

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства та
природокористування
Кафедра основ архітектурного проектування,
конструювання та графіки

03-07-103М

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання практичних робіт
З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«БУДІВЕЛЬНА ФІЗИКА»

АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНА ТЕПЛОФІЗИКА

Частина 5. Оцінка повітропроникності
огороджувальних конструкцій

для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня
за освітньо-професійною програмою
«Архітектура та містобудування»
спеціальності 191 «Архітектура та містобудування»
денної форми навчання

Рекомендовано
науково-методичною радою
з якості ННІБА
Протокол № 8 від 27.06.2024 р.

Рівне – 2024

Методичні вказівки до виконання практичних робіт з навчальної дисципліни «Будівельна фізика» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Архітектура та містобудування» спеціальності 191 «Архітектура та містобудування» денної форми навчання. Архітектурно-будівельна теплофізика. Частина 5. Оцінка повітропроникності огорожувальних конструкцій. [Електронне видання] / Пугачов Є. В., Літницький С. І., Кундрат Т. М., Зданевич В. А. – Рівне : НУВГП, 2024. – 32 с.

Укладачі: Пугачов Є. В., д.т.н., професор, професор кафедри основ архітектурного проектування, конструювання та графіки;

Літницький С. І., к.т.н., доцент кафедри основ архітектурного проектування, конструювання та графіки;

Кундрат Т. М., к.т.н., доцент кафедри основ архітектурного проектування, конструювання та графіки;

Зданевич В. А.

Відповідальний за випуск: Ромашко В. М., д.т.н., проф., завідувач кафедри основ архітектурного проектування, конструювання та графіки.

Керівник групи забезпечення спеціальності 191 «Архітектура та містобудування»

к.арх., доц. Потапчук І. В.

© Є. В. Пугачов, С. І. Літницький,
Т. М. Кундрат, В. А. Зданевич, 2024
© НУВГП, 2024

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1. ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ	4
1.1. Типи огорожувальних конструкцій.....	4
1.2. Нормативна умова та нормативна повітропроникність огорожувальних конструкцій.....	5
1.3. Визначення повітропроникності одношарових однорідних конструкцій та світлопрозорих конструкцій.....	9
1.4. Визначення повітропроникності багатошарових огорожу- вальних конструкцій з послідовним розміщенням шарів	12
1.5. Визначення повітропроникності багатошарових огорожу- вальних конструкцій з паралельним розміщенням шарів	13
1.6. Визначення повітропроникності комбінованих багатошарових огорожувальних конструкцій	13
2. ВАРІАНТИ ЗАВДАНЬ для оцінки повітропроникності огорожувальних конструкцій	14
3. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ до оцінки повітропроникності огорожувальних конструкцій	21
4. ПРИКЛАДИ розрахункової оцінки повітропроникності огорожувальних конструкцій	22
4.1. Розрахунок масової повітропроникності багатошарової стінової конструкції та перевірка відповідності нормативним вимогам.....	22
4.2. Оцінка повітропроникності віконного блоку	24
5. ПИТАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ.....	26
6. СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	27
ДОДАТОК А. Алгоритм розрахунку масової повітропроникності огорожувальної конструкції	29
ДОДАТОК Б. Карта-схема температурних зон України	30
ДОДАТОК В. Тепловологісний режим приміщень, матеріалів у конструкціях та температура зовнішнього повітря.....	31
ДОДАТОК Г. Терміни та визначення понять.....	32

ВСТУП

Методичні вказівки до практичних робіт розроблено згідно силабусу курсу «Будівельна фізика» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за спеціальністю 191 «Архітектура та містобудування» денної форми навчання.

Наведено короткі теоретичні відомості та методичні вказівки щодо оцінки повітропроникності огорожувальних конструкцій, необхідний довідковий матеріал, приклади розрахунків.

Метою розрахунку є надання огорожувальним конструкціям необхідних теплотехнічних якостей у відповідності до діючих норм проектування і створення в приміщеннях різного призначення комфортного мікроклімату, а також запобігання втрат тепла на нагрівання холодного повітря, що фільтрується в приміщення.

Методичні вказівки можуть бути використані в курсовому та дипломному проектуванні студентами спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» для оцінки повітропроникності огорожувальних конструкцій, житлових, громадських та промислових будівель.

1. ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

1.1. Типи огорожувальних конструкцій

Розрахунок огорожувальних конструкцій проводиться відповідно до типу конструкції [1]:

- одношарова непрозора або світлопрозора конструкція (рис. 1, а);
- багатошарова конструкція з послідовним розміщенням шарів (рис. 1, б);
- багатошарова конструкція з паралельним розміщенням шарів (рис. 1, в);
- багатошарова комбінована конструкція (рис. 1, г).

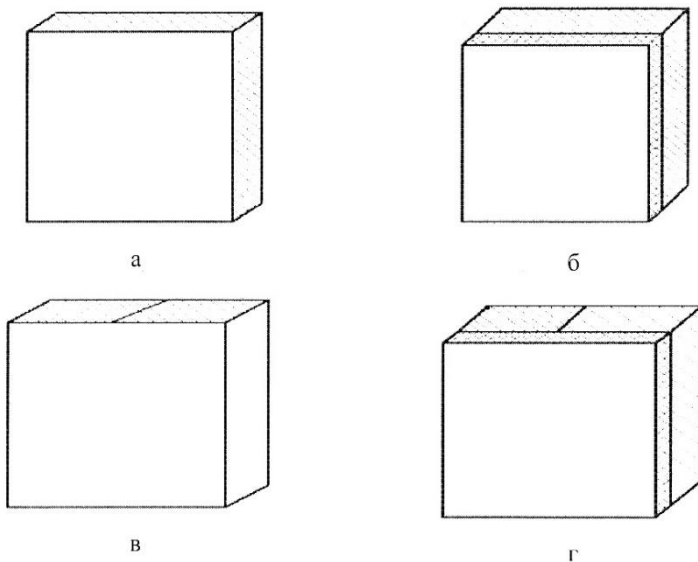


Рис. 1. Схематичне зображення типів огорожувальних конструкцій [1]:
 а – одношарова непрозора або світлопрозора конструкція,
 б – багат шарова конструкція з послідовним розміщенням шарів,
 в – багат шарова конструкція з паралельним розміщенням шарів,
 г – багат шарова комбінована конструкція

1.2. Нормативна умова та нормативна повітропроникність огорожувальних конструкцій

Для огорожувальних конструкцій опалюваних будівель обов'язковим є виконання умови [1]:

$$G^k \leq G_n^k, \quad (1)$$

де G^k – повітропроникність огорожувальних конструкцій, $кг/(м^2 \cdot год)$ або $кг/(м \cdot год)$, яка визначається розрахунком згідно з **розділом 5** настанови [1], або експериментально згідно з ДСТУ Б В.2.2-19 [5] чи ДСТУ Б В.2.6-37 [4], ДСТУ Б В.2.6-18 [3];

G_n^k – нормативна повітропроникність огорожувальних конструкцій, $кг/(м^2 \cdot год)$.

Для **непрозорих огорожувальних конструкцій** вона визначається за формулою:

$$G_{\text{н}}^{\text{к}} = G_{\text{н}} \cdot (\Delta p / \Delta p_0), \quad (2)$$

де $G_{\text{н}}$ – допустима повітропроникність огорожувальної конструкції, яка приймається згідно з **табл. 1** залежно від виду огорожувальних конструкцій (при $\Delta p = 10 \text{ Па}$);

Δp – розрахункова різниця тиску, Па , визначається за формулою (4);

$\Delta p_0 = 10 \text{ Па}$ – різниця тисків, за якою визначається масова повітропроникність конструкцій експериментальним шляхом.

Для **світлопрозорих огорожувальних конструкцій** нормативна повітропроникність визначається за формулою:

$$G_{\text{н}}^{\text{к}} = G_{\text{н}} \cdot (\Delta p / \Delta p_0)^{0,67}. \quad (3)$$

Розрахункова різниця тисків Δp , Па , визначається за формулою:

$$\Delta p = (H - h_i)(\gamma_3 - \gamma_6) + 0,03\gamma_6 \cdot v^2 \cdot \beta_v, \quad (4)$$

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

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

γ_3, γ_6 – питома вага відповідно зовнішнього та внутрішнього повітря, Н/м^3 , які розраховуються за формулами:

$$\gamma_3 = 3463 / (273 + t_3), \quad (5)$$

$$\gamma_6 = 3463 / (273 + t_6), \quad (6)$$

де t_3 – розрахункове значення температури зовнішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$, що приймається залежно від температурної зони (**Додаток Б**) згідно з **Додатком В**;

t_e – розрахункове значення температури внутрішнього повітря, °C, що приймається залежно від призначення будинку згідно з **Додатком В**;

v – максимальна із середніх швидкостей вітру за румбами за січень, м/с, повторюваність яких становить 16% та більше, яка приймається згідно з **ДСТУ-Н Б В.1.1-27 [2]** (для фасадів з вентиляльованим повітряним прошарком приймають $v = 1$ м/с);

β_v – коефіцієнт, що враховує зміну швидкості повітря за висотою будівлі, який приймається згідно з **таблицею 2**.

Таблиця 1

**Допустимі значення повітропроникності
огороджувальних конструкцій**

Вид огороджувальної конструкції	Значення допустимої повітропроникності огороджувальної конструкції, G_n
Зовнішні непрозорі конструкції житлових і громадських будинків	0,4 кг/(м ² · год)
Зовнішні непрозорі конструкції промислових будинків	0,6 кг/(м ² · год)
Стики між елементами (панелями) непрозорих конструкцій житлових і громадських будинків	0,5 кг/(м · год)
Стики між елементами (панелями) непрозорих конструкцій промислових будинків промислових будинків	1,0 кг/(м · год)
Світлопрозорі конструкції житлових та громадських будинків, виробничих будинків із кондиціонуванням приміщень	4,0 кг/(м ² · год)
Світлопрозорі конструкції промислових будинків	7,0 кг/(м ² · год)
Вхідні двері до квартир	2,3 кг/(м ² · год)

Таблиця 2

**Коефіцієнт урахування швидкості руху
зовнішнього повітря залежно від висоти будівлі**

Висота будівлі, H , м	Коефіцієнт β_v залежно від характеристики місцевості		
	A	B	C
≤ 5	0,75	0,50	0,40
10	1,0	0,65	0,40
20	1,25	0,85	0,55
40	1,50	1,10	0,80
60	1,70	1,30	1,00
80	1,85	1,45	1,15
100	2,00	1,60	1,25
150	2,25	1,90	1,55
200	2,45	2,10	1,80
250	2,65	2,30	2,00
300	2,75	2,50	2,20
350	2,75	2,75	2,35

Примітка 1.
A – відкрите узбережжя моря, озера, водосховища, поле;
B – територія, лісовий масив тощо з рівномірно розташованими перешкодами заввишки понад 10 м;
C – місцевість з розташованими будинками заввишки понад 25 м.

Примітка 2. Споруда вважається розташованою на місцевості даного типу, якщо ця місцевість є незмінною з навітряного боку споруди на відстань до $30h$ при висоті споруди до 60 м та 2 км – при більшій висоті будівлі.

Примітка 3. Проміжні значення коефіцієнта β_v слід визначати лінійною інтерполяцією.

1.3. Визначення повітропроникності одношарових однорідних конструкцій та світлопрозорих конструкцій

Масова повітропроникність одношарової конструкції G_k або окремого однорідного шару конструкції G^{Ap} визначається залежно від перепаду тиску за результатами випробувань, проведених згідно з ДСТУ Б В.2.6-37 [4], ДСТУ Б В.2.2-19 [5] або ДСТУ Б В.2.6-18 [3] акредитованими лабораторіями, або за формулами:

$$G^k = G^{Ap} = G^{Ap0} \cdot (\Delta p / \Delta p_0)^n, \quad (7)$$

де G^{Ap0} – масова повітропроникність огорожувальної конструкції при Δp_0 , яка визначається за результатами випробувань, проведених згідно з ДСТУ Б В.2.6-37, ДСТУ Б В.2.2-19 [5] або ДСТУ Б В.2.6-18 [3] акредитованими лабораторіями, або згідно з таблицею 3;

$\Delta p, \Delta p_0$ – те саме, що у формулі (2);

n – безрозмірний показник фільтрації, який визначається за результатами випробувань згідно ДСТУ Б В.2.6-37 [4], ДСТУ Б В.2.2-19 [5] або ДСТУ Б В.2.6-18 [3] (для утеплювачів з мінеральної вати та скляної вати приймають рівним 1,5; для цегляної кладки – 0,8; для вікон та дверей – 0,67).

Таблиця 3

Значення повітропроникності будівельних матеріалів та виробів

Матеріали та конструкції	Товщина шару, d , мм	Різниця тиску, Δp_0 , Па	Повітропроникність, G^{Ap0} , кг/(м ² ·год)
1	2	3	4
Бетон суцільний (без швів)	100	10	0,00051
Газо- та пінозобетон суцільний (без швів)	140	10	0,48
Вапняк-черепашник	500	10	1,67

продовження таблиці 3

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Картон будівельний (без швів)	1,3	10	0,156
Цегляне мурування із повнотілої цегли на цементно-піщаному розчині товщиною в одну цеглу та більше	250 та більше	10	0,56
Цегляне мурування із повнотілої цегли на цементно-піщаному розчині товщиною в половину цегли	120	10	5
Цегляне мурування із повнотілої цегли на цементно-шлаковому розчині товщиною в одну цеглу та більше	250 та більше	10	1,11
Цегляне мурування із повнотілої цегли на цементно-шлаковому розчині товщиною в половину цегли	120	10	10
Цегляне мурування з керамічної порожнистої цегли на цементно-піщаному розчині товщиною в половину цегли	120	10	5
Мурування із легкобетонного каменю на цементно-піщаному розчині	400	10	0,77
Мурування із легкобетонного каменю на цементно-шлаковому розчині	400	10	10

продовження таблиці 3

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Листи азбестоцементні із закладенням швів	8	10	0,051
Кладка з блоків з ніздрюватого бетону розмірами 200 мм х 200 мм х 400 мм	200	10	9,6
		30	27,6
		50	43,2
		100	68,4
Кладка з блоків з ніздрюватого бетону розмірами 200 мм х 200 мм х 400 мм з внутрішнім оздобленням вапняно-цементним розчином	200	10	0,312
		30	0,9
		50	1,08
		100	1,98
Обшивка з обрізаних дошок, які з'єднані впритул у чверть або шпунт	20-25	10	6,67
Обшиття з гіпсової сухої штукатурки із закладанням швів	10	10	0,5
Плити мінераловатні, $\gamma = 80 \text{ кг/м}^3$	40	10	22,4
		30	114,3
		50	244,1
		100	683,3
Целюлозний утеплювач: $\gamma = 35 \text{ кг/м}^3$ $\gamma = 50 \text{ кг/м}^3$ $\gamma = 65 \text{ кг/м}^3$	60	10	125
	60	10	32,9
	60	10	14,9
Ніздрюватий бетон автоклавний	100	10	0,005
Ніздрюватий бетон неавтоклавний	100	10	0,05
Пінополістирол (ПСБ)	50-100	10	0,127
Піноскло суцільне (без швів)	120	10	повітро-непроникне

продовження таблиці 3

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Плити мінераловатні жорсткі	50	10	5
Руберойд	1,5	10	повітро-непроникний
Плити фанерні клеєні (без швів)	3-4	10	0,0034
Штукатурка на цементно-піщаному розчині по кам'яному або цегляному муруванню	15	10	0,027
Штукатурка вапняна по кам'яному або цегляному муруванню	15	10	0,07
Повітряні прошарки, мата плити м'які з мінеральної вати та пухких матеріалів, засипки з керамзиту, піску тощо	неза-лежно	10	–

1.4. Визначення повітропроникності багат шарових огорожувальних конструкцій з послідовним розміщенням шарів

Повітропроникність огорожувальних конструкцій з послідовним розміщенням шарів (рис. 1, б, наприклад, стіна з утеплювачем) розраховують за формулою:

$$G^k = \left(\sum_{i=1}^m \frac{1}{G_i^{Ap}} \right)^{-1}, \quad (8)$$

де G_i^{Ap} – повітропроникність (G^{Ap}) i -го шару конструкції, $кг/м^2 \cdot год$, яка визначається згідно з п. 1.3;

m – кількість шарів конструкції.

1.5. Визначення повітропроникності багат шарових огорожувальних конструкцій з паралельним розміщенням шарів

Повітропроникність огорожувальних конструкцій з паралельним розміщенням шарів (рис. 1, в, наприклад, стіна з різними несучими шарами) розраховують за формулою:

$$G^k = \frac{\sum_{j=1}^m G_j^{Ap} \cdot F_j}{\sum F_j}, \quad (9)$$

де G_j^{Ap} – повітропроникність (G^{Ap}) j -го шару конструкції, $кг/м^2 \cdot год$, яка визначається згідно з п. 1.3;

F_j – площа j -го шару конструкції, $м^2$;

m – кількість шарів конструкції.

1.6. Визначення повітропроникності комбінованих багат шарових огорожувальних конструкцій

Повітропроникність огорожувальних конструкцій з комбінованим розміщенням шарів (рис 1, г, наприклад, стіна з різними несучими шарами та утеплювачем) розраховують у такій послідовності.

1. Визначаємо повітропроникності при робочому перепаді тиску згідно з п.1.3;

2. Визначаємо повітропроникності частин конструкції з послідовним розміщенням шарів;

3. Визначаємо повітропроникності конструкції з паралельним розміщенням шарів.

2. ВАРІАНТИ ЗАВДАНЬ ДЛЯ ОЦІНКИ ПОВІТРОПРОНИКНОСТІ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Завдання: оцінити масову повітропроникність огороджувальної конструкції.

Таблиця 4

Варіанти завдань для розрахунку

Варіант	№ шару	Конструкція стіни	Район будівництва	Кількість поверхів	Розрахунковий поверх
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
1.	1.	Штукатурка (<i>розчин вапняно-піщаний</i>) товщиною <i>20 мм</i>	Київ	20	16
	2.	Цегляне мурування із повнотілої цегли на цементно-піщаному розчині товщиною <i>380 мм</i>			
	3.	Плити мінераловатні товщиною <i>100 мм</i>			
	4.	Штукатурка (<i>розчин цементно-піщаний</i>) товщиною <i>10 мм</i>			
2.	1.	Штукатурка (<i>розчин вапняно-піщаний</i>) товщиною <i>20 мм</i>	Житомир	25	22
	2.	Мурування із легко-бетонного каменю на цементно-піщаному розчині товщиною <i>400 мм</i>			
	3.	Плити мінераловатні товщиною <i>120 мм</i>			
	4.	Штукатурка (<i>розчин цементно-піщаний</i>) товщиною <i>10 мм</i>			

продовження таблиці 4

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
3.	1.	Штукатурка (розчин вапняно-піщаний) товщиною 20 мм	Рівне	21	21
	2.	Цегляне мурування із повнотілої цегли на цементно-піщаному розчині товщиною 510 мм			
	3.	Плити мінераловатні товщиною 110 мм			
	4.	Штукатурка (розчин цементно-піщаний) товщиною 10 мм			
4.	1.	Штукатурка (розчин вапняно-піщаний) товщиною 20 мм	Дніпро	24	23
	2.	Цегляне мурування із повнотілої цегли на цементно-шлаковому розчині товщиною 380 мм			
	3.	Плити мінераловатні товщиною 130 мм			
	4.	Штукатурка (розчин цементно-піщаний) товщиною 10 мм			
5.	1.	Штукатурка (розчин вапняно-піщаний) товщиною 20 мм	Миколаїв	22	20
	2.	Цегляне мурування із повнотілої цегли на цементно-піщаному розчині товщиною 640 мм			
	3.	Плити мінераловатні товщиною 140 мм			
	4.	Штукатурка (розчин цементно-піщаний) товщиною 10 мм			
6.	1.	Штукатурка (розчин вапняно-піщаний) товщиною 20 мм	Одеса	23	5
	2.	Мурування із легко-бетонного каменю на цементно-піщаному розчині товщиною 400 мм			
	3.	Плити мінераловатні товщиною 150 мм			
	4.	Штукатурка (розчин цементно-піщаний) товщиною 10 мм			

продовження таблиці 4

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
7.	1.	Штукатурка (розчин вапняно-піщаний) товщиною 20 мм	Чернівці	20	1
	2.	Цегляне мурування із повнотілої цегли на цементно-піщаному розчині товщиною 640 мм			
	3.	Плити мінераловатні товщиною 80 мм			
	4.	Штукатурка (розчин цементно-піщаний) товщиною 10 мм			
8.	1.	Штукатурка (розчин вапняно-піщаний) товщиною 20 мм	Полтава	25	4
	2.	Цегляне мурування із повнотілої цегли на цементно-шлаковому розчині товщиною 510 мм			
	3.	Плити мінераловатні товщиною 90 мм			
	4.	Штукатурка (розчин цементно-піщаний) товщиною 10 мм			
9.	1.	Штукатурка (розчин вапняно-піщаний) товщиною 20 мм	Суми	21	2
	2.	Цегляне мурування із повнотілої цегли на цементно-піщаному розчині товщиною 380 мм			
	3.	Плити мінераловатні товщиною 100 мм			
	4.	Штукатурка (розчин цементно-піщаний) товщиною 10 мм			
10.	1.	Штукатурка (розчин вапняно-піщаний) товщиною 20 мм	Херсон	24	3
	2.	Мурування із легко-бетонного каменю на цементно-піщаному розчині товщиною 400 мм			
	3.	Плити мінераловатні товщиною 110 мм			
	4.	Штукатурка (розчин цементно-піщаний) товщиною 10 мм			

продовження таблиці 4

1	2	3	4	5	6
11.	1.	Штукатурка (розчин вапняно-піщаний) товщиною 20 мм	Чернігів	22	1
	2.	Цегляне мурування із повнотілої цегли на цементно-піщаному розчині товщиною 380 мм			
	3.	Плити мінераловатні товщиною 120 мм			
	4.	Штукатурка (розчин цементно-піщаний) товщиною 10 мм			
12.	1.	Штукатурка (розчин вапняно-піщаний) товщиною 20 мм	Івано-Франківськ	23	6
	2.	Цегляне мурування із повнотілої цегли на цементно-шлаковому розчині товщиною 640 мм			
	3.	Плити мінераловатні товщиною 130 мм			
	4.	Штукатурка (розчин цементно-піщаний) товщиною 10 мм			
13.	1.	Штукатурка (розчин вапняно-піщаний) товщиною 20 мм	Вінниця	20	20
	2.	Цегляне мурування із повнотілої цегли на цементно-піщаному розчині товщиною 510 мм			
	3.	Плити мінераловатні товщиною 140 мм			
	4.	Штукатурка (розчин цементно-піщаний) товщиною 10 мм			
14.	1.	Штукатурка (розчин вапняно-піщаний) товщиною 20 мм	Запоріжжя	25	24
	2.	Мурування із легко-бетонного каменю на цементно-піщаному розчині товщиною 400 мм			
	3.	Плити мінераловатні товщиною 150 мм			
	4.	Штукатурка (розчин цементно-піщаний) товщиною 10 мм			

продовження таблиці 4

1	2	3	4	5	6
15.	1.	Штукатурка (розчин вапняно-піщаний) товщиною 20 мм	Кропивницький	24	20
	2.	Цегляне мурування із повнотілої цегли на цементно-піщаному розчині товщиною 510 мм			
	3.	Плити мінераловатні товщиною 160 мм			
	4.	Штукатурка (розчин цементно-піщаний) товщиною 10 мм			
16.	1.	Штукатурка (розчин вапняно-піщаний) товщиною 20 мм	Луцьк	23	22
	2.	Цегляне мурування із повнотілої цегли на цементно-шлаковому розчині товщиною 380 мм			
	3.	Плити мінераловатні товщиною 170 мм			
	4.	Штукатурка (розчин цементно-піщаний) товщиною 10 мм			
17.	1.	Штукатурка (розчин вапняно-піщаний) товщиною 20 мм	Львів	20	6
	2.	Цегляне мурування із повнотілої цегли на цементно-піщаному розчині товщиною 510 мм			
	3.	Плити мінераловатні товщиною 140 мм			
	4.	Штукатурка (розчин цементно-піщаний) товщиною 10 мм			
18.	1.	Штукатурка (розчин вапняно-піщаний) товщиною 20 мм	Сімферополь	25	1
	2.	Мурування із легко- бетонного каменю на цементно-піщаному розчині товщиною 400 мм			
	3.	Плити мінераловатні товщиною 150 мм			
	4.	Штукатурка (розчин цементно-піщаний) товщиною 10 мм			

продовження таблиці 4

1	2	3	4	5	6
19.	1.	Штукатурка (розчин вапняно-піщаний) товщиною 20 мм	Тернопіль	21	5
	2.	Цегляне мурування із повнотілої цегли на цементно-піщаному розчині товщиною 510 мм			
	3.	Плити мінераловатні товщиною 160 мм			
	4.	Штукатурка (розчин цементно-піщаний) товщиною 10 мм			
20.	1.	Штукатурка (розчин вапняно-піщаний) товщиною 20 мм	Хмельницький	24	2
	2.	Цегляне мурування із повнотілої цегли на цементно-шлаковому розчині товщиною 380 мм			
	3.	Плити мінераловатні товщиною 170 мм			
	4.	Штукатурка (розчин цементно-піщаний) товщиною 10 мм			
21.	1.	Штукатурка (розчин вапняно-піщаний) товщиною 20 мм	Черкаси	22	4
	2.	Цегляне мурування із повнотілої цегли на цементно-піщаному розчині товщиною 640 мм			
	3.	Плити мінераловатні товщиною 80 мм			
	4.	Штукатурка (розчин цементно-піщаний) товщиною 10 мм			
22.	1.	Штукатурка (розчин вапняно-піщаний) товщиною 20 мм	Донецьк	23	3
	2.	Мурування із легко-бетонного каменю на цементно-піщаному розчині товщиною 400 мм			
	3.	Плити мінераловатні товщиною 70 мм			
	4.	Штукатурка (розчин цементно-піщаний) товщиною 10 мм			

продовження таблиці 4

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
23.	1.	Штукатурка (розчин вапняно-піщаний) товщиною 20 мм	Луганськ	25	22
	2.	Цегляне мурування із повнотілої цегли на цементно-піщаному розчині товщиною 380 мм			
	3.	Плити мінераловатні товщиною 100 мм			
	4.	Штукатурка (розчин цементно-піщаний) товщиною 10 мм			
24.	1.	Штукатурка (розчин вапняно-піщаний) товщиною 20 мм	Харків	20	18
	2.	Цегляне мурування із повнотілої цегли на цементно-шлаковому розчині товщиною 640 мм			
	3.	Плити мінераловатні товщиною 90 мм			
	4.	Штукатурка (розчин цементно-піщаний) товщиною 10 мм			
25.	1.	Штукатурка (розчин вапняно-піщаний) товщиною 20 мм	Ужгород	22	22
	2.	Цегляне мурування із повнотілої цегли на цементно-піщаному розчині товщиною 380 мм			
	3.	Плити мінераловатні товщиною 80 мм			
	4.	Штукатурка (розчин цементно-піщаний) товщиною 10 мм			

Примітки. Висота поверху – 2,8 м.

Призначення будівлі – житлова.

3. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ОЦІНКИ ПОВІТРОПРОНИКНОСТІ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Розрахунок проводиться у такій послідовності.

1. За заданим районом будівництва визначається його температурна зона (**Додаток Б**).

2. Для даної температурної зони визначається розрахункове значення температури зовнішнього повітря t_z (**Додаток В, табл. В.2**).

3. За призначенням приміщення визначається розрахункове значення температури внутрішнього повітря t_e (**Додаток В, табл. В.1**).

4. За температурою зовнішнього та внутрішнього повітря обчислюється питома вага зовнішнього γ_z та внутрішнього γ_e повітря – формули (5) та (6).

5. Згідно з ДСТУ-Н Б В.1.1-27 визначається максимальна із середніх швидкостей вітру за румбами за січень, *м/с*, повторюваність яких становить 16% та більше.

6. Залежно від висоти будівлі H та характеристики місцевості визначається коефіцієнт β_v (**табл. 2**).

7. Обчислюється за формулою (4) розрахункова різниця тисків Δp для заданих висоти будинку H та висоти h від рівня підлоги першого поверху до середини огороджувальної конструкції поверху, для якого проводиться розрахунок.

8. Залежно від виду огороджувальної конструкції визначається допустима повітропроникність огороджувальної конструкції G_n (**табл. 1**).

9. За формулою (2) визначається нормативна повітропроникність огороджувальної конструкції G_n^k .

10. За **рис. 1** для заданого у вихідних даних варіанта (**табл. 4**) визначається тип огороджувальної конструкції та обчислюється масова повітропроникність конструкції G^k .

11. Перевіряється виконання умови (1) та робиться висновок.

12. Якщо умова (1) не виконується, то коригується огороджувальна конструкція.

4. ПРИКЛАДИ РОЗРАХУНКОВОЇ ОЦІНКИ ПОВІТРОПРОНИКНОСТІ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

4.1. Розрахунок масової повітропроникності багатошарової стінової конструкції та перевірка відповідності нормативним вимога

Вихідні дані:

1. Район будівництва – м. Київ.
2. Призначення будівлі – житлова.
3. Кількість поверхів – 9.
4. Висота поверху – 2,7 м.
5. Розрахунковий поверх – 5-тий.

6. Конструкція стіни: шар теплоізоляції з мінераловатних жорстких плит 120 мм ($\gamma = 80 \text{ кг/м}^3$), кладка з блоків з ніздрюватого бетону розмірами 200 мм x 200 мм x 400 мм ($\gamma = 500 \text{ кг/м}^3$); внутрішнє опорядження вапняно-цементним розчином.

Розрахунок:

1. Київ знаходиться в 1-й температурній зоні, для якої розрахункова температура зовнішнього повітря становить $t_3 = -22 \text{ }^\circ\text{C}$. Для житлового будинку розрахункова температура внутрішнього повітрі становить $t_6 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$.

2. Обчислюємо питому вагу зовнішнього та внутрішнього повітря

$$\gamma_3 = 3463 / (273 + t_3) = 3463 / (273 - 22) = 13,8 \text{ Н/м}^3;$$
$$\gamma_6 = 3463 / (273 + t_6) = 3463 / (273 + 20) = 11,8 \text{ Н/м}^3.$$

3. Максимальна із середніх швидкостей вітру за румбами за січень, повторюваність яких становить 16% та більше дорівнює для Києва $v = 3 \text{ м/с}$.

4. Для висоти будівлі $H = 9 \times 2,7 = 24,3$ м та місцевості С коефіцієнт урахування швидкості руху зовнішнього повітря $\beta_v = 0,6$:

$$\beta_v = 0,55 + (0,8 - 0,55) \cdot (24,3 - 20) / (40 - 20) = 0,604 = 0,6.$$

5. Розрахункова різниця тисків за формулою (4) дорівнює:

$$\Delta p = (9 \cdot 2,7 - 4,5 \cdot 2,7) (13,8 - 11,8) + 0,03 \cdot 13,8 \cdot 3^2 \cdot 0,6 = 26,5 \text{ Па}.$$

6. Допустима повітропроникність огорожувальної конструкції житлової будівлі $G_n = 0,4$ кг/(м² · год).

7. Нормативна повітропроникність огорожувальної конструкції дорівнює:

$$G_n^k = 0,4 \cdot (26,5/10) = 1,06 \text{ кг/(м}^2 \cdot \text{год)}.$$

8. Повітропроникність кладки з блоків з ніздрюватого бетону відповідно до **табл. 3**:

$$d = 200 \text{ мм}, G^{Ap0} = 0,312 \text{ (м}^2 \cdot \text{год)}/\text{кг};$$

мінераловатних жорстких плит відповідно до **табл. 3**:

$$d = 40 \text{ мм}, G^{Ap0} = 22,4 \text{ (м}^2 \cdot \text{год)}/\text{кг}.$$

9. Повітропроникність при розрахунковій різниці тисків та за формулою (7):

– повітропроникність кладки з блоків:

$$G_1^{Ap} = 0,312 \cdot (26,5/10)^{0,8} = 0,680 \text{ кг/(м}^2 \cdot \text{год)};$$

– повітропроникність мінераловатних жорстких плит:

$$G_2^{Ap} = 22,4 \cdot (26,5/10)^{1,5} = 96,6 \text{ кг/(м}^2 \cdot \text{год)}.$$

10. Масова повітропроникність конструкції з послідовним розміщенням шарів за формулою (8) дорівнює:

$$G^k = (1/0,680 + 1/96,6)^{-1} = 0,675 \text{ кг/(м}^2 \cdot \text{год)}.$$

11. Перевірка умови (1): $G^k = 0,675 \leq G_n^k = 1,06$.

Тому умова (1) виконується для 5-го поверху 9-ти поверхової житлової будівлі в м. Києві.

На повітропроникність опорядження вапняно-цементним розчином не зважали, оскільки для нього немає даних щодо коефіцієнта фільтрації (його треба визначати експериментально), але зрозуміло, що він ще суттєво зменшить загальну повітропроникність конструкції стіни.

4.2. Оцінка повітропроникності віконного блоку

Вихідні дані:

1. Район будівництва – м. Полтава.
2. Призначення будівлі – житлова.
3. Кількість поверхів – 9.
4. Висота поверху – 2,7 м.
5. Розрахункові поверхи – 1-й та 9-тий.

Розрахунок:

1. Полтава знаходиться в 1-й температурній зоні, для якої розрахункова температура зовнішнього повітря становить $t_3 = -22^\circ\text{C}$. Для житлового будинку розрахункова температура внутрішнього повітря становить $t_6 = 20^\circ\text{C}$.

2. Обчислюємо питому вагу зовнішнього та внутрішнього повітря

$$\gamma_3 = 3463 / (273 + t_3) = 3463 / (273 - 22) = 13,8 \text{ Н/м}^3;$$

$$\gamma_6 = 3463 / (273 + t_6) = 3463 / (273 + 20) = 11,8 \text{ Н/м}^3.$$

3. Максимальна із середніх швидкостей вітру за румбами за січень, повторюваність яких становить 16% та більше дорівнює для м. Полтави $v = 3,6 \text{ м/с}$.

4. Для висоти будівлі $H = 9 \times 2,7 \text{ м} = 24,3 \text{ м}$ та місцевості С коефіцієнт урахування швидкості руху зовнішнього повітря дорівнює $\beta_v = 0,6$ (визначено за **табл. 2** лінійною інтерполяцією).

5. За даними результатів випробувань повітропроникність віконного блоку при тиску $\Delta p = 10 \text{ Па}$ становить $4,2 \text{ (м}^2 \cdot \text{год)}/\text{кг}$, а показник режиму фільтрації $n=0,6$.

6. За формулою (4) визначаємо розрахункову різницю тисків, що відповідає різниці тисків 1-го поверху та 9-го:

для 1-го поверху:

$$\Delta p = (9 \cdot 2,7 - 0,5 \cdot 2,7)(13,8 - 11,8) + 0,03 \cdot 13,8 \cdot 3,6^2 \cdot 0,6 = 49,1 \text{ Па};$$

для 9-го поверху:

$$\Delta p = (9 \cdot 2,7 - 8,5 \cdot 2,7)(13,8 - 11,8) + 0,03 \cdot 13,8 \cdot 3,6^2 \cdot 0,6 = 5,9 \text{ Па}.$$

7. Визначаємо масову повітропроникність одношарової світлопрозорої конструкції визначається за формулою (7) п. 1.3:

для 1-го поверху:

$$G^k = G^{\Delta p} = 4,2 \cdot (49,1/10)^{0,6} = 10,9 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год});$$

для 9-го поверху:

$$G^k = G^{\Delta p} = 4,2 \cdot (5,9/10)^{0,6} = 3,06 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год}).$$

8. Нормативна масова повітропроникність світлопрозорої конструкції за формулою (3) становить:

для 1-го поверху:

$$G_H^k = 4,0 \cdot (49,1/10)^{0,67} = 11,6 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год});$$

для 9-го поверху:

$$G_H^k = 4,0 \cdot (5,9/10)^{0,67} = 2,81 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год}).$$

9. Повітропроникність конструкції на 9-му поверсі більша за нормативну, а на 1-му менша за нормативну, тобто вибраний віконний блок відповідає нормативним вимогам (1) не для всіх поверхів. Тому визначаємо поверхи, для яких можна використати віконний блок:

для 8-го поверху:

$$\Delta p = (9 \cdot 2,7 - 7,5 \cdot 2,7)(13,8 - 11,8) + 0,03 \cdot 13,8 \cdot 3,6^2 \cdot 0,6 = 11,3 \text{ Па};$$

$$G^{\kappa} = G^{Ap} = 4,2 \cdot (11,3/10)^{0,6} = 4,52 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год});$$

$$G_{\text{н}}^{\kappa} = 4,0 \cdot (11,3/10)^{0,67} = 4,34 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год});$$

для 7-го поверху:

$$\Delta p = (9 \cdot 2,7 - 6,5 \cdot 2,7)(13,8 - 11,8) + 0,03 \cdot 13,8 \cdot 3,6^2 \cdot 0,6 = 16,7 \text{ Па};$$

$$G^{\kappa} = G^{Ap} = 4,2 \cdot (16,7/10)^{0,6} = 5,71 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год});$$

$$G_{\text{н}}^{\kappa} = 4,0 \cdot (16,7/10)^{0,67} = 5,64 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год});$$

для 6-го поверху:

$$\Delta p = (9 \cdot 2,7 - 5,5 \cdot 2,7)(13,8 - 11,8) + 0,03 \cdot 13,8 \cdot 3,6^2 \cdot 0,6 = 22,1 \text{ Па};$$

$$G^{\kappa} = G^{Ap} = 4,2 \cdot (22,1/10)^{0,6} = 6,76 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год});$$

$$G_{\text{н}}^{\kappa} = 4,0 \cdot (22,1/10)^{0,67} = 6,81 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год}).$$

Для 6-го поверху умова (1) виконується, оскільки $G^{\kappa} = 6,76 \leq G_{\text{н}}^{\kappa} = 6,81$. Таким чином, віконний блок можна використати лише для перших 6-ти поверхів.

5. ПИТАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ

1. Чому необхідно нормувати і оцінювати повітропроникність огорожувальних конструкцій?

2. Які фактори впливають на повітропроникність огорожувальних конструкцій?

3. Наведіть приклади будівельних матеріалів, які мають велику повітропроникність, малу повітропроникність та повітронепроникних матеріалів.

4. Що таке тепловий та вітровий напори?

5. Наведіть приклади стінових конструкцій, в яких необхідно влаштовувати вітрозахисний шар. Де саме його треба влаштовувати?

6. Яка саме швидкість вітру береться до уваги під час розрахунку вітрового напору?

7. Які температури повітря використовують під час розрахунку теплового напору? Де вони наведені?

6. СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Базова

1. ДСТУ-Н Б В.2.6-191:2013 Настанова з розрахункової оцінки повітропроникності огорожувальних конструкцій. Київ : Мінрегіон України, 2014. 13 с.

2. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Будівельна кліматологія. Київ : Мінрегіон України, 2011. 123 с.

3. ДСТУ Б В.2.6-18-2000 (ГОСТ 26602.2-99). Блоки віконні та дверні. Методи визначення повітро- та водопроникності. Київ : Державний комітет будівництва, архітектури та житлової політики України. 20 с.

4. ДСТУ Б В.2.6-37:2008. Методи визначення показників повітропроникності огорожувальних конструкцій і їх елементів у лабораторних умовах. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. 13 с.

5. ДСТУ Б В.2.2-19:2007. Метод визначення повітропроникності огорожувальних конструкцій в натурних умовах. Київ : Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2008. 22 с.

6. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. Київ : Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2008. 23 с.

Допоміжна

7. Філоненко О. І., Юрін О. І. Будівельна теплофізика огороджувальних конструкцій будівель. Полтава : Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, 2015. 328 с.

8. Ратушняк Г. С., Попова Г. С. Будівельна теплофізика. Вінниця : ВДТУ, 2000. 119 с.

9. Ратушняк Г. С. Будівельна теплофізика. Практикум: навчальний посібник / Г. С. Ратушняк, К. В. Анохіна. Вінниця : ВНТУ, 2021. 51 с.

Інформаційні ресурси

1. Національна бібліотека ім. В. І. Вернадського. URL: <http://www.nbuv.gov.ua/>

2. Рівненська обласна універсальна наукова бібліотека (м. Рівне, майдан Короленка, 6). URL: <http://www.libr.rv.ua/>

3. Наукова бібліотека НУВГП (м. Рівне, вул. Олекси Новака, 75). URL: <http://nuwm.edu.ua/naukova-biblioteka>

4. Цифровий репозиторій НУВГП. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/view/types/methods/>

**ДОДАТОК А [1]
АЛГОРИТМ РОЗРАХУНКУ
МАСОВОЇ ПОВІТРОПРОНИКНОСТІ
ОГОРОДЖУВАЛЬНОЇ КОНСТРУКЦІЇ**

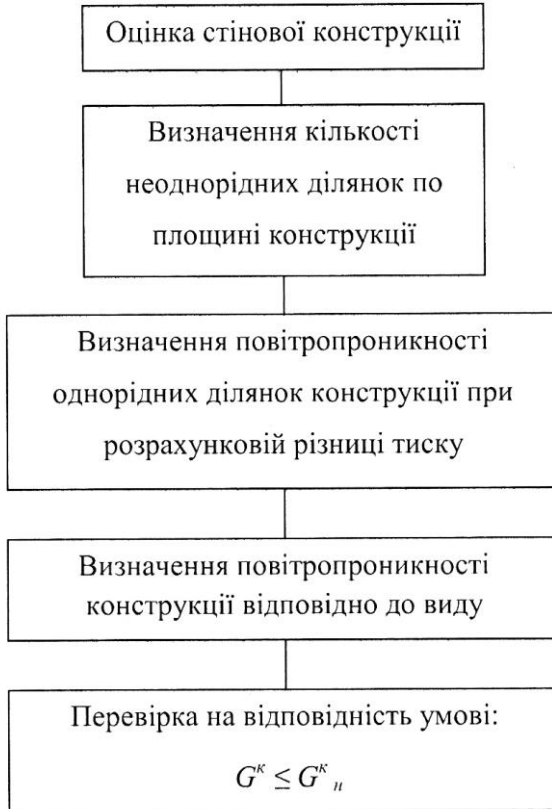


Рис. А.1. Алгоритм розрахунку

ДОДАТОК В [6]
ТЕПЛОВОЛОГІСНИЙ РЕЖИМ ПРИМІЩЕНЬ,
МАТЕРІАЛІВ У КОНСТРУКЦІЯХ ТА ТЕМПЕРАТУРА
ЗОВНІШНЬОГО ПОВІТРЯ

Таблиця В.1

Розрахункові значення температури й вологості повітря приміщень (для теплотехнічних розрахунків)

Призначення будинку	Розрахункова температура внутрішнього повітря, $t_e, ^\circ C$	Розрахункове значення відносної вологості, $\varphi_e, \%$
Житлові будівлі та готелі	20	55
Громадські будівлі адміністративного призначення, офіси, заклади торгівлі	20	50
Учбові заклади та заклади охорони здоров'я	21	50
Дитячі дошкільні заклади	22	50

Примітка. При проектуванні допускається розрахункові параметри температури й вологості повітря приймати з урахуванням положень відповідних будівельних норм за типами будівель і споруд.

Таблиця В.2

Розрахункові температури зовнішнього повітря

	Температурна зона	
	I	II
Розрахункова температура зовнішнього повітря, $^{\circ}C$	мінус 22	мінус 19

ДОДАТОК Г [1, 3, 4, 5] ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ

1. **Повітропроникність** – властивість огорожувальної конструкції пропускати повітря під дією різниці тиску.

2. **Масова повітропроникність** – маса повітря, яке проникає за одиницю часу через 1 м^2 огорожувальної конструкції.

3. **Лінійна масова повітропроникність** – маса повітря, яке проникає за одиницю часу через 1 м погонний елемента огорожувальної конструкції.

4. **Показник режиму фільтрації n** – показник, що установлює залежність масової повітропроникності зразка від перепаду тиску.

5. **Перепад тиску Δp , P_a** – різниця тисків повітря на зовнішній і внутрішній поверхнях зразка під час проведення випробування. Перепад тиску Δp вважають позитивним, якщо зовнішній тиск повітря більше внутрішнього, і негативним, якщо внутрішній тиск більше зовнішнього

6. **Об'ємна витрата повітря Q_n , $\text{м}^3/\text{год}$** – об'єм повітря, що проникає крізь закритий зразок за одиницю часу.

7. **Фільтрація** – проникнення повітря через огорожувальні конструкції за рахунок перепаду тиску повітря середовища, що розділяє огорожувальна конструкція.

8. **Інфільтрація** – проникнення повітря через огорожувальні конструкції із зовнішнього середовища в приміщення за рахунок перепаду тиску повітря зовнішнього та внутрішнього середовищ, що формується вітровим та тепловим факторами.