

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Київський національний університет будівництва і архітектури

БУДІВЕЛЬНА ТЕПЛОФІЗИКА

Методичні вказівки
до практичних занять
для студентів спеціальностей
192 «Будівництво та цивільна інженерія», 144 «Теплоенергетика»
ОПП «Енергетичний менеджмент, енергоефективні муніципальні,
промислові і побутові теплові технології»

Київ 2023

УДК 697
Б90

Укладач Ю. М. Кольчик, канд. техн. наук, доцент

Рецензент С. В. Барановська, канд. техн. наук, доцент

Відповідальний за випуск О. В. Приймак, д-р техн. наук,
професор

*Затверджено на засіданні кафедри теплотехніки, протокол
№ 7 від 11 січня 2023 року.*

В авторській редакції.

Будівельна теплофізика : методичні вказівки до практичних
занять / уклад.: Ю. М. Кольчик. – Київ : КНУБА, 2023. – 48 с.

Містять загальні положення, стислі теоретичні основи за кожним із змістовних модулів, наведених у робочій програмі та силабусі дисципліни. Наведено приклади розв'язку задач і задачі для самостійного розв'язання, а також таблиці, графічний матеріал і додатки з ДБН і ДСТУ, потрібні для цього.

Призначено для студентів спеціальностей 192 «Будівництво та цивільна інженерія», 144 «Теплоенергетика» ОПП «Енергетичний менеджмент, енергоефективні муніципальні, промислові і побутові теплові технології»

Загальні положення

Інженер-будівельник на кожному кроці своєї діяльності повинен пам'ятати про енергозбереження й економічну безпеку. Без знання будівельної теплофізики неможливе впровадження жодного будівельного проєкту. Інженер-будівельник за фахом «Теплогазопостачання і вентиляція» та «Теплоенергетика» зобов'язаний володіти сучасними методами визначення теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій будівлі, має знати нормативні вимоги до теплотехнічних показників огорожень, повинен уміти спроектувати огорожувальні конструкції, що забезпечують раціональне використання енергетичних ресурсів на опалення, відповідають нормативним вимогам до санітарно-гігієнічних параметрів мікроклімату приміщень, забезпечують потрібну довговічність конструкцій під час експлуатації.

На практичних заняттях студент застосовує знання, отримані під час лекцій і лабораторних практикумів, набуває практичних навичок у розв'язанні задач, у роботі з Державними будівельними нормами України, іншими нормативними документами та довідковими матеріалами.

Змістовий модуль 1

Теплофізичні властивості будівельних матеріалів

Теоретичні основи

Надійність результатів теплотехнічних розрахунків огорожувальних конструкцій забезпечується достовірністю вибору теплотехнічних показників (коефіцієнта теплопровідності λ , коефіцієнта теплосвоєння S) використаних будівельних матеріалів. Ці показники залежать від виду матеріалу, пористості, вологості, інших чинників і визначаються здебільшого експериментально.

Пористість і густина

Більшість будівельних матеріалів – це пористі тіла. У загальному випадку зі збільшенням пористості матеріалу зменшується його теплопровідність і підвищується можливість його зволоження.

Густина матеріалу ρ характеризується масою матеріалу в об'ємі 1 м^3 , кг/м^3 .

Питома маса матеріалу g виражається масою одиниці об'єму речовини, з якої складається матеріал, за умови, що в матеріалі зовсім немає пор.

Густина матеріалу залежить від питомої маси матеріалу й пористості, а для сипучих матеріалів – від ступеня ущільнення. Для будівельних матеріалів густина може коливатися від 40 до 7800 кг/м³, пористість – від 5 до 98 %.

Пористість, густина і питома маса зв'язуються відношенням

$$P = \frac{g - \rho}{g} 100\% = \left(1 - \frac{\rho}{g}\right) 100\% . \quad (1.1)$$

Чим більша пористість матеріалу за фіксованої питомої маси, тим менша його густина, і навпаки.

Вологість

Під вологістю розуміють уміст у матеріалі хімічно вільної води. Матеріал огорожувальних конструкцій унаслідок процесів сорбції і конденсації водяної пари завжди має деяку вологість, що впливає на теплозахисні якості огороження. Розрізняють вологість за масою та об'ємом.

Масова вологість матеріалу, %:

$$W_m = \frac{m_1 - m_2}{m_2} 100\% , \quad (1.2)$$

де m_1 , m_2 – маса вологого і сухого матеріалу відповідно.

За однакового значення масової вологості для двох матеріалів із різною густиною величина масової вологості буде різною: для матеріалу з меншою густиною масова вологість більша, ніж для матеріалу з більшою густиною.

Теплопровідність будівельних матеріалів

Теплопровідність – це властивість матеріалу проводити теплоту крізь свою масу. Теплопровідність характеризується величиною коефіцієнта теплопровідності λ , $Вт/м \cdot К$, яка характеризує кількість теплоти, що проходить в одиницю часу через 1 м² плоскої стінки товщиною 1 м за різниці температур на внутрішній і зовнішній поверхнях в 1°.

Кількість теплоти Q , що проходить крізь однорідну плоску стінку товщиною δ , площею F за різниці температур на поверхнях $(t_1 - t_2)$ за час t , визначається за формулою

$$Q = -\lambda \frac{t_2 - t_1}{\delta} F \cdot \tau = \frac{\lambda}{\delta} (t_1 - t_2) F \cdot \tau , \quad (1.3)$$

звідки

$$\lambda = \frac{Q \cdot \delta}{(t_1 - t_2) F \cdot \tau} \quad (1.4)$$

Розрахункові значення λ матеріалів наведені з урахуванням умов експлуатації огорожувальних конструкцій, у [2, дод. А]. Умови експлуатації матеріалу в огорожувальних конструкціях діляться на 2 групи: А та В. Ці умови визначаються вологісним режимом приміщення, який залежно від співвідношення між $t_{e,ma} \varphi_e$ буває сухий, нормальний, вологий і мокрий. Сухому режиму приміщень відповідають умови експлуатації А, нормальному, вологому та мокрому – В.

Для нових матеріалів коефіцієнти теплопровідності визначаються експериментально на зразках.

Будівельні матеріали мають чисельні значення λ від 0,04 (міопра) до 3,256 Вт/м·К (граніт, мармур).

На коефіцієнт теплопровідності впливають об'ємна вага (пористість), вологість, температура, хіміко-мінералогічний склад матеріалу та напрямок теплового потоку.

Теплоємність

Теплоємність – це властивість матеріалів поглинати теплоту з підвищенням температури. Показником теплоємності є питома теплоємність матеріалу c , що дорівнює кількості теплоти в джоулях, потрібної для підвищення температури 1 кг матеріалу на 1К.

У [2, дод. А] розрахункові значення питомої теплоємності наведені для будівельних матеріалів у сухому стані. Для матеріалів із заданою вологістю розрахункові значення питомої теплоємності

$$C_w = \frac{C_0 + 0.0419W_m}{1 + 0.01W_m}, \quad (1.5)$$

де C_0 – питома теплоємність матеріалу в сухому стані, кДж/(кг·К);

W_m – масова вологість матеріалу, %.

Найбільшу теплоємність із будівельних матеріалів має деревина – 2,3 кДж/(кг·К), найменшу сталь і мідь – 0,42 кДж/(кг·К). Теплоємність повітря за температури +20 °С становить 1,005 кДж/(кг·К), теплоємність – води 4,183 кДж/(кг·К).

Приклади розв'язку задач

Задача 1.1. Визначити густину матеріалу, коли відомо, що пористість матеріалу становить $P = 40$ %, а питома маса – $g = 2400$ кг/м³.

Дано:

Газ – повітря
 $P = 40 \%$,
 $g = 2400 \text{ кг/м}^3$

$\rho - ?$

Рішення:

За формулою (1.1)

$$\rho = g - \frac{g \cdot P}{100} = 2400 - \frac{40 \cdot 2400}{100} = 1440 \text{ кг/м}^3$$

Задача 1.2. Визначити пористість керамзитобетону, якщо відомо, що густина матеріалу становить $\rho = 600 \text{ кг/м}^3$, а питома маса матеріалу – $g = 1440 \text{ кг/м}^3$.

Дано:

$\rho = 600 \text{ кг/м}^3$
 $g = 1400 \text{ кг/м}^3$

$P - ?$

Рішення:

За формулою (1.1):

$$P = \frac{g - \rho}{g} 100\% = \frac{1440 - 600}{1440} 100\% = 58 \%$$

Задача 1.3. Зразок матеріалу до висушування мав масу 600 г, після висушування – 560 г. Визначити масове відношення води в матеріалі.

Дано:

$m_1 = 600 \text{ г}$
 $m_2 = 560 \text{ г}$

$W_m - ?$

Рішення:

За формулою (1.2.)

$$W_m = \frac{m_1 - m_2}{m_2} 100\% = W_m = \frac{600 - 560}{560} 100\% = 7,1 \%$$

Задача 1.4. Визначити кількість теплоти, що проходить крізь 1 м^2 зовнішнього огороження за 1 годину. Товщина огороження $\delta = 0,35 \text{ м}$, коефіцієнт теплопровідності $\lambda = 0,33 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$, температура внутрішньої поверхні $t_{\text{вн}} = 12 \text{ }^\circ\text{C}$, зовнішньої поверхні $t_{\text{зн}} = -25 \text{ }^\circ\text{C}$.

Дано:

$\delta = 0,35 \text{ м}$
 $\lambda = 0,33 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$
 $t_{\text{вн}} = 12 \text{ }^\circ\text{C}$
 $t_{\text{зн}} = -25 \text{ }^\circ\text{C}$
 $F = 1 \text{ м}^2$
 $\tau = 1 \text{ год}$

$Q - ?$

Рішення:

За формулою (1.3.):

$$Q = \frac{\lambda}{\delta} (t_1 - t_2) F \cdot \tau = \frac{0,33}{0,35} (12 + 25) 1 \cdot 1 = 35 \text{ Вт} \cdot \text{год} = 126 \text{ кДж}$$

Задача 1.5. Визначити коефіцієнт теплопровідності матеріалу зовнішнього огороження товщиною $\delta = 0,3$ м, якщо через 1 м^2 його поверхні проходить тепловий потік 60 Вт за різниці температур на поверхнях огороження $40 \text{ }^\circ\text{C}$.

Дано:

$$\begin{aligned} \delta &= 0,3 \text{ м} \\ Q &= 60 \text{ Вт} \\ t_{\text{вн}} - t_{\text{зн}} &= -40 \text{ }^\circ\text{C} \\ t_{\text{зн}} &= -25 \text{ }^\circ\text{C} \\ F &= 1 \text{ м}^2 \\ \tau &= 1 \text{ год} \end{aligned}$$

λ - ?

Рішення:

За формулою (1.4.):

$$\lambda = \frac{Q \cdot \delta}{(t_1 - t_2) F \cdot \tau} = \frac{60 \cdot 0,3}{40 \times 1 \times 1} = 0,45 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$$

Задача 1.6. Визначити розрахункове значення питомої теплоємності керамзитобетону за його вологості 5% .

Дано:

$$\begin{aligned} C_0 &= 0,84 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{К)} \\ W_m &= 5 \%. \end{aligned}$$

C_w - ?

Рішення:

За формулою (1.5.)

$$C_w = \frac{C_0 + 0,0419 W_m}{1 + 0,01 W_m} = \frac{0,84 + 0,0419 \cdot 5}{1 + 0,01 \cdot 5} = 1 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{К)}$$

Задачі для самостійного розв'язання

1.7. Визначити пористість керамзитобетону на керамзитовому піску, якщо відомо, що густина матеріалу становить $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$, а питома маса матеріалу $g = 1500 \text{ кг/м}^3$.

1.8. Визначити густину матеріалу, якщо відомо, що пористість матеріалу становить $\Pi = 28 \%$, а питома маса $g = 2200 \text{ кг/м}^3$.

1.9. Визначити питому масу матеріалу, якщо відомо, що його густина становить 800 кг/м^3 , а пористість – 40% .

1.10. Зразок матеріалу до висушування мав масу 1 кг , після висушування – $0,9 \text{ кг}$. Визначити масове відношення вологи в матеріалі.

1.11. Із зовнішньої огорожувальної конструкції вирубили зразок розміром $20 \times 20 \times 20 \text{ см}$, маса якого 8 кг . За результатами лабораторних випробувань було визначено масову вологість в матеріалі $W_m = 5 \%$. Визначити пористість матеріалу, якщо відомо, що його питома маса дорівнює 2400 кг/м^3 .

1.12. Визначити, яка кількість теплоти проходить за добу крізь 1 м^2 зовнішнього огородження завтовшки $0,3 \text{ м}$, якщо середня за добу різниця температур на його поверхнях становить $38 \text{ }^\circ\text{C}$, а коефіцієнт теплопровідності матеріалу огородження дорівнює $0,33 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$.

1.13. Тепловий потік, що проходить через 1 м^2 огороджувальної конструкції, дорівнює 30 Вт . Перепад температур на протилежних поверхнях огородження становив $30 \text{ }^\circ\text{C}$. Визначити коефіцієнт теплопровідності λ матеріалу огороджувальної конструкції, якщо її товщина $0,3 \text{ м}$.

1.14 Визначити розрахункове значення питомої теплоємності цегляної кладки з порожнистої цегли густиною $1400 \text{ кг}/\text{м}^3$ за її вологості 2% .

Змістовий модуль 2

Теплотехнічний розрахунок огороджувальної конструкції

Теплотехнічні показники огороджувальних конструкцій. Термічний опір плоскої стінки одношарової та багатошарової. Опір теплопередачі одношарової та багатошарової плоскої стінки. Приведений опір теплопередачі та методи його визначення. Температурне поле багатошарового огородження.

Термічний опір стінки

Тепловий потік, що проходить крізь плоску однорідну стінку, може бути представлений у вигляді:

$$q = \frac{t_1 - t_2}{\frac{\delta}{\lambda}} = \frac{t_1 - t_2}{R},$$
$$R = \frac{\delta}{\lambda} \quad (2.1)$$

R – термічний опір стінки $\frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}$, чисельно дорівнює різниці температур, яка повинна бути між поверхнями огородження товщиною δ , щоб за одиницю часу через площину 1 м^2 пройшов 1 Вт тепла.

Термічний опір є показником теплозахисних властивостей огородження. Зі збільшенням величини термічного опору підвищуються теплозахисні властивості огородження.

Стінки, що складаються з декількох різномірних матеріалів, називаються багатошаровими.

Термічний опір багатошарової стінки дорівнює сумі термічних опорів усіх шарів і визначається за залежністю:

$$R = \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n} = R_1 + R_2 + \dots + R_n, \quad (2.2)$$

де $\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n$ – товщини шарів стінки,

$\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ – коефіцієнти теплопровідності матеріалу шарів стінки;

R_1, R_2, \dots, R_n – термічні опори шарів стінки.

Опір теплопередачі плоскої стінки

Стаціонарний тепловий потік, проходячи крізь плоску однорідну стінку з одного повітряного середовища до іншого, на своєму шляху не змінює своєї величини та прямолінійного напрямку. При цьому показником теплозахисних властивостей огороження є опір теплопередачі огороження, що визначається за залежністю

$$R_{\Sigma} = R_e + R + R_s, \quad (2.3)$$

де R_{Σ} – опір теплопередачі огороження, $\frac{m^2 K}{Bm}$;

$R_e = \frac{1}{\alpha_e} = \frac{1}{h_{si}}$ – опір теплосприяттю, або внутрішній термічний опір;

$R = \frac{\delta}{\lambda}$ – термічний опір стінки,

$R_s = \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{h_{se}}$ – опір тепловіддачі, або зовнішній термічний опір;

Опір теплопередачі огороження – це такий тепловий напор між внутрішнім та зовнішнім повітрям, при якому через $1 m^2$ огороження товщиною δ з коефіцієнтом теплопровідності λ проходить $1 Bm$ тепла.

Коефіцієнт теплопередачі K є величиною, оберненою опору теплопередачі R_{Σ} ,

$$K = \frac{1}{R_{\Sigma}}$$

(2.4)

і використовується зазвичай при проектуванні опалення для визначення тепловтрат будівлі через огороження.

При переході тепла крізь багатошарове огороження, що складається з шарів товщиною $\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n$, тепловий потік повинен

поспідовно подолати опір теплосприяттю $\frac{1}{\alpha_6}$, термічні опори шарів

$\frac{\delta_1}{\lambda_1}, \frac{\delta_2}{\lambda_2}, \dots, \frac{\delta_n}{\lambda_n}$, та опір тепловіддачі $\frac{1}{\alpha_3}$. Опір теплопередачі огородження в

цьому випадку визначається за залежністю:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_6} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_3} = R_6 + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_3 \text{ ,}$$

(2.5)

Приведений опір теплопередачі термічно неоднорідної непрозорої огорожувальної конструкції

Приведений опір теплопередачі термічно неоднорідної непрозорої огорожувальної конструкції розраховують за формулою:

$$R_{\Sigma np} = \frac{A_{\Sigma}}{\sum_{i=1}^I \frac{A_i}{R_{\Sigma i}} + \sum_{m=1}^M l_m \Psi_m + \sum_{j=1}^J N_j \chi_j} \text{ ,} \quad (2-6)$$

де A_{Σ} – загальна площа конструкції, м²;

$R_{\Sigma i}$ – опір теплопередачі і-ої термічно однорідної частини конструкції, (м² К/Вт);

A_i – площа і-ої термічно однорідної частини конструкції, м²;

Ψ_m – лінійний коефіцієнт теплопередачі m-го лінійного теплопровідного включення, м;

l_m – лінійний розмір (проекція) m-го лінійного теплопровідного включення, м;

χ_j – точковий коефіцієнт теплопередачі j-го точкового теплопровідного включення, Вт/К;

N_j – загальна кількість j-их точкових теплопровідних включень, шт.

Лінійні коефіцієнти теплопередачі поширених лінійних теплопровідних включень наведені в [2, дод.Г], точкові коефіцієнти теплопередачі - в [2, дод.Д],.

Нормативна величина опору теплопередачі

Для зовнішніх огорожувальних конструкцій опалюваних будинків і споруд, внутрішніх міжквартирних конструкцій, що розділяють приміщення, температури повітря у яких відрізняються на 4 °С та більше, обов'язкове виконання умов:

$$R_{\Sigma np} \geq R_{q min},$$

$$\Delta t_{\text{пр}} \leq \Delta t_{\text{сг}}, \quad \Delta \theta_{\text{int-si}} \leq \Delta \theta_{\text{int-si,max}},$$

$$T_{\text{в min}} > t_{\text{min}}, \quad \theta_{\text{tb,si,min}} > \theta_{\text{si,min}}$$

де $R_{\Sigma \text{ пр}}$ – приведений опір теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції чи непрозорої частини огорожувальної конструкції (для термічно однорідних огорожувальних конструкцій визначається опір теплопередачі), приведений опір теплопередачі світлопрозорої огорожувальної конструкції, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$;

$R_{q \text{ min}}$ – мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції чи непрозорої частини огорожувальної конструкції, мінімальне значення приведенного опору теплопередачі світлопрозорої огорожувальної конструкції, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$;

$\Delta t_{\text{пр.}}$, $\Delta \theta_{\text{int-si}}$ – різниця між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції за внутрішніми розмірами, $^{\circ}\text{C}$;

$\Delta t_{\text{сг}}$, $\Delta \theta_{\text{int-si,max}}$ – допустима за санітарно-гігієнічними вимогами різниця між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції за внутрішніми розмірами, $^{\circ}\text{C}$;

$T_{\text{в min}}$, $\theta_{\text{tb,si,min}}$ – мінімальне значення температури внутрішньої поверхні в зонах теплопровідних включень в огорожувальній конструкції, $^{\circ}\text{C}$;

t_{min} , $\theta_{\text{si,min}}$ – мінімально допустиме значення температури внутрішньої поверхні за розрахункових значень температур внутрішнього і зовнішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$.

Мінімально допустиме значення, $R_{q \text{ min}}$, опору теплопередачі непрозорих огорожувальних конструкцій, світлопрозорих огорожувальних конструкцій і дверей житлових і громадських будинків встановлюється згідно з дод. 1 залежно від температурної зони експлуатації будинку (дод. 3).

Спрощені способи визначення теплозахисних якостей огорожувальних конструкцій

Огородження з термовкладищами та переривчастими повітряними прошарками

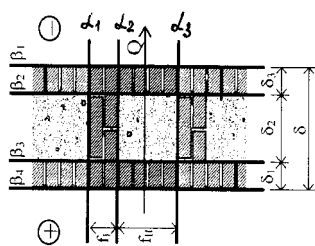
Для підвищення теплозахисних якостей огородження і зниження його власної ваги теплоізоляційні матеріали в зовнішніх огорожувальних конструкціях можуть використовуватися не тільки у вигляді суцільних шарів, а й у вигляді окремих малотеплопровідних включень, що

порушують однорідність матеріалу як в напрямку, паралельному тепловому потоку ($\parallel q$), так і в напрямку, перпендикулярному йому ($\perp q$).

Теплозахисні якості таких огорожувальних конструкцій оцінюються за приведеним значенням опору теплопередачі

$$R_{\Sigma np} = R_g + R_{np} + R_3 \quad (2.7)$$

Для визначення приведеного значення термічного опору R_{np} , із конструкції, що розглядається, виділяється повторювальний елемент. Термічний опір цього елемента є одночасно термічним опором усього огороження. Термічний опір повторювального елемента огороження визначається таким чином:



1. Площинами, паралельними напрямку теплового потоку (площини $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$), фрагмент огорожувальної конструкції умовно розрізається на ділянки, одні з яких можуть бути однорідними (на рис. 1 це ділянка між площинами α_1 і α_2), а інші – неоднорідними, але такими, що складаються з послідовно розташованих однорідних

Рис. 1

шарів (на рис. 1 це ділянка між площинами α_2 та α_3). Розглядаючи конструкцію як таку, що складається з ділянок різного термічного опору, але однакової товщини, яка дорівнює товщині конструкції, визначають її термічний опір R_{\parallel} , $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, за формулою

$$R_{\parallel} = \frac{f_1 + f_2 + \dots + f_n}{\frac{f_1}{R_1} + \frac{f_2}{R_2} + \dots + \frac{f_n}{R_n}}, \quad (2.8)$$

де f_1, f_2, \dots, f_n – площини окремих ділянок фрагмента конструкції, м^2 ;

R_1, R_2, \dots, R_n – термічні опори вказаних окремих фрагментів конструкції, $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, які визначаються: для однорідних ділянок за формулою

$$R = \frac{\delta}{\lambda}, \quad (2.9)$$

для неоднорідних за формулою

$$R = \sum_{i=1}^{n-1} R_i. \quad (2.10)$$

2. Площинами, перпендикулярними до напрямку теплового потоку (площини $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$), фрагмент огорожувальної конструкції умовно розрізається на ділянки, одні з яких можуть бути однорідними (на рис. 1

це ділянки між площинами β_1 і β_2 , а також β_3 та β_4), а інші – неоднорідними, з одношарових ділянок різних матеріалів (на рис. 1 це ділянка між площинами β_2 та β_3). Для неоднорідних шарів R визначається за залежністю (2.8). Потім за залежністю (2.10) визначається термічний опір R_{\perp} , $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, фрагмента огорожувальної конструкції.

3. Термічний опір огорожувальної конструкції визначається за формулою

$$R_{np} = \frac{R_{\parallel} + 2R_{\perp}}{3}. \quad (2.11)$$

Якщо величина R_{\parallel} перевищує величину $2R_{\perp}$ більш ніж на 25 % чи огорожувальна конструкція не є плоскою, термічний опір такої конструкції треба визначати на основі розрахунку температурного поля.

Особливості розрахунку конструкцій із повітряними прошарками

Для практичних розрахунків зовнішніх огорожувальних конструкцій із повітряними прошарками [3] рекомендовано користуватися табличними значеннями термічного опору замкнених повітряних прошарків у зовнішніх огороженнях, обчисленими з урахуванням товщини прошарку, його розташування й напрямку теплового потоку, а також з урахуванням температури всередині повітряного прошарку в літніх і зимових умовах (табл. 1).

Термічний опір повітряного прошарку, $\text{м}^2 \cdot \text{K}/\text{Вт}$, залежно від розміщення в конструкції [2, дод. В].

Таблиця 1

Товщина повітряного прошарку, м	Розміщення прошарку			
	горизонтальне з потоком тепла знизу вгору та вертикальне		горизонтальне з потоком тепла згори донизу	
	середня температура повітря у прошарку			
	$\geq 0 \text{ °C}$	$< 0 \text{ °C}$	$\geq 0 \text{ °C}$	$< 0 \text{ °C}$
0,01	0,13	0,15	0,14	0,15
0,02	0,14	0,15	0,15	0,19
0,03	0,14	0,16	0,16	0,21
0,05	0,14	0,17	0,17	0,22
0,1	0,15	0,18	0,18	0,23
0,15	0,15	0,18	0,19	0,24
0,2–0,3	0,15	0,19	0,19	0,24

Температурне поле багат шарового огороження

Для проектування та вибору конструкцій огороження потрібно знати розподіл температур в його товщі і на поверхні. Це дає змогу визначити умови конденсації вологи в товщі конструкції, правильно визначити місце розташування пароізоляційних шарів. Розрахувати температуру на внутрішній поверхні n -го шару огороження, рахуючи шари від внутрішньої поверхні огороження, можна за формулою

$$t_n = t_6 - \frac{t_6 - t_3}{R_{\Sigma}} (R_6 + \sum_{i=1}^{n-1} R_i), \quad (2.12)$$

де t_6 – температура внутрішнього повітря, °С;

t_3 – температура зовнішнього повітря, °С;

R_{Σ} – опір теплопередачі огорожувальної конструкції, $\frac{m^2 K}{Bm}$;

$\sum_{i=1}^{n-1} R_i$ – термічний опір $n-1$ перших шарів огороження, $\frac{m^2 K}{Bm}$;

R_6 – опір теплосприйняттю внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції.

Приклади розв'язку задач

Задача 2.1. Визначити термічний опір прошарку м'яких мінераловатних плит товщиною 0,1 м (за умов експлуатації А).

Дано:

$$\delta = 0,1 \text{ м}$$

$$\lambda = 0,052 \text{ Вт/(м·К)}$$

R –?

Рішення:

За формулою (2.1.)

$$R = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,1}{0,052} = 1,92 \frac{m^2 K}{Bm}$$

Задача 2.2. Визначити опір теплопередачі зовнішньої двошарової стінової панелі, внутрішній шар якої виконаний із важкого бетону $\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$, товщиною 0,1 м; теплоізоляційний – із керамзитобетону на керамзитовому піску $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$, товщиною 0,2 м; зовнішній фактурний – із цементно-піщаного розчину $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$, товщиною 0,02 м. Умови експлуатації огорожувальної конструкції А.

Дано:

$$\begin{aligned}\delta_1 &= 0,1 \text{ м} \\ \lambda_1 &= 1,92 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)} \\ \delta_2 &= 0,2 \text{ м} \\ \lambda_2 &= 0,33 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)} \\ \delta_3 &= 0,02 \text{ м} \\ \lambda_3 &= 0,76 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)} \\ \alpha_6 &= 8,7 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{°С,} \\ \alpha_3 &= 23 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{°С,}\end{aligned}$$

$$R_{\Sigma} - ?$$

Рішення:

За формулою (2.5.)

$$R_{\Sigma} = R_{\epsilon} + R_1 + R_2 + R_3 + R_3$$

$$R_{\epsilon} = \frac{1}{\alpha_{\epsilon}} = \frac{1}{8,7} = 0,115 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}$$

$$R_1 = \frac{\delta_1}{\lambda_1} = \frac{0,1}{1,92} = 0,052 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}$$

$$R_2 = \frac{\delta_2}{\lambda_2} = \frac{0,2}{0,33} = 0,606 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}$$

$$R_3 = \frac{\delta_3}{\lambda_3} = \frac{0,02}{0,76} = 0,026 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}$$

$$R_3 = \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{23} = 0,043 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}$$

$$R_{\Sigma} = 0,115 + 0,052 + 0,606 + 0,026 + 0,043 = 0,842 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}$$

Задачі для самостійного розв'язання

2.3. Провести оцінку опору теплопередачі зовнішньої стіни спорткомплексу з газосилікату. Конструкція стіни складається з таких шарів:

- 1 – вапняно-піщана штукатурка $\rho = 1600 \text{ кг/м}^3$, $\delta_1 = 0,02 \text{ м}$;
 - 2 – газосилікат $\rho = 600 \text{ кг/м}^3$, $\delta_2 = 0,25 \text{ м}$;
 - 3 – цементно-піщаний розчин $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$, $\delta_3 = 0,03 \text{ м}$,
- $$\alpha_{\text{в}} = 8,7 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}, \alpha_3 = 23 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$$

2.4. Перевірити відповідність нормативним вимогам опору теплопередачі зовнішньої стіни наявної житлової будівлі з керамічної червоної цегли. Конструкція стіни складається з таких шарів:

- 1 – вапняно-піщаний розчин $\rho = 1600 \text{ кг/м}^3$, $\delta_1 = 0,03 \text{ м}$, $\lambda_1 = 0,7 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{°С}}$;
 - 2 – цегляна кладка з керамічної червоної цегли на цементно-піщаному розчині $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$, $\delta_2 = 0,64 \text{ м}$, $\lambda_2 = 0,72 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{°С}}$;
- $$\alpha_{\text{в}} = 8,7 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}, \alpha_3 = 23 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}.$$

2.5. Визначити приведений опір теплопередачі типового фрагмента термічно неоднорідної стінової конструкції житлового панельного будинку з фасадною теплоізоляцією з індустріальним опорядженням і вентиляваним повітряним прошарком. Як типовий фрагмент розглядається рядова залізобетонна стінова панель розмірами $3,0 \times 3,75$ м (висота \times ширина), що по горизонталі та вертикалі примикає до аналогічних стінових панелей. Товщина стінової панелі становить 160 мм, теплоізоляційний шар передбачається влаштовувати з мінераловатних плит $\rho = 35$ кг/м³. З внутрішнього боку зовнішніх стін влаштовується цементно-піщана штукатурка товщиною 15 мм. Мінераловатні плити кріпляться до несучої стіни за допомогою пластикових дюбелів із металевим стрижнем. Кількість дюбелів із розрахунку 8 шт. на 1 м². Несучі елементи підсистеми вентиляваного фасаду кріпляться до стінової панелі з розрахунку 2 шт. на 1 м². Стінова панель має віконний проріз розмірами $1,5 \times 1,5$ м. Загальна площа непрозорої частини фрагмента фасаду дорівнює 9 м².

Будівля розташована в м. Києві.

2.6. Визначити приведені значення опору теплопередачі стіни з утеплювальними вкладишами. Конструкцію стіни наведено на рис. 2,

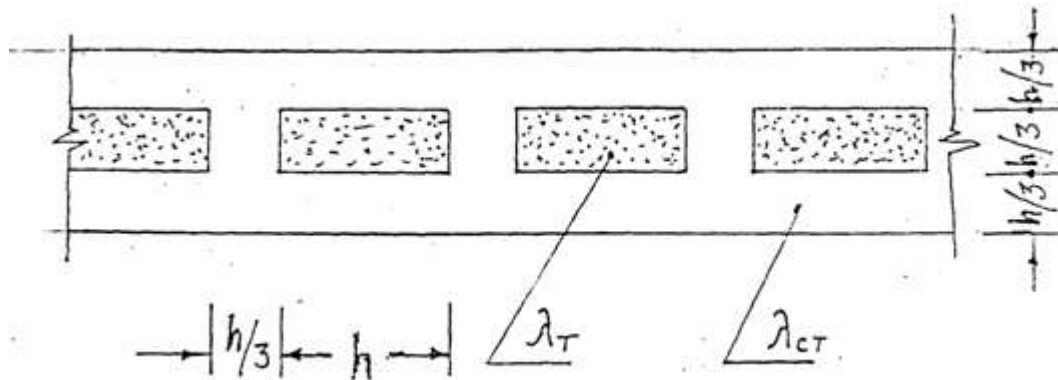


Рис. 2

де $\lambda_{ст}$, $\lambda_{т}$ – коефіцієнти теплопровідності відповідно до матеріалів основної (несучої) частини стіни та термовкладишу.

Вихідні дані для розрахунку вибрати залежно від порядкового номера студента в списку групи в табл. 2.

Таблиця 2

№ з/п	h, м	λ_{cm} Вт/(м·К)	№ п/п	h, м	λ_{cm} Вт/(м·К)
1	0,42	0,79	16	0,45	0,67
2	0,4	0,92	17	0,48	0,8
3	0,39	0,64	18	0,5	1,86
4	0,52	0,58	19	0,46	1,92
5	0,51	2,04	20	0,45	1,74
6	0,42	1,86	21	0,56	0,79
7	0,4	1,92	22	0,57	0,92
8	0,39	1,74	23	0,48	0,67
9	0,47	0,79	24	0,49	0,64
10	0,46	0,92	25	0,36	0,58
11	0,49	0,67	26	0,39	2,04
12	0,5	0,8	27	0,46	1,86
13	0,55	0,64	28	0,44	1,92
14	0,57	0,58	29	0,42	1,74
15	0,41	2,04	30	0,51	0,79

$$\lambda_m = 0,1\lambda_{cm}.$$

2.7. У зовнішній огорожувальній конструкції з утеплювальними вкладишами (задача 2.6) замінити термовкладиші замкненими повітряними прошарками й визначити приведені (середні) опори теплопередачі для варіантів застосування цієї конструкції: 1) як зовнішньої стіни; 2) як панелі перекриття над проїздом.

Розрахункові значення температур внутрішнього і зовнішнього повітря взяти за своєю курсовою роботою.

2.8. Визначити температури на границях шарів тришарової стінової панелі. Температура внутрішнього повітря $t_g = 20^\circ\text{C}$, температура зовнішнього повітря $t_3 = -20^\circ\text{C}$, значення коефіцієнтів тепловіддачі: $\alpha_{вн} = 8,7 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$, $\alpha_3 = 23 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$, товщини першого та третього шарів $\delta_1 = \delta_3 = 0,08 \text{ м}$, коефіцієнти теплопровідності λ матеріалів першого та третього шарів $\lambda_1 = \lambda_3 = 1,2 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$.

Побудувати графіки розподілу температур t $^\circ\text{C}$, за товщиною конструкції у координатах:

1. $t = f(x)$; x – товщина (м), t – температура ($^\circ\text{C}$).

2. $t = f(R)$; R – термічний опір шарів огороження, $\frac{m^2 K}{Bm}$,
 t – температура ($^{\circ}C$).

Товщину та коефіцієнт теплопровідності другого шару вибрати залежно від порядкового номера студента в списку групи в табл. 3.

Таблиця 3

№ з/п	δ_2 , м	λ_2 Вт/(м · К)	№ п/п	δ_2 , м	λ_2 Вт/(м · К)
1	0,08	0,1	16	0,11	0,04
2	0,09	0,095	17	0,12	0,045
3	0,10	0,09	18	0,13	0,05
4	0,12	0,085	19	0,14	0,055
5	0,13	0,075	20	0,15	0,06
6	0,14	0,07	21	0,16	0,08
7	0,15	0,065	22	0,17	0,09
8	0,16	0,06	23	0,18	0,095
9	0,17	0,055	24	0,19	0,1
10	0,18	0,05	25	0,2	0,07
11	0,19	0,07	26	0,21	0,09
12	0,2	0,08	27	0,16	0,07
13	0,08	0,05	28	0,14	0,08
14	0,09	0,06	29	0,12	0,065
15	0,1	0,07	30	0,11	0,05

2.9. Визначити температуру внутрішньої поверхні віконного плетіння житлової будівлі та перевірити, чи задовольняє вона нормативним вимогам, якщо $t_s = -22^{\circ}C$, $t_g = 20^{\circ}C$, $\alpha_v = 8$ Вт/($m^2 \cdot K$), $\alpha_z = 23$ Вт/($m^2 \cdot K$), $R_{\text{вік}} = 0,47$ $m^2 \cdot K$ /Вт.

Змістовий модуль 3

Теплопередача в нестационарному тепловому потоці. Теплозасвоєння. Характеристика теплової інерційності огороження. Теплостійкість огорожувальних конструкцій. Розрахункове визначення показника теплозасвоєння поверхнею підлоги.

Теоретичні основи

Теплопередача при стаціонарному тепловому потоці припускає сталість температурних умов ззовні та всередині приміщення. Насправді

температура внутрішнього і зовнішнього повітря не залишається сталою. Досягаючи за певний проміжок часу максимального чи мінімального значення, вона періодично змінюється, що викликає зміну теплового потоку. Теплопередача за таких умов називається теплопередачею в нестационарних теплових умовах.

Зміни температури можуть виникати:

- 1) унаслідок зміни холодних і теплих мас зовнішнього повітря взимку впродовж однієї чи кількох діб;
- 2) у разі періодичного опалення будівель;
- 3) під дією сонячної радіації влітку.

Такі періодичні температурні впливи навколишнього середовища визивають відповідні коливання температури на поверхнях і в товщі огороження.

Експлуатаційні якості огороджувальних конструкцій значною мірою залежать від ступеня коливання температури на внутрішній поверхні огороження.

Теорія теплосасвоєння та теплостійкості огороження розроблена О. Е. Власовим і А. М. Шкловером.

Згідно із цією теорією огороджувальні конструкції перебувають під впливом температури навколишнього повітря, що періодично змінюється за законом косинуса. Коливання температури повітряного середовища, що стикається з поверхнею огороження, викликає відповідні коливання температури й теплового потоку з амплітудою A_Q і періодом коливання Z на поверхні і в товщі огороження. Властивість поверхні огороження порізному сприймати тепло за періодичного коливання теплового потоку чи температури повітря називається теплосасвоєнням огороження.

Коефіцієнт теплосасвоєння поверхні огороження $Y \frac{Вт}{м^2С}$ визначається за формулою:

$$Y = \frac{A_Q}{A_t}, \quad (3.1)$$

де A_Q – величини амплітуди коливання теплового потоку,

A_t – амплітуда коливання температури на внутрішній поверхні огороження.

Коефіцієнт теплосасвоєння матеріалу $S, \frac{Вт}{м^2С}$, характеризує здатність матеріалу огороження сприймати теплоту в разі коливання температури на її поверхні.

$$S = \sqrt{\frac{2\pi\lambda c\rho}{z}}, \quad (3.2)$$

де λ – коефіцієнт теплопровідності, $Вт/м \cdot К$;

c – питома теплоємність матеріалу $\left[\frac{кДж}{кг \times К} \right]$;

ρ – густина матеріалу, $кг/м^3$;

z – період коливання теплового потоку, год.

Чисельні значення коефіцієнту теплосвоєння будівельних матеріалів S наведені з урахуванням умов експлуатації огорожувальних конструкцій у [2, дод. А].

Характеристики теплової інерційності огороження

У міру віддалення від поверхні амплітуда коливання температури зменшується і може взагалі не викликати змін температури на протилежній поверхні конструкції.

Інтенсивність затухання температурної хвилі залежить від інерційних властивостей матеріалу огороження, характеристикою яких є величина D – тепла інерційність огороження.

Показник теплової інерційності (або масивності) D однорідного огороження визначається як здобуток термічного опору R огороження й коефіцієнта тепло засвоєння S .

$$D = R \cdot S. \quad (3.3)$$

Величина D для багат шарового огороження дорівнює сумі D_i його окремих шарів.

$$D = \sum_{i=1}^n D_i = \sum_{i=1}^n R_i S_i. \quad (3.4)$$

Теплостійкість огорожувальних конструкцій

Залежно від конструктивного рішення огороження мають різну властивість протидіяти коливанню температури на внутрішній поверхні. Властивість конструкції зберігати відносну сталість температури внутрішньої поверхні за періодичної зміни теплового потоку, що крізь неї проходить, називається теплостійкістю огороження.

Температурні зміни на внутрішній поверхні огороження залежать від ступеня затухання температурних хвиль в огороженні.

Залежно від кількості шарів матеріалу в огороженні формула загального затухання температурних хвиль в огороженні має вигляд

$$v = 0,9 \cdot e^{\frac{D}{\sqrt{2}}} \cdot \frac{(s_1 + \alpha_6) \cdot (s_2 + Y_1) \dots (s_n + Y_{n-1}) \cdot (\alpha_3 + Y_n)}{(s_1 + Y_1) \dots (s_n + Y_n) \cdot \alpha_3}, \quad (3.5)$$

де v – число, що визначає ступінь затухання температурних коливань на протилежній поверхні огороження, $v = f(D; S_n, Y_n, \alpha_3, \alpha_6)$;

D – характеристика теплової інерційності всього огороження;

S_n – коефіцієнт теплосасвоєння матеріалу окремих шарів;

Y_n – коефіцієнт теплосасвоєння поверхонь окремих шарів огороження;

α_3 – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні для літнього періоду.

$$\alpha_{3n} = 1,16(5 + 10\sqrt{v}), \quad (3.6)$$

де v – мінімальна швидкість вітру по румбам за липень, повторюваність яких становить 16 % і більше, визначаємо за [4, табл. 6].

Коефіцієнти теплосасвоєння поверхонь конструктивних шарів Y , Вт/(м²·К), огороження обчислюються з боку теплового впливу зовнішнього середовища на огороження.

Якщо коефіцієнт теплосасвоєння зовнішньої поверхні i -го шару, Y , Вт/(м²·К), має теплову інерцію $D \geq 1$, то $Y_i = S_i$.

Якщо коефіцієнт теплосасвоєння зовнішньої поверхні i -го шару, Y , Вт/(м²·К), має теплову інерцію $D < 1$, то Y_i визначають розрахунком, починаючи з першого шару (розраховуючи від внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції):

а) для першого шару – за формулою

$$Y_1 = \frac{R_1 s_1^2 + \alpha_6}{1 + R_1 \alpha_6}, \quad (3.7)$$

б) для i -го шару – за формулою

$$Y_i = \frac{R_i s_i^2 + Y_{i-1}}{1 + R_i Y_{i-1}}. \quad (3.8)$$

Розрахункове визначення показника теплосасвоєння поверхнею підлоги

Для поверхні підлог житлових, громадських будинків і приміщень промислових будинків із постійними робочими місцями обов'язкове виконання умови

$$Y_n \leq Y_{\text{maxпн}}, \quad (3.9)$$

де Y_n – показник теплосасвоєння поверхнею підлоги, Вт/(м²·К);

Y_{max} – максимальне припустиме значення показника теплосасвоєння поверхнею підлоги, Вт/(м²·К), що встановлюється згідно з табл. 4 залежно від призначення будинку.

Показник теплосасвоєння поверхнею підлоги Y_p , Вт/(м²·К), визначають так:

а) якщо покриття підлоги (перший шар конструкції підлоги) має теплову інерцію $D_1 = R_1 s_1 \geq 0,5$, показник теплосасвоєння поверхнею підлоги обчислюють за формулою:

$$Y_p = 2s_1; \quad (3.10)$$

б) якщо перші n шарів конструкції підлоги ($n \geq 1$) мають теплову інерцію $D_1 + D_2 + \dots + D_n < 0,5$, але тепла інерція $n + 1$ шарів $D_1 + D_2 + \dots + D_{n+1} \geq 0,5$, показник теплосасвоєння підлоги Y_p обчислюють послідовним розрахунком показників теплосасвоєння поверхнями шарів конструкції, починаючи з n -го до 1-го:

– для n -го шару – за формулою:

$$Y_n = \frac{2 \cdot R_n \cdot s_n^2 + s_{n+1}}{0,5 + R_n \cdot s_{n+1}}; \quad (3.11)$$

– для i -го шару ($i = n-1; n-2; \dots; 1$) – за формулою:

$$Y_i = \frac{4 \cdot R_i \cdot s_i^2 + Y_{i+1}}{1 + R_i \cdot s_{i+1}}. \quad (3.12)$$

Показник теплосасвоєння поверхнею підлоги Y_p вважається рівним показнику теплосасвоєння поверхні 1-го шару Y_1 .

У формулах (3.9) – (3.12) і нерівностях:

D_1, D_2, \dots, D_{n+1} – тепла інерція відповідно 1-го, 2-го, ..., ($n + 1$)-го шарів конструкції підлоги, що визначається за формулою $D = R \cdot S$;

R_i, R_n – термічні опори, м²·°С/Вт, i -го й n -го шарів конструкції підлоги, що визначається за формулою $R = \frac{\delta}{\lambda}$;

$s_1, s_2, \dots, s_n, s_{n+1}$ – розрахункові коефіцієнти теплосасвоєння матеріалу 1-го, 2-го, ..., ($n + 1$)-го шарів конструкції підлоги, Вт/(м²·К), для умов експлуатації А;

Y_{i+1} – показник теплосасвоєння поверхні ($i + 1$)-го шару конструкції підлоги, Вт/(м²·К).

У табл. 4 наведено максимально допустимі значення показника теплосасвоєння поверхнею підлоги.

Таблиця 4

Призначення будівлі	Значення $Y_{\max n}$, Вт/(м ² ·К)
Житлові будинки, дошкільні заклади, лікувальні та дитячі навчальні заклади	12
Громадські й адміністративні будівлі	14
Ділянки з постійними робочими місцями в опалюваних приміщеннях промислових будівель	17

Приклад розв'язку задачі

Задача 3.1. Для зовнішньої стіни визначити коефіцієнт затухання ν амплітуди температурних коливань зовнішнього повітря. Конструкція стіни двошарова. $\delta_1 = 0,12\text{ м}$,

$$\delta_2 = 0,16\text{ м} \quad \lambda_1 = 1,86 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^0\text{С}}, \quad \lambda_2 = 0,1 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^0\text{С}}, \quad S_1 = 17,88 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^0\text{С}}, \quad S_2 = 1,95 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^0\text{С}}.$$

Дано:

Рішення:

$$\delta_1 = 0,12 \text{ м}$$

$$\lambda_1 = 1,86 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$$

$$\delta_2 = 0,16 \text{ м}$$

$$\lambda_2 = 0,1 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$$

$$S_1 = 17,88 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С},$$

$$S_2 = 1,95 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С},$$

$$\alpha_6 = 8,7 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С},$$

За формулою (3.5)

$$\nu = 0,9e^{\frac{D}{\sqrt{2}}} \frac{(S_1 + \alpha_{\text{вн}}) \times (S_2 + Y_1) \times (\alpha_3 + Y_2)}{(S_1 + Y_1) \times (S_2 + Y_2) \times \alpha_3}$$

$$R_1 = \frac{\delta_1}{\lambda_1} = \frac{0,12}{1,86} = 0,065 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}$$

$$R_2 = \frac{\delta_2}{\lambda_2} = \frac{0,16}{0,1} = 1,6 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}$$

$$D_1 = R_1 \cdot S_1 = 0,065 \cdot 17,88 = 1,15$$

$$D_2 = R_2 \cdot S_2 = 1,6 \cdot 1,95 = 3,12$$

$$D_1 = D_1 + D_2 = 1,15 + 3,12 = 4,27$$

Оскільки D_1 та $D_2 > 1$, то $Y_1 = S_1$, $Y_2 = S_2$

α_3 визначаємо за формулою (3.4)

$$\alpha_3 = 1,16(5 + 10\sqrt{1}) = 17,4 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$$

$$\nu = 0,9e^{\frac{6,15}{\sqrt{2}}} \frac{(17,88 + 8,7) \times (1,95 + 17,88) \times (17,4 + 1,95)}{(17,88 + 17,88) \times (1,95 + 1,95) \times 17,4} = 301$$

$\nu - ?$

Задачі для самостійного розв'язання

3.2. Для зовнішньої стіни визначити коефіцієнт згасання ν амплітуди температурних коливань зовнішнього повітря. Конструкція стіни одношарова. $\delta = 0,32\text{ м}$, $\lambda = 0,44 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^0\text{С}}$, $S = 10 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^0\text{С}}$.

3.3. Перевірити, чи задовольняє розрахункове значення теплосвоєння поверхні підлоги нормативним вимогам. Місцезнаходження підлоги – амбулаторне приміщення поліклініки. Умови експлуатації – А. Матеріали шарів підлоги (нумерація шарів – зверху вниз:

- 1) лінолеум полівінілхлоридний;
- 2) будівельний бітум: $\delta_2 = 2 \text{ мм}$;
- 3) керамзитобетон на керамзитовому піску густиною $\rho_3 = 1200 \text{ кг/м}^3$;
- 4) залізобетонна плита: $b_4 = 200 \text{ мм}$, $\rho_4 = 2500 \text{ кг/м}^3$.

Усі додаткові вихідні дані, потрібні для розв'язку задачі, взяти індивідуально в табл. 5 залежно від передостанньої П і останньої О цифри в номері залікової книжки.

Таблиця 5

П	δ_1 мм	Номер матеріалу шару №1, ρ	О	Номер матеріалу шару №2	b_3 мм
1	4,0	86/1800	1	81/1000	54
2	3,1	87/1400	2	81/1400	48
3	3,8	87/1600	3	81/1200	50
4	3,2	86/1800	4	81/1400	60
5	3,0	87/1600	5	81/1000	51
6	2,8	87/1400	6	81/1200	57
7	3,5	86/1600	7	81/1000	46
8	3,7	87/1400	8	81/1000	52
9	3,2	87/1600	9	81/1400	55
0	3,4	86/1600	0	81/1200	48

Примітка. Нумери матеріалів першого і другого шарів наведено в таблицях теплотехнічних показників будівельних матеріалів [2, дод. А].

Змістовий модуль 4

Розрахунок вологісного стану огорожувальної конструкції

Теоретичні основи

Вологісний стан матеріалу суттєво впливає на експлуатаційні якості огороження. Підвищений уміст води в матеріалі (вище за нормативне значення) призводить до зниження теплозахисних якостей огороження, що миттєво впливає на температурно-вологісний режим внутрішнього середовища будівлі. У цьому випадку може мати місце:

1) підвищення тепловтрат будівлі,

2) зниження температури на внутрішній поверхні огороження і внутрішнього повітря, що супроводжується підвищенням вологості повітря та появою сирості на найбільш охолоджених ділянках внутрішній поверхні огороження. За надмірної вологості значно підвищується ризик грибкового ураження конструкції: дерев'яних, гіпсових, гіпсокартонних.

За надмірної вологості та періодичних від'ємних температур конструкції відбувається процес періодичного замерзання води в порах і капілярах матеріалу. Під час замерзання утворюється крига, яка розширюється, і відбувається послідовний процес мікроруйнування конструкції.

Зміна вологісного стану огороження в процесі експлуатації будівлі може відбуватися через сорбційне й конденсаційне зволоження матеріалу огороження.

Вологісний стан повітря

Вологісний стан повітря визначається абсолютною і відносною вологістю та вологовмістом

Абсолютна вологість повітря – це кількість водяної пари, що міститься в 1 м³ повітря. Абсолютна вологість повітря може бути також виражена через парціальний тиск водяної пари, e [Па].

Вологопоглинальна здатність повітря обмежена температурою повітря. Кожному значенню температури повітря відповідає своє граничне значення парціального тиску водяної пари, яке називають парціальним тиском насиченої водяної пари E [Па]. Парціальний тиск насиченої водяної пари збільшується зі збільшенням температури.

Ступінь насичення повітря водяною парою визначається відносною вологістю повітря, яка виражається як відношення парціального тиску водяної пари за заданої температури до парціального тиску насиченої водяної пари за тієї самої температури:

$$\varphi = \frac{e}{E} 100\% . \quad (4.1)$$

Паропроникність будівельних матеріалів і огорожувальних конструкцій

Огорожувальні конструкції будівель являють собою перегородки, які розділяють два повітряні середовища, відрізняються температурою і пружністю водяної пари.

Найбільшого ступеня ці відмінності повітряних середовищ набувають узимку.

Зменшення парціального тиску водяної пари в зовнішньому середовищі через конденсацію і випадіння водяної пари з повітря викликає дифузію водяної пари з внутрішнього середовища в зовнішнє через огороження.

Процес дифузії водяної пари крізь шари будівельного матеріалу чи через огороження називають паропроникністю.

У стаціонарному процесі дифузії кількість водяної пари, що проходить через 1 м^2 однорідного огороження товщиною δ за 1 год, дорівнює:

$$i = \frac{\mu}{\delta} (e_v - e_z) \quad (4.2)$$

де i – кількість водяної пари [$\text{мг}/\text{м}^2 \cdot \text{год}$];

$e_v - e_z$ – різниця парціальних тисків водяної пари у внутрішньому та зовнішньому середовищах, Па;

δ – товщина стінки, м;

μ – коефіцієнт паропроникності матеріалу стінки [$\text{мг}/\text{м} \cdot \text{год} \cdot \text{Па}$].

Коефіцієнт паропроникності матеріалу чисельно дорівнює кількості пари в мг , що дифундує за 1 год через 1 м^2 плоского шару матеріалу товщиною 1 м за різниці парціальних тисків водяної пари на поверхнях шару 1 Па.

Під час проходження товщі огороження водяна пара, яка дифундує, на своєму шляху зустрічає опір матеріалу огороження, що називається опором паропроникності R_e . Опір паропроникності окремого шару матеріалу чи однорідного огороження виражається залежністю:

$$R_e = \frac{\delta}{\mu} \quad (\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}/\text{мг}). \quad (4.3)$$

Опір паропроникності багат шарового огороження, виконаного з різнорідних матеріалів дорівнює сумі опорів паро проникності окремих шарів:

$$R_e = R_{e1} + R_{e2} + \dots + R_{en} = \frac{\delta_1}{\mu_1} + \frac{\delta_2}{\mu_2} + \dots + \frac{\delta_n}{\mu_n}, \quad (4.4)$$

де R_{e1}, R_{e2}, R_{en} – опори паропроникності окремих шарів матеріалу.

Сорбційне зволоження матеріалу

Пористі матеріали мають властивість поглинати вологу, що міститься в оточуючому повітрі. Це явище носить назву сорбційного (гігроскопічного) зволоження, яке перебігає за відсутності різниці температур повітря і матеріалу. Кількість сорбційної вологи залежить від:

- виду матеріалу;
- пружності водяної пари;
- температури повітря.

У разі тривалого перебування зразка матеріалу чи будівельного виробу в повітрі зі сталими температурою та відносною вологістю кількість вологи, що міститься в матеріалі, стає незмінною (рівноважною).

Використання графоаналітичного методу для визначення розподілу сорбційної вологи в однорідних огорожувальних конструкціях

Графоаналітичний метод розрахунку може слугувати основою вивчення загальних закономірностей розподілу вологи в однорідних огорожувальних конструкціях для тих випадків, коли така вологість нижча за межу сорбційного насичення матеріалу.

За значеннями величин e та E всередині конструкції будують лінію зміни відносних парціальних тисків водяної пари (відносної вологості повітря в порах матеріалу):

$$\varphi = \frac{e}{E} 100\% ,$$

де e – парціальний тиск водяної пари, [Па],

E – парціальний тиск насиченої водяної пари, [Па] (табл. 7).

На рис. 3 показано розподіл парціальних тисків водяної пари e , парціальних тисків насиченої водяної пари E , відносної вологості повітря в порах шлакобетону φ та рівноважної вологості матеріалу W по товщині одношарової стіни (а); ізотерма сорбції шлакобетону $\rho = 1400 \text{ кг/м}^3$ (б).

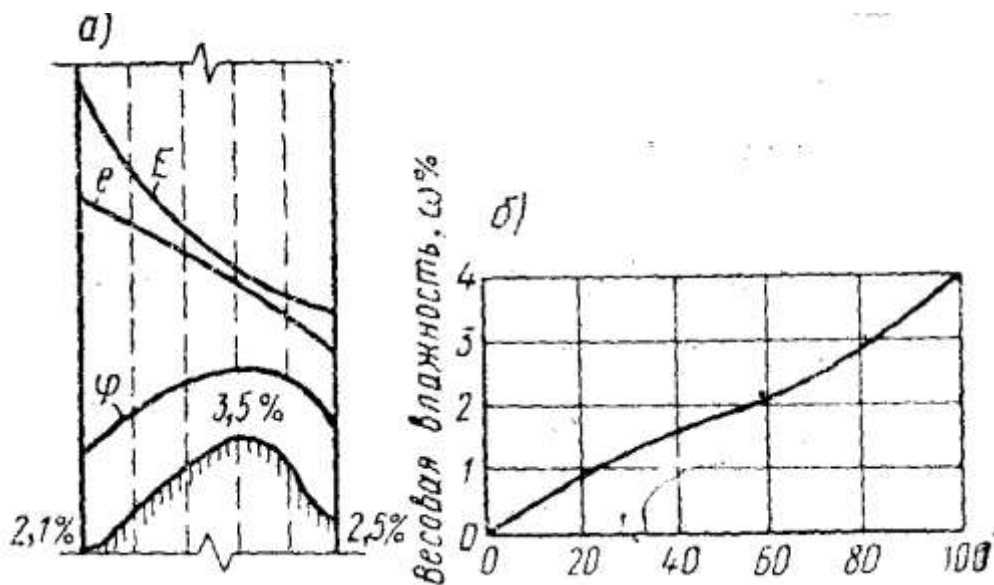


Рис. 3.

Побудова такої лінії показує, що всередині конструкції відносна вологість може досягати значень, близьких до повного насичення, тоді як до теплої та холодної поверхонь конструкції значення φ зменшуються. Відповідно до змін відносної вологості всередині конструкції змінюватиметься і вологість матеріалу. За ізотермою сорбції і значенням φ легко встановити відповідну рівноважну вологість матеріалу W .

Задачі для самостійного розв'язання

4.1. Визначити опір паропроникності зовнішньої стінової панелі:

шар 1 – важкий бетон $\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$, товщина 0,12 м;

шар 2 – керамзитобетон на керамзитовому піску $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$, товщина 0,2 м;

шар 3 – цементно-піщаний розчин $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$, товщина 0,02 м.

Умови експлуатації огорожувальної конструкції Б.

4.2. Побудувати графік зміни відносної вологості φ та рівноважної вологості матеріалу W по товщині одношарової стіни.

Вихідні дані: товщина стіни $\delta = 0,3 \text{ м}$; перепад температур між зовнішньою і внутрішньою поверхнями стіни $\Delta t = 24 \text{ }^\circ\text{C}$. Температуру t_b на внутрішній поверхні стіни і відносні вологості стіни φ_e і φ_z відповідно на внутрішній і зовнішній поверхнях стіни $\varphi_e = \varphi_z$ взяти з таблиці 6 залежно від передостанньої М і останньої N цифр у номері вашої залікової книжки.

Таблиця 6

M	t_e , °C	N	$\varphi_в$, $\varphi_з$ %
1	24,4	1	44
2	23,3	2	48
3	22,2	3	52
4	21,1	4	56
5	20,6	5	60
6	19,9	6	40
7	18,8	7	50
8	17,7	8	46
9	16,6	9	45
0	15,5	0	55

Залежність тиску насиченої водяної пари від температури повітря

У табл. 7 наведені значення тиску насиченої водяної пари E , Па, за різних температурах повітря t , °C, за нормального атмосферного тиску

Таблиця 7

Ціла частина t , °C	Дробова частина t , °C									
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
30	4244	4269	4294	4319	4344	4369	4394	4419	4445	4469
29	4006	4030	4053	4077	4101	4124	4148	4172	4196	4219
28	3781	3803	3826	3848	3871	3894	3916	3939	3961	3984
27	3566	3588	3609	3631	3652	3674	3695	3717	3793	3759
26	3362	3382	3403	3423	3443	3363	3484	3504	3525	3544
25	3169	3188	3208	3227	3246	3266	3284	3304	3324	3343
24	2985	3003	3021	3040	3059	3077	3095	3114	3132	3151
23	2810	2827	2845	2863	2880	2827	2915	2932	2950	2968
22	2645	2661	2678	2695	2711	2727	2744	2761	2777	2794
21	2487	2504	2518	2535	2551	2566	2582	2598	2613	2629
20	2340	2354	2369	2384	2399	2413	2428	2443	2457	2473
19	2197	2212	2227	2241	2254	2268	2283	2297	2310	2324
18	2065	2079	2091	2105	2119	2132	2145	2158	2172	2185
17	1937	1950	1963	1976	1988	2001	2014	2027	2039	2052
16	1818	1830	1841	1854	1866	1878	1889	1901	1914	1926
15	1706	1717	1729	1739	1750	1762	1773	1784	1795	1806
14	1599	1610	1621	1631	1642	1653	1663	1674	1684	1659
13	1498	1508	1518	1528	1538	1548	1559	1569	1578	1588

Продовження табл. 7

Ціла частина $t, ^\circ\text{C}$	Дробова частина $t, ^\circ\text{C}$									
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
12	1403	1413	1422	1431	1441	1451	1460	1470	1479	1488
11	1312	1321	1330	1340	1349	1358	1367	1375	1385	1394
10	1228	1237	1245	1254	1262	1270	1279	1287	1296	1304
9	1148	1156	1163	1171	1179	1187	1195	1203	1211	1218
8	1073	1081	1088	1096	1103	1110	1117	1125	1133	1140
7	1002	1008	1016	1023	1030	1038	1045	1052	1059	1066
6	935	942	949	955	961	968	975	982	988	995
5	872	878	884	890	896	902	907	913	919	925
4	813	819	825	831	837	843	849	854	861	866
3	759	765	770	776	781	787	793	798	803	808
2	705	710	716	721	727	732	737	743	748	753
1	675	662	667	672	677	682	687	691	696	700
0	611	605	600	595	592	587	582	577	572	567
-1	562	557	552	547	543	538	534	531	527	522
-2	517	514	509	505	501	496	492	489	484	480
-3	476	472	468	464	461	456	452	448	444	440
-4	437	433	430	426	423	419	415	412	408	405
-5	401	398	395	391	388	385	382	379	375	372
-6	368	365	362	359	356	353	350	347	343	340
-7	337	336	333	330	327	324	321	318	315	312
-8	310	306	304	301	298	296	294	291	288	286
-9	284	281	279	276	274	272	269	267	264	262
-10	260	258	255	253	251	249	246	244	242	239
-11	237	235	233	231	229	228	226	224	221	219
-12	217	215	213	211	209	208	206	204	202	200
-13	198	197	195	193	191	190	188	186	184	182
-14	181	180	178	177	175	173	172	170	168	167
-15	165	164	162	161	159	158	157	155	153	152
-16	150	149	148	146	145	144	142	141	139	138
-17	137	136	135	133	132	131	129	128	127	126
-18	125	124	123	122	121	120	118	117	116	115
-19	114	113	112	111	110	109	107	106	105	104
-20	103	102	101	100	99	98	97	96	95	94

Для визначення рівноважної вологості матеріалу W за отриманими значеннями відносної вологості φ використовувати ізотерми сорбції.

Ізотерми сорбції для різних будівельних матеріалів наведені на рис. 4–7.

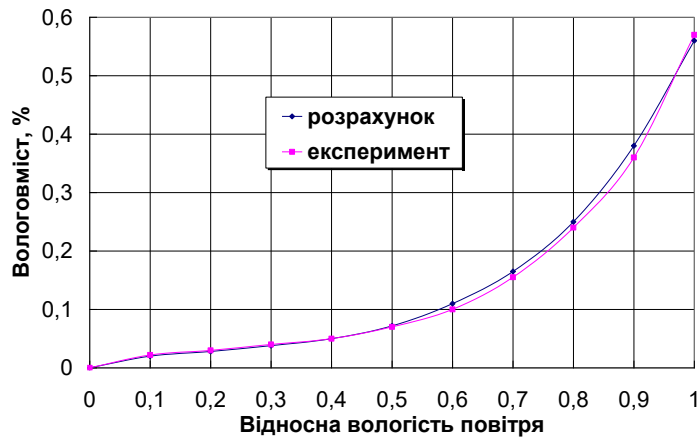


Рис. 4. Ізотерми сорбції парів води будівельною цеглою за температури $T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$

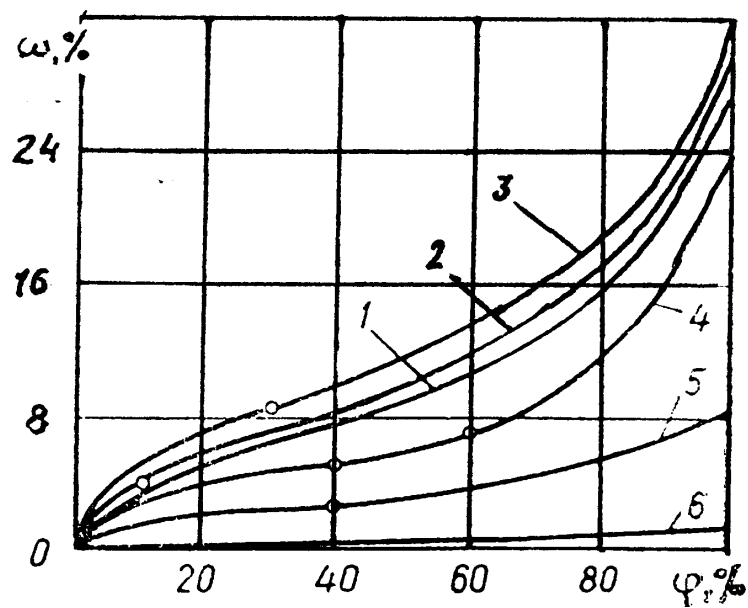


Рис. 5. Ізотерми сорбції водяної пари деревиною за $t = +20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (1), $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (2), та $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (3) деревоволокнистими плитами з $\rho = 200\text{ кг/м}^3$ (4); пінобетоном з $\rho = 350\text{ кг/м}^3$ (5); силікатною цеглою (6)

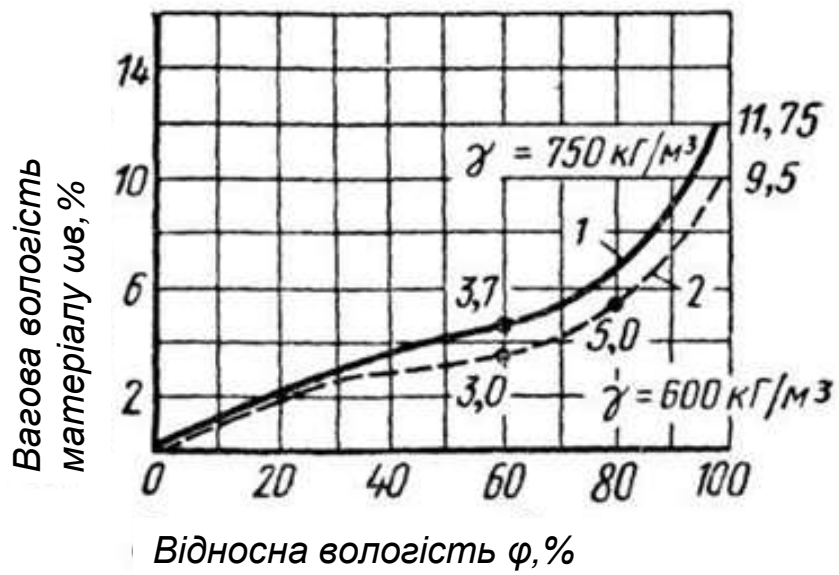


Рис. 6. Ізотерми сорбції пінобетону: 1 – $\rho = 750$ кг/м³, 2 – $\rho = 600$ кг/м³

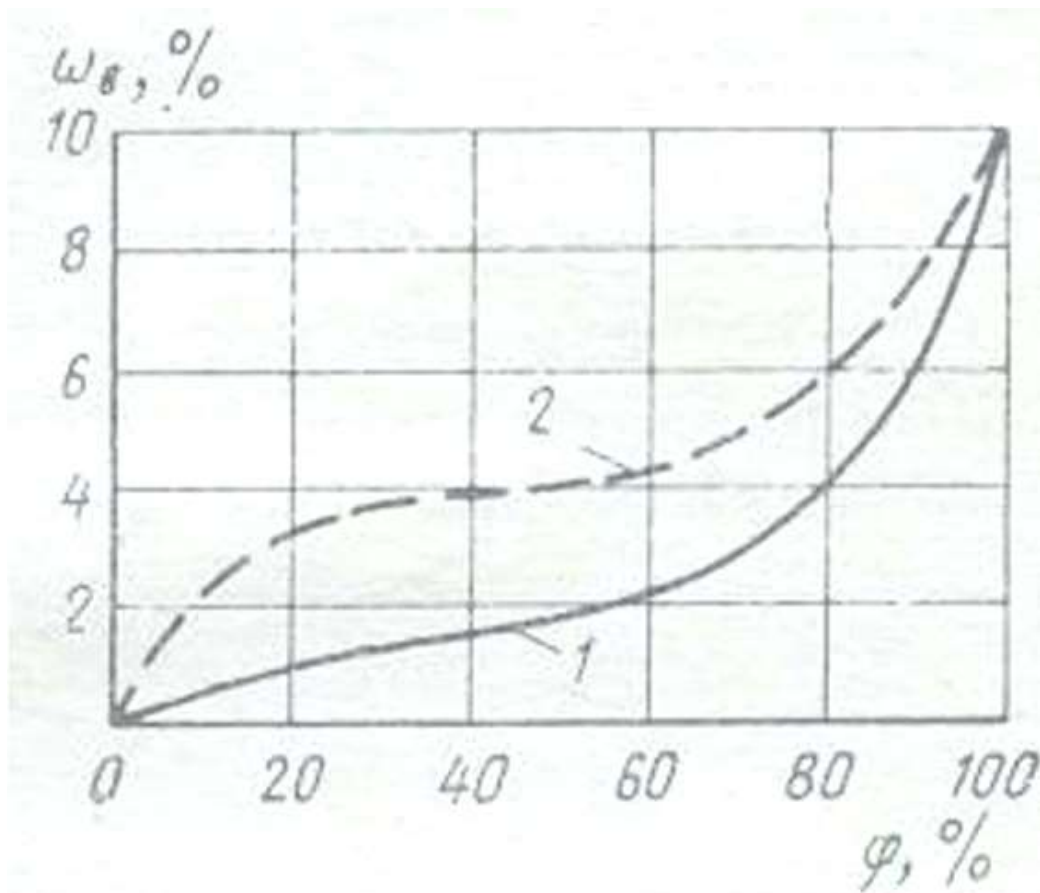


Рис. 7. Ізотерми сорбції (1) і десорбції (2) піносилікату

Змістовий модуль 5

Повітропроникність огорожувальної конструкції

Теоретичні основи

Повітряним режимом будівлі називають сукупність факторів і явищ, що визначають загальний процес обміну повітря між усіма його приміщеннями і зовнішнім повітрям. Він передбачає переміщення повітря всередині приміщень, рух повітря через огороження, отвори, канали та повітроводи й обтікання будівлі потоком повітря.

Природними силами, що викликають рух повітря в будівлі, є термогравітаційний і вітровий тиски. Температура та густина повітря зсередини та ззовні будівлі зазвичай не однакові, унаслідок чого гравітаційний тиск із різних боків огорожень виявляється різним. Через дію вітру на навітряній стороні утворюється надлишковий статичний тиск, а на завітряній – розрідження і знижений статичний тиск. Тобто в разі вітру тиск із зовнішнього боку будівлі відрізняється від тиску всередині приміщень. Гравітаційний і вітровий тиски зазвичай діють сумісно.

Визначення розрахункової різниці тисків Δp_i для перевірки повітропроникності огорожень

У розрахунках огорожень на повітропроникність величину Δp визначають як суму термогравітаційного й вітрового напорів повітря за формулою

$$\Delta p = \Delta p_{т.г} + \Delta p_v, \quad (5.1)$$

де $\Delta p_{т.г}$ – термогравітаційний напір, Па;

Δp_v – вітровий напір, Па.

Рівняння для визначення термогравітаційного напору $\Delta p_{т.г}$, Па,

$$\Delta p_{т.г} = (H - h_i)(\gamma_z - \gamma_v), \quad (5.2)$$

де H – висота будинку (від рівня підлоги першого поверху до верху витяжної шахти), м;

h_i – висота від рівня підлоги першого поверху до середини огорожувальної конструкції i -го поверху, для якого проводиться розрахунок, м;

γ_z , γ_v – питома вага відповідно зовнішнього та внутрішнього повітря, Н/м³, що розраховується за формулами:

$$\gamma_z = 3463 / (273 + t_z), \quad \gamma_v = 3463 / (273 + t_v), \quad (5.3)$$

де t_z – розрахункове значення температури зовнішнього повітря, °С, що береться залежно від температурної зони за [1, дод. В];

t_b – розрахункове значення температури внутрішнього повітря, °C, що береться залежно від призначення будинку згідно з [1, дод. В];

Рівняння для визначення вітрового напору Δp_v , Па,

$$\Delta p_v = \beta \beta_v \frac{\gamma_3 V^2}{2g}, \quad (5.4)$$

де v – максимальна із середніх швидкостей вітру за румбами за січень, м/с, повторюваність яких становить 16 % і більше, згідно з [4, табл. 5];

β – аеродинамічний коефіцієнт;

β_v – коефіцієнт, що враховує зміну швидкості повітря за висотою будівлі, який береться згідно з [6, табл. 2];

Розрахункове значення аеродинамічного коефіцієнту β дорівнює

$$\beta = 1/2(\rho_v^{\text{заб}} - \rho_v^{\text{вн}}) = 1/2[0.8 - (-0.4)] = 0.6. \quad (5.5)$$

За результатами підстановок в (5.4) отриманого значення $\beta=0,6$ і з урахуванням наближення $2g \approx 20$ залежність (5.4) матиме вигляд

$$\Delta p_v = 0,6 \beta_v \frac{\gamma_3 V^2}{2g} = 0,03 \gamma_3 V^2 \beta_v, \quad (5.6)$$

З (5.1), (5.2) і (5.6) випливає, що розрахункова різниця тисків Δp_i для i -го поверху опалювального будинку визначається за формулою

$$\Delta p_i = (H - h_i)(\gamma_3 - \gamma_b) + 0,03 \gamma_3 V^2 \beta_v, \quad (5.7)$$

Задачі для самостійного розв'язання

5.1. Визначити розрахункове значення повітряного напору, якщо висота будівлі $H = 40$ м, $t_3 = -16^\circ\text{C}$, $t_6 = 20^\circ\text{C}$, $v = 6$ м/с, $\gamma = \frac{3463}{T} \left(\frac{H}{\text{м}^3} \right)$, $\beta_v = 0,8$.

5.2. Визначити розрахункове значення термогравітаційного повітряного напору для 1-го й останнього поверхів, якщо висота будівлі 9 поверхів, $t_3 = -16^\circ\text{C}$, $t_6 = 20^\circ\text{C}$, $v = 6$ м/с, $\gamma = \frac{3463}{T} \left(\frac{H}{\text{м}^3} \right)$.

5.3. Визначити розрахункове значення вітрового повітряного напору для 1-го й останнього поверхів, якщо висота будівлі $H = 40$ м, $t_3 = -18^\circ\text{C}$, $t_6 = 22^\circ\text{C}$, $v = 4,3$ м/с, $\gamma = \frac{3463}{T} \left(\frac{H}{\text{м}^3} \right)$, $\beta_{v1} = 0,4$, $\beta_{v\text{ост}} = 0,8$.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Теплова* ізоляція та енергоефективність будівель : ДБН В.2.6-31:2022. – [Чинний з 2022-09-01]. – Київ : Мінрегіон України, 2022. – 22 с.

2. *Теплоізоляція* будівель. Метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель : ДСТУ 9191 : 2022 – [Чинний з 2023-03-01]. – (ДП «УкрНДНЦ» <http://uas.gov.ua>).

3. *Настанова* з розрахункової оцінки тепловологісного стану огорожувальних конструкцій : ДСТУ-Н.Б.В.2.6-192.2013. – [Чинний з 2014-01-01]. – Київ : Мінрегіон України, 2014. – 50 с.

4. *Захист* від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія : ДСТУ-Н.Б.В.1.1-27.2010. – [Чинний з 2011-01-01]. – Київ : Мінрегіон України, 2010. – 112 с.

5. *Настанова* з розрахункової оцінки показників теплостійкості та теплосасвоєння огорожувальних конструкцій : ДСТУ-Н.Б.В.2.6-190.2013. – [Чинний з 2014-01-01] – Київ : Мінрегіон України, 2014. – 48 с.

6. *Настанова* з розрахункової оцінки повітропроникності огорожувальних конструкцій : ДСТУ-Н.Б.В.2.6-191.2013. – [Чинний з 2014-01-01]. – Київ : Мінрегіон України, 2014. – 14 с.

7. *Маляренко В. А., Редько А. Ф., Чайка Ю. І. та ін..* Технічна теплофізика огорожуючих конструкцій будівель і споруд : навч. посіб. / Харків : Рубікон, 2001. – 280 с.

8. *Никитенко Н. И., Снежкин Ю. Ф., Сороковая Н. Н., Кольчик Ю. Н.* Молекулярно-радиационная теория и методы расчета тепло- и массообмена : монографія. – Київ : Наукова думка, 2014. – 743 с.

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі
огороджувальної конструкції житлових і громадських будинків

$$R_{q \min}, \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

№ поз.	Вид огороджувальної конструкції	Значення $R_{q \min}$, $\text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, для температурної зони	
		I	II
1	Зовнішні стінові огороджувальні конструкції	4,0	3,5
2	Суміщені покриття, що межують із зовнішнім повітрям	7,0	6,0
3	Покриття опалюваних горищ (технічних поверхів), мансард, горищні перекриття неопалюваних горищ	6,0	5,5
4	Перекриття, що межують із зовнішнім повітрям, та над неопалюваними підвалами	5,0	4,0
5	Світлопрозорі огороджувальні конструкції	0,9	0,7
6	Зенітні ліхтарі	0,8	0,7
7	Зовнішні двері	0,7	0,6

РОЗРАХУНКОВІ ТЕПЛОФІЗИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Ч.ч.	Назва матеріалу	Характеристика в сухому стані			Розрахунковий вміст вологи за масою в умовах експлуатації w , %		Розрахункові характеристики в умовах експлуатації				
		густина ρ_0 , кг/м ³	питома теплоємність c_0 , кДж/(кг·К)	теплопровідність λ_0 , Вт/(м·К)	А	Б	теплопровідність λ_p , Вт/(м·К)		коефіцієнт теплосасвоєння s , Вт/(м ² ·К)		коефіцієнт паропроникності μ , мг/(м·год·Па)
							А	Б	А	Б	А, Б
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ											
1.1. Волокнисті матеріали											
1	Вироби теплоізоляційні з мінеральної вати на основі базальтового волокна	30	0,84	0,039	0,5	1,0	0,046	0,050	0,29	0,31	0,55
		40	0,84	0,039	0,5	1,0	0,046	0,049	0,34	0,35	0,53
		50	0,84	0,038	0,5	1,0	0,044	0,048	0,37	0,39	0,52
		75	0,84	0,037	0,5	1,0	0,043	0,047	0,45	0,48	0,50
		100	0,84	0,038	0,5	1,0	0,044	0,048	0,53	0,56	0,47
		125	0,84	0,038	0,5	1,0	0,045	0,049	0,59	0,63	0,43
		150	0,84	0,039	0,5	1,0	0,048	0,050	0,67	0,69	0,38
		175	0,84	0,039	0,5	1,0	0,049	0,052	0,73	0,76	0,35
		200	0,84	0,040	0,5	1,0	0,050	0,053	0,79	0,83	0,31
		225	0,84	0,040	0,5	1,0	0,050	0,054	0,84	0,88	0,30
2	Вироби теплоізоляційні з мінеральної вати на основі скляного штапельного волокна	10	0,84	0,044	1	3	0,055	0,057	0,19	0,20	0,70
		15	0,84	0,040	1	3	0,050	0,052	0,22	0,23	0,65
		20	0,84	0,037	1	3	0,047	0,050	0,25	0,27	0,60
		35	0,84	0,035	1	3	0,044	0,047	0,31	0,34	0,53
		70	0,84	0,032	1	3	0,042	0,045	0,43	0,47	0,45

Продовження дод. 2
Продовження табл. 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.2. Полімерні матеріали											
3	Вироби зі спіненого пінополістиролу	15	1,34	0,040	2	10	0,045	0,055	0,28	0,33	0,05
		25	1,34	0,038	2	10	0,043	0,053	0,34	0,40	0,05
		35	1,34	0,037	2	10	0,041	0,050	0,40	0,46	0,05
		50	1,34	0,034	2	10	0,040	0,045	0,46	0,53	0,05
4	Вироби із екструдованого пінополістиролу	30	1,45	0,034	0,5	1	0,035	0,036	0,34	0,34	0,008
		35	1,45	0,035	0,5	1	0,036	0,037	0,37	0,38	0,008
5	Вироби з жорсткого пінополіуретану	40	1,47	0,029	2	5	0,040	0,040	0,40	0,42	0,05
		60	1,47	0,035	2	5	0,041	0,041	0,53	0,55	0,05
		80	1,47	0,041	2	5	0,050	0,050	0,67	0,70	0,05
6	Плити з резольно-формальдегідного пінопласту	40	1,68	0,038	5	20	0,041	0,060	0,48	0,66	0,23
		50	1,68	0,041	5	20	0,050	0,064	0,59	0,77	0,23
		100	1,68	0,047	5	20	0,052	0,076	0,85	1,18	0,15
7	Вироби зі спіненої карбамідно-формальдегідної смоли	15	1,68	0,047	7	30	0,058	0,064	0,27	0,34	0,51
		25	1,68	0,043	7	30	0,063	0,074	0,36	0,47	0,42
		30	1,68	0,041	7	30	0,070	0,085	0,42	0,56	0,40
8	Вироби зі спіненого пінополіетилену	30	1,34	0,043	2	5	0,044	0,047	0,30	0,33	0,02
		50	1,34	0,039	2	5	0,042	0,045	0,38	0,41	0,02
9	Вироби зі спіненого хімічно зшитого пінополіетилену	30	1,34	0,038	2	5	0,042	0,043	0,38	0,40	0,02
1.3. Вироби з природної органічної та неорганічної сировини											
10	Вироби перлітофосфогельові	200	1,05	0,064	3	12	0,070	0,090	1,10	1,43	0,23
		300	1,05	0,076	3	12	0,080	0,120	1,43	2,02	0,20
11	Блоки полістиролбетонні стінові	200	1,06	0,065	4	8	0,070	0,080	1,12	1,28	0,12
		300	1,06	0,085	4	8	0,090	0,110	1,55	1,83	0,10
		600	1,06	0,145	4	8	0,175	0,200	3,07	3,49	0,068
12	Вироби теплоізоляційні перліто-цементні та перлітогіпсові	300	0,84	0,075	10	15	0,098	0,108	0,92	1,26	0,198
		450	0,84	0,086	10	15	0,118	0,202	1,89	2,63	0,18

Продовження дод. 2
Продовження табл. 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
13	Вироби перлітобентонітові теплоізоляційні	250	0,84	0,072	10	15	0,083	0,091	1,38	1,55	0,20
		300	0,84	0,082	10	15	0,098	0,110	1,64	1,85	0,15
		400	0,84	0,110	10	15	0,140	0,160	2,26	2,59	0,10
14	Целюлозний утеплювач	35	0,84	0,039	14	20	0,045	0,048	0,41	0,45	0,35
		50	0,84	0,039	14	21	0,048	0,052	0,50	0,57	0,34
		65	0,84	0,041	15	22	0,052	0,056	0,60	0,68	0,34
		100	0,84	0,056	16	24	0,066	0,070	0,85	0,97	0,33
15	Вироби цементополістирольні	250	0,84	0,066	4	8	0,09	0,1	1,29	1,45	0,1
		300	0,84	0,076	4	8	0,10	0,11	1,53	1,74	0,095
		400	0,84	0,096	4	8	0,12	0,15	2,02	2,33	0,08
		500	0,84	0,116	4	8	0,14	0,19	2,53	2,95	0,070
		550	0,84	0,126	4	8	0,15	0,21	2,78	3,28	0,068
16	Вироби перлітобітумні теплоізоляційні	300	1,68	0,087	1	2	0,09	0,099	1,84	1,95	0,04
		400	1,68	0,111	1	2	0,12	0,13	2,45	2,59	0,04
17	Піноскло	120	0,84	0,045	0,5	1	0,053	0,054	0,63	0,65	0,002
18	Блоки кремнезитоцементні	300	0,84	0,073	3	6	0,08	0,086	1,30	1,43	0,29
		400	0,84	0,083	3	6	0,09	0,096	1,59	1,75	0,23
		500	0,84	0,093	3	6	0,10	0,11	1,87	2,1	0,17
19	Вироби з арболіту на портландцементі	300	2,30	0,07	10	15	0,11	0,14	2,56	2,99	0,30
		400	2,30	0,08	10	15	0,13	0,16	3,21	3,70	0,26
		600	2,30	0,12	10	15	0,18	0,23	4,63	5,43	0,11
		800	2,30	0,16	10	15	0,24	0,3	6,17	7,16	0,11
20	Плити теплоізоляційні очеретян	200	2,30	0,06	10	15	0,07	0,09	1,67	1,96	0,49
		300	2,30	0,07	10	15	0,09	0,14	2,31	2,99	0,45
21	Плити деревноволокнисті та деревностружкові	200	2,30	0,06	10	12	0,07	0,08	1,67	1,81	0,24
		400	2,30	0,08	10	12	0,11	0,13	2,95	3,26	0,19
		600	2,30	0,11	10	12	0,13	0,16	3,93	4,43	0,13
		800	2,30	0,13	10	12	0,19	0,23	5,49	6,13	0,12
		1000	2,30	0,15	10	12	0,23	0,29	6,75	7,7	0,12

Продовження дод. 2
Продовження табл. 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.4. Бетони теплоізоляційні											
22	Бетони ніздрюваті	200	0,84	0,055	4	6	0,069	0,074	1,01	1,09	0,28
		250	0,84	0,065	4	6	0,078	0,088	1,20	1,32	0,28
		300	0,84	0,080	4	6	0,09	0,10	1,41	1,54	0,26
		350	0,84	0,090	4	6	0,10	0,12	1,60	1,83	0,24
23	Вермикулітобетон	400	0,84	0,09	8	13	0,11	0,13	1,94	2,29	0,19
		600	0,84	0,14	8	13	0,16	0,17	2,87	3,21	0,15
		800	0,84	0,21	8	13	0,23	0,26	3,97	4,58	0,12
1.5. Матеріали теплоізоляційні засипні											
24	Щебінь перлітовий	300	0,84	0,112	1	2	0,115	0,12	1,42	1,51	0,26
25	Гравій шлаковий	300	0,84	0,112	1	3	0,12	0,13	1,56	1,65	0,22
26	Щебінь шлаковий	350	0,84	0,162	1	3	0,17	0,19	2,00	2,16	0,21
27	Вермикулітова засипка	100	0,84	0,055	1	3	0,067	0,08	0,66	0,75	0,3
		150	0,84	0,060	1	3	0,074	0,098	0,84	1,02	0,26
		200	0,84	0,065	1	3	0,08	0,105	1,01	1,16	0,23
		250	0,84	0,070	2	3	0,09	0,11	1,20	1,39	0,20
28	Гравій керамзитовий	200	0,84	0,009	2	3	0,11	0,12	1,22	1,3	0,27
		300	0,84	0,11	2	3	0,12	0,13	1,56	1,66	0,25
		400	0,84	0,12	2	3	0,13	0,14	1,87	1,99	0,24
		600	0,84	0,14	2	3	0,17	0,19	2,62	2,83	0,23
		600	0,84	0,14	2	3	0,17	0,2	2,62	2,91	0,23
		800	0,84	0,18	2	3	0,21	0,23	3,36	3,6	0,21
29	Щебінь шлакопемзовий	400	0,84	0,12	2	3	0,14	0,16	1,94	2,12	0,26
		500	0,84	0,14	2	3	0,16	0,19	2,32	2,59	0,25
		600	0,84	0,15	2	3	0,18	0,21	2,70	2,98	0,24
		700	0,84	0,16	2	3	0,19	0,23	2,99	3,37	0,23
		800	0,84	0,18	2	3	0,21	0,26	3,36	3,83	0,22
30	Крихта з піноскла	80	0,84	0,06	0,5	1,0	0,070	0,071	0,60	0,62	0,28
31	Пісок для будівельних робіт	1600	0,84	0,35	1	2	0,47	0,58	6,95	7,91	0,17

Продовження дод. 2
Продовження табл. 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.6. Розчини теплоізоляційні											
32	Розчини цементно-перлітові	600	0,84	0,14	10	15	0,19	0,23	3,24	3,84	0,17
		800	0,84	0,16	7	12	0,21	0,26	3,73	4,51	0,16
		1000	0,84	0,21	7	12	0,26	0,30	4,64	5,42	0,15
33	Розчини гіпсоперлітові	400	0,84	0,09	6	10	0,13	0,15	2,03	2,35	0,53
		500	0,84	0,12	6	10	0,15	0,19	2,44	2,95	0,43
34	Розчини цементно-кремнезитові	200	0,84	0,063	4	8	0,072	0,08	1,03	1,17	0,35
		300	0,84	0,073	4	8	0,082	0,09	1,34	1,52	0,29
35	Розчини цементно-шлакові	1200	0,84	0,35	2	4	0,47	0,58	6,16	7,15	0,14
		1400	0,84	0,41	2	4	0,52	0,64	7,0	8,11	0,11
36	Розчини цементно-пінополістирольні	600	0,84	0,10	4	10	0,12	0,17	2,33	3,06	0,07
37	Вироби на основі перліту	320	0,84	0,076	5	8,5	0,091	0,095	1,49	1,63	0,1
		330	0,84	0,080	7,5	11,5	0,096	0,104	1,63	1,82	0,09
		370	0,84	0,096	3,5	7,0	0,107	0,115	1,69	1,87	0,07
		450	0,84	0,106	6,5	11	0,13	0,14	2,14	2,44	0,07
2. КОНСТРУКЦИНО-ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ											
2.1. Бетони ніздрюваті											
38	Бетони ніздрюваті	300	0,84	0,080	4	6	0,09	0,10	1,41	1,54	0,26
		350	0,84	0,090	4	6	0,10	0,12	1,60	1,83	0,24
		400	0,84	0,10	4	6	0,11	0,13	1,84	2,1	0,23
		500	0,84	0,12	4	6	0,15	0,16	2,38	2,48	0,20
		600	0,84	0,14	4	6	0,16	0,18	2,65	2,9	0,17
		700	0,84	0,18	6	8	0,24	0,27	3,66	3,98	0,16
		800	0,84	0,21	6	8	0,27	0,30	4,16	4,51	0,14
		900	0,84	0,24	6	8	0,33	0,36	4,82	5,23	0,12
		1000	0,84	0,29	8	12	0,38	0,44	5,72	6,59	0,11
		1100	0,84	0,34	10	15	0,45	0,51	6,74	7,74	0,1
1200	0,84	0,38	10	15	0,49	0,55	7,37	8,48	0,09		

Продовження дод. 2
Продовження табл. 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
39	Газо- та пінозобетон	1000	0,84	0,23	15	22	0,44	0,5	6,86	8,01	0,098
		1200	0,84	0,29	15	22	0,52	0,58	8,17	9,46	0,075
2.2. Бетони легкі											
40	Керамзитобетон на керамзитовому піску	600	0,84	0,16	5	10	0,20	0,26	3,03	3,78	0,26
		800	0,84	0,21	5	10	0,24	0,31	3,83	4,77	0,19
		1000	0,84	0,27	5	10	0,33	0,41	5,03	6,13	0,14
		1200	0,84	0,36	5	10	0,44	0,52	6,36	7,57	0,11
		1400	0,84	0,47	5	10	0,56	0,65	7,75	9,14	0,098
		1600	0,84	0,58	5	10	0,67	0,79	9,06	10,77	0,09
		1800	0,84	0,66	5	10	0,80	0,92	10,5	12,33	0,09
41	Керамзитобетон на кварцовому піску з поризацією	800	0,84	0,23	4	8	0,29	0,35	4,13	4,9	0,075
		1000	0,84	0,33	4	8	0,41	0,47	5,49	6,35	0,075
		1200	0,84	0,41	4	8	0,52	0,58	6,77	7,72	0,075
42	Керамзитобетон на перлітовому піску	800	0,84	0,22	9	13	0,29	0,35	4,54	5,32	0,17
		1000	0,84	0,28	9	13	0,35	0,41	5,57	6,43	0,15
43	Керамзитошлакобетон	1000	0,84	0,25	4	8	0,33	0,41	5,06	5,91	0,15
44	Перлітобетон	600	0,84	0,12	10	15	0,19	0,23	3,24	3,84	0,3
		800	0,84	0,16	10	15	0,27	0,33	4,45	5,32	0,26
		1000	0,84	0,22	10	15	0,33	0,38	5,5	6,38	0,19
		1200	0,84	0,29	10	15	0,44	0,5	6,96	8,01	0,15
45	Шлакопемзобетон	1000	0,84	0,23	5	8	0,31	0,37	4,87	5,63	0,11
		1200	0,84	0,29	5	8	0,37	0,44	5,83	6,73	0,11
		1400	0,84	0,35	5	8	0,44	0,52	6,87	7,9	0,098
		1600	0,84	0,41	5	8	0,52	0,63	7,98	9,29	0,09
46	Бетон на доменних гранульованих шлаках	1200	0,84	0,35	5	8	0,47	0,52	6,57	7,31	0,11
		1400	0,84	0,41	5	8	0,52	0,58	7,46	8,34	0,098
		1600	0,84	0,47	5	8	0,58	0,64	8,43	9,37	0,09
47	Бетон на зольному гравії	1000	0,84	0,24	5	8	0,30	0,35	4,79	5,48	0,12
		1200	0,84	0,35	5	8	0,41	0,47	6,14	6,95	0,11
		1400	0,84	0,47	5	8	0,52	0,58	7,46	8,34	0,09

Продовження дод. 2
Продовження табл. 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2.3. Вироби гіпсові											
48	Плити з гіпсу	1000	0,84	0,23	4	6	0,29	0,35	4,62	5,28	0,11
		1200	0,84	0,35	4	6	0,41	0,47	6,01	6,7	0,1
49	Листи гіпсокартонні	800	0,84	0,15	4	6	0,19	0,21	3,34	3,66	0,075
2.4. Вироби бетонні											
50	Блоки кремнезитоцементні	700	0,84	0,2	4	8	0,21	0,23	3,28	3,63	0,19
		800	0,84	0,21	4	8	0,22	0,24	3,59	4,05	0,17
		1000	0,84	0,23	4	8	0,23	0,27	4,28	4,81	0,13
		1200	0,84	0,25	4	8	0,27	0,29	4,87	5,45	0,11
2.5. Деревина та вироби з неї											
51	Сосна та ялина поперек волокон	500	2,3	0,09	15	20	0,14	0,18	3,87	4,54	0,06
52	Сосна та ялина вздовж волокон	500	2,3	0,18	15	20	0,29	0,35	5,56	6,33	0,32
53	Дуб поперек волокон	700	2,3	0,10	10	15	0,18	0,23	5,0	5,86	0,05
54	Дуб вздовж волокон	700	2,3	0,23	10	15	0,35	0,41	6,9	7,83	0,3
55	Фанера клеєна	600	2,3	0,12	10	13	0,15	0,18	4,22	4,73	0,02
56	Картон облицювальний	1000	2,3	0,18	5	10	0,21	0,23	6,2	6,75	0,06
57	Картон будівельний багат шаровий	650	2,3	0,13	6	12	0,15	0,18	4,26	4,89	0,083
2.6. Цегляна кладка з порожнистої цегли											
58	Керамічної порожнистої густиною 1400 кг/м ³ (брутто) на цементно-піщаному розчині	1600	0,88	0,47	1	2	0,58	0,64	7,91	8,48	0,14
59	Керамічної порожнистої густиною 1300 кг/м ³ (брутто) на цементно-піщаному розчині	1400	0,88	0,41	1	2	0,52	0,58	7,01	7,56	0,16
60	Керамічної порожнистої густиною 1000 кг/м ³ (брутто) на цементно-піщаному розчині	1200	0,88	0,35	1	2	0,47	0,52	6,16	6,62	0,17

Продовження дод. 2
Продовження табл. 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2.7. Кладка з виробів бетонних											
61	3 блоків керамзитшлакобетонних на цементно-піщаному розчині густиною 800 кг/м ³ (брутто)	1350	0,88	0,31	1	2	0,37	0,43	5,06	5,91	0,15
62	3 блоків керамзитшлакобетонних на цементно-піщаному розчині густиною 850 кг/м ³ (брутто)	1400	0,88	0,34	1	2	0,46	0,51	5,95	6,41	0,15
63	3 блоків кремнезитоцементних на вапняному розчині із сіпо-рового та кварцового піску	400	0,88	0,085	3	6	0,09	0,092	1,62	1,74	0,22
3. МАТЕРІАЛИ КОНСТРУКЦІЙНІ											
3.1. Бетони конструкційні											
64	Залізобетон	2500	0,84	1,69	2	3	1,92	2,04	17,98	18,95	0,03
65	Бетон на гравії або щебені з природного каменю	2400	0,84	1,51	2	3	1,74	1,86	16,77	17,88	0,03
3.2. Розчини будівельні											
66	Розчин вапняно-піщаний	1600	0,84	0,47	2	4	0,70	0,81	8,69	9,76	0,12
67	Розчин складний (пісок, вапно, цемент)	1700	0,84	0,52	2	4	0,70	0,87	8,95	10,42	0,098
68	Розчин цементно-піщаний	1800	0,84	0,58	2	4	0,76	0,93	9,6	11,09	0,09
3.3. Облицювання природним каменем і керамічною плиткою											
69	Плити та вироби з природного каменю: граніт, гнейс та базальт	2800	0,88	3,49	0	0	3,49	3,49	25,04	25,04	0,008
70	мармур	2800	0,88	2,91	0	0	2,91	2,91	22,86	22,86	0,008
71	вапняк	1600	0,88	0,58	2	3	0,73	0,81	9,06	9,75	0,09
		1800	0,88	0,70	2	3	0,93	1,05	10,85	11,77	0,075
		2000	0,88	0,93	2	3	1,16	1,28	12,77	13,7	0,06

Продовження дод. 2
Продовження табл. 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
72	туф	1000	0,88	0,21	3	5	0,24	0,29	4,2	4,8	0,11
		1200	0,88	0,27	3	5	0,35	0,41	5,55	6,25	0,11
		1400	0,88	0,33	3	5	0,43	0,52	6,64	7,6	0,098
		1600	0,88	0,41	3	5	0,52	0,64	7,81	9,02	0,09
		1800	0,88	0,56	3	5	0,7	0,81	9,61	10,76	0,083
		2000	0,88	0,76	3	5	0,93	1,05	11,68	12,92	0,075
73	Плити керамічні для підлоги	2000	0,88	0,89	3	5	0,96	1,1	11,63	12,55	0,06
3.4. Кладка цегляна з повнотілої цегли											
74	Керамічної звичайної на цементно-піщаному розчині	1800	0,88	0,56	1	2	0,70	0,81	9,2	10,12	0,11
75	Керамічної звичайної на цементно-шлаковому розчині	1700	0,88	0,52	1,5	3	0,64	0,76	8,64	9,7	0,12
76	Керамічної звичайної на цементно-перлітовому розчині	1600	0,88	0,47	2	4	0,58	0,70	8,08	9,23	0,15
77	Силікатної на цементно-піщаному розчині	1800	0,88	0,70	2	4	0,76	0,87	9,77	10,9	0,11
78	Трепельної на цементно-піщаному розчині	1000	0,88	0,29	2	4	0,41	0,47	5,35	5,96	0,23
		1200	0,88	0,35	2	4	0,47	0,52	6,26	6,49	0,19
79	Шлакової на цементно-піщаному розчині	1500	0,88	0,52	1,5	3	0,64	0,70	8,12	8,76	0,11
3.5. Матеріали покрівельні, гідроізоляційні, пароізоляційні та покриття полімерні для підлог											
80	Листи азбестоцементні	1600	0,84	0,23	2	3	0,35	0,41	6,14	6,8	0,03
		1800	0,84	0,35	2	3	0,47	0,52	7,55	8,12	0,03
81	Матеріали бітумні, бітумно-полімерні покрівельні та гідроізоляційні	1000	1,68	0,17	0	0	0,17	0,17	4,56	4,56	0,008
		1200	1,68	0,22	0	0	0,22	0,22	5,69	5,69	0,008
		1400	1,68	0,27	0	0	0,27	0,27	6,8	6,8	0,008
82	Асфальтобетон	2100	1,68	1,05	0	0	1,05	1,05	16,43	16,43	0,008
83	Руберойд, пергамін	1000	1,68	0,17	0	0	0,17	0,17	3,53	3,53	0,001
84	Мембрана ПВХ	1000	1,47	0,23	0	0	0,23	0,23	5,87	5,87	0,00011
85	Пароізоляційна плівка	1600	1,47	0,3	0	0	0,3	0,3	8,56	8,56	0

Закінчення дод. 2
Закінчення табл. 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
86	Лінолеум полівінілхлоридний на теплоізоляційній підоснові	1600	1,47	0,33	0	0	0,33	0,33	7,52	7,52	0,002
		1800	1,47	0,38	0	0	0,38	0,38	8,56	8,56	0,002
87	Лінолеум полівінілхлоридний на тканинній основі	1400	1,47	0,23	0	0	0,23	0,23	5,87	5,87	0,002
		1600	1,47	0,29	0	0	0,29	0,29	7,05	7,05	0,002
88	Лінолеум полівінілхлоридний багат шаровий та одношаровий без підоснови	800	1,47	0,17	0	0	0,17	0,17	3,32	3,32	0,002
		1200	1,47	0,21	0	0	0,21	0,21	4,51	4,51	0,02
3.6. Метали та скло											
89	Сталь арматурна	7850	0,482	58	0	0	58	58	126,5	126,5	0
90	Чавун	7200	0,482	50	0	0	50	50	112,5	112,5	0
91	Алюміній	2600	0,84	221	0	0	221	221	187,6	187,6	0
92	Латунь, мідь	8500	0,42	407	0	0	407	407	326	326	0
93	Скло віконне	2500	0,84	0,76	0	0	0,76	0,76	10,79	10,79	0
<p>Примітка. Для будівельних матеріалів, що не ввійшли до таблиці, розрахункові значення теплофізичних характеристик потрібно визначати експериментально згідно з вимогами ДСТУ Б В.2.7-182.</p>											

КАРТА-СХЕМА ТЕМПЕРАТУРНИХ ЗОН УКРАЇНИ



47

D_n – кількість градусо-днів
опалювального періоду

Навчально-методичне видання

БУДІВЕЛЬНА ТЕПЛОФІЗИКА

Методичні вказівки
до практичних занять
для студентів спеціальностей
192 «Будівництво та цивільна інженерія»,
144 «Теплоенергетика»
ОПП «Енергетичний менеджмент, енергоефективні муніципальні,
промислові і побутові теплові технології»

Укладач **КОЛЬЧИК** Юлія Миколаївна

Випусковий редактор *Т. В. Івченко*
Комп'ютерне верстання *Д. М. Ніколаєвич*

Підписано до друку 11.12.2023. Формат 60 x 84_{1/16}
Ум. друк. арк. 2,79. Обл.-вид. арк. 3,0.
Електронний документ. Вид. № 110/III-23

Видавець і виготовлювач:
Київський національний університет будівництва і архітектури

Повітрофлотський проспект, 31, Київ, Україна, 03037

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