення глядацької зали

2.2.1. Теплонадходження від сонячної радіації

Теплонадходження від сонячної радіації крізь світлові прорізи та покриття, Вт, визначаємо за спрощеною залежністю [4]

$$Q_{c.p.} = A_{np} q^{np}_{c.p.} + A_{nep} q^{nep}_{c.p.}, \quad (1)$$

де A_{np} , A_{nep} – площа, м², світлових прорізів та покриття, $A_{np} = 0$,

$$A_{nep} = 360 \text{ м}^2;$$

$q^{np}_{c.p.}$, $q^{nep}_{c.p.}$ – питомі теплонадходження, Вт/м², від сонячної радіації, через світлові прорізи та покриття, приймаємо за [4] $q^{np}_{c.p.} = 139 \text{ Вт/м}^2$, $q^{nep}_{c.p.} = 17 \text{ Вт/м}^2$.

$$Q_{c.p.} = 0 \cdot 139 + 360 \cdot 17 = 6120 \text{ Вт.}$$

2.2.2. Теплонадходження від штучного освітлення

Як освітлювальні прилади використовуються світлодіодні лампи світловіддачею 100 лм/Вт у світильниках прямого світла.

Теплонадходження від штучного освітлення, Вт, визначаємо за формулою [5]

$$Q_{осв} = E A q_{тут} \eta_{осв}, \quad (2)$$

де E – освітленість робочих поверхонь, лк; за [6] $E = 75 \text{ лк}$;

A – площа підлоги, м²; за завданням $A = g \cdot (c + d) = 360 \text{ м}^2$;

$q_{осв}$ – питомі виділення теплоти ламп, Вт/(м²·лк); приймаємо за [7] для люмінесцентних ламп (з гарячим катодом) з середньою світловіддачею 46 лм/Вт питому потужність 0,058 Вт/(м²·лк); для світлодіодних ламп питома потужність зменшиться пропорційно світловіддачі

$$q_{осв} = 0,058 \cdot 46 / 100 = 0,027 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{лк}),$$

$\eta_{осв}$ – коефіцієнт, що враховує надходження теплоти від світильників різного типу в приміщення, приймаємо за [4] при розташуванні світильників та пускорегулювальної арматури безпосередньо в приміщенні $\eta_{осв} = 1$ (при розташуванні світильників поза межами приміщення, тобто за заклоною поверхнею, на горіщі або в потоку витяжного повітря $\eta_{осв} = 0,55$. Для порівняння лампи розжарювання в цих же умовах передають 0,85 теплоти).

$$Q_{осв} = 75 \cdot 360 \cdot 0,027 \cdot 1 = 730 \text{ Вт}.$$

2.2.3. Теплонадходження від людей

Повну кількість теплоти від людей, яка надходить у приміщення, Вт, визначаємо за формулою

$$Q_{л. hf} = q_{л. hf} \cdot n, \quad (3)$$

де $q_{л. hf}$ – питома виділення повної теплоти однією людиною, Вт/люд, при інтенсивності роботи (інтенсивність роботи глядачів – легка) та при вказаній температурі робочої зони (див. табл. Д.5) $t_{wz} = 26^\circ\text{C}$. За табл. Д.7 $q_{л} = 145$ Вт/люд;
 n – кількість людей у приміщенні з даною інтенсивністю роботи, люд; $n = 270$ люд.

$$Q_{л. hf} = 145 \cdot 270 = 39150 \text{ Вт}.$$

Явну кількість теплоти від людей, яка надходить у приміщення, Вт, визначаємо за формулою

$$Q_{я. hf} = q_{я. hf} \cdot n, \quad (4)$$

де $q_{я. hf}$ – питома виділення явної теплоти однією людиною, Вт/люд, при даній інтенсивності роботи (інтенсивність роботи

глядачів – легка) та при даній температурі робочої зони (див. табл. Д.5) $t_{wz} = 26^{\circ}\text{C}$. За табл. Д.7 $q_{я} = 65$ Вт/люд;
 n – кількість людей у приміщенні з даною інтенсивністю роботи, люд; $n = 270$ люд.

$$Q_{я.hf.} = 65 \cdot 270 = 17550 \text{ Вт.}$$

Теплонапруженість приміщення становить

$$Q_{я.hf.}^{mn} / A / H = 17550 / 360 / 6,5 = 7,5 \text{ Вт/м}^2.$$

2.2.4. Загальні теплонадходження

Повна кількість теплоти, яка надходить у приміщення, Вт

$$\Sigma Q_{hf} = Q_{c.p.} + Q_{ocв} + Q_{л.hf.} = 6120 + 730 + 39150 = 46000 \text{ Вт.}$$

2.3. Надходження вологи від людей

Кількість вологи, г/год, що виділяється від людей визначаємо за формулою

$$W = \Sigma m_{л,i} n_i, \quad (5)$$

де $m_{ли}$ – питомі надходження вологи однією людиною, г/(год·люд), при даній інтенсивності роботи (легка). При $t_{wz} = 26^{\circ}\text{C}$ за табл. Д.6 $m_{ли} = 122$ г/(год·люд);

n – кількість людей у приміщенні з даною інтенсивністю роботи, люд, $n = 270$ люд.

$$W = 122 \cdot 270 = 32940 \text{ г/год.}$$

2.4. Надходження вуглекислого газу від людей

Кількість вуглекислого газу, г/год, що виділяється від людей, визначаємо за формулою

$$M_{CO_2} = \sum m_{CO_2,i} n_i, \quad (6)$$

де $m_{CO_2,i}$ – питомі надходження CO₂ однією людиною, г/год, при даній інтенсивності роботи.

За табл. А.1 у стані спокою $m_{CO_2} = 45$ г/(год·люд);

n – кількість людей у приміщенні з даною інтенсивністю роботи, люд; $n = 270$ люд.

$$M_{CO_2} = 45 \cdot 270 = 12150 \text{ г/год.}$$

2.5. Загальні надходження шкідливостей до приміщення

Результати розрахунків наведені у табл. 2.

Таблиця 2

Надходження шкідливостей до приміщення

Джерело надходжень	Теплонадходження за повною теплою, Вт	Волого-надходження, г/год	Надходження вуглекислого газу, г/год
люди	39150	32940	12150
сонячна радіація	6120	–	–
штучне освітлення	730	–	–
всього	46000	32940	12150

2.6. Визначення повітрообміну для приміщення глядацької зали

2.6.1. Повітрообмін за мінімальною кількістю зовнішнього повітря на одну людину

Визначаємо повітрообмін за мінімальною кількістю зовнішнього повітря на одну людину, $\text{дм}^3/\text{с}$, за формулою

$$L_{tot} = n \cdot q_p + S \cdot q_B, \quad (7)$$

де n – проектна кількість людей у приміщенні; $n = 270$ людей;
 q_p – питома витрата зовнішнього повітря на одну людину, $\text{дм}^3/(\text{с} \cdot \text{людина})$; $q_p = 7 \text{ дм}^3/(\text{с} \cdot \text{людина})$ при оптимальних умовах;
 S – загальна площа приміщення, м^2 ; $S = 360 \text{ м}^2$;
 q_B – питома витрата зовнішнього повітря на розбавлення будівельних забруднень (зменшення концентрації забруднюючих речовин, що виділяються від будівельних матеріалів), $\text{дм}^3/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$; $q_B = 0,7 \text{ дм}^3/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$ при оптимальних умовах при низькому рівні забруднення повітря будівлі $q_p = 7 \text{ дм}^3/(\text{с} \cdot \text{людина})$.

$$L_{tot} = 270 \cdot 7 + 360 \cdot 0,7 = 2142 \text{ дм}^3/\text{с} \text{ або}$$

$$L_{tot} = 2142 \cdot 3600 / 1000 = 7710 \text{ м}^3/\text{год.}$$

2.6.2. Повітрообмін на розбавлення вуглекислого газу до ГДК

Визначаємо повітрообмін на розбавлення вуглекислого газу до ГДК, $\text{м}^3/\text{год}$, за формулою

$$L_{CO_2} = M_{CO_2} / (q_l - q_{in}), \quad (8)$$

де q_l – ГДК CO_2 у приміщенні за табл. А.3, $\text{г}/\text{м}^3$, $q_l = 3,7 \text{ г}/\text{м}^3$;
 q_{in} – концентрація CO_2 у зовнішньому повітрі за табл. А.2, $\text{г}/\text{м}^3$, $q_{in} = 0,91 \text{ г}/\text{м}^3$.

$$L_{CO_2} = 12150 / (3,7 - 0,91) = 4360 \text{ м}^3/\text{год.}$$

2.6.3. Повітрообмін на асиміляцію надлишків повної теплоти

Повна кількість теплоти, яка надходить у приміщення, становить

$$Q_{hf} = 46000 \text{ Вт.}$$

Загальні надходження вологи до залу становлять

$$W = 32940 \text{ г/год.}$$

Визначаємо тепловологісне відношення за [5]

$$\varepsilon = Q_{hf} / W = 50350 \cdot 3,6 / 36600 = 5,03 \text{ кДж/кг вологи.}$$

Будуємо процес асиміляції тепловологонадлишків у приміщенні на I-d діаграмі (рис. 4).

Температура зовнішнього повітря для теплого періоду (за I-d діаграмою рис. 4)

$$t_{ext} = 28,7^\circ\text{C.}$$

Ентальпія зовнішнього повітря для теплого періоду (за I-d діаграмою рис. 4)

$$I_{ext} = 56,1 \text{ кДж/кг.}$$

Вологовміст зовнішнього повітря для теплого періоду (за I-d діаграмою рис. 4)

$$d_{ext} = 10,8 \text{ г/кг.}$$

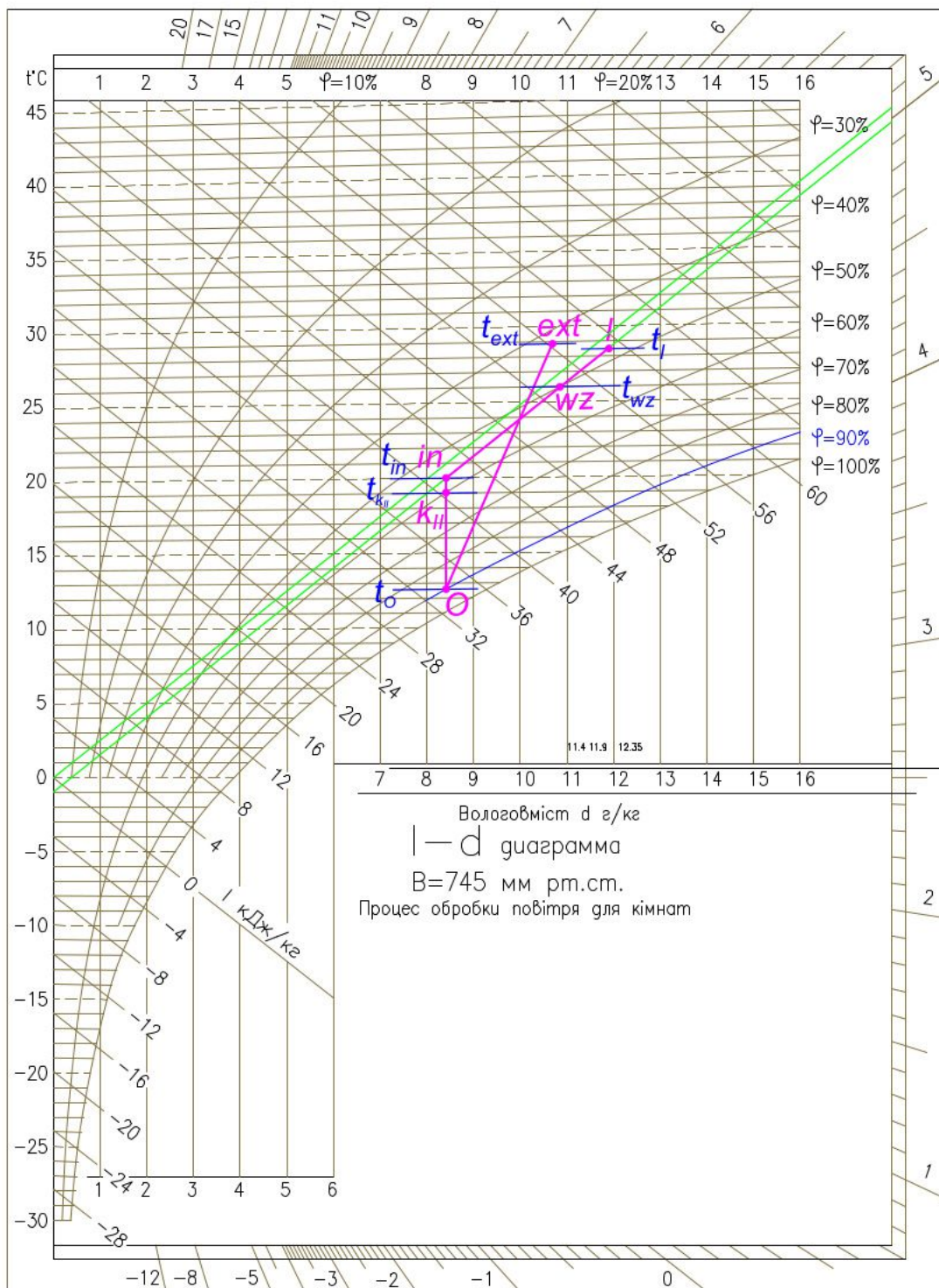


Рис. 4. Побудова процесів на I-d діаграмі

Температуру витяжного повітря з верхньої зони для теплого періоду, °С, приймаємо за [5]

$$t_l = t_{wz} + k_t (H - H_{wz}), \quad (9)$$

де k_t – градієнт температури за табл. А.6, $k_t = 0,5^\circ\text{C}/\text{м}$,
 H – висота залу, $H = 6,5$ м.

Тоді

$$t_l = 26 + 0,5 \cdot (6,5 - 1,5) = 28,5^\circ\text{C}.$$

Ентальпію витяжного повітря маємо (за I - d діаграмою рис. 4)

$$I^{mn}_l = 59 \text{ кДж/кг}.$$

Вологовміст витяжного повітря становить (рис. 4)

$$d^{mn}_l = 11,9 \text{ г/кг}.$$

Параметри повітря в процесах обробки повітря наведені у табл. 3.

Таблиця 3

Параметри повітря в процесах обробки повітря

Точки	Опис	Температура, t , °С	Ентальпія, I , кДж/кг	Вологовміст, d , г/кг	Відносна вологість, φ , %
<i>ext</i>	зовнішнє повітря	28,7	56,1	10,8	42
<i>O</i>	повітря після повітроохолоджувача	12,5	34,0	8,4	90
<i>кп</i>	повітря після повітронагрівача II підігріву	19	40,5	8,4	60
<i>in</i>	припливне повітря	20	41,5	8,4	56
<i>wz</i>	повітря робочої зони	26	54,0	10,9	50
<i>l</i>	повітря, що видаляється	28,5	59,0	11,9	48

Витрата припливного повітря для теплого періоду L , м³/год, становить

$$L_Q = L_{wz} + (3,6 Q_{hf} - 1,2 L_{wz} (I_{wz} - I_{in})) / 1,2 (I_l - I_{in}), \quad (10)$$

де L_{wz} – витрата повітря, що видаляється з робочої зони місцевими відсмоктувачами, $L_{wz} = 0$;

I_{wz} – питома ентальпія повітря, що видаляється з робочої зони місцевими відсмоктувачами, $I_{wz} = 0$;

I_{in} – питома ентальпія припливного повітря, за табл. 3

$$I_{in} = 41,5 \text{ кДж/кг};$$

I_l – питома ентальпія видаляемого повітря, за табл. 3

$$I_l = 59 \text{ Дж/кг}.$$

Тоді (з заокругленням у більший бік)

$$L_Q = 0 + (3,6 \cdot 46000 - 1,2 \cdot 0) / 1,2 (59 - 41,5) = 7890 \text{ м}^3/\text{год}.$$

2.6.4. Повітрообмін на асиміляцію вологонадлишків

Загальні надходження вологи до залу становлять

$$W_{hf} = 32940 \text{ г/год}.$$

Повітрообмін з умови асиміляції вологонадлишків визначаємо за формулою

$$L_W = L_{wz} + (W - 1,2 L_{wz} (d_{wz} - d_{in})) / 1,2 (d_l - d_{in}), \quad (11)$$

де W – вологонадлишки, $W = 32940$ г/год;

$d_{w,z}$ – вологовміст повітря, що видаляється з робочої зони місцевими відсмоктувачами, $d_{w,z} = 0$;

d_l – вологовміст повітря, що видаляється, за табл. 3

$$d_l = 11,9 \text{ г/кг};$$

d_{in} – вологовміст припливного повітря, за табл. 3 $d_{in} = 8,4$ г/кг.

Тоді (з заокругленням у більший бік)

$$L_w = 0 + (32940 - 1,2 \cdot 0) / 1,2 (11,9 - 8,4) = 7850 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Нев'язка між повітрообмінами за асиміляцією теплоти і вологи

$$100 \cdot (7890 - 7850) / 7890 = 0,51\% \leq 5\%.$$

Отже, похибка розрахунку не перевищує допустимої – 5 %.

2.6.5. Результати розрахунку повітрообміну

Результати розрахунку наведені у табл. 4.

Таблиця 4

Результати розрахунку повітрообміну

Показник	Витрата повітря	
	об'ємна L , м ³ /год	масова $G = 1,2 L$, кг/год
Результати розрахунку повітрообмінів		
Повітрообмін за мінімальною кількістю зовнішнього повітря на одну людину	7710	9250
Повітрообмін на розбавлення CO ₂ до ГДК	4360	5230
Повітрообмін на асиміляцію надлишків повної теплоти	7890	9470
Повітрообмін на асиміляцію вологонадлишків	7850	9420

Повітрообмін приймаємо найбільшим з вище визначених, тобто 7890 м³/год.

Мінімальна можлива витрата зовнішнього повітря приймається більшою з повітрообмінів за санітарною нормою і на розбавлення вуглекислого газу до ГДК, тобто 7710 м³/год.

У теплий період року до приміщення подається тільки зовнішнє повітря у кількості 7890 м³/год. У холодний період року загальний повітрообмін приймається таким же, як у теплий період.

2.7. Визначення витрат теплоти на калорифери II підігріву

Витрата теплоти на калорифери II підігріву Q_{II} , Вт, визначається за формулою [5]

$$Q_{II} = G (I_{kII} - I_O) / 3,6, \quad (12)$$

де G – витрата повітря масова, кг/год, за табл. 2 $G = 9470$ кг/год;
 I_{kII} – ентальпія повітря після повітрянагрівача II підігріву, кДж/кг, за табл. 3 $I_{kII} = 40,5$ кДж/кг;
 I_O – ентальпія повітря після повітроохолоджувача, кДж/кг, за табл. 3 $I_O = 34,0$ кДж/кг.

$$Q_{II} = 9470 \cdot (40,5 - 34,0) / 3,6 = 17100 \text{ Вт.}$$

2.8. Визначення витрат холоду

Витрата холоду на охолодження припливного повітря Q_O , Вт, визначається за формулою (12) [5]

$$Q_O = G (I_{ext} - I_O) / 3,6, \quad (13)$$

де G – витрата повітря масова, кг/год, за табл. 2.7 $G = 9470$ кг/год;
 I_{ext} – ентальпія зовнішнього повітря, кДж/кг, за табл. 3
 $I_{ext} = 56,1$ кДж/кг;
 I_O – ентальпія повітря після повітроохолоджувача, кДж/кг, за табл. 3 $I_O = 34,0$ кДж/кг.

$$Q_O = 9470 \cdot (56,1 - 34,0) / 3,6 = 58140 \text{ Вт.}$$

2.9. ПОРІВНЯННЯ ЧАСУ ЕВАКУАЦІЇ ЛЮДЕЙ З ЧАСОМ ЗАДИМЛЕННЯ ПРИМІЩЕННЯ

Порядок розрахунку

Час, необхідний для евакуації людей з приміщення (рис. 5) при пожежі, τ , розраховується за формулою, наведеною у [8, 9]

$$\tau_i = l_{np,i} / V_i, \quad (14)$$

де $l_{np,i}$ – наведена довжина шляху на i -ій ділянці, м;
 V_i – швидкість руху на i -ій ділянці, м/с.

Перед дверима (довжина проходу за [8, 9] дорівнює нулю), які знаходяться в кінці проходу в приміщенні чи коридорі, рух людей гальмується. Виникає опір тих, хто йде попереду, і тих, хто проходить крізь двері. Швидкість проходу ділянок, на яких є двері, визначається за вибраною швидкістю на горизонтальній ділянці руху з урахуванням відношення інтенсивності руху на цій ділянці до інтенсивності проходу крізь дверний проріз.

Відома кількість людей, які евакуюються, та площа проходу. Приймається середня площа, яку займає одна людина. Тоді визначається щільність потоку D , а потім за [8, 9] знаходиться відповідна швидкість людей.

За дверима обирається інша швидкість людського потоку залежно від нової його щільності, в тому числі і після з'єднання з іншими потоками. Швидкість потоку людей у проході чи коридорі, в кінці якого є послідовно розташовані двоє дверей, множиться на квадрат відношення інтенсивностей потоку.

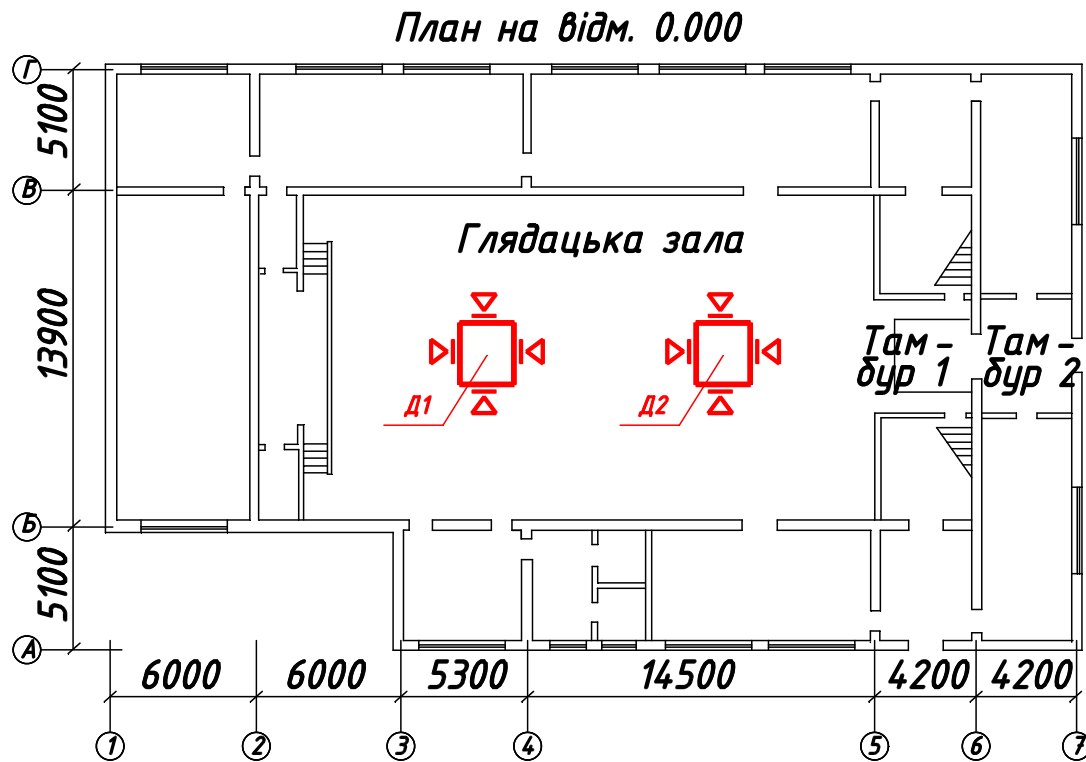


Рис. 5. План глядацької зали

Розрахунковий час евакуації людей з приміщень і будівель встановлюється за розрахунком часу руху одного чи декількох людських потоків крізь евакуаційні виходи від найбільш віддалених місць розміщення людей. При розрахунку весь шлях руху людського потоку розподіляється на ділянки (прохід, коридор, дверний проріз, сходовий марш, тамбур) завдовжки l_i , м та завширшки δ_i , м. Початковими ділянками є проходи між робочими місцями, обладнанням, рядами крісел тощо. При визначенні розрахункового часу довжина та ширина кожної ділянки шляху евакуації приймається за проектом. Довжина шляху у дверному прорізі приймається нульовою. Проріз, розташований у стіні завтовшки більш ніж 0,7 м, а також тамбур враховується як самостійна ділянка горизонтального шляху, яка має скінченну довжину l_i , м. Розрахунковий час евакуації людей τ_p , хв, слід визначати як суму часу руху людського потоку окремими ділянками шляху τ_i , хв, за формулою (14)

$$\tau = \tau_1 + \tau_2 + \dots + \tau_i, \text{ хв}, \quad (15)$$

де τ_1 – час руху людського потоку на першій ділянці шляху, хв.;
 $\tau_2 \dots \tau_i$ – час руху людського потоку на кожній з наступних після першої ділянки шляху, хв.

Щільність людського потоку D_1 на першій ділянці шляху завдовжки l_1 , м, та завширшки δ_1 , м, визначається за формулою

$$D_1 = N_1 f_1 / l_1 \delta_1, \quad (16)$$

де N_1 – кількість людей на першій ділянці, осіб;

f_1 – середня площа горизонтальної проекції людини, яка дорівнює:

- доросла людина в літньому одязі ... 0,1 м²;
- доросла людина в зимовому одязі ... 0,125 м².

Значення швидкості руху людського потоку на наступних ділянках шляху після першої, беруть за табл. 5 залежно від значення інтенсивності руху людського потоку на кожній з цих ділянок шляху.

Інтенсивність руху визначається для всіх ділянок шляху, серед яких і дверні прорізи, за формулою

$$q_i = q_{i-1} \delta_{i-1} / \delta_i, \text{ м/хв}, \quad (17)$$

де δ_i, δ_{i-1} – ширина даної i та попередньої ($i-1$) ділянок шляху, м;

q_i, q_{i-1} – значення інтенсивності руху людського потоку на даній i -ій та попередній ($i-1$) ділянках шляху, м/хв.

Значення інтенсивності руху людського потоку, на першій ділянці шляху ($q_i = q_{i-1}$), м/хв, визначається за табл. 5 за значенням D_1 , яке розраховане за формулою (16).

Якщо значення q_i , м/хв, що визначене за формулою (17), менше чи дорівнює значенню q_{max} , м/хв, то час руху на ділянці шляху визначається за формулою (14).

Швидкість руху людей [8, 9]

Щільність потоку людей D	Горизонтальний шлях		Дверний проріз	Сходи вниз		Сходи вгору	
	швидкість v , м/хв	інтенсивність q , м/хв	інтенсивність q , м/хв.	швидкість, v , м/хв	інтенсивність q , м/хв	швидкість, v , м/хв	інтенсивність q , м/хв
1	2	3	4	5	6	7	8
0,01	100	1	1	100	1	60	0,6
0,05	100	5	5	100	5	60	0,3
0,1	80	8	8,7	95	9,5	53	5,3
0,2	60	12	13,4	68	13,6	40	8
0,3	47	14,1	16,5	52	16,6	32	9,6
0,4	40	16	18,4	40	16	26	10,4
0,5	33	16,5	19,6	31	15,6	22	11
0,7	23	16,1	18,5	18	12,6	15	10,5
0,8	19	15,2	17,3	13	10,4	13	10,4
$\geq 0,9$	15	13,5	8,5	8	7,2	11	9,9

Значення q_{max} беруть рівним (м/хв.) для:

- горизонтальних шляхів – 16,5;
- дверних прорізів – 19,6;
- сходів вниз – 16;
- сходів вгору – 11.

Якщо значення q_i , що визначене за формулою (14), більше за q_{max} , то ширину даної ділянки шляху збільшується на таку величину, щоб виконувалась умова

$$q_i \leq q_{max}. \quad (18)$$

При неможливості виконання умови (18) інтенсивність та швидкість руху людського потоку на ділянці шляху визначається за табл. 5 при значенні $D = 0,9$ і більше. При цьому враховується час затримки руху людей через виникнення скупчення.

При об'єднанні на початку i -ої ділянки двох або більше людських потоків інтенсивність руху визначається за формулою

$$q_i = \sum_{j=1}^k q_j \delta_j / \delta_i, \quad (19)$$

де q_j – інтенсивність руху людських потоків, які об'єднуються на початку ділянки i , м/хв.;

δ_j – ширина ділянок шляху об'єднання, м;

δ_i – ширина ділянки шляху, м.

Час, с, допустимого заповнення димом приміщення чи “резервуара диму”, при початковій стадії пожежі визначається за формулою [9]

$$\tau = 6,39A(Y^{0,5} - H^{0,5}) / P_f, \quad (20)$$

де A – площа приміщення чи “резервуара диму”, не більше 1600 м²;

Y – рівень нижньої межі диму. Для приміщень беруть 2,5 м. З урахуванням консервативного підходу беруть мінімальний безпечний середній рівень стояння диму над підлогою приміщення, який забезпечує допустимі умови евакуації за тепловим впливом гарячого диму та за забезпеченням дихання. Тоді значення величини Y беруть 2,25 м;

H – висота приміщення, м;

P_f – периметр осередку пожежі, м.

Периметр осередку пожежі в початковій його стадії, P_f , приймається рівним більшому з периметрів відкритих чи не герметично закритих місткостей палих речовин в обладнанні, місць складування горючих чи негорючих матеріалів (деталей) в пальній упаковці.

Якщо периметр пожежі неможливо визначити на підставі наведених чинників, то допускається його визначати за формулою [9]

$$4 < P_f = 0,38 A^{0,5} < 12, \quad (21)$$

де A – площа приміщення чи резервуара диму, м².

Розрахунок часу евакуації людей та задимлення глядацької зали

Пожежа виникла на відмітці 0,000 в приміщенні зали.

Площа приміщення становить $A=360 \text{ м}^2$, висота приміщення $H_n = 6,5 \text{ м}$. На поверсі пожежі в приміщенні знаходяться 270 осіб. Периметр пожежі встановити неможливо. Прийнято найбільш довгий (з можливих) шлях руху людських потоків при пожежі.

Евакуація відбувається крізь одні двері. Шлях евакуації складається зі таких ділянок:

- ділянка 1 (початкова ділянка) – знаходиться в приміщенні; довжина шляху визначається за припущенням, що люди можуть переміщуватися між рядами та у проході, тобто паралельно стінам:
 $l_1 = g/2 + b + c + d - 2,75 = 13,9/2 + 6 + 5,3 + 14,5 - 2,75 = 30 \text{ м}$,
 $\delta_1 = 2 \text{ м}$ (ширина ділянки 1 прийнята умовно); проріз з приміщення до тамбуру 1, $l_{\partial.n.1} = 0 \text{ м}$, $\delta_{\partial.n.1} = 4,6 \text{ м}$;
- ділянка 2 – тамбур 1, $l_2 = 4,5 \text{ м}$, $\delta_2 = 4,6 \text{ м}$; двері з тамбуру 1 до тамбуру 2, $l_{\partial.n.2} = 0 \text{ м}$, $\delta_{\partial.n.2} = 2 \text{ м}$;
- ділянка 3 – тамбур 2, $l_3 = 4,2 \text{ м}$, $\delta_3 = 4,6 \text{ м}$; двері з тамбуру 2 назовні, $l_{\partial.n.3} = 0 \text{ м}$, $\delta_{\partial.n.3} = 1,5 \text{ м}$.

Ділянка 1

Визначаємо час евакуації людей при пожежі.

Щільність людського потоку на першій ділянці шляху за формулою (13)

$$D_1 = N_1 f_1 / l_1 \delta_1 = 270 \cdot 0,125 / 30 \cdot 2 = 0,563.$$

За табл. 5 беремо швидкість руху людського потоку $v = 30 \text{ м/хв.}$, інтенсивність $q_1 = 16,4 \text{ м/хв.}$; інтенсивність людського потоку у дверному прорізі $q_{\partial.n.1} = 19,3 \text{ м/хв.}$

Швидкість руху людського потоку на ділянці 1 з урахуванням гальмування руху при проходженні дверного прорізу

$$v_1 = 30 \cdot 16,4 / 19,3 = 25,49 \text{ м/хв або } 25,49 / 60 = 0,42 \text{ м/с.}$$

Час евакуації людей на ділянці 1 за формулою (14)

$$\tau_1 = \ell_1 / v_1 = 30 / 25,49 = 1,18 \text{ хв або } 1,18 \cdot 60 = 70,6 \text{ с.}$$

Ділянка 2

Визначаємо інтенсивність руху на другій ділянці шляху за формулою (17):

$$q_2 = \delta_1 q_1 / \delta_2 = 2 \cdot 16,3 / 4,6 = 7,1 \text{ м/хв.}$$

За табл. 5 швидкість руху людського потоку дорівнює 86 м/хв.

Інтенсивність людського потоку у дверному прорізі

$$q_{дв,2} = 4,6 \cdot 7,1 / 2 = 16,33 \text{ м/хв.}$$

Швидкість руху людського потоку на ділянці 2 з урахуванням гальмування руху при проходженні дверного прорізу

$$v_2 = 86 \cdot 7,1 / 16,33 = 37,39 \text{ м/хв або } 0,62 \text{ м/с.}$$

Час евакуації людей на ділянці 2 за формулою (14)

$$\tau_2 = \ell_2 / v_2 = 4,5 / 37,39 = 0,12 \text{ хв або } 0,12 \cdot 60 = 7,2 \text{ с.}$$

Ділянка 3

Визначаємо інтенсивність руху на третій ділянці шляху за формулою (16)

$$q_3 = \delta_2 q_2 / \delta_3 = 4,6 \cdot 7,1 / 4,6 = 7,1 \text{ м/хв.}$$

За табл. 5 швидкість руху людського потоку дорівнює 86 м/хв.

Інтенсивність людського потоку у дверному прорізі

$$q_{дв,3} = 4,6 \cdot 7,1 / 1,5 = 21,8 \text{ м/хв.}$$

Швидкість руху людського потоку на ділянці 3 з урахуванням гальмування руху при проходженні дверного прорізу

$$v_3 = 86 \cdot 7,1 / 21,8 = 28,3 \text{ м/хв або } 28,0 / 60 = 0,47 \text{ м/с.}$$

Час евакуації людей на ділянці 3 за формулою (14)

$$\tau_3 = \ell_3 / v_3 = 4,2 / 28,3 = 0,15 \text{ хв або } 0,15 \cdot 60 = 9,0 \text{ с.}$$

Таким чином, розрахунковий час евакуації людей τ_p з приміщення, визначений як сума часу руху людського потоку на окремих ділянках шляху, за формулою (15) дорівнює

$$\tau = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3 = 70,6 + 7,2 + 9,0 = 86,8 \text{ с.}$$

Можливості визначення периметру осередку пожежі немає. Тому використовуємо формулу (21). Для приміщення при $A=360 \text{ м}^2$ периметр осередку пожежі дорівнює

$$P_f = 0,38 \cdot 360^{0,5} = 7,2 \text{ м.}$$

На початковій стадії пожежі час заповнення $\tau_{доп.}$ приміщення димом до рівня 2,5 м від підлоги розраховується за формулою (20)

$$\tau_{доп.} = 6,39 A (Y^{-0,5} - H^{-0,5}) / P_f = 6,39 \cdot 360 \cdot (2,5^{-0,5} - 6,5^{-0,5}) / 7,2 = 76,8 \text{ с.}$$

Результати розрахунків часу евакуації людей та часу заповнення димом приміщень наведені у табл. 6.

Таблиця 6

**Результати розрахунків часу евакуації людей
та часу заповнення димом приміщень**

Приміщення	Глядацька зала
Площа, м^2	360
Периметр осередку пожежі, P_n , м	7,2
Час заповнення приміщення димом (при $Y=2,5$ м і висоті приміщення $H_n = 6,5$ м), $\tau_{доп.}$, с	76,8
Час евакуації з приміщення τ , с.	86,8
Довжина шляху евакуації, $l_1 = l_1 + l_2 + l_3$, м	38,7
Кількість осіб	270

Висновок.

При порівнянні часу евакуації з приміщення, в якому відбулася пожежа τ , з часом допустимого задимлення $\tau_{доп.}$, видно (табл. 6), що $\tau > \tau_{доп.}$, отже, необхідно розробити протидимний захист приміщення.

2.10. ВИЗНАЧЕННЯ ВИТРАТИ ДИМУ, ЩО ВИДАЛЯЄТЬСЯ ПРИ ПОЖЕЖІ З ГЛЯДАЦЬКОЇ ЗАЛИ

Витрата диму G , кг/год, що видаляється з приміщення, визначається за периметром осередку пожежі.

$$G = 676,8 P_f Y^{1,5} K_s, \quad (22)$$

де Y – відстань, м, від нижньої межі задимленої зони до підлоги, що приймається для приміщень 2,5 м;
 K_s – коефіцієнт, що становить 1,0.

$$G = 676,8 \cdot 7,2 \cdot 2,5^{1,5} \cdot 1,0 = 19260 \text{ кг/год.}$$

Витрата диму G_1 , кг/год, що видаляється з приміщень (з умови захисту дверей евакуаційних виходів), визначається за формулою для холодного періоду

$$G_1 = 3584 \Sigma A_d [h_0 (\gamma_{in} - \gamma) \rho_{in} + 0,7 V^2 \rho_{in}^2]^{0,5} K_s, \quad (23)$$

де A_d – еквівалентна (витраті) площа дверей евакуаційних виходів, м²;
 h_0 – розрахункова висота від нижньої межі задимленої зони до середини дверей; приймається $h_0 = 0,5 H_d + 0,2 = 0,5 \cdot 2,4 + 0,2 = 1,4$ м;
 γ_{in} – питома вага зовнішнього повітря, Н/м³, для м. Києва
 $\gamma_{in} = 13,8$ Н/м³;
 γ – питома вага диму, прийнята відповідно до [9 п. 2,12],
 $\gamma = 5$ Н/м³;
 ρ_{in} – густина зовнішнього повітря, кг/м³, $\rho_{in} = 1,406$ кг/м³;
 V – швидкість вітру, м/с, для м. Києва $V = 4,2$ м/с.
Еквівалентна площа дверей A_d розраховується за формулою

$$\Sigma A_d = (\Sigma A_1 + K_1 \Sigma A_2 + K_2 \Sigma A_3) K_3, \quad (24)$$

де ΣA_1 – сумарна площа одинарних дверей, що відкриваються назовні, $\Sigma A_1 = 0$;

ΣA_2 – сумарна площа перших дверей для виходу із приміщення, при яких потрібно відкривати назовні другі двері, сумарною площею $\Sigma A'_2 = 3,6 \text{ м}^2$ (наприклад, двері тамбура), $\Sigma A_2 = 4,8 \text{ м}^2$;
 ΣA_3 – сумарна площа перших дверей для виходу із приміщення, при яких потрібно відкривати назовні другі й треті двері, сумарною площею $\Sigma A'_3$, $\Sigma A''_3$, $\Sigma A_3 = 0$, $\Sigma A'_3 = 0$, $\Sigma A''_3 = 0$;
 K_1 , K_2 – коефіцієнти для визначення еквівалентної площі послідовно розташованих дверей за формулами

$$K_1 = (1 + n^{-2})^{-0.5}; \quad (25)$$

$$K_2 = (1 + n_1^{-2} + m^{-2})^{-0.5}, \quad (26)$$

де $n = \Sigma A'_2 / \Sigma A_2 = 3,6 / 4,8 = 0,75$;
 $n_1 = \Sigma A'_3 / \Sigma A_3$;
 $m = \Sigma A''_3 / \Sigma A_3$.

$$K_1 = (1 + 0,75^{-2})^{-0.5} = 0,6;$$

K_3 – коефіцієнт відносної тривалості відкривання дверей під час евакуації людей з приміщення, який визначається за формулами:

для одинарних дверей:

$$K_{3,min} \leq K_3 = 0,03 N \leq 1; \quad (27)$$

для подвійних дверей або при виході через тамбур-шлюзи:

$$K_{3,min} \leq K_3 = 0,05 N \leq 1, \quad (28)$$

де $N = n / n_{вих}$ – середня кількість людей, що виходять із приміщення через кожні двері, дорівнює кількості людей n , розділене на кількість виходів $n_{вих}$ з приміщення, а $K_{3,min}$ – мінімальне значення: $K_{3,min} = 0,8$ при одному виході з приміщення; $K_{3,min} = 0,7$ – при двох виходах; $K_{3,min} = 0,6$ – при трьох; $K_{3,min} = 0,5$ – при чотирьох та $K_{3,min} = 0,4$ – при п'яти і більшій кількості виходів.

Еквівалентна площа дверей евакуаційних виходів ΣA_d із приміщення визначається для місцевостей з розрахунковою швидкістю вітру:

- а) 1 м/с і менше – сумарно для всіх виходів;
- б) більше 1 м/с – окремо для виходів із дверей з боку фасаду (найбільшою еквівалентною площею, що розглядається як площа виходів на навітряний фасад) і сумарно для всіх інших виходів.

$$\Sigma A_d = (0 + 0,6 \cdot 4,8 + 0) \cdot 0,7 = 2,02 \text{ м}^2;$$

$$G_1 = 3584 \cdot 2,02 \cdot (1,4 \cdot (13,8 - 5) \cdot 1,406 + 0,7 \cdot 4,2^2 \cdot 1,406^2)^{0,5} \cdot 1 = 46768 \text{ кг/год.}$$

Приймаємо більшу витрату диму 46768 кг/год.

2.11. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ДИМОВИДАЛЕННЯ

Будівля одноповерхова. Тому для природного димовидалення використовують шахти з природною спонукою (див. рис. 5).

Площа поперечного перерізу димових шахт $A_{ш}$, м², визначається за формулою

$$A_{ш} = G / G_{ш}, \quad (29)$$

де G – розрахункова витрата диму, кг/год, $G = 46768$ кг/год;

$G_{ш}$ – витрата диму на 1 м² площі поперечного перерізу димової шахти, кг/(м² год) за формулою

$$G_{ш} = K_{ш} (\Delta P_{ш} \rho)^{0,5}, \quad (30)$$

де $K_{ш}$ – коефіцієнт для димової шахти з дефлектором $K_{ш} = 4175$;

$\Delta P_{ш} = (\gamma_{in} - \gamma) H_{ш}$ – розрахунковий тиск, Па, що створюється за рахунок різниці питомої ваги зовнішнього повітря та диму при розрахунковій висоті $H_{ш}$, м;

$H_{ш}$ визначається за рис. 2; $H_{ш} = 6,5$ м;

γ_{in} – питома вага зовнішнього повітря, Н/м³;

$$\gamma_{in} = g \cdot 353 / (273 + t_{ext}) = 9,81 \cdot 353 / (273 + 28,7) = 11,478 \text{ Н/м}^3;$$

γ – питома вага диму, при згорянні твердих тіл $\gamma = 5 \text{ Н/м}^3$;

$$\Delta P_{ш} = (11,478 - 5) \cdot 6,5 = 42,1 \text{ Па};$$

ρ – густина диму, при згорянні твердих тіл $\rho = 0,51 \text{ кг/м}^3$;

$$G_{ш} = 4175 \cdot (42,1 \cdot 0,51)^{0,5} = 19346 \text{ кг/(м}^2 \text{ год)}.$$

$$A_{ш} = 46768 / 19346 = 2,42 \text{ м}^2.$$

Для видалення диму беремо дві шахти з дефлекторами площею $2,42 / 2 = 1,21 \text{ м}^2$.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *ДСТУ–Н Б В.1.1-27:2010*. Будівельна кліматологія. – [Чинні від 2011-11-01]. – Київ: Укрархбудінформ, 2011. – 127 с.
2. *ДБН В.2.5-67:2013*. Опалення, вентиляція та кондиціонування. – [Чинні від 2014-01-01]. – Київ: Укрархбудінформ, 2013. – 149 с.
3. *ДСН 3.3.6.042-99*. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. – [Чинні від 1999-12-01]. – Київ: Міністерство охорони здоров'я України, 1999. – 12 с.
4. *Молчанов Б.С.* Проектирование промышленной вентиляции: пособие / Б.С. Молчанов. – Ленинград: Стройиздат, 1970. – 240 с.
5. *Богословский В.Н.* Отопление и вентиляция: учебник / В.Н. Богословский, В.И. Новожилов, Б.Д. Симаков, В.П. Титов. – Москва: Стройиздат, 1976. – 439 с.
6. *ДБН В.2.5-28-2006*. Природне і штучне освітлення. – [Чинні від 2006-10-01]. – Київ: Мінбуд України, 2006. – 76 с.
7. *Баркалов Б.В.* Кондиционирование воздуха в промышленных, общественных и жилых зданиях: Основы проектирования и расчета / Б.В. Баркалов, Е.Е. Карпис. – М.: Стройиздат, 1971. – 272 с.

8. *ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования.* – [Введен 1992-07-01]. – Москва: Минхимпром, 1991. – 76 с.

9. *Пособие 4.91 к СНиП 2.04.05-91 Противодымная защита при пожаре.* – [Введен 1993-01-01]. – Москва: Промстройпроект, 1993. – 63 с.

10. *Щекин Р.В. Справочник по теплоснабжению и вентиляции.* В 2 кн. / Р.В. Щекин, С.М. Корневский, Г.Е. Бем и др. – Киев: Будівельник, 1976. – 352 с.

11. *Баркалов Б.В. Внутренние санитарно-технические устройства.* В 3 ч. Ч. 3. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Кн. 2 / Б.В. Баркалов, Н.Н. Павлов, С.С. Амирджанов и др. – Москва: Стройиздат, 1992. – 416 с.

12. *ДБН В.1.2-8-2008. Безпека життя і здоров'я людини та захист навколишнього природного середовища.* – [Чинні від 2008-10-01]. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2008. – 22 с.

13. *ДБН В.2.2-9-2009. Громадські будинки та споруди.* – [Чинні від 2009-07-01]. – Київ: Мінбуд України, 2009. – 50 с.

14. *ДБН В.2.2-15-2005. Житлові будинки. Основні положення.* – [Чинні від 2006-01-01]. – Київ: Укрархбудінформ, 2005. – 38 с.

15. *ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель.* – [Чинні від 2017-05-01]. – Київ: Укрархбудінформ, 2017. – 30 с.

16. *ДБН В.1.1-7-2002. Пожежна безпека об'єктів будівництва.* – [Чинні від 2003-05-01]. – Київ: Держбуд України, 2003. – 37 с.

17. *ДБН В.1.2-7-2008. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Основні вимоги до будівель і споруд. Пожежна безпека.* – [Чинні від 2008-10-01]. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2008. – 60 с.

18. *Русланов Г.В. Отопление и вентиляция жилых и гражданских зданий. Проектирование: справочник / Г.В. Русланов, М.Я. Розкин, Э.Л. Ямпольский.* – Київ: Будівельник, 1983. – 272 с.

ДОДАТОК

Довідкові матеріали

Таблиця Д.1

Виділення CO₂ від людини за [10]

Вікова категорія	Характер праці	Виділення CO ₂ <i>m</i> _{CO₂} , г/год·люд
Дорослі	Спокій або розумова	45
	Легка фізична	60 50
	Важка фізична	90
Діти до 12 років	–	24

Таблиця Д.2

Вміст CO₂ у зовнішньому повітрі за [10]

Зовнішнє повітря	л/м ³	г/м ³	г/кг
сільська місцевість	0,33	0,6	0,5
невеликі міста	0,4	0,73	0,61
великі міста	0,5	0,91	0,76

Таблиця Д.3

ГДК CO₂ у приміщеннях різного призначення за [10]

Призначення приміщення	л/м ³	г/м ³	г/кг
постійне перебування дітей і хворих	0,7	1,28	1,07
постійне перебування людей (житлові приміщення)	1,0	1,83	1,53
періодичне перебування людей (заклади)	1,25	2,3	1,9
тимчасове перебування людей (кінотеатри, театри тощо)	2,0	3,7	3,05

Параметри зовнішнього повітря за [1]

Період	Температура $t_{ext}, ^\circ\text{C}$	Ентальпія $I_{ext}, \text{кДж/кг}$	Відносна вологість $\varphi_{ext}, \%$
ТП	28,7	56,1	83
ХП	-22	-20,7	69

Таблиця Д.5

Параметри внутрішнього повітря за оптимальних умов за [2]

Період	Температура $t_{wz}, ^\circ\text{C}$	Відносна вологість $\varphi_{wz}, \%$
ТП	26	25-60
ХП	20	25-60

Таблиця Д.6

**Градiєнти температури повітря за висотою приміщень
жилих і громадських будівель за [5]**

Питомі надлишки явної теплоти, $\text{Вт} / \text{м}^3$	Градiєнт температури * $k_t, ^\circ\text{C} / \text{м}$
> 23	0,8 – 1,5
12 – 23	0,3 – 1,2
< 12	0 – 0,5

* Менші значення k_t наведені для розрахунку вентиляції в холодний період, більші – в теплий.

Виділення теплоти та вологи від людини за [11]

Величини	Кількість теплоти та вологи, яка виділяється однією людиною, при температурі повітря в робочій зоні t_{wz} , °C					
	10	15	20	25	30	35
Теплота Вт/люд:	<i>У стані спокою</i>					
явна q_h	140	115	90	60	40	10
прихована q_f	25	30	30	35	50	80
повна q_{hf}	165	145	120	95	90	90
Волога w , г/(год·люд)	30	40	40	50	75	115
Теплота, Вт/люд:	<i>При легкій роботі</i>					
явна q_h	150	120	100	65	40	5
прихована q_f	30	35	50	80	105	140
повна q_{hf}	180	155	150	145	145	145
Волога w , г/(год·люд)	40	55	75	115	150	200
Теплота, Вт/люд:	<i>При помірній роботі</i>					
явна q_h	165	135	105	70	40	5
прихована q_f	50	75	100	125	155	190
повна q_{hf}	215	210	205	195	195	195
Волога w , г/(год·люд)	70	110	140	185	230	280
Теплота, Вт/люд:	<i>При важкій роботі</i>					
явна q_h	200	160	130	90	50	10
прихована q_f	90	130	160	200	240	280
повна q_{hf}	290	290	290	290	290	290
Волога w , г/(год·люд)	135	185	240	295	355	415

ДЛЯ ПОТАТОК

Навчально-методичне видання

ОРГАНІЗАЦІЯ ЕКОБЕЗПЕЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД

МОДУЛЬ 3. ПІДТРИМАННЯ ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНОГО ПОВІТРЯНОГО СЕРЕДОВИЩА У ПРИМІЩЕННЯХ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД

Методичні вказівки
до виконання практичних занять
для студентів спеціальності 101 «Екологія»
спеціалізації «Екологія та охорона навколишнього середовища»
всіх форм навчання

Укладачі: **ДОВГАЛЮК** Володимир Борисович,
МІЛЕЙКОВСЬКИЙ Віктор Олександрович,
ДЗЮБЕНКО Володимир Григорович

Випусковий редактор *В.С. Сасько*
Комп'ютерне верстання *Т.І. Кукаревої*

Підписано до друку 4.09.2019. Формат 60 × 84 ^{1/16}
Ум. друк. арк. 2,32. Обл.-вид. арк. 2,5.
Електронний документ. Вид. № 58/III-19.

Видавець і виготовлювач
Київський національний університет будівництва і архітектури

Повітрофлотський проспект, 31, Київ, Україна, 03680

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів
видавничої справи ДК № 808 від 13.02.2002 р.