

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО
ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

з дисципліни АРХІТЕКТУРА БУДІВЕЛЬ І СПОРУД
бакалаврів спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія

Теплотехнічний розрахунок зовнішньої огорожувальної стінової
конструкції житлової будівлі

Дніпро
НТУ «ДП»
2021

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»



ФАКУЛЬТЕТ БУДІВНИЦТВА
Кафедра будівництва, геотехніки і геомеханіки

АРХІТЕКТУРА БУДІВЕЛЬ І СПОРУД.
**Теплотехнічний розрахунок зовнішньої огорожувальної стінової
конструкції житлової будівлі**

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ
ДЛЯ БАКАЛАВРІВ СПЕЦІАЛЬНОСТІ
192 БУДІВНИЦТВО ТА ЦИВІЛЬНА ІНЖЕНЕРІЯ**

Дніпро
НТУ «ДП»
2021

Хозайкіна Н.В. Архітектура будівель і споруд. Теплотехнічний розрахунок зовнішньої огорожувальної стінової конструкції житлової будівлі / Методичні рекомендації до практичних занять для бакалаврів спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія / Н.В. Хозайкіна, К.С. Жабчик – Дніпро: НТУ «ДП», 2021. – 15 с.

Автори:

Н.В. Хозайкіна, к.т.н., доц.

К.С. Жабчик, к.т.н., доц.

Рекомендовано до видання редакційною радою НТУ «ДП» (протокол № 10 від 05.01.2021) за поданням кафедри будівництва, геотехніки і геомеханіки (протокол № 2 від 08.02.2021).

Подано методичні рекомендації до виконання практичних занять з дисципліни «Архітектура будівель і споруд» для бакалаврів спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія.

Структура і форма рекомендацій орієнтована на самостійне виконання теплотехнічних розрахунків зовнішньої огорожувальної стінової конструкції житлової будівлі.

Це дозволяє найбільш ефективно отримати знання з боку теплотехнічних розрахунків, які дозволяють обґрунтовано підібрати товщину і матеріал огорожувальної конструкції та привести будівлю у відповідність нормам теплового захисту з урахуванням кліматології.

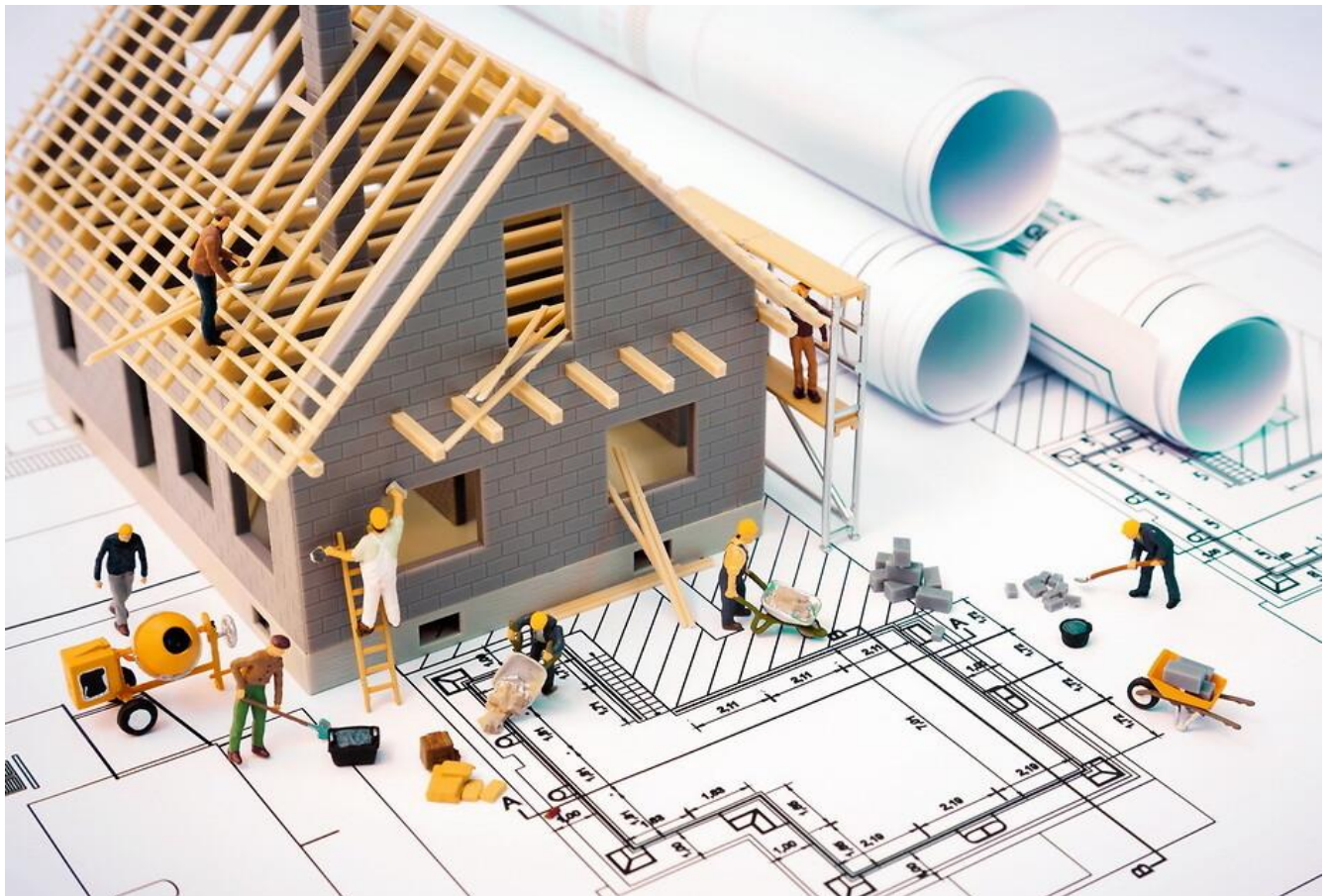
Вивчити та зрозуміти основний показник огорожувальної поверхні з точки зору теплозахисту - опір теплопередачі, що враховує теплозахисні характеристики всіх шарів конструкції, враховуючи «містки» холоду.

Методичні рекомендації передбачають виконання розрахунку під керівництвом викладача та під час самостійної роботи.

Рекомендується також для розроблення курсового та дипломного проєктів (робіт).

ЗМІСТ

Вступ.....	3
Вихідні данні до виконання розрахункових завдань.....	5
Завдання.....	7
Приклад для розрахунку	8
Список використаної літератури	14
Додаток А (титульний лист).....	15



ВСТУП

В сучасних умовах людина все частіше замислюється про раціональне використання ресурсів. Електрика, вода, матеріали. До економії всього цього в світі прийшли вже досить давно і всім зрозуміло як це зробити. Але основну суму в рахунках на оплату становить опалення, і не кожному зрозуміло, як знизити витрати по цьому пункту.

Ідея теплотехнічного розрахунку

Теплотехнічний розрахунок виконують для того, щоб підібрати товщину і матеріал огорожувальної конструкції та привести будівлю у відповідність нормам теплового захисту. Основним нормативним документом, що регламентує здатність конструкції чинити опір теплопередачі, є ДБН В.2.6-31:2006 «Теплова ізоляція будівель».

Основним показником огорожувальної поверхні з точки зору теплозахисту стало наведене опір теплопередачі. Це величина, що враховує теплозахисні характеристики всіх шарів конструкції, враховуючи «містки» холоду.

Докладний і грамотний теплотехнічний розрахунок - досить трудомісткий. При зведенні приватних будинків, власники намагаються врахувати міцнісні характеристики матеріалів, часто забуваючи про збереження тепла. Це може привести до досить сумних наслідків.

Мета теплотехнічного розрахунку

Перед початком будівництва замовник може вибрати, чи буде він враховувати теплотехнічні характеристики або тільки забезпечить міцність та стійкість конструкцій.

Витрати на утеплення абсолютно точно збільшать кошторис на зведення будівлі, але знизять витрати на подальшу експлуатацію. Індивідуальні будинки будують на десятки років, можливо, вони будуть служити і наступним поколінням. За цей час витрати на ефективний утеплювач окупляться кілька разів.

Актуальність теплотехнічного розрахунку

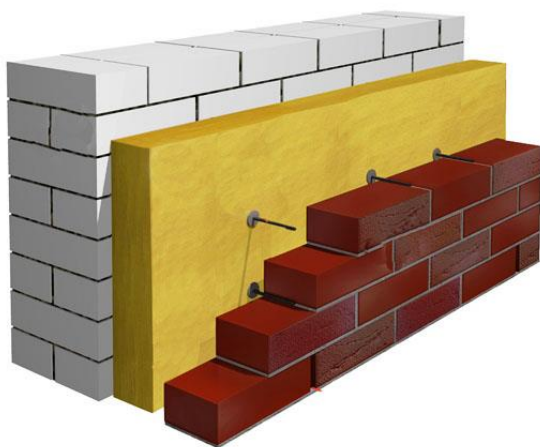
Економія на опаленні приміщень. Теплові втрати будівлі знижуються, відповідно, зменшиться кількість секцій радіатора при класичній системі опалення і потужність системи теплих підлог. Залежно від способу нагрівання, витрати власника на електрику, газ або гарячу воду стають менше;

Економія на ремонті. При правильному утепленні в приміщенні створюється комфортний мікроклімат, на стінах не утворюється конденсат, і не з'являються небезпечні для людини мікроорганізми. Наявність на поверхні грибка або цвілі вимагає проведення ремонту, причому простий косметичний не принесе жодних результатів і проблема виникне знову;

Безпека для мешканців. Тут, також як і в попередньому пункті, мова йде про вогкості, цвілі і грибка, які можуть викликати різні хвороби у постійно перебувають у приміщенні людей;

Дбайливе ставлення до навколишнього середовища. На планеті дефіцит ресурсів, тому зменшення споживання електроенергії або блакитного палива сприятливо впливає на екологічну обстановку.

Під час проведення розрахунку теплотехніки спираються на Нормативні документи (ДБН, ДСТУ), див. список використаної літератури.



ВИХІДНІ ДАННІ ДО ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКОВОГО ЗАВДАННЯ

1). Характеристики стінових конструкцій

Таблиця 1

<i>№</i>	<i>Варіант будівлі</i>	<i>Район будівництва</i>	<i>Основні конструкції</i>
1.	№ 1	м. Луцьк	R ₁ , R ₃ ([1], Дод. Л., табл. Л.1 № 91) R ₂ ([1], Дод. Л., табл. Л.1 № 1)
2.	№ 2	м. Львів	R ₁ , R ₃ ([1], Дод. Л., табл. Л.1 № 92) R ₂ ([1], Дод. Л., табл. Л.1 № 2)
3.	№ 3	м. Рівно	R ₁ , R ₃ ([1], Дод. Л., табл. Л.1 № 93) R ₂ ([1], Дод. Л., табл. Л.1 № 3)
4.	№ 4	м. Житомир	R ₁ , R ₃ ([1], Дод. Л., табл. Л.1 № 94) R ₂ ([1], Дод. Л., табл. Л.1 № 4)
5.	№ 5	м. Київ	R ₁ , R ₃ ([1], Дод. Л., табл. Л.1 № 95) R ₂ ([1], Дод. Л., табл. Л.1 № 5)
6.	№ 6	м. Тернопіль	R ₁ , R ₃ ([1], Дод. Л., табл. Л.1 № 96) R ₂ ([1], Дод. Л., табл. Л.1 № 6)
7.	№ 7	м. Вінниця	R ₁ , R ₃ ([1], Дод. Л., табл. Л.1 № 91) R ₂ ([1], Дод. Л., табл. Л.1 № 7)
8.	№ 8	м. Чернігів	R ₁ , R ₃ (ДБН, Дод. Л., табл. Л.1 № 92) R ₂ ([1], Дод. Л., табл. Л.1 № 8)
9.	№ 9	м. Дніпро	R ₁ , R ₃ ([1], Дод. Л., табл. Л.1 № 93) R ₂ ([1], Дод. Л., табл. Л.1 № 9)
10.	№ 10	м. Харків	R ₁ , R ₃ ([1], Дод. Л., табл. Л.1 № 94) R ₂ ([1], Дод. Л., табл. Л.1 № 10)
11.	№ 11	м. Полтава	R ₁ , R ₃ ([1], Дод. Л., табл. Л.1 № 95) R ₂ ([1], Дод. Л., табл. Л.1 № 11)
12.	№ 12	м. Кіровоград	R ₁ , R ₃ ([1], Дод. Л., табл. Л.1 № 96) R ₂ ([1], Дод. Л., табл. Л.1 № 12)
13.	№ 13	м. Миколаїв	R ₁ , R ₃ ([1], Дод. Л., табл. Л.1 № 91) R ₂ ([1], Дод. Л., табл. Л.1 № 13)
14.	№ 14	м. Одеса	R ₁ , R ₃ ([1], Дод. Л., табл. Л.1 № 92) R ₂ ([1], Дод. Л., табл. Л.1 № 14)
15.	№ 15	м. Херсон	R ₁ , R ₃ ([1], Дод. Л., табл. Л.1 № 93) R ₂ ([1], Дод. Л., табл. Л.1 № 15)
16.	№ 16	м. Суми	R ₁ , R ₃ ([1], Дод. Л., табл. Л.1 № 94) R ₂ ([1], Дод. Л., табл. Л.1 № 16)
17.	№ 17	м. Івано-Франківськ	R ₁ , R ₃ ([1], Дод. Л., табл. Л.1 № 95) R ₂ ([1], Дод. Л., табл. Л.1 № 17)

№	Варіант будівлі	Район будівництва	Основні конструкції
18.	№ 1	м. Запоріжжя	R ₁ , R ₃ ([1], Дод. Л., табл. Л.1 № 96) R ₂ ([1], Дод. Л., табл. Л.1 № 18)
19.	№ 2	м. Чернівці	R ₁ , R ₃ ([1], Дод. Л., табл. Л.1 № 91) R ₂ ([1], Дод. Л., табл. Л.1 № 19)
20.	№ 3	м. Рівно	R ₁ , R ₃ ([1], Дод. Л., табл. Л.1 № 93) R ₂ ([1], Дод. Л., табл. Л.1 № 3)
21.	№ 4	м. Житомир	R ₁ , R ₃ ([1], Дод. Л., табл. Л.1 № 94) R ₂ ([1], Дод. Л., табл. Л.1 № 4)
22.	№ 5	м. Київ	R ₁ , R ₃ ([1], Дод. Л., табл. Л.1 № 95) R ₂ ([1], Дод. Л., табл. Л.1 № 5)

2). Схема* зовнішньої огорожувальної стінової конструкції до запроектованої житлової будівлі:

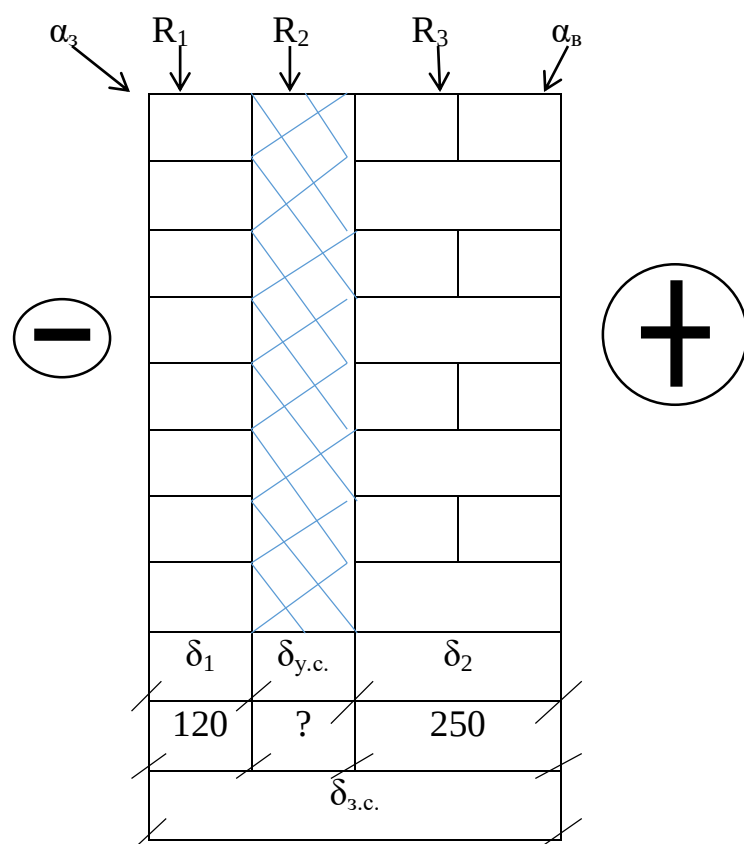


Рисунок 1 – Зовнішня огорожувальна стінова конструкція (*Схема загальна для усіх варіантів)

3). Титульний лист (зразок) додається (див. Додаток І).

ЗАВДАННЯ

На основі вихідних даних та прикладу виконати теплотехнічний розрахунок (ТТР) зовнішньої огорожувальної стінової конструкції житлової будівлі.

Вихідні дані – див табл. 1.

---	№ ----	м. Павлоград	R ₁ , R ₃ ([1], Дод. Л., табл. Л.1 № 93) R ₂ ([1], Дод. Л., табл. Л.1 № 9)
-----	--------	--------------	--

Основні характеристики конструкцій до проєктної жилої будівлі

1. **Фундамент:** стрічковий, бутовий;
2. **Цоколь:** бутовий;
3. **Стіни зовнішні:** кладка цегляна з повнотілої цегли; глиняної звичайної на цементно-перлітовому розчині (за варіантом);
4. Теплоізоляційні матеріали: мати мінераловатні прошивні будівельні (за варіантом);
5. Матеріал теплоізоляційний засипний – гравій шлаковий (за варіантом, залежить від ρ);
6. **Перекрыття:** багатопустотні збірні плити;
7. **Перегородки:** гіпсокартонні;
8. **Покрівля:** черепиця / АЦВ;
9. **Кроква:** насланні (дощати).

ПРИКЛАД РОЗРАХУНКУ

Теплотехнічний розрахунок (ТТР) зовнішньої огорожувальної стінової конструкції житлової будівлі

1. Для розрахунку ТТР користуємося ДБН В.2.6.-31:2006 «Теплова ізоляція будівель» [1].

В завданні вказано район будівництва запропонованого котеджу. В додатку В [1] (карта-схема температурних зон України) вказано до якої температурної зони відноситься район будівництва.

1. Житлова будівля. Район будівництва – м. Павлоград
2. м. Павлоград відноситься до II зони

На рис. 1 зображено зовнішню огорожувальну конструкцію (див. вихідні дані).

2. Визначаємо в яких умовах буде експлуатація цивільного об'єкту.

Відповідно до Додатків Г1, Г2, К [1] визначаємо вологісні умови експлуатації матеріалу в огорожувальних конструкціях будівлі.

Умови експлуатації будівлі, в м. Павлоград – Б (нормальний).

Отже, характеристики шарів стінової конструкції зведені до табл. 2:

Таблиця 2 – Характеристики шарів стінової конструкції житлової будівлі

δ_1 глиняна цегла	δ_2 глиняна цегла	$\delta_{y.c.}$ Волокнисті матеріали – мати мінераловатні прошивні будівельні
$\delta_1 = 0,12$ м (товщина)	$\delta_2 = 0,25$ м	$\delta_{y.c.} = ?$
$\rho_1 = 1800$ кг/м ³ (ДБН, дод. Л)	$\rho_2 = 1800$ кг/м ³ (ДБН, дод. Л)	$\rho_{y.c.} = 70$ кг/м ³ (ДБН, дод. Л)
$\lambda_1 = 0,70$ Вт/(м*К) (ДБН, дод.Л)	$\lambda_2 = 0,70$ Вт/(м*К) (ДБН, дод. Л)	$\lambda_{y.c.} = 0,054$ Вт/(м*К) (ДБН, дод. Л)

3. Визначаємо мінімально допустиме значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції житлових та громадських будинків ($R_{q \min}$) за допомогою (ДБН [1], таблиця 1).

$$R_{q \min} = 2,5 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

4. Для зовнішніх огорожувальних конструкцій опалюваних будинків та споруд і внутрішніх конструкцій, що розділяють приміщення, температура повітря в яких відрізняється на 3 °С та більше, обов'язкове виконання умов:

$$R_{\Sigma \text{пр}} \geq R_{q \min}$$

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, $\text{м}^2 \text{ К/Вт}$;

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

5. Визначаємо приведений опір теплопередачі ($R_{\Sigma \text{пр}}$), за формулою:

$$R_{\Sigma \text{пр}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_{\text{з}}}, \quad (1)$$

де $\frac{1}{\alpha_{\text{в}}}$ - тепло, яке сприймається від внутрішнього приміщення і передається назовні;

$\frac{1}{\alpha_3}$ - тепло із зовнішньої грані стіни до зовнішнього повітря;

$\sum_{i=1}^n R_i$ – термічний опір теплопередачі, це є $\sum_{i=1}^n R_i = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$.

6. Розрахуємо термічний опір теплопередачі, за формулою:

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_{i\rho}}.$$

Підставляємо це значення в формулу 1, отримаємо:

$$R_{\Sigma\text{пр}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{i\rho}} + \frac{1}{\alpha_3};$$

$$\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{i\rho}} = \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n};$$

$$R_{\Sigma\text{пр}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_{\text{y.c.}}}{\lambda_{\text{y.c.}}} + \frac{1}{\alpha_3}. \quad (2)$$

$$\frac{\delta_{\text{y.c.}}}{\lambda_{\text{y.c.}}} = R_{q\text{min}} - \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} - \frac{\delta_1}{\lambda_1} - \frac{\delta_2}{\lambda_2} - \frac{1}{\alpha_3}.$$

7. Визначаємо коефіцієнти тепловіддачі $\alpha_{\text{в}}$ та α_3 . В [1 додаток Е] знаходяться розрахункові значення коефіцієнтів тепловіддачі внутрішньої $\alpha_{\text{в}}$ та зовнішньої α_3 поверхонь огорожувальних конструкцій:

$$\alpha_{\text{в}} = 8.7$$

$$\alpha_3 = 23$$

8. Розраховуємо $\delta_{y.c.}$, за формулою:

$$\begin{aligned}\delta_{y.c.} &= (R_{qmin} - \frac{1}{\alpha_b} - \frac{\delta_1}{\lambda_1} - \frac{\delta_2}{\lambda_2} - \frac{1}{\alpha_3}) * \lambda_{y.c.} = \\ &= 2.5 - \frac{1}{8.7} - \frac{0.12}{0.70} - \frac{0.25}{0.70} - \frac{1}{23}) * 0.054 = 0.097 \text{ м.}\end{aligned}$$

Приймаємо $\delta_{y.c.} = 0.10 \text{ м.}$

9. Після цього, зробимо, обов'язкову перевірку

$$\begin{aligned}R_{\Sigma пр} &= \frac{1}{\alpha_b} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_{y.c.}}{\lambda_{y.c.}} + \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{8.7} + \frac{0.12}{0.70} + \frac{0.25}{0.70} + \frac{0.10}{0.054} + \frac{1}{23} \\ &= 0.115 + 0.138 + 0.287 + 1.995 + 0.043 = 2.538\end{aligned}$$

Отже, $R_{\Sigma пр} \geq R_{q \min,}$, тоді $2.538 \geq 2.5$

10. Розрахуємо, ширину огорожувальної конструкції

$$\delta_{з.с.} = \delta_1 + \delta_2 + \delta_{y.c.} = 0.12 + 0.25 + 0.10 = 0.47 \text{ м.}$$

Кратність – це повторення конструкції через певне положення (ширина стін кратна: 250, 380, 510, 640).

Якщо ширина стіни менша від найближчого кратного числа, то розраховуємо ще 4 шар.

11. Спершу визначаємо ширину 4 шару, для цього потрібно від кратного розміру стіни відняти отриманий розмір ($\delta_{н.с.}$):

$$510-470=40 \text{ мм.}$$

Обираємо теплоізоляційні матеріали: **засипні**, наприклад ([1, Дод. Л, табл.. Л.1, п.1.5.] – **гравій шлаковий**.

4 шар Гравій шлаковий
$\delta_{шл} = 0.04 \text{ м}$
$\rho_{шл} = 300 \text{ кг/м}^3 \text{ (ДБН, дод. Л)}$
$\lambda_{шл} = 0.13 \text{ Вт/(м*К) (ДБН, дод. Л)}$

12. Зробимо перевірку:

$$R_{\Sigma пр} = \frac{1}{\alpha_v} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_{у.с.}}{\lambda_{у.с.}} + \frac{\delta_{шл}}{\lambda_{шл}} + \frac{1}{\alpha_3} = 2,845 \text{ м}^2 * \text{К/Вт}$$

$$\text{Отже, } R_{\Sigma пр} \geq R_{q \text{ min,}}, \text{ тоді } 2,845 \geq 2,5$$

Висновок

Встановлена величина $R_{\Sigma пр}$ - приведений опір теплопередачі огорожувальної конструкції задовольняє нормативним вимогам ДБН В.2.6.-31:2006 «Теплова ізоляція будівель».

Таким чином, мінімально необхідна товщина теплоізоляції стінової конструкції на основі кладки з повнотілої цегли глиняної звичайної на цементно-перлітовому розчині товщиною 120+250 мм густиною 1800 кг/м³ з волокнистого утеплюючого матеріалу – мати мінераловатні прошивні будівельні густиною $\rho_{у.с.} = 70 \text{ кг/м}^3$, 100 мм та теплоізоляційного матеріалу засипного – гравій шлаковий густиною 300 кг/м³ становить 40 мм.

Загальна товщина стінової конструкції, становить:

$$120+100+40+250=510 \text{ мм та наведена на рис. 2.}$$

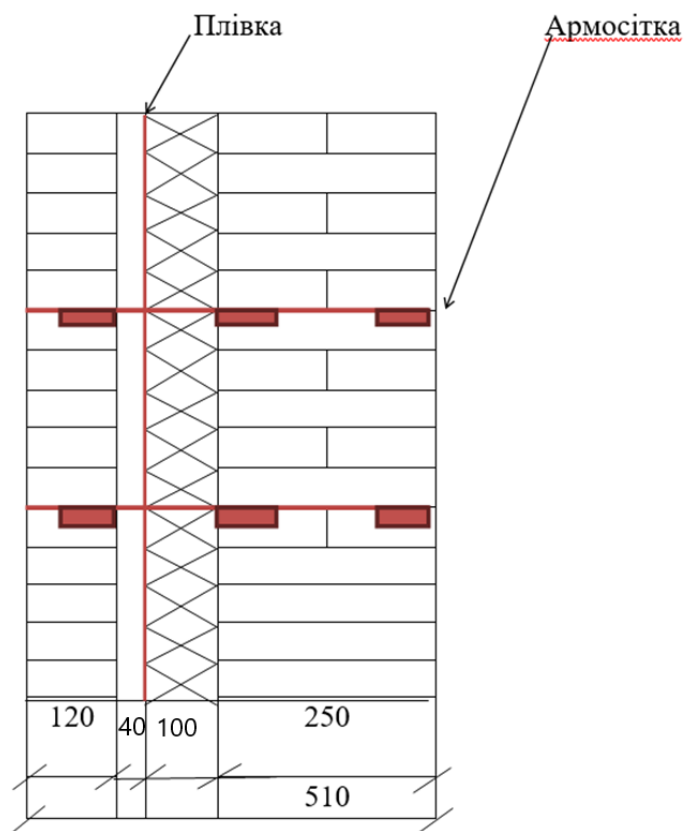


Рисунок 2 – Схема зовнішньої стінової огорожувальної конструкції житлової будівлі

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДБН В.2.6-31:2006 Теплова ізоляція будівель.
2. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення
3. ДБН В.2.6-33:2018 Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування
4. ДБН В.2.2-15:2019 Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення.
5. ДСТУ Н Б В.1.1-27-2010 Будівельна кліматологія».

Додаток 1

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

Кафедра будівництва,
геотехніки і геомеханіки

Індивідуальне розрахункове завдання
з дисципліни «Архітектура будівель і споруд»
«Теплотехнічний розрахунок зовнішньої стінової
огорожувальної конструкції будівлі»
Варіант: № ____

Виконав:

ст. гр. _____
(шифр групи)

(ПБ)

(дата, підпис студента)

Перевірив:

(ПБ викладача)

(дата, підпис викладача)

м. Дніпро
НТУ «ДП»
2021

Навчальне видання

Хозяйкіна Наталія Володимирівна
Жабчик Катерина Сергіївна

**ТЕПЛОТЕХНІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ЗОВНІШНЬОЇ ОГОРОДЖУВАЛЬНОЇ
СТІНОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ ЖИТЛОВОЇ БУДІВЛІ**

Методичні рекомендації
до виконання практичних завдань з дисципліни
«Архітектура будівель і споруд»
для студентів спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія

Видано в авторській редакції.
Електронний ресурс.

Видано
у Національному технічному університеті
«Дніпровська політехніка».
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру ДК № 1842 від 11.06.2004.
49005, м. Дніпро, просп. Д. Яворницького, 19.