

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Київський національний університет будівництва і архітектури

**РЕСУРСО- ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ТЕХНОЛОГІЇ СТІНОВИХ,
ОЗДОБЛЮВАЛЬНИХ ТА ЗАХИСНИХ МАТЕРІАЛІВ**

Методичні вказівки
до практичних занять для студентів
спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія
спеціалізації 161.3 «Новітні технології та дизайн сучасних
стінових та оздоблювальних матеріалів»

Київ 2023

УДК 624.04:697.11

Р 43

Укладачі: В.І. Гоц, д-р техн. наук, професор;
О.В. Ластівка, канд. техн. наук, доцент

Рецензент О.П. Константиновський, канд. техн. наук, доцент

Відповідальний за випуск В.І. Гоц, д-р техн. наук, професор

*Затверджено на засіданні кафедри технології будівельних
конструкцій і виробів, протокол № 8 від 15 грудня 2022 року.*

В авторській редакції.

Ресурсо- та енергозбереження в технології стінових,
Р 43 оздоблювальних та захисних матеріалів: методичні вказівки до
практичних занять / уклад.: В.І. Гоц, О.В. Ластівка. – Київ: КНУБА,
2023. – 40 с.

Містять особливості розв'язання технологічних задач,
пов'язаних із розрахунками приведеного опору теплопередачі
зовнішніх стін і теплопровідних включень, обумовлених
характерними особливостями стінової конструкції.

Призначено для студентів спеціальності 161 «Хімічні технології
та інженерія спеціалізації 162.3 «Новітні технології та дизайн
сучасних стінових та оздоблювальних матеріалів».

Загальні положення

Згідно з робочою програмою курсу «Ресурсо- та енергозбереження в технології стінових, оздоблювальних та захисних матеріалів» студенти розв'язують технологічні задачі на практичних заняттях і самостійно.

Мета практичних занять – продемонструвати послідовність розрахунку приведеного опору теплопередачі стінових огорожувальних конструкцій; показати приклади розрахунку різних типів утеплення.

Завдання методичних вказівок – навчити студентів методиці розрахунку приведеного опору теплопередачі огорожувальних конструкцій та товщини теплоізоляційного шару і вміння використовувати цю інформацію.

Розрахунок виконують з огляду на підвищені нормативи опору теплопередачі зовнішніх конструкцій, відповідно до ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель», що встановлюють вимоги до теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій (теплоізоляційної оболонки) будинків і споруд і порядку їх розрахунку з метою забезпечення раціонального використання енергетичних ресурсів на обігрівання, забезпечення нормативних санітарно-гігієнічних параметрів мікроклімату приміщень, довговічності огорожувальних конструкцій під час експлуатації будинків і споруд.

Для розв'язання задач кожен студент отримує завдання згідно з вихідними даними або завданням, які видає викладач за варіантами.

Аналогічні завдання розглядають разом з викладачем на практичних заняттях, задачі відповідно з варіантами студенти розв'язують самостійно.

Закінчену роботу студенти оформляють згідно з вимогами методичних вказівок і подають до захисту.

Студента, який не захистив роботу, до складання заліку не допускають.

Розрахунок теплотехнічних параметрів огорожувальних конструкцій

Виконання теплотехнічного розрахунку огорожувальних конструкцій будинків має за мету забезпечити підвищений теплозахист житлових та адміністративних будинків і споруд для нового будівництва, реконструкції та капітального ремонту.

Мінімальною вимогою енергетичної ефективності у процесі реконструкції та капітального ремонту огорожувальних конструкцій є виконання умови:

$$R\Sigma_{np} \geq Rq_{min}, \quad (1)$$

де $R\Sigma_{np}$ – зведений опір теплопередачі огорожувальної конструкції, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$;

Rq_{min} – мінімально допустиме значення опору теплопередачі, $\text{м}^2 \text{ К}/\text{Вт}$.

Методику розрахунку зведеного опору теплопередачі огорожувальної конструкції та визначення необхідної товщини теплоізоляційного шару регламентують розділом 5 згідно з ДСТУ Б В.2.6-189:2013 «Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель».

Мінімально допустимі значення зведеного опору теплопередачі для непрозорих огорожувальних конструкцій наведено в табл. 1, які встановлено згідно з ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель».

Таблиця 1

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції житлових та громадських будівель Rq_{min}

№ поз.	Вид огорожувальної конструкції	Значення Rq_{min} , $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, для температурної зони	
		I	II
1	Зовнішні стіни	3,3	2,8
2	Суміщені покриття	6,0	5,5
3	Покриття опалюваних горищ (технічних поверхів) та покриття мансардного типу	4,95	4,5
4	Горищні перекриття неопалюваних горищ	4,95	4,5
5	Перекриття над проїздами та неопалюваними підвалами	3,75	3,3

Температурну зону визначають за картою-схемою, що наведено на рис. 1.

Обраний теплоізоляційний матеріал має забезпечувати досягнення зведеного опору теплопередачі конструкції, який дорівнює або перевищує мінімально допустиме значення.



Рис. 1. Карта-схема температурних зон України

Розрахунок зведеного опору теплопередачі зовнішніх стін

Визначення зведеного опору теплопередачі стіни можна умовно поділити на дві частини:

- 1) визначення опору теплопередачі термічно однорідної стіни;
- 2) врахування теплопровідних включень, обумовлених характерними особливостями стінової конструкції.

Опір теплопередачі термічно однорідної стіни визначають за допомогою умовної побудови складу матеріалів стіни та їх товщин.

Термін «однорідна стіна» в даному випадку означає основне поле стінової конструкції без прорізів, кутів, перемичок, перекриттів, балконних плит, елементів кріплення тощо.

Сума відношень товщин кожного шару матеріалу стіни до коефіцієнтів теплопровідності цих матеріалів (в умовах експлуатації «Б» згідно з дод. В) з врахуванням зовнішнього та внутрішнього коефіцієнта тепловіддачі визначає термічний опір однорідної стінової конструкції, який розраховують за формулою:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_B} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_3}, \quad (2)$$

де α_6 та α_3 – коефіцієнти тепловіддачі, відповідно, внутрішньої та зовнішньої поверхні стіни, Вт/(м²·К), які беруть згідно з дод. Б методичних вказівок;

R_i – тепловий опір і-го шару конструкції, (м²·К)/Вт;

δ_i – товщина і-го шару стінової конструкції, м;

λ_i – коефіцієнти теплопровідності матеріалу і-го шару стінової конструкції в розрахункових умовах експлуатації, Вт/(м·К), який беруть згідно з додатку В методичних вказівок;

n – кількість шарів огорожувальної конструкції, м.

Врахування теплопровідних включень, обумовлених характерними особливостями стінової конструкції. Теплопровідні включення є так званими «містками холоду», слабкими місцями конструкції з точки зору теплопередачі, крізь які назовні втрачається суттєва частина теплової енергії. Вони мають бути враховані при підборі товщини теплоізоляційного шару для забезпечення високого рівня енергетичної ефективності огорожувальної конструкції в цілому. Типи теплопровідних включень, які мають бути враховані при визначенні товщини теплоізоляційного шару, визначено в п. 5.6 ДСТУ Б В.2.6-189:2013.

Теплопровідні включення за своєю геометричною структурою поділяються на лінійні (відкоси та стики) та точкові (з'єднувальні елементи, кріплення). Для лінійних включень кількісною характеристикою є довжина (L_j , м), а для точкових – кількість (N_k , од.). Слід зазначити, що точкові кріплення у вигляді дюбелів або систем кріплення оздоблювального шару вентфасадів відсутні для неутепленої стіни, але неодмінно з'являються в розрахунку при проектуванні системи фасадної теплоізоляції. Для кожного з видів теплопровідних включень є відповідно, лінійні (k_j) та точкові (ψ_k) коефіцієнти теплопередачі, які враховують тепловтрати крізь одиницю виміру такого включення та можуть бути прийняті за довідковими дод. Г і Д ДСТУ Б В.2.6-189:2013 залежно від типу стіни, розрахункової теплопровідності матеріалу утеплювача та товщини теплоізоляції.

Тому для визначення **зведеного опору теплопередачі** стінової конструкції використовують більш розширену формулу, яка враховує зазначені теплопровідні включення:

$$R_{\Sigma np} = \frac{F_{\Sigma}}{\frac{F_t}{R_{\Sigma i}} + (\sum L_i * k_i) + (\sum \psi_k * N_k)}, \quad (3)$$

де F_{Σ} – загальна площа стінової конструкції, m^2 ;

F_t – площа однорідної стіни, m^2 ;

R_{Σ_i} – термічний опір однорідної стінової конструкції, $(m^2 \cdot K)/Wt$, який визначають згідно з формулою (2);

l_i – лінійний розмір (проекція) i -го лінійного теплопровідного включення, m ;

k_i – лінійний коефіцієнт теплопередачі i -го лінійного теплопровідного включення, $Wt/(m \cdot K)$;

Ψ_k – точковий коефіцієнт теплопередачі i -го точкового теплопровідного включення, Wt/K ;

N_k – загальна кількість i -их точкових теплопровідних включень, шт;

Приклади розрахунків товщини теплоізоляційного шару для стінових огорожувальних конструкцій

Приклад №1. Розрахунок товщини теплоізоляційного шару з мінераловатних плит конструкції фасадної теплоізоляції з опорядженням у вигляді штукатурки (клас А згідно з ДБН В.2.6-33).

Вихідні дані:

У розрахунку прийнято типовий фрагмент фасаду будівлі – стінова панель з легкого бетону (керамзитобетону) розмірами $3,0 \text{ м} \times 3,75 \text{ м}$ (висота \times ширина), що по горизонталі та вертикалі примикає до аналогічних стінових панелей. Товщина стінової панелі становить 350 мм , теплоізоляційний шар передбачається влаштовувати з мінераловатних плит теплопровідністю $0,045 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$ густиною $125\text{-}135 \text{ кг/м}^3$ з опорядженням у вигляді штукатурки завтовшки 10 мм . Мінераловатні плити кріпляться до несучої стіни за допомогою пластикових дюбелів з металевим стрижнем. Кількість дюбелів з розрахунку $8 \text{ од. на } 1 \text{ м}^2$. З внутрішньої сторони зовнішніх стін влаштовується цементно-піщана штукатурка товщиною 10 мм . Стінова панель має віконний проріз розмірами $1,5 \text{ м} \times 1,5 \text{ м}$. Температурна зона I, $R_{q_{min}} = 3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

1) Визначення опору теплопередачі термічно однорідної стіни.

Із використанням вихідних даних, розрахункових значень теплофізичних характеристик згідно з дод. В та коефіцієнтами тепловіддачі поверхонь згідно з дод. Б визначаємо склад шарів стінової конструкції та їх характеристик за формулою (2) даних методичних вказівок та зводимо дані до табл. 2.

Зведені дані складу шарів стінової конструкції та їх характеристик

Шари утепленої стіни	Товщина шару, δ_i , м	Коефіцієнт теплопровідності в умовах «Б», λ_i , Вт/(м·К)	Відношення δ_i / λ_i
Штукатурка внутрішня (пісок, вапно, цемент)	0,01	0,87	0,011
Панель з легкого бетону (керамзитобетон щільністю 1200 кг/м ³)	0,35	0,52	0,673
Теплоізоляційний шар (мінеральна вата густиною 125-135 кг/м ³)	0,15	0,045	3,333
Штукатурка опоряджувальна (цементно-піщана)	0,01	0,93	0,011
			$1 / \alpha$
Коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні, α_v , Вт/(м ² ·К)	8,7		0,115
Коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні, α_z , Вт/м ² ·К	23		0,043
Опір теплопередачі (без урахування теплопровідних включень), $R_{\Sigma i}$, м ² ·К/Вт		Σ	4,19

2) **Визначення теплопровідних включень, обумовлених характерними особливостями стінової конструкції.** Із використанням розрахункової теплопровідності матеріалу утеплювача та товщини теплоізоляції визначаємо значення лінійних і точкових коефіцієнтів теплопередачі залежно від типу стіни згідно з довідковими дод. Г і Д за ДСТУ Б В.2.6-189:2013 та зводимо дані до табл. 3.

Зведені дані теплопровідних включень

Найменування теплопровідного включення	Вузол (додатки Г та Д - ДСТУ Б В.2.6-189:2013)	Довжина, L_i , м	Кількість, N_k , од.	Лінійний коефіцієнт теплопередачі, k_i , Вт/(м·К)	Точковий коефіцієнт теплопередачі, ψ_k , Вт/К
Віконний відкос в зоні перемички	14 (для 150 мм)	1,5	–	0,081	–
Віконний відкос в зоні підвіконня	15 (для 150 мм)	1,5	–	0,064	–
Віконний відкос в зоні рядового примикання	16 (для 150 мм)	3	–	0,071	–
Дюбелі для кріплення мінераловатних плит	Додаток Д 3	–	72	–	0,005

3) Визначення площ стінових елементів:

- *площа однорідної стіни* визначається за наступною формулою:

$$F_t = F_{\text{фрагм}} - F_{\text{вік}} = 3,0 \text{ м} \times 3,75 \text{ м} - 1,5 \text{ м} \times 1,5 \text{ м} = 11,25 - 2,25 = 9 \text{ м}^2,$$

де $F_{\text{фрагм}}$ – розмір фрагменту фасаду будівлі у вигляді стінової панелі, що по горизонталі та вертикалі примикає до аналогічних стінових панелей;

$F_{\text{вік}}$ – розмір віконного прорізу;

- *загальна площа стінової конструкції* визначається за наступною формулою:

$$F_{\Sigma} = F_t + P_{\text{вік}} \times d_{\text{відк}} = 9 + 6 \times 0,15 = 9,9 \text{ м}^2,$$

де $P_{\text{вік}}$ – периметр вікна, 6 м; $d_{\text{відк}}$ – ширина внутрішнього відкосу, 0,15 м.

4) Визначення зведеного опору теплопередачі стінової конструкції:

- *зведений опір теплопередачі конструкції* визначається за наступною формулою (3):

$$R\Sigma_{np} = \frac{9,9}{\frac{9}{4,19} + (1,5 \cdot 0,081 + 1,5 \cdot 0,064 + 3,0 \cdot 0,071) + (72 \cdot 0,005)} = \frac{9,9}{2,94} = 3,37, \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт.}$$

Перевіряємо вимогу енергетичної ефективності при реконструкції та капітальному ремонті огорожувальних конструкцій за формулою (1):

$$R\Sigma_{np} \geq Rq_{min} = 3,37 \geq 3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт.}$$

Оскільки нормативна вимога $R\Sigma_{np} \geq Rq_{min}$ виконується, то товщину теплоізоляційного шару **150 мм** підбрано правильно.

У випадку, якщо вимога не виконуватиметься, необхідно збільшити товщину теплоізоляційного шару та повторити розрахунок.

Приклад № 2. Розрахунок товщини теплоізоляційного шару зі спіненого полістиролу конструкції фасадної теплоізоляції з опорядженням штукатуркою (клас А згідно з ДБН В.2.6-33).

Вихідні дані:

У розрахунку прийнято типовий фрагмент фасаду будівлі – стінова панель з силікатної цегли розмірами 3,0 м × 3,75 м (висота × ширина), що по горизонталі та вертикалі примикає до аналогічних стінових панелей. Товщина стінової панелі складає 510 мм, теплоізоляційний шар передбачається влаштовувати плитами зі спіненого полістиролу EPS-80 з теплопровідністю 0,040 Вт/м·К з опорядженням штукатуркою товщиною 10 мм. Плити спіненого полістиролу кріпляться до несучої стіни за допомогою пластикових дюбелів з пластиковим стрижнем. Кількість дюбелів з розрахунку 8 од. на 1 м². З внутрішньої сторони зовнішніх стін влаштовується цементно-піщана штукатурка товщиною 10 мм. Стінова панель має віконний проріз розмірами 1,5 м × 1,5 м. Навколо вікон передбачені протипожежні пояси з мінераловатних плит з теплопровідністю 0,045 Вт/м·К з шириною 1,5 м та 1,9 м, а також товщиною в дві товщини основного утеплювача – 0,2 м. Температурна зона II, $Rq_{min} = 2,8 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт.}$

1) Визначення опору теплопередачі термічно однорідної стіни з теплоізоляційним шаром зі спіненого полістиролу. Із використанням вихідних даних, розрахункових значень теплофізичних характеристик згідно з дод. В та коефіцієнтів тепловіддачі поверхонь згідно з дод. Б визначаємо склад шарів стінової конструкції та їх характеристик за формулою (2) даних методичних вказівок та зводимо дані до табл. 4.

Зведені дані складу шарів стінової конструкції та їх характеристик

Шари утепленої стіни	Товщина шару, δ_i , м	Коефіцієнт теплопровідності в умовах «Б», λ_i , Вт/(м·К)	Відношення δ_i / λ_i
Штукатурка внутрішня (пісок, вапно, цемент)	0,01	0,87	0,011
Силікатна цегла	0,51	0,82	0,622
Теплоізоляційний шар (спінений полістирол EPS-80)	0,10	0,040	2,500
Штукатурка опоряджувальна (цементно-піщана)	0,01	0,93	0,011
			$1 / \alpha$
Коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні, α_v , Вт/(м ² ·К)	8,7		0,115
Коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні, α_z , Вт/м ² ·К	23		0,043
Опір теплопередачі (без урахування теплопровідних включень), $R_{\Sigma i}$, м ² ·К/Вт		Σ	3,30

2) *Визначення опору теплопередачі термічно однорідної стіни з теплоізоляційним шаром з мінераловатних плит густиною 135 кг/м³ (протипожежні пояси навколо вікон).* Із використанням вихідних даних, розрахункових значень теплофізичних характеристик згідно з дод. В та коефіцієнтів тепловіддачі поверхонь згідно з дод. Б визначаємо склад шарів стінової конструкції та їх характеристик за формулою (2) даних методичних вказівок та зводимо дані до табл. 5.

Зведені дані складу шарів стінової конструкції та їх характеристик

Шари утепленої стіни	Товщина шару, δ_i , м	Коефіцієнт теплопровідності в умовах «Б», λ_i , Вт/(м·К)	Відношення δ_i / λ_i
Штукатурка внутрішня (пісок, вапно, цемент)	0,01	0,87	0,011
Силікатна цегла	0,51	0,82	0,622
Теплоізоляційний шар (мінеральна вата густиною 135 кг/м ³)	0,10	0,045	2,222
Штукатурка опоряджувальна (цементно-піщана)	0,01	0,93	0,011
			$1/\alpha$
Коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні, α_v , Вт/(м ² ·К)	8,7		0,115
Коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні, α_z , Вт/м ² ·К	23		0,043
Опір теплопередачі (без урахування теплопровідних включень), R_{ct} , м ² ·К/Вт		Σ	3,02

3) Визначення теплопровідних включень, обумовлених характерними особливостями стінової конструкції. Із використанням розрахункової теплопровідності матеріалу утеплювача та товщини теплоізоляції визначаємо значення лінійних та точкових коефіцієнтів теплопередачі залежно від типу стіни згідно з довідковими дод. Г і Д за ДСТУ Б В.2.6-189:2013 та зводимо дані до табл. 6.

Зведені дані теплопровідних включень

Найменування теплопровідного включення	Вузол (додатки Г та Д - ДСТУ Б В.2.6-189:2013)	Довжина, L_i , м	Кількість, N_k , од.	Лінійний коефіцієнт теплопередачі, k_i , Вт/(м·К)	Точковий коефіцієнт теплопередачі, ψ_k , Вт/К
Віконний відкос в зоні перемички	14 (для 150 мм)	1,5	–	0,081	–
Віконний відкос в зоні підвіконня	15 (для 150 мм)	1,5	–	0,059	–
Віконний відкос в зоні рядового примикання	16 (для 150 мм)	3	–	0,068	–
Дюбелі для кріплення мінераловатних плит	Додаток Д 3	–	72	–	0,0015

4) Визначення площ стінових елементів

• площа протипожежних поясів навколо вікна з утепленням мінеральною ватою визначається за наступною формулою:

$$F_{m/в} = (1,5 \times 0,2 + 1,9 \times 0,2) \times 2 = 1,36 \text{ м}^2;$$

• площа однорідної стіни, утепленої спіненим полістиролом визначається за наступною формулою:

$$F_{ПС} = F_{фрагм} - F_{вік} - F_{m/в} = 3,0 \text{ м} \times 3,75 \text{ м} - 1,5 \text{ м} \times 1,5 \text{ м} - 1,36 \text{ м}^2 = 11,25 - 2,25 - 1,36 = 7,64 \text{ м}^2,$$

де $F_{фрагм}$ – розмір фрагменту фасаду будівлі у вигляді стінової панелі, що по горизонталі та вертикалі примикає до аналогічних стінових панелей;

$F_{вік}$ – розмір віконного прорізу;

• загальна площа стінової конструкції визначається за наступною формулою:

$$F_{\Sigma} = F_{ПС} + F_{m/в} + P_{вік} \times d_{відк} = 7,64 + 1,36 + 6 \times 0,15 = 9,9 \text{ м}^2,$$

де $P_{вік}$ – периметр вікна, 6 м; $d_{відк}$ – ширина внутрішнього відкосу, 0,15 м.

5) Визначення зведеного опору теплопередачі стінової конструкції:

• зведений опір теплопередачі конструкції визначається за наступною формулою:

$$R_{\Sigma np} = \frac{F_{\Sigma}}{\frac{F_{\Sigma}}{R_{\Sigma i}} + \frac{F_{\Sigma/B}}{R_{CM}} + (\sum L_i * k_i) + (\sum \Psi_k * N_k)} =$$
$$= \frac{9,9}{\frac{7,64}{3,30} + \frac{1,36}{3,02} + (1,5 * 0,081 + 1,5 * 0,064 + 3,0 * 0,071) + (72 * 0,005)} = \frac{9,9}{3,289} = 3,01 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}.$$

Перевіряємо вимогу енергетичної ефективності при реконструкції та капітальному ремонті огорожувальних конструкцій за формулою (1):

$$R_{\Sigma np} \geq R_{q_{min}} = 3,01 \geq 2,8 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}.$$

Оскільки нормативна вимога $R_{\Sigma np} \geq R_{q_{min}}$ виконується, то товщину теплоізоляційного шару **100 мм** підбрано правильно.

У випадку, якщо вимога не виконуватиметься, необхідно збільшити товщину теплоізоляційного шару з мінеральної вати та спіненого полістиролу та повторити розрахунок.

Приклад № 3. Розрахунок товщини теплоізоляційного шару з мінераловатних плит* конструкції фасадної теплоізоляції з вентиляльованим фасадом (клас Б згідно з ДБН В.2.6-33).

Примітка: в конструкціях з вентиляльованим фасадом допускається застосування теплоізоляційного шару тільки групи горючості НГ.

Вихідні дані:

У розрахунку прийнято типовий фрагмент фасаду будівлі – Стінова двошарова панель розмірами 3,0 м × 3,75 м (висота × ширина), що по горизонталі та вертикалі примикає до аналогічних стінових панелей. Товщина стінової панелі становить 350 мм, теплоізоляційний шар передбачається влаштовувати з мінераловатних плит теплопровідністю 0,041 Вт/м·К густиною 80 кг/м³. Мінераловатні плити кріпляться до несучої стіни за допомогою пластикових дюбелів з металевим стрижнем. Несучі елементи підсистеми вентиляльованого фасаду кріпляться до стінової панелі з розрахунку 2 од. на 1 м². Кількість дюбелів з розрахунку 8 шт. на 1 м². З внутрішньої сторони зовнішніх стін влаштовується цементно-піщана штукатурка товщиною 10 мм. Стінова панель має віконний проріз

розмірами 1,5 м × 1,5 м. Загальна площа непрозорої частини фрагмента фасаду дорівнює 9 м². Температурна зона I, $R_{q \min} = 3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$.

1) Визначення опору теплопередачі термічно однорідної стіни

Проводимо за формулою (2) з врахуванням складу шарів стінової конструкції та їх характеристик (узятих за дод. А ДСТУ Б В.2.6-189:2013 або дод. В методичних вказівок) та зводимо їх до табл. 7.

Таблиця 7

Зведені дані складу шарів стінової конструкції та їх характеристик

Шари утепленої стіни	Товщина шару, δ_i , м	Коефіцієнт теплопровідності в умовах «Б», λ_i , Вт/м·К	Відношення δ_i / λ_i
Теплоізоляційний шар (мінеральна вата густиною 80 кг/м ³)	0,15	0,041	3,659
Несучий шар панелі (з важкого бетону щільністю 2300 кг/м ³)	0,20	1,86	0,108
Легкий теплоізоляційний шар панелі (з керамзитобетону щільністю 800 кг/м ³)	0,15	0,35	0,429
Штукатурка внутрішня (пісок, вапно, цемент)	0,01	0,87	0,011
			$1/\alpha$
Коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні, α_v , Вт/м ² ·К	8,7		0,115
Коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні, α_z , Вт/м ² ·К	12		0,083
Опір теплопередачі (без урахування теплопровідних включень), $R_{ст}$, Вт/м ² ·К		Σ	4,40

2) Визначення теплопровідних включень, обумовлених характерними особливостями обраного фрагмента стінової конструкції (обраних за довідковими дод. Г і Д ДСТУ Б В.2.6-189:2013 або дод. Г і Д методичних вказівок залежно від типу стіни, розрахункової

теплопровідності матеріалу утеплювача та товщини теплоізоляції), з подальшим їх внесенням до табл. 8.

Таблиця 8

Зведені дані теплопровідних включень

Найменування теплопровідного включення	Вузол (додатки Г та Д - ДСТУ Б В.2.6-189:2013)	Довжина, L_i , м	Кількість, N_k , од.	Лінійний коефіцієнт теплопередачі, k_i , Вт/(м·К)	Точковий коефіцієнт теплопередачі, ψ_k , Вт/К
Віконний відкос в зоні перемички	17 (для 150 мм)	1,5	–	0,063	–
Віконний відкос в зоні підвіконня	18 (для 150 мм)	1,5	–	0,035	–
Віконний відкос в зоні рядового примикання	19 (для 150 мм)	3	–	0,049	–
Несучі кронштейни для кріплення елементів підсистеми вентилязованого фасаду	Додаток Д 1	–	18	–	0,015
Дюбелі для кріплення мінераловатних плит	Додаток Д 3	–	72	–	0,005

3) Визначення площ стінових елементів

- площа однорідної стіни (в знаменнику формули):

$$F_{ст} = F_{фрагм} - F_{вік} = 3,0 \text{ м} \times 3,75 \text{ м} - 1,5 \text{ м} \times 1,5 \text{ м} = 11,25 - 2,25 = 9 \text{ м}^2;$$

- загальна площа стінової конструкції (в чисельнику формули):

$$F_{\Sigma} = F_{ст} + F_{відкос} = F_{ст} + P_{вік} \times d_{відк} = 9 + 6 \times 0,15 = 9,9 \text{ м}^2,$$

де $P_{вік}$ – периметр вікна, $d_{відк}$ – ширина внутрішнього відкосу.

4) Визначення приведенного опору теплопередачі стінової конструкції

- зведений опір теплопередачі конструкції визначається за наступною формулою:

$$R_{\Sigma np} = \frac{F_{\Sigma}}{\frac{F_t}{R_{\Sigma i}} + \frac{F_{м/в}}{R_{см}} + (\sum L_i * k_i) + (\sum \psi_k * N_k)} =$$

$$= \frac{9,9}{\frac{9,9}{4,4} + (1,5 * 0,063 + 1,5 * 0,035 + 3,0 * 0,049) + (18 * 0,015 + 72 * 0,005)} = \frac{9,9}{2,96} = 3,34 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}.$$

Оскільки нормативна вимога $R_{\Sigma_{np}} \geq R_{q_{min}}$ виконується, то товщину теплоізоляційного шару **150 мм** підібрано правильно.

Список літератури

1. ДСТУ Б В.2.6-189:2013 «Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель». – [Чинний від 2013-09-18]. – К.: Мінрегіон України, 2014. – 51 с.
2. ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель». – [Чинний від 2016-06-08]. – К.: Мінрегіон України 2017. – 31 с.
3. ДСТУ ISO 10211-2:2005 «Теплопровідні включення в будівельних конструкціях. Обчислення теплових потоків і поверхневих температур. Частина 2. Лінійні теплопровідні включення». – [Чинний від 2005-06-12]. – К.: ДЕРЖСПОЖИВСТАНДАРТ УКРАЇНИ, 2008. – 17 с.
4. ДБН В.2.6-33:2018 «Конструкції зовнішніх стін із фасадною тепловою ізоляцією. Вимоги до проектування». – [Чинний від 2018-03-23]. – К.: Мінрегіон України, 2018. – 19 с.
5. «Порядок дій учасників програми підтримки енергомодернізації багатоквартирних будинків «Енергодім» (редакція від 16 квітня 2020 року)». – К.: Фонд Енергоефективності, 2020. – 129 с.
6. Суходоля О.М. Енергоефективність економіки в контексті національної безпеки: монографія. – К. : НАДУ, 2006. – 424 с.
7. Голуб А.А. Экономические методы управления природопользованием / А.А. Голуб, Е.Б. Струкова. – М.: Наука, 1993. – 136 с.

Додатки

Додаток А
Таблиця А.1

ВАРІАНТИ

Найменування параметру	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Варіант										
Температурна зона	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Розмір фрагмента, м	3,0x3,75	4,0x4,0	6,0x5,50	3,0x3,75	4,0x4,0	6,0x5,50	3,0x4,0	4,0x4,5	5,0x5,5	3,0x4,0
	4,0x4,0	6,0x5,50	3,0x3,75	4,0x4,0	6,0x5,50	3,0x3,75	4,0x4,5	5,0x5,5	3,0x4,0	4,0x4,5
	6,0x5,50	3,0x3,75	4,0x4,0	6,0x5,50	3,0x3,75	4,0x4,0	5,0x5,5	3,0x4,0	4,0x4,5	5,0x5,5
Товщина стінової панелі, мм	300 380	320 510	350 380	370 510	250 380	300 510	320 380	350 510	370 380	250 510
Теплопровідність мінераловатних плит, Вт/м·К	0,050	0,049	0,048	0,047	0,045	0,050	0,049	0,048	0,047	0,045
Теплопровідність спіненого полістиролу EPS-80, Вт/м·К	0,045	0,050	0,053	0,055	0,040	0,045	0,050	0,053	0,055	0,040
Розміри віконного прорізу, м	1,5x1,5	1,5x1,0	1,5x1,3	1,5x0,9	1,5x1,0	1,5x1,5	1,5x1,0	1,5x1,3	1,5x0,9	1,5x1,5
Товщина штукатурки, мм	10	15	20	10	15	20	10	15	20	10

РОЗРАХУНКОВІ ЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТІВ ТЕПЛОВІДДАЧІ

Таблиця Б.1

Розрахункові значення коефіцієнтів тепловіддачі внутрішньої $\alpha_{в}$ та зовнішньої $\alpha_{з}$ поверхонь огороджувальних конструкцій

№ поз.	Тип конструкції	Коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м ² К)	
		$\alpha_{в}$	$\alpha_{з}$
1	Зовнішні стіни, суміщені покриття, перекриття над проїздами	8,7	23
2	Перекриття над холодними підвалами, що межують з холодним повітрям	8,7	17
3	Горищні покриття та перекриття, перекриття над неопалювальними підвалами зі світловими прорізами у стінах, а також зовнішні стіни з вентиляльованим повітряним прошарком, що вентилюються зовнішнім повітрям	8,7	12
4	Горищні перекриття та перекриття над неопалювальними підвалами та техпідпіллями, що не вентилюються зовнішнім повітрям	8,7	6
5	Вікна, двері балконні та вхідні, вітражі, зовнішні стіни з опорядженням світлопрозорими елементами	8,0	23
6	Зенітні ліхтарі	9,9	23

РОЗРАХУНКОВІ ТЕПЛОФІЗИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Таблиця В.1

Значення розрахункових теплофізичних характеристик

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 теплозасвоєння s , Вт/(м ² ·К)		коефіцієнт паропроникності μ , мг/(м·год·Па)
							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. В
Продовження табл. В.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

Продовження дод. В
Продовження табл. В.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
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
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	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

Продовження дод. В
Продовження табл. В.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
20	Плити теплоізоляційні	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
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

Продовження дод. В
Продовження табл. В.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		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
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-	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-пінополі-стирольні	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

Продовження дод. В
Продовження табл. В.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2. КОНСТРУКЦІЙНО-ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ											
2.1 Бетони піздрюваті											
38	Бетони піздрюваті	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
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

Продовження дод. В
Продовження табл. В.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
42	Керамзитобетон на перлітовому	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	Керамзитшлакобетон	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
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

Продовження дод. В
Продовження табл. В.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
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	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	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	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	1200	0,88	0,35	1	2	0,47	0,52	6,16	6,62	0,17
2.7 Кладка з виробів бетонних											
61	3 блоків керамзитошлакобетонних 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

Продовження дод. В
Продовження табл. В.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
62	3 блоків керамзитошлакобетонних 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 та 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
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

Продовження дод. В
Продовження табл. В.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	туф	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

Закінчення дод. В
Закінчення табл. В.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
85	Пароізоляційна плівка	1600	1,47	0,3	0	0	0,3	0,3	8,56	8,56	0
86	Лінолеум полівінілхлоридний на	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
81	Матеріали бітумні, бітумно- полімерні покрівельні та	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
86	Лінолеум полівінілхлоридний на	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	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 багатошаровий та	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
Примітка. Для будівельних матеріалів, що не увійшли до таблиці, розрахункові значення теплофізичних характеристик необхідно визначати експериментально згідно з вимогами ДСТУ Б В.2.7-182.											

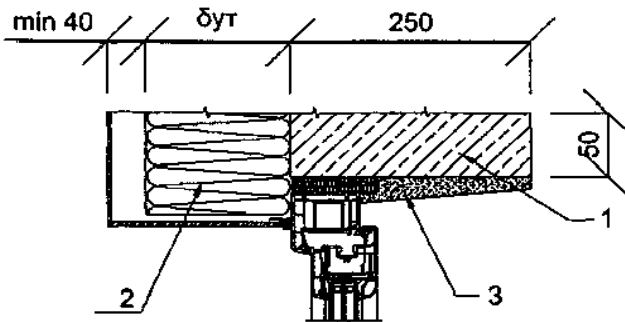
ЛІНІЙНІ КОЕФІЦІЄНТИ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ

Таблиця Г.1

Значення лінійних коефіцієнтів теплопередачі лінійних теплопровідних включень

Ч.ч.	Тип теплопровідного включення, його характеристики	Лінійний коефіцієнт теплопередачі k , Вт/(м·К), залежно від параметрів теплоізоляційного шару			
		розрахункова теплопровідність λ , Вт/(м·К)	товщина теплоізоляції $\delta_{ут}$		
1	2	3	4	5	6
14	<p>Вузол примикання віконної конструкції до зовнішніх стін із цегли з опорядженням штукатуркою в зоні перемички</p> <p>1 – залізобетон, $\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$; 2 – шар теплоізоляції; 3 – опоряджувальна штукатурка, $\rho = 1300 \text{ кг/м}^3$; 4 – розчин цементно-піщаний, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$.</p>		120 мм	150 мм	180 мм
		0,045±0,005	0,081	0,081	0,08

17	Вузол примикання віконної конструкції до зовнішніх стін із цегли з вентиляльованим повітряним прошарком в зоні перемички		150 мм	200 мм	250 мм
18	Вузол примикання віконної конструкції до зовнішніх стін із цегли з вентиляльованим повітряним прошарком у зоні підвіконня		150 мм	200 мм	250 мм



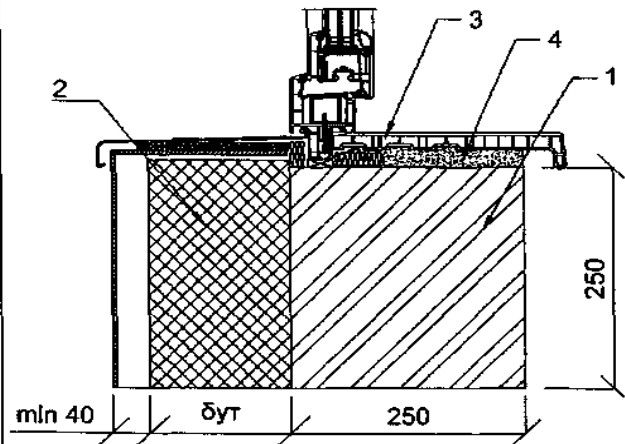
- 1 – залізобетон, $\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$;
- 2 – шар теплоізоляції;
- 3 – розчин цементно-піщаний, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$.

0,045±0,005

0,063

0,062

0,062



- 1 – цегляна кладка, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$;
- 2 – шар теплоізоляції;
- 3 – ПВХ підвіконня;
- 4 – розчин цементно-піщаний, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$.

0,045±0,005

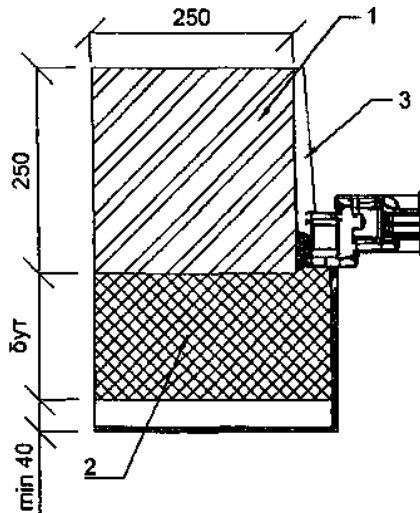
0,035

0,041

0,046

19

Вузол примикання віконної конструкції до зовнішніх стін із цегли з вентиляльованим повітряним прошарком у зоні рядового сполучення



- 1 – цегляна кладка, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$;
- 2 – шар теплоізоляції;
- 3 – розчин цементно-піщаний, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$.

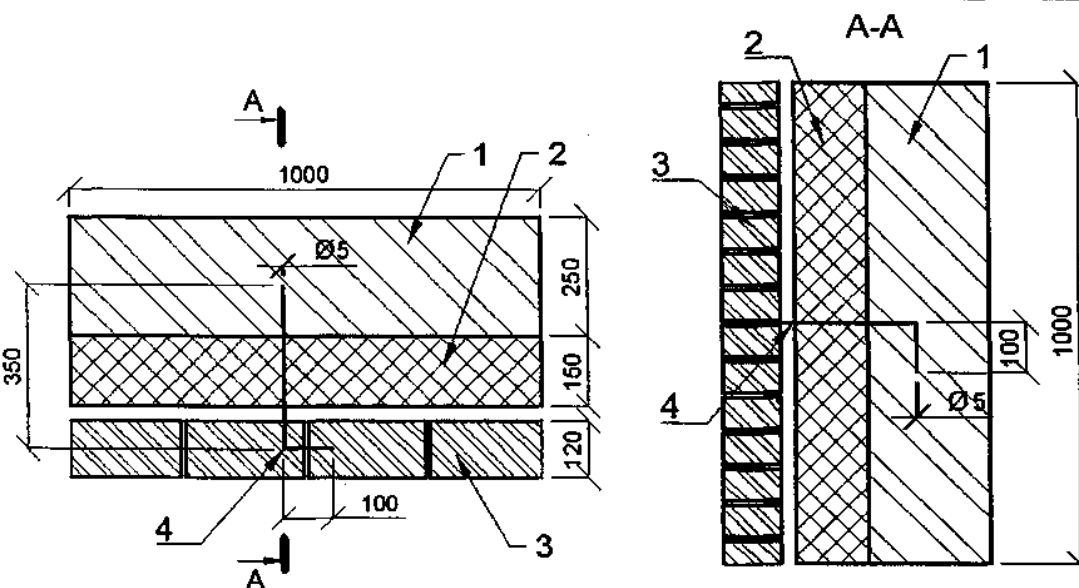
	150 мм	200 мм	250 мм
0,045±0,005	0,049	0,053	0,058

ТОЧКОВІ КОЕФІЦІЄНТИ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ

Таблиця Д.1

Значення точкових коефіцієнтів теплопередачі точкових теплопровідних включень

Ч.ч.	Тип теплопровідного включення, його характеристики	Точковий коефіцієнт теплопередачі ψ , Вт/К, залежно від параметрів теплоізоляційного шару	
		розрахункова теплопровідність λ , Вт/(м·К)	товщина теплоізоляції δ
1	2	3	4
1	<p>Вузол улаштування несучого кронштейна фасадної системи з вентиляльованим повітряним прошарком</p> <p>1 – цегляна кладка, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$; 2 – шар теплоізоляції; 3 – кронштейн з оцинкованої сталі, $\rho = 7850 \text{ кг/м}^3$; 4 – металевий анкер, $\rho = 7850 \text{ кг/м}^3$.</p>	0,045	150 мм 0,015

1	2	3	4
2	<p>Вузол улаштування анкера на основі металевого гнучкого Z-подібного елемента фасадної системи з опорядженням цеглою</p>		
	 <p>1 – цегляна кладка, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$; 2 – шар теплоізоляції; 3 – опоряджувальна цегла, $\rho = 1200 \text{ кг/м}^3$; 4 – Z-подібний елемент зв'язку.</p>	<p>0,045</p>	<p>150 мм</p> <p>0,018</p>

Для нотаток

Для нотаток

Для нотаток

Навчально-методичне видання

**РЕСУРСО- ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ТЕХНОЛОГІЇ СТІНОВИХ,
ОЗДОБЛЮВАЛЬНИХ ТА ЗАХИСНИХ МАТЕРІАЛІВ**

Методичні вказівки
до практичних занять для студентів
спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія
спеціалізації 161.3 «Новітні технології та дизайн сучасних
стінових та оздоблювальних матеріалів»

Укладачі **ГОЦ** Володимир Іванович,
ЛАСТІВКА Олесь Васильович

Випусковий редактор *В.С. Сасько*
Комп'ютерне верстання *Д.М. Ніколаєвич*

Підписано до друку 25.05.2023. Формат 60x84_{1/16}
Ум. друк. арк. 2,32. Обл.-вид. арк. 2,5.
Електронний документ. Вид. № 23/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 р.