

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до організації самостійної роботи
та проведення практичних занять
із навчальної дисципліни

«ПРОТИПОЖЕЖНА ПРОФІЛАКТИКА
ВИРОБНИЧИХ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД»

(для студентів усіх форм навчання першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 263 – Цивільна безпека, освітня програма «Цивільний захист»)

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2021

Методичні рекомендації до організації самостійної роботи та проведення практичних занять із навчальної дисципліни «Протипожежна профілактика виробничих будівель і споруд» (для студентів усіх форм навчання першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 263 – Цивільна безпека, освітня програма «Цивільний захист») / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; уклад. : П. А. Білим, М. І. Ворожбіян. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 26 с.

Укладачі: канд. хім. наук, доц. П. А. Білим,
доктор техн. наук, проф. М. І. Ворожбіян

Рецензент

А. С. Рогозін, кандидат технічних наук, доцент Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова.

*Рекомендовано кафедрою охорони праці та безпеки життєдіяльності,
протокол № 1 від 25.08.2020.*

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Практичні заняття.....	5
Практичне заняття 1 Визначення межі вогнестійкості плоскої кам'яної стінки за втратою теплоізолювальної спроможності.....	5
Практичне заняття 2 Визначення межі вогнестійкості плоскої перегородки за втратою теплоізолювальної спроможності.....	8
Практичне заняття 3 Визначення межі вогнестійкості за втратою несучої здатності суцільної залізобетонної плити внаслідок нагрівання арматури.....	11
Практичне заняття 4 Визначення межі вогнестійкості металевій конструкції за втратою несучої здатності.....	14
2 Самостійна робота.....	18
Список рекомендованих джерел.....	19
Додаток А.....	20

ВСТУП

Згідно з Законом України «Про пожежну безпеку» – забезпечення пожежної безпеки є невід’ємною частиною державної діяльності щодо охорони життя та здоров’я людей, національного багатства та навколишнього природного середовища.

Пожежна профілактика – це комплекс організаційних і технічних заходів, спрямованих на убезпечення людей, запобігання пожежі, обмеження її розвитку, а також створення умов для пожежогасіння. У процесі вивчення дисципліни студенти набувають певних знань, умінь та навичок, достатніх для розробки технічних рішень із протипожежного захисту будівель та для відповідного нагляду за ними у процесі їх подальшої експлуатації.

Протипожежна профілактика виробничих будівель і споруд наукова дисципліна, яка вивчає технічні рішення й методи здійснення наглядових функцій, що сприяють забезпеченню протипожежного захисту будинків і споруд будівельними рішеннями на стадії проектування, будівництва й експлуатації.

Завданнями протипожежної профілактики виробничих будівель і споруд такі: попередження пожеж, забезпечення умов для успішної локалізації та ліквідації пожеж, забезпечення умов для безпечної евакуації людей, тварин і майна, що досягається певними конструктивно-технічними й об’ємно-планувальними рішеннями. Вона базується на знаннях отриманих студентом при вивченні соціально-економічних, загальнонаукових і спеціальних дисциплін

Метою вивчення дисципліни є теоретична й практична підготовка майбутніх фахівців служби охорони праці підприємства, об’єднання, органів виконавчої державної влади із забезпечення пожежної безпеки підконтрольних об’єктів. Для досягнення поставленої мети дисципліна «Протипожежна профілактика виробничих будівель і споруд» вирішує конкретно отримані наукові й практичні завдання.

До завдань протипожежної профілактики належить створення умов для безпечної евакуації людей, тварин і матеріальних цінностей на пожежах та для успішного гасіння .

Зазначені задачі протипожежної профілактики сформульовані у загальному виді. Вони враховуються при проектуванні будівель, споруд, виробництв, генпланів, при будівництві об’єктів, на діючих підприємствах і в населених пунктах і вирішуються комплексно.

1 ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ

Практичне заняття 1

ВИЗНАЧЕННЯ МЕЖИ ВОГНЕСТІЙКОСТІ ПЛОСКОЇ КАМ'ЯНОЇ СТІНКИ ЗА ВТРАТОЮ ТЕПЛОІЗОЛЮВАЛЬНОЇ СПРОМОЖНОСТІ

Мета роботи: оволодіти навичками визначення межі вогнестійкості вертикальної стінової конструкції за втратою теплоізолювальної спроможності здатності (за III граничним станом), а також ступеня вогнестійкості, якому вона відповідає.

Зміст роботи

Загальні відомості. Огороджувальні конструкції при випробуваннях на вогнестійкість підлягають односторонньому тепловому впливові. Межа вогнестійкості огороджувальних конструкцій, які виконують одночасно й несучі функції, може наступити при температурі поверхні, що не обігрівається, яка дорівнює, або дуже близька до початкової.

У цьому разі температурне поле в перетині описується рівнянням теплопровідності напівобмеженого масиву. Для інших огороджувальних конструкцій при розрахунку температурного поля необхідно враховувати теплообмін поверхні, що не обігрівається, з навколишнім середовищем.

Завдання:

1. Вивчити положення пунктів 2.9–2.14 та додатку В [1], розглянути приклади розв'язання задачі 2.1 [2].

2. Подати вихідні дані згідно зі своїм варіантом у вигляді таблиці 1.1 (значення, що вже внесені до таблиці, є однаковими для всіх варіантів).

Таблиця 1.1 – Вихідні дані

Назва параметра, його позначення та розмірність	Значення параметра
Вид бетону	
Щільність бетону ρ , $\text{кг}\cdot\text{м}^{-3}$	
Вологість бетону w , %	2
Товщина конструкції h , м	
Ступінь чорноти поверхні бетону, що не обігрівається $\varepsilon_{\text{нп}}$	0,625
Початкова температура (до пожежі) t_0 , $^{\circ}\text{C}$	

3. Визначити межу вогнестійкості вертикальної стінової конструкції за втратою теплоізолювальної спроможності (за III граничним станом), а також ступінь вогнестійкості, якому відповідає для різних значень параметра w – вологості бетону, а саме:

$$w = 2 \%, w = 3 \%, w = 4 \%, w = 5 \%.$$

4. Побудувати графік залежності межі вогнестійкості вертикальної стінової конструкції від вологості бетону, тобто $\tau = f(w)$.

Вимоги до проведення розрахунків: під час розрахунку межі вогнестійкості необхідно отриманий результат округлити до цілого числа у бік зменшення.

Порядок виконання роботи:

1. Визначають критичну температуру:

$$t_{кр} = t_0 + 140, ^\circ C. \quad (1.1)$$

2. Залежно від матеріалу конструкції, за таблицею А.1 визначають формули для розрахунку коефіцієнтів теплопровідності й теплоємності λ_t , $\text{ккал} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{год}^{-1} \cdot ^\circ \text{C}^{-1}$ і C_t , $\text{ккал} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot ^\circ \text{C}^{-1}$, а потім у ці формули підставляють значення $t_{\text{ед}}$ для отримання чисельних значень цих коефіцієнтів.

3. За таблицею А.2 визначають коефіцієнт (K) впливу щільності бетону залежно від початкової щільності матеріалу.

4. Визначають коефіцієнт температуропровідності бетону:

$$a_{red} = \frac{\lambda_t}{(C_t + 0,012 \cdot w) \cdot \rho}, \text{м}^2 \cdot \text{год}^{-1}. \quad (1.2)$$

5. Визначають коефіцієнт теплопередачі поверхні, що не обігрівається:

$$\alpha_{nn}^{сер} = 4,8 + 9 \cdot \varepsilon_{nn}, \text{Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot ^\circ \text{C}^{-1}. \quad (1.3)$$

6. Визначають критерій Біо:

$$Bi = \frac{\alpha_{nn}^{сер}}{\lambda_t} \cdot (h + K) \cdot \sqrt{a_{red}}. \quad (1.4)$$

7. За знайденим значенням критерію Біо за таблицею А.3 визначають коефіцієнти μ_l та A_l .

8. Визначають межу вогнестійкості стіни:

$$\tau = 138 \cdot \frac{(h + K \cdot \sqrt{a_{red}})^2}{\mu_l^2 \cdot a_{red}} \cdot \lg \frac{A_l}{\frac{t_{kp} - t_0}{1250 - t_0} - \frac{l}{l + Bi}}, \text{ хв.} \quad (1.5)$$

9. Знаючи межу вогнестійкості, за таблицею А.4, визначають ступінь вогнестійкості, якому відповідає плоска стінка.

Контрольні запитання

1. Що належить до протипожежних перешкод?
2. Які ви знаєте типи протипожежних стін і які межі вогнестійкості відповідають кожному з цих типів?
3. Для чого можуть використовуватись розрахункові методи визначення межі вогнестійкості будівельних конструкцій?
4. Для оцінки вогнестійкості яких будівельних конструкцій не можна застосовувати розрахункові методи?
5. У який спосіб доцільно використовувати розрахункові методи, коли є результати випробувань будівельних конструкцій на вогнестійкість?

Практичне заняття 2

ВИЗНАЧЕННЯ МЕЖІ ВОГНЕСТІЙКОСТІ ПЛОСКОЇ ПЕРЕГОРОДКИ ЗА ВТРАТОЮ ТЕПЛОІЗОЛЮВАЛЬНОЇ СПРОМОЖНОСТІ

Мета: оволодіти навичками визначення межі вогнестійкості плоскої перегородки за втратою теплоізолювальної спроможності (за III граничним станом), а також ступеня вогнестійкості, якому вона відповідає.

Зміст роботи

Завдання:

1. Вивчити положення пунктів 2.9–2.14 та додатку В [1], розглянути приклади розв'язання задачі 2.2 [2].
2. Подати вихідні дані згідно зі своїм варіантом у вигляді таблиці 2.1 (значення, що вже внесені до таблиці, є однаковими для всіх варіантів).

Таблиця 2.1 – Вихідні дані

Назва параметра, його позначення та розмірність	Значення параметра
Вид бетону	
Щільність бетону ρ , $\text{кг}\cdot\text{м}^{-3}$	
Вологість бетону w , %	
Товщина конструкції h , м	
Початкова температура (до пожежі) t_0 , $^{\circ}\text{C}$	2

3. Визначити межу вогнестійкості плоскої перегородки за втратою теплоізолювальної спроможності здатності (за III граничним станом), а також ступінь вогнестійкості, якому вона відповідає для значень параметра t_0 , $^{\circ}\text{C}$ – початкової температури, а саме:

$$t_0 = 20\text{ }^{\circ}\text{C}, t_0 = 22\text{ }^{\circ}\text{C}, t_0 = 24\text{ }^{\circ}\text{C}, t_0 = 26\text{ }^{\circ}\text{C}.$$

4. Побудувати графік залежності межі вогнестійкості вертикальної стінової конструкції від вологості бетону, тобто $\tau = f(t_0)$.

Вимоги до проведення розрахунків: під час розрахунку межі вогнестійкості необхідно отриманий результат округлити до цілого числа у бік зменшення.

Порядок виконання роботи:

1. Визначають критичну температуру:

$$t_{кр} = t_0 + 140, ^{\circ}\text{C}. \quad (2.1)$$

2. Залежно від матеріалу конструкції, за таблицею А.1 визначають формули для розрахунку коефіцієнтів теплопровідності і теплоємності

λ_t , $\text{ккал} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{год}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ і C_b , $\text{ккал} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$, а потім у ці формули підставляють значення $t_{\text{ед}}$ для отримання чисельних значень коефіцієнтів.

3. Визначають щільність бетону в сухому стані:

$$\rho_{\text{сyx}} = \frac{100 \cdot \rho}{100 + w}, \text{кг/м}^3. \quad (2.2)$$

4. Визначають коефіцієнт теплопровідності бетону:

$$a_{\text{red}} = \frac{\lambda_t}{(C_t + 0,012 \cdot w) \cdot \rho_{\text{сyx}}}, \text{м}^2 \cdot \text{год}^{-1}. \quad (2.3)$$

5. За таблицею А.2 визначають коефіцієнт (K) впливу щільності бетону залежно від початкової щільності матеріалу.

6. Визначають коефіцієнт теплообміну на поверхні, що обігрівається:

$$\alpha_1 = \frac{\lambda_t}{K \cdot \sqrt{a_{\text{red}}}}, \text{ккал} \cdot \text{м}^{-2} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}. \quad (2.4)$$

7. Визначають коефіцієнт теплообміну на поверхні, що не обігрівається:

$$\alpha_2 = 5,5 + 0,045 \cdot t_{\text{кр}}, \text{ккал} \cdot \text{м}^{-2} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}. \quad (2.5)$$

8. Визначають критерій Біо для поверхні, що обігрівається:

$$Bi_1 = \frac{\alpha_1 \cdot h}{\lambda_t}. \quad (2.6)$$

9. Визначаємо критерій Біо для поверхні, що не обігрівається:

$$Bi_2 = \frac{\alpha_2 \cdot h}{\lambda_t}. \quad (2.7)$$

10. Визначають відношення коефіцієнтів Біо:

$$\frac{Bi_1}{Bi_2}. \quad (2.8)$$

Вимагається, щоб це співвідношення не перевищувало 10.

11. Визначають допоміжний комплексний параметр N :

$$N = \frac{Bi_1 + Bi_2}{Bi_1 + Bi_2 + Bi_1 \cdot Bi_2}. \quad (2.9)$$

12. Визначають безрозмірну відносну температуру θ :

$$\theta = \frac{140}{(1250 - t_0) \cdot N}. \quad (2.10)$$

13. Визначають комплекс Фур'є – K_F за номограмою на рисунку А.1, з інтерполяцією, використовуючи знайдені вище параметри θ та Bi_1 .

14. Визначають критерій Фур'є:

$$F_0 = \frac{K_F}{Bi_1^2}. \quad (2.11)$$

15. Визначають межу вогнестійкості залізобетонної плити (пластини) за втратою теплоізолювальної спроможності – за наскрізним прогрівом тильної грані на $t = 140^\circ\text{C}$:

$$\tau_u = \frac{60 \cdot F_0 \cdot h^2}{a_{red}}, \text{ хв.} \quad (2.12)$$

16. Знаючи межу вогнестійкості перегородки, за таблицею А.1 визначають ступінь вогнестійкості, якому відповідає перегородка.

Контрольні запитання

1. Які типи протипожежних перешкод ви знаєте і які межі вогнестійкості відповідають кожному з цих типів?
2. Які ви знаєте види розрахункових методів визначення межі вогнестійкості будівельних конструкцій?
3. Що є критерієм оцінки достовірності результатів розрахунку?
4. Які види бетону ви знаєте?
5. Чим визначають теплопровідність бетону?

Практичне заняття 3

ВИЗНАЧЕННЯ МЕЖІ ВОГНЕСТІЙКОСТІ ЗА ВТРАТОЮ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ СУЦІЛЬНОЇ ЗАЛІЗОБЕТОННОЇ ПЛИТИ ВНАСЛІДОК НАГРІВАННЯ АРМАТУРИ

Мета роботи: оволодіти навичками визначення межі вогнестійкості за втратою несучої здатності суцільної залізобетонної плити внаслідок нагрівання арматури (інакше кажучи, визначити інтервал часу, протягом якого під дією високої температури робоча арматура залізобетонної плити прогріється до критичної температури).

Зміст роботи

Завдання:

1. Вивчити положення пунктів 2.9–2.14 та додатку В [1], розглянути приклади розв’язання задачі 2.3 [2].
2. Подати вихідні дані згідно зі своїм варіантом у вигляді таблиці 3.1 (значення, що вже внесені до таблиці, є однаковими для всіх варіантів).

Таблиця 3.1 – Вихідні дані

Назва параметра, його позначення та розмірність	Значення параметра
Вид бетону	
Щільність бетону $\rho_b, \text{кг}\cdot\text{м}^{-3}$	
Ширина плити $b, \text{м}$	
Довжина плити $l,$	
Вологість бетону $w, \%$	
Товщина конструкції $h, \text{м}$	
Товщина захисного шару до низу робочої арматури $\sigma, \text{м}$	
Клас арматури	
Діаметр стрижня арматури $d_{\text{стр}}, \text{мм}$	
Площа перерізу розтягнутої арматури $A_s, \text{мм}^2$	
Опір стисканню та розтягуванню арматури $R_{sn}, \text{МПа}$	
Стиск осьовий $R_b, \text{МПа}$	
Корисне тимчасове навантаження $V_{\text{сер}}, \text{кН}\cdot\text{м}^{-2}$	0
Постійне навантаження $g_n, \text{кН}\cdot\text{м}^{-2}$	8
Початкова температура (до пожежі) $t_0, ^\circ\text{C}$	

3. Визначити межі вогнестійкості за втратою несучої здатності суцільної залізобетонної плити внаслідок нагрівання арматури

Вимоги до проведення розрахунків: під час розрахунку межі вогнестійкості необхідно отриманий результат округлити до цілого числа у бік зменшення.

Порядок виконання роботи:

1. Визначають робочу висоту стиснутої зони бетону:

$$h_0 = h - \delta, \text{ м.} \quad (3.1)$$

2. Визначають згинальний момент у плиті, при її розрахунковій схемі у вигляді балки на двох опорах, з урахуванням частки тимчасового навантаження, що залишається при пожежі:

$$M_{ser} = \frac{b \cdot (g_n + V_{ser}) \cdot \ell^2}{8}, \text{ кН} \cdot \text{м.} \quad (3.2)$$

3. Визначають коефіцієнт висоти стиснутої зони бетону:

$$\alpha_m = \frac{M_{ser} \cdot 10^3}{R_{bn} \cdot b \cdot 10^6 \cdot h_0^2}. \quad (3.3)$$

4. Визначають відносну висоту стиснутої зони бетону:

$$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2\alpha_m}. \quad (3.4)$$

5. Перевіряється умова

$$\xi \leq \xi_R = 0,25. \quad (3.5)$$

Якщо умова задовольняється, продовжуємо розрахунок. В іншому разі необхідно виконати перерахунок для збільшених розмірів товщини плити (h) або більш високого класу бетону.

6. Визначають коефіцієнт зниження нормативного опору арматури:

$$\gamma_{st} = \frac{M_{ser} \cdot 10^3}{R_{sn} \cdot 10^6 \cdot A_s \cdot 10^{-6} \cdot h_0 \cdot (1 - 0,5 \cdot \xi)}. \quad (3.6)$$

7. Визначають критичну температуру t_{cr} , °C арматури за таблицею А.5 залежно від значення γ_{st} .

8. Визначають щільність сухого бетону:

$$\rho_{dr} = \frac{100 \cdot \rho_b}{100 + w}, \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}. \quad (3.7)$$

9. Визначають коефіцієнт K , що залежить від об'ємної ваги сухого бетону, визначають за таблицею Д.2.

10. Визначають відстань від верху плити до центру арматури:

$$x_l = \delta + d_{cmp} \cdot 10^{-3}, \text{ м}. \quad (3.8)$$

11. Визначають за таблицею А.1 середній коефіцієнт теплопровідності $\lambda_{t,m}$, $\text{ккал} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{год}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ і середній коефіцієнт теплоємності $C_{t,m}$, $\text{ккал} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$, приймаючи $t = t_{cr}$.

12. Визначають наведений коефіцієнт температуропровідності:

$$a_{red} = \frac{\lambda_{t,m}}{(C_{t,m} + 0,012 \cdot w) \cdot \rho_{dr}}, \text{ м} \cdot \text{год}^{-1}. \quad (3.9)$$

13. Визначають значення, якому дорівнює функція помилок Гауса:

$$\text{erf} \frac{k + \frac{X_l}{\sqrt{a_{red}}}}{2\sqrt{\tau}} = \text{erf} X = \frac{1250 - t_{cr}}{1250 - t_0}. \quad (3.10)$$

14. Визначають аргумент X , що відповідає отриманому значенню функції помилок Гауса (табл. А.6).

15. Визначають межу вогнестійкості:

$$\tau = 60 \cdot \left(\frac{K + \frac{X_l}{\sqrt{a_{red}}}}{2 \cdot X} \right)^2, \text{ хв}. \quad (3.11)$$

Контрольні запитання:

1. Розташуйте класи арматури АІІ, АІІв і АІІ у порядку зменшення коефіцієнту їх роботи при температурі нагрівання 650°C ?

2. Що необхідно зробити, якщо розрахована відносна висота стиснутої зони бетону менше 0,25?

Практичне заняття 4

ВИЗНАЧЕННЯ МЕЖІ ВОГНЕСТІЙКОСТІ МЕТАЛЕВОЇ КОНСТРУКЦІЇ ЗА ВТРАТОЮ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ

Мета: визначити інтервал часу, протягом якого під час пожежі металеві конструктивні елементи балкової клітки прогріються до критичної температури, тобто визначити межу вогнестійкості металевої конструкції за втратою несучої здатності (І граничним станом).

Зміст роботи

Загальні відомості. Якщо конструкція складається з декількох окремих елементів, то необхідно розрахувати межу вогнестійкості для кожного елемента окремо, результати порівняти між собою та найменший обрати як загальну межу вогнестійкості для всієї конструкції загалом. Ураховуючи незначно малу вірогідність збігу розрахункового сполучення навантажень за час експлуатації конструкцій з навантаженнями при пожежі, рекомендується при встановленні межі вогнестійкості користуватися нормативними навантаженнями. Згідно з цим, пропонують постійне навантаження приймати з коефіцієнтом надійності за навантаженнями $\gamma_f = 1$, а з тимчасових – враховувати довготривалі з $\gamma_f = 1$.

Отже, резервом зберігання несучої здатності конструкції при пожежі є різниця між величинами розрахункових навантажень, на які конструкція розрахована в нормальних умовах експлуатації, та навантажень, що ураховуються при пожежі. Звідси витікає, що межу вогнестійкості сталевих конструкцій визначають часом їх нагрівання до температури, що відповідає зниженню несучої здатності до рівня діючих при пожежі навантажень.

Завдання:

1. Вивчити положення пунктів 2.9–2.14 та додатку В [1], розглянути приклади розв’язання задачі 2.4 [2].

2. Подати вихідні дані згідно зі своїм варіантом у вигляді таблиці 4.1 (значення, що вже внесені до таблиці, є однаковими для всіх варіантів).

Таблиця 4.1 – Вихідні дані

Назва параметра, його позначення та розмірність	Значення параметра
Номер балки настилу	
Максимальний згинальний момент від нормативних навантажень, що діє на балку настилу M_1 , $\text{кН}\cdot\text{м}$	
Номер головної балки	
Максимальний згинальний момент від нормативних навантажень, що діє на головну балку M_2 , $\text{кН}\cdot\text{м}$	
Ширина (довжина) квадратного профілю b , мм	
Вертикальне стискальне навантаження на колону від нормативних значень N , кН	
Довжина колони l , м	
Коефіцієнт умов роботи γ	1
Розрахунковий опір сталі $R_{ст}$, $\text{кН}\cdot\text{см}^{-2}$	20

3. Визначити межу вогнестійкості металевої конструкції за втратою несучої здатності (І граничним станом).

Порядок виконання роботи:

1. Розрахунок межі вогнестійкості балки настилу

1.1 Беручи з таблиці А.7 значення моменту опору перерізу $W_{\delta n}$, см^3 для заданого номера балки настилу, визначають коефіцієнт зниження несучої здатності металевої конструкції при підвищеній температурі:

$$\gamma_{tl} = \frac{M_l}{W_{\delta n} \cdot R_{st} \cdot \gamma}. \quad (4.1)$$

1.2 За таблицею Д.10 знаходять критичну температуру t_{cr1} , $^{\circ}\text{C}$.

1.3 Визначають периметр перерізу балки настилу, що обігрівається. Оскільки на балку настилу спирається залізобетонний настил, у якого теплопровідність набагато нижча, ніж у металу, то для балки настилу приймають схему обігріву з трьох боків, а відтак периметр балки, що обігрівається, розраховують без урахування верхньої полки двотавра (значення b_l , d_l , h_l і t_l беруть з таблиці А.7):

$$\Pi_l = b_l + 2 \cdot (b_l - d_l) + 2 \cdot (h_l - 2 \cdot t_l), \text{ см}. \quad (4.2)$$

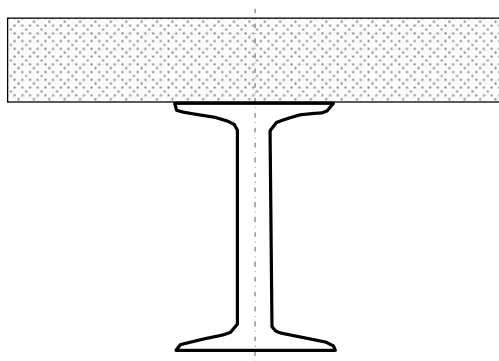


Рисунок 4.1 – Переріз металевої балки настилу

1.4 Беручи площу поперечного перерізу балки настилу A_l , см^2 із таблиці А.7, визначають наведену товщину балки настилу:

$$\delta_{np1} = \frac{A_l}{\Pi_l}, \text{ см}. \quad (4.3)$$

1.5 Враховуючи критичну температуру t_{cr1} , $^{\circ}\text{C}$ та наведену товщину металу δ_{np1} , см за номограмою на рисунку А.2 визначають межу вогнестійкості τ_l , хв .

2. Розрахунок межі вогнестійкості головної балки

2.1 Визначають коефіцієнт зниження несучої здатності металевої конструкції при підвищеній температурі:

$$\gamma_{t2} = \frac{M_2}{W_{z6} \cdot R_{st} \cdot \gamma}. \quad (4.4)$$

2.2 За таблицею А.10 знаходять критичну температуру.

2.3 На головну балку спираються балки настилу, які виготовлені зі сталі. Отже, для головної балки приймають схему обігріву з чотирьох боків. Далі визначають периметр головної балки, що обігрівається залежно від геометричних характеристик заданого двотавру (значення b_2 , d_2 , h_2 і t_2 беруться з таблиці А.7):

$$P_2 = b_2 + 2 \cdot (b_2 - d_2) + 2 \cdot (h_2 - 2 \cdot t_2), \text{ см}. \quad (4.5)$$

2.4 Беручи площу поперечного перерізу балки настилу A_2 , см^2 із таблиці А.7, визначають наведену товщину головної балки:

$$\delta_{np2} = \frac{A_2}{P_2}, \text{ см}. \quad (4.6)$$

2.5 Ураховуючи критичну температуру t_{cr2} , $^{\circ}\text{C}$ та наведену товщину металу δ_{np2} , см , за номограмою на рисунку А.2 визначають межу вогнестійкості

3. Розрахунок межі вогнестійкості металевої колони

3.1 Приймають припущення про те, що колона закріплена шарнірно по обох кінцях, тоді $\mu = 1$. За таблицею А.9, відповідно до заданого профілю, знаходять i , см та визначають гнучкість колони:

$$\lambda = \frac{\ell}{i}. \quad (4.7)$$

3.2 За таблицею А.8 визначають коефіцієнт подовжнього вигину φ .

3.3 Беручи площу перерізу колони A_3 , см^2 із таблиці А.9, визначають коефіцієнт γ_{t3} :

$$\gamma_{t3} = \frac{N}{\varphi \cdot A_3 \cdot R_{st} \cdot \gamma}. \quad (4.8)$$

3.4 Визначають периметр колони, що обігрівається:

$$P_3 = 4 \cdot b_3, \text{ см.} \quad (4.9)$$

3.5 Беручи площу перерізу колони A_3 , см^2 із таблиці Д.9, визначають наведену товщину колони:

$$\delta_{np3} = \frac{A_3}{P_3}, \text{ см.} \quad (4.10)$$

3.6 Визначають критичну температуру t_{cr3} , $^{\circ}\text{C}$ за таблицею А.10.

3.7 Ураховуючи критичну температуру t_{cr3} , $^{\circ}\text{C}$ та наведену товщину металу δ_{np3} , см за номограмою на рисунку А.10, визначають межу вогнестійкості.

3.8 Визначають межу вогнестійкості металевої балкової клітки

$$\tau_{мбк} = \min\{\tau_1, \tau_2, \tau_3\}. \quad (4.11)$$

Контрольні запитання

1. Що є ознакою втрати несучої здатності для металевих конструкцій з вогнезахисними покриттями?
2. Як здійснюється розрахунок межі вогнестійкості металевої конструкції, яка складається з декількох окремих елементів?
3. Що є резервом зберігання несучої спроможності металевої конструкції при пожежі?
4. Як визначають межу вогнестійкості конструкцій у разі використання номограмних методів?
5. Що є граничним станом за вогнестійкістю для сталевих конструкцій?

2 САМОСТІЙНА РОБОТА

Загальні положення

Самостійна робота є складником навчального процесу на рівні підготовки бакалаврів і сприятиме розвитку навичок до самостійного вирішення питань пожежної безпеки у виробничій діяльності.

Мета самостійної роботи – доповнення та закріплення знань, набутих за час вивчення теоретичного курсу, активізація творчих здібностей студентів, розвиток навичок роботи з нормативними джерелами, а також підготовка до самостійного створення необхідного рівня пожежної безпеки у будівництві.

Вказівки до самостійної роботи

Вивчення рекомендованого для самостійної роботи матеріалу повинно виконуватися послідовно. Самостійна робота повинна відбуватися паралельно з викладенням лекційного матеріалу відповідної тематики.

Нижче у таблиці 2.1 наведено перелік матеріалу, який студент повинен вивчити самостійно в рекомендований для цього час, і джерела.

Таблиця 2.1 – Перелік матеріалу, який студент повинен вивчити самостійно в рекомендований для цього час, і джерела

№ з/п	Самостійна навчальна робота студента
1	Вивчення основних положень ДБН В.1.1.7–2016 Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва
2	Вивчення порядку проведення експертизи проектної документації з питань пожежної безпеки
3	Вивчення питань пожежної безпеки у ДБН.2.2–12:2019 Планування і забудова територій
4	Вивчення питань пожежної безпеки у ДБН Б.2.4–1–94 Планування і забудова сільських поселень
5	Вивчення основних положень ДСТУ Б В.2.5–38:2008 Улаштування блискавкозахисту будівель і споруд
6	Вивчення питань пожежної безпеки у ДСТУ Б А.2.4–41:2009 Опалення, вентиляція і кондиціонування повітря

Вивчення кожного нормативного документа під час самостійної роботи перевіряється шляхом тестування під час проведення модуля відповідної тематики.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН В.1.1.7–2002 Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва. – Київ : УкрНДІПБ, 2002. – 181 с.
2. Будівельні конструкції та їх поведінка в умовах надзвичайних ситуацій : практикум / Ю. В. Квітковський, М. М. Удянський, О. В. Миргород, Ю. В. Луценко, А. І. Морозов. – Харків : НУЦЗУ, 2011. – 221 с.

ДОДАТОК А

Довідкові таблиці та рисунки з номограмами, які використовують під час проведення розрахунків

Таблиця А.1 – Теплофізичні характеристики бетонів

№ з/п	Вид бетону	$\rho_{dr}, \text{кг/м}^3$	$\lambda_t = A + B \cdot t, \text{ккал} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{год}^{-1} \cdot \text{°C}^{-1}$	$C_t = C + D \cdot t$
1.	На гранітному щебені	2 330	$\lambda_t = 1,03 - 0,0003t$	$C_t = 0,17 + 0,0002t$
2.	На вапняковому щебені	2 250	$\lambda_t = 0,98 - 0,00047t$	$C_t = 0,17 + 0,0002t$
3.	Піщаний бетон	1 900	$\lambda_t = 0,9 - 0,0005t$	$C_t = 0,184 + 0,00015t$
4.	Керамзитобетон	1 380	$\lambda_t = 0,33 + 0,00007t$	$C_t = 0,2 + 0,000114t$
5.	Те саме	1 030	$\lambda_t = 0,22 + 0,000064t$	$C_t = 0,2 + 0,000093t$
6.	Газобетон	1 100	$\lambda_t = 0,27 \text{ (const)}$	$C_t = 0,22 + 0,00015t$
7.	Перегородки та стіни з цегли глиняної (орієнтовно)	1 800	$\lambda_t = 0,65 - 0,0003t$	$C_t = 0,21 + 0,0001t$
8.	Те ж саме з силікатної цегли (орієнтовно)	1 900	$\lambda_t = 0,73 - 0,0003t$	$C_t = 0,2 + 0,0001t$

Таблиця А.2 – Коефіцієнт щільності бетону

$\rho_{dr}, \text{кг/м}^3$	1 000	1 500	2 000	2 300	2 450
K	0,55	0,58	0,60	0,62	0,65

Таблиця А.3 – Значення критерію Біо та коефіцієнтів для розрахунку межі вогнестійкості стін та перегородок за ознакою втрати теплоізолювальної спроможності

Bi	μ_1	μ_2	A_1	A_2
0	1,570 87	4,712 4	-1,273 5	0,426 5
0,01	1,576 9	4,714 5	-1,264 8	0,426 1
0,02	1,583 0	4,716 6	-1,256 1	0,425 6
0,03	1,589 2	4,718 7	-1,247 4	0,425 2
0,04	1,595 3	4,720 8	-1,238 7	0,424 7
0,05	1,601 4	4,723 0	-1,230 0	0,424 3
0,06	1,607 5	4,725 1	-1,221 3	0,423 8
0,07	1,613 6	4,727 2	-1,212 6	0,423 4
0,08	1,619 8	4,729 3	-1,203 9	0,422 9
0,09	1,625 9	4,731 4	-1,195 2	0,422 5
0,10	1,632 0	4,733 5	-1,186 5	0,422 0
0,11	1,637 7	4,735 6	-1,178 2	0,421 6

Таблиця А.4 – Мінімальні межі вогнестійкості стін та максимальні межі поширення вогню ними для різних ступенів вогнестійкості будинків

Ступінь вогнестійкості і будинків	Мінімальні межі вогнестійкості стін та максимальні межі поширення вогню по них			
	несучі та сходові клітки	самонесучі	зовнішні ненесучі	внутрішні ненесучі (перегородки)
I	REI 150, M0	REI 75, M0	E 30, M0	EI 30, M0
II	REI 120, M0	REI 60, M0	EI 15, M0	EI 15, M0
III	REI 120, M0	REI 60, M0	E 15, M0 E 30, M0	EI 15, M1
IIIa	REI 60, M0	REI 30, M0	E 15, M1	E 15, M1
IIIб	REI 60, M1	REI 30, M1	E 15, M0 E 39, M1	EI 15, M0
IV	REI 30, M1	REI 15, M1	E 15, M1	EI 15, M1
IVa	REI 30, M1	REI 15, M1	E 15	EI 15, M1
V	Не нормуються			

Таблиця А.5 – Коефіцієнти роботи арматури при нагріві

Клас Арматури	γ_{st} при температурі нагрівання, °C									
	≤350	400	450	500	550	600	650	700	750	800
A – I	1,0	1,0	0,8	0,65	0,5	0,35	0,23	0,15	0,05	0
A – II	1,0	1,0	0,9	0,7	0,5	0,35	0,23	0,15	0,05	0
A – III	1,0	1,0	0,95	0,75	0,6	0,45	0,30	0,15	0,10	0,05
A – IIIв	1,0	1,0	0,9	0,65	0,45	0,35	0,20	0,10	0,05	0
B – I, Bp – I	0,85	0,65	0,50	0,30	0,15	0,05	0	0	0	0
B – II, Bp – II	0,65	0,53	0,40	0,30	0,20	0,10	0,05	0	0	0

Таблиця А.6 – Функція помилок Гауса

Y	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,00	0,0000	0011	0023	0034	0045	0056	0068	0079	0090	0102
0,01	0,0113	0124	0135	0147	0158	0169	0181	0192	0203	0214
0,02	0,0226	0237	0248	0259	0271	0282	0293	0305	0316	0327
0,03	0,0338	0350	0361	0372	0384	0395	0406	0417	0429	0440
0,04	0,0451	0462	0474	0485	0496	0507	0519	0530	0541	0552
0,05	0,0564	0575	0586	0597	0609	0620	0631	0642	0654	0665
0,06	0,0676	0687	0699	0710	0721	0732	0744	0755	0766	0777
0,07	0,0789	0800	0811	0822	0833	0845	0856	0867	0878	0890

Таблиця А.7 – Сортамент двотаврових балок

Номер балки	Розмір, мм					$A, \text{см}^2$	$W, \text{см}^3$
	h	b	d	T	R		
10	100	55	4,5	7,2	7,1	12,0	39,7
12	120	64	4,8	7,3	7,5	14,7	58,4
14	140	73	4,9	7,5	8,0	17,4	81,7
16	160	81	5,0	7,8	8,5	20,2	109,0
18	180	90	5,1	8,1	9,0	23,4	143,0
20	200	100	5,2	8,4	9,5	25,8	184,0
22	220	110	5,4	8,7	10,0	30,6	232,0
24	240	115	5,5	9,5	10,5	34,8	289,0
27	270	125	6,0	9,8	11,0	40,2	371,0
30	300	135	6,5	10,2	12,0	46,5	472,0
33	330	140	7,0	11,2	13,0	53,8	597,0
36	360	145	7,5	12,3	14,0	61,9	743,0
40	400	155	8,3	13,0	15,0	72,7	953,0
45	450	160	9,0	14,2	16,0	84,7	1 231,0
50	500	170	10,0	15,2	17,00	100,0	1 589,0
55	550	180	11,0	16,5	18,0	118,0	2 035,0
60	600	190	12,0	17,8	20,0	138,0	2 560,0

Таблиця А.8 – Коефіцієнти поздовжнього вигину центрально стиснутих елементів

Гнучкість, λ	Коефіцієнти φ для елементів зі сталі з розрахунковим опором $R_{cm}, \text{кН/см}^2$					
	20	24	28	32	36	40
10	988	987	985	984	983	982
20	967	962	959	955	952	949
30	939	931	924	917	911	905
40	906	894	883	873	863	854
50	869	852	836	822	809	796
60	827	805	785	766	749	721
70	782	754	724	687	654	623
80	734	686	641	602	566	532
90	665	612	565	532	483	497
100	599	542	493	448	408	359
110	537	473	427	381	338	306
120	479	414	366	321	287	260
130	425	364	313	275	247	223
140	375	315	272	240	215	195
150	323	275	239	211	189	171
160	290	244	212	187	167	152
170	259	218	189	167	150	136
180	233	196	170	150	135	123
190	210	177	154	136	122	111
200	191	161	140	124	111	101
210	174	147	128	113	102	093

Таблиця А.9 – Замкнені гнуті зварені профілі квадратні

Розміри, мм		Маса, кг/м	Площа перерізу, см ²	Осі x – x, y – y		
<i>b</i>	<i>T</i>			<i>J</i> , см ⁴	<i>W</i> , см ³	<i>i</i> , см
80	4	9,54	12,16	117	29,3	3,10
	5	11,77	15,00	141	35,3	3,07
	6	13,97	17,75	163	40,7	3,03
100	4	12,05	15,36	236	47,3	3,92
	5	14,92	19,00	287	57,3	3,89
	6	17,71	22,56	334	66,7	3,84
120	4	14,57	18,56	417	69,4	4,74
	5	18,06	23,00	508	84,6	4,69
	6	21,48	27,36	594	99,0	4,66
140	4	17,03	21,75	671	95,9	5,55
	5	21,19	27,00	821	117,0	5,51
	6	25,24	32,15	964	138,0	5,48
	7	29,23	37,24	1 101	157,0	5,44
	8	33,16	42,34	12,38	176,0	5,39
160	4	19,60	24,95	1 013	125,6	6,37
	5	24,33	31,00	1 243	155,0	6,33
	6	29,01	35,96	1 463	183,0	6,29
	7	33,63	42,84	1 675	209,0	6,25
	8	38,18	48,54	1 878	235,0	6,21
180	5	27,47	35,00	1 788	198,5	7,15
	6	32,73	41,76	2 110	234,4	7,11
	7	38,02	48,44	2 420	258,9	7,07
	8	43,21	55,04	2 720	302,1	7,03

Таблиця А.10 – Залежність значень γ_T , γ_6 , γ_B

t, °C	T, K	γ_T	γ_6	γ_B	t, °C	T, K	γ_T	γ_6	γ_B
20	293	1	1	1	400	673	0,70	0,86	0,90
100	373	0,99	0,96	1	450	723	0,65	0,84	—
150	423	0,93	0,95	—	500	773	0,58	0,80	0,60
200	473	0,85	0,94	1,12	550	823	0,45	0,77	—
250	523	0,81	0,92	—	600	873	0,34	0,72	0,30
300	573	0,77	0,90	1,09	650	923	0,22	0,68	—
650	623	0,74	0,88	—	700	973	0,11	0,59	—

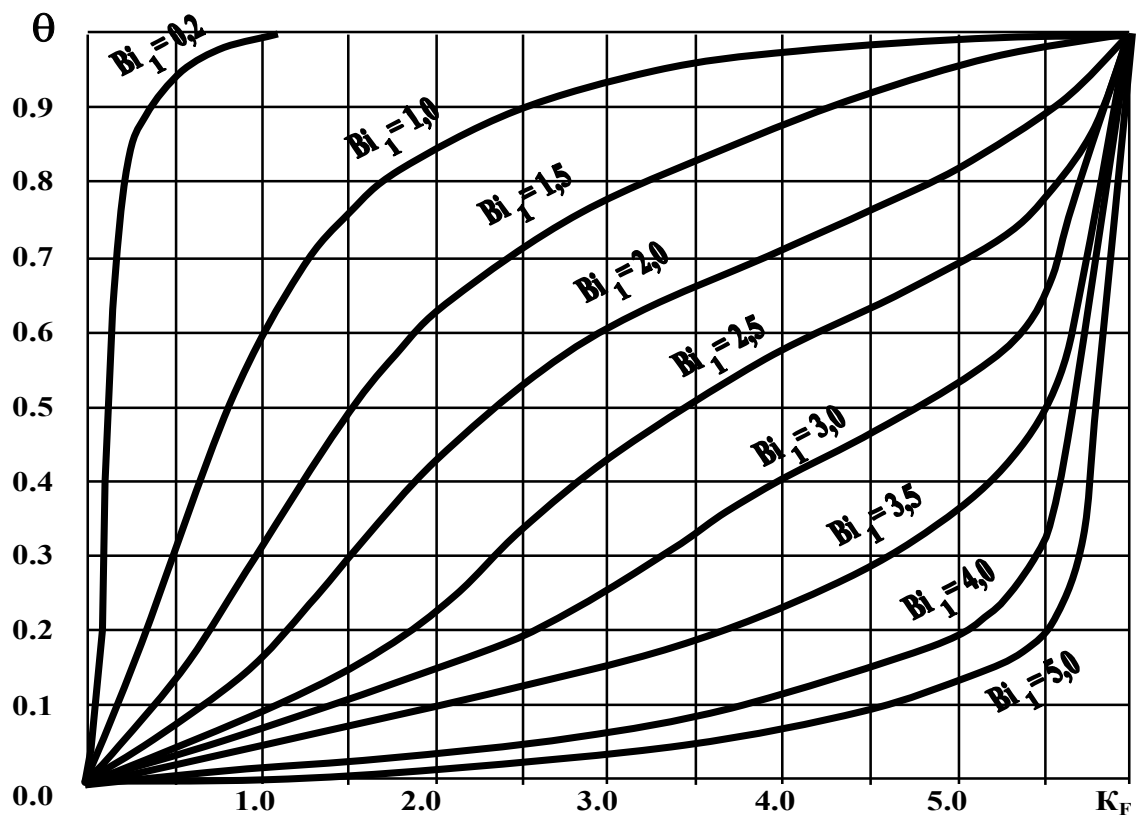


Рисунок А.1 – Номограма залежності θ – Bi_1 – K_F

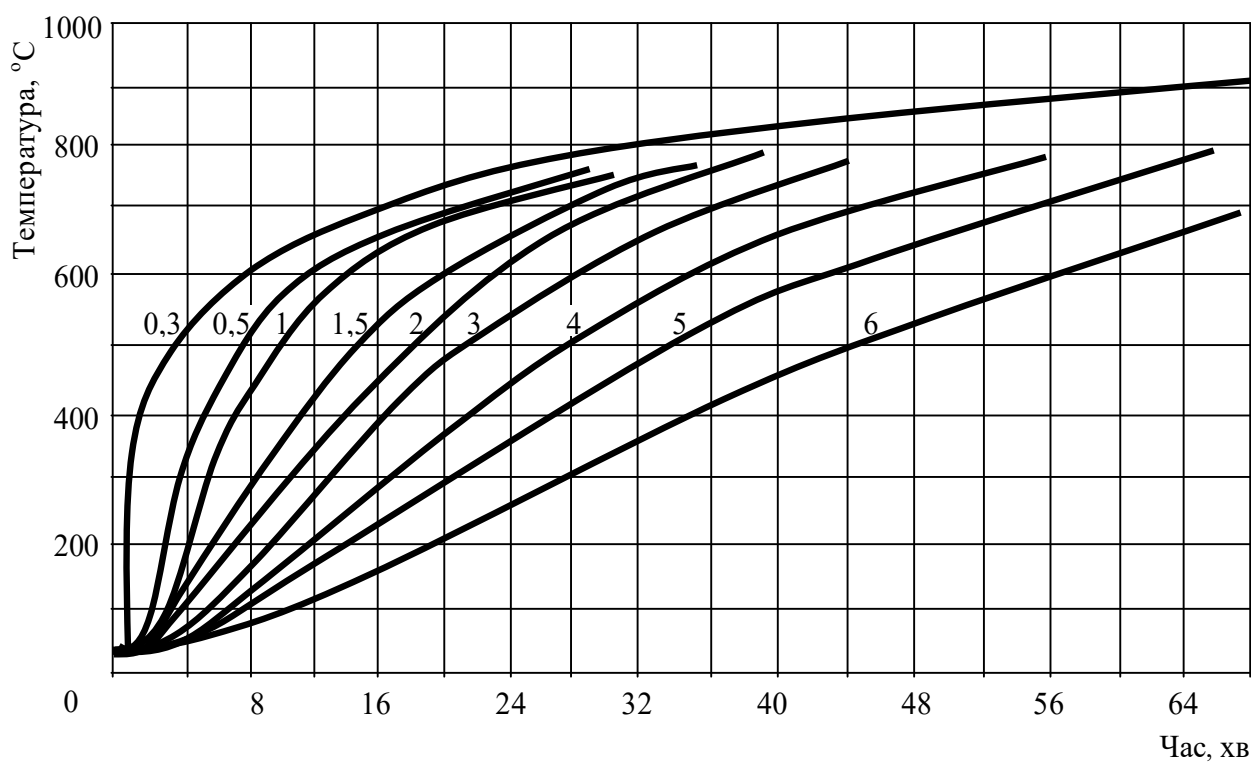


Рисунок А.2 – Температура сталі залежно від наведеної товщини перетину та часу нагрівання за режимом «стандартної пожежі»

Виробничо–практичне видання

Методичні рекомендації
до організації самостійної роботи та проведення практичних занять
із навчальної дисципліни

**«ПРОТИПОЖЕЖНА ПРОФІЛАКТИКА ВИРОБНИЧИХ
БУДІВЕЛЬ І СПОРУД»**

*(для студентів усіх форм навчання першого (бакалаврського) рівня вищої
освіти за спеціальністю 263 – Цивільна безпека, освітня програма «Цивільний
захист»*

Укладачі: **БІЛИМ** Павло Анатолійович
ВОРОЖБІЯН Михайло Іванович

Відповідальний за випуск *В. Е. Абракітов*

Редактор В. І. Шалда

Комп'ютерне верстання *П. А. Білим*

План 2019, поз. 177 М

Підп. до друку 05.05.2021. Формат 60×84/16.

Друк на різнографі. Ум. друк. арк. 1,5.

Тираж 50 пр. Зам. №

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.

Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК 5328 від 11.04.2017.