

Практична робота №3

Тема: Теплотехнічний розрахунок конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією з індустріальним опорядженням та вентиляльованим повітряним прошарком.

Вихідні дані (приклад 3):

Для розрахунку обрано типовий фрагмент конструкції з фасадною теплоізоляцією з індустріальним опорядженням та вентиляльованим повітряним прошарком в межах одного поверху. По вертикалі фрагмент обмежений несучими колонами будинку, по горизонталі – плитами перекриття.

Несуча частина стіни виконана на основі кладки з блоків з ніздрюватого бетону товщиною 200 мм, густиною 800 кг/м^3 , теплоізоляційний шар передбачається влаштовувати з мінераловатних плит ROCKWOOL марки WENTIROCK Max комбінованої структури густиною 45 кг/м^3 – внутрішній шар та 90 кг/м^3 – зовнішній шар. Мінераловатні плити кріпляться до несучої стіни за допомогою пластикових дюбелів з металевим стрижнем. Кількість дюбелів з розрахунку 8 шт. на 1 м^2 . З внутрішньої сторони зовнішніх стін влаштовується цементно-піщана штукатурка товщиною 15 мм. Несучі елементи підсистеми вентиляльованого фасаду кріпляться до елементів будинку через закладні деталі, що влаштовуються по плитах перекриття, та несучі кронштейни по кладці з ніздрюватого бетону.

Висота поверху 3,5 м, розміри в осях між колонами 7,4 м. Розміри фрагмента фасаду, що розглядається, становлять $3,3 \text{ м} \times 7,2 \text{ м}$. На фрагменті наявні дві віконні конструкції розмірами $1,5 \text{ м} \times 1,6 \text{ м}$. Загальна площа непрозорої частини фрагмента фасаду дорівнює $19,0 \text{ м}^2$. Загальний вигляд фрагменту наведений на рисунку 1.2.

Кліматичні умови м. Ужгорода. Необхідно визначити мінімально допустиму товщину теплоізоляційного шару для забезпечення нормативних вимог ДБН В.2.6-31:2021.

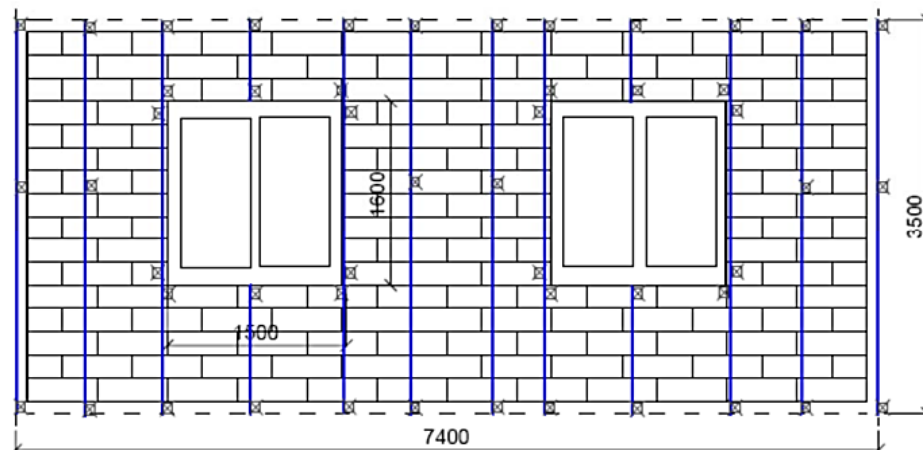


Рисунок 1.2 – Загальний вигляд фрагмента фасаду

1. Нормативні вимоги

Згідно з ДБН В.2.6-31:2021 мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі для непрозорих частин зовнішніх стін в II-й температурній зоні експлуатації України (м. Ужгород) становить $R_{qmin} = 3,5 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

2. Порядок розрахунку

2.1. Товщину теплоізоляційного шару приймають 170 мм.

2.2. Визначаємо опір теплопередачі зовнішніх стін згідно з формулою 2 ДСТУ Б В.2.6-189:2013:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_{\text{з}}}$$

де R_{qmin} – мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції чи непрозорої частини огорожувальної конструкції, $\text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$; згідно з ДБН В.2.6-31:2021 для II-ї температурної зони $R_{qmin} = 3,5 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ (табл. 1);

$\alpha_{\text{в}}$ і $\alpha_{\text{з}}$ – розрахункові значення коефіцієнтів тепловіддачі внутрішньої $\alpha_{\text{в}}$ (нормативний показник $8,7 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}}$) та зовнішньої $\alpha_{\text{з}}$ (нормативний показник $12 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}}$) поверхонь огорожувальних конструкцій, приймають згідно з Додатком Б ДСТУ Б В.2.6-189:2013;

δ_i – товщина i-го шару, м;

λ_{ip} – теплопровідність матеріалу i-го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації, приймають згідно з Додатком А ДСТУ Б В.2.6-189:2013, для умов експлуатації «Б». Для теплоізоляційних виробів ROCKWOOL приймають за результатами випробувань, проведених акредитованою лабораторією. Результати випробувань наведені в таблиці 1.5, 1.6.

Характеристика шарів стінової конструкції

№	Матеріал	Товщина, м	Розрахунковий коефіцієнт теплопровідності $\lambda, \frac{\text{Вт}}{\text{м} \times \text{К}}$
1	Внутрішня штукатурка	0,015	0,93
2	Кладка з блоків з ніздрюватого бетону	0,2	0,3
3	Мінераловатні плити ROCKWOOL марки WENTIROCK Мах комбінованої структури (внутрішній шар – 45 кг/м^3 та зовнішній – 90 кг/м^3)	0,17	0,039

Таблиця 1.5 – Розрахункові теплофізичні характеристики виробів теплоізоляційних з мінеральної вати на основі базальтового волокна ROCKWOOL

Ч.ч.	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)			теплопровідність λ_p , Вт/(м·К)		коефіцієнт теплозасвоєння s, Вт/(м ² ·К)		коефіцієнт паропроникності μ , мг/(м·год·Па)
				А	Б	А	Б	А	Б	А, Б
1	37	0,84	0,035	0,5	1	0,040	0,041	0,30	0,31	0,55
2	90	0,84	0,035	0,5	1	0,039	0,040	0,47	0,48	0,48
3	115	0,84	0,036	0,5	1	0,041	0,042	0,54	0,56	0,44
4	145	0,84	0,038	0,5	1	0,042	0,045	0,62	0,65	0,39
5	150	0,84	0,037	0,5	1	0,044	0,046	0,64	0,67	0,39
6	160	0,84	0,037	0,5	1	0,044	0,046	0,66	0,69	0,37
7	190	0,84	0,038	0,5	1	0,044	0,046	0,72	0,75	0,32

Таблиця 1.6 – Розрахункові теплофізичні характеристики виробів теплоізоляційних з мінеральної вати комбінованої структури на основі базальтового волокна ROCKWOOL

Ч.ч.	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)			теплопровідність λ_p , Вт/(м·К)		коефіцієнт теплозасвоєння s, Вт/(м ² ·К)		коефіцієнт паропроникності μ , мг/(м·год·Па)
				А	Б	А	Б	А	Б	А, Б
1	45+90	0,84	0,034	0,5	1	0,038	0,039	0,36	0,38	0,53
2	80+150	0,84	0,033	0,5	1	0,039	0,040	0,53	0,54	0,45
3	115+200	0,84	0,033	0,5	1	0,040	0,042	0,59	0,60	0,42
4	135+210	0,84	0,037	0,5	1	0,042	0,045	0,61	0,64	0,38

Тоді,

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,015}{0,93} + \frac{0,2}{0,3} + \frac{0,17}{0,039} + \frac{1}{12} = 5,24 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

2.3. Визначають характерні ділянки та типи теплопровідних включень. На фрагменті, що розглядають, присутні наступні теплопровідні включення, що відносяться до непрозорої огорожувальної конструкції:

- відкоси віконних прорізів в зоні надвіконної перемички, підвіконня, рядового примикання – лінійні елементи;
- дюбелі для кріплення мінераловатних плит – точкові елементи;

– несучі кронштейни для кріплення елементів підсистеми вентиляваного фасаду – точкові елементи.

Для вищезазначених теплопровідних включень за проектними даними та даними Додатків Г та Д ДСТУ Б В.2.6-189:2013 визначають кількісні показники та характеристики лінійних та точкових коефіцієнтів теплопередачі. Характеристики отримані шляхом інтерполяції даних наведених в Додатку Г для товщини теплоізоляційного шару 120 мм. Зведені результати наведені в таблиці 1.7.

Таблиця 1.7 – Теплопровідні включення та їх кількісне вираження

Найменування теплопровідного включення	Протяжність, м	Кількість, шт.	Лінійний коефіцієнт теплопередачі, k , Вт/(м·К)	Точковий коефіцієнт теплопередачі, ψ , Вт/К
Віконний відкос в зоні перемички	3,0	–	0,063	–
Віконний відкос в зоні підвіконня	3,0	–	0,032	–
Віконний відкос в зоні рядового примикання	6,4	–	0,046	–
Дюбелі для кріплення мінераловатних плит	–	152	–	0,005
Несучі кронштейни для кріплення елементів підсистеми вентиляваного фасаду	–	24	–	0,015

2.4. На підставі даних таблиці 1.3 визначають приведений опір теплопередачі зовнішніх стін згідно з формулою 3 ДСТУ Б В.2.6-189:2013:

$$R_{\Sigma \text{ пр}} = \frac{F_{\Sigma}}{\sum_{i=1}^l \frac{F_i}{R_{\Sigma i}} + \sum_{j=1}^J k_j L_j + \sum_{k=1}^K \psi_k N_k}$$

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

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

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

k_j – лінійний коефіцієнт теплопередачі j-го лінійного теплопровідного включення, Вт/м · К;

L_j – лінійний розмір (проекція) j-го лінійного теплопровідного включення, м;

ψ_k – точковий коефіцієнт теплопередачі k-го точкового теплопровідного включення, Вт/К;

N_k – загальна кількість k-их точкових теплопровідних включень, шт.

$$R_{\Sigma \text{пр}} = \frac{19,0}{\frac{19,0}{5,24} + 0,063 \times 3 + 0,032 \times 3 + 0,046 \times 6,4 + 152 \times 0,005 + 24 \times 0,015}$$

$$= 3,58 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

2.5. Мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі для непрозорих частин зовнішніх стін в II-й температурній зоні експлуатації України (м. Ужгород) становить $R_{qmin} = 3,5 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$. Приведений опір теплопередачі зовнішніх стін, який вираховували у попередньому пункті $R_{\Sigma \text{пр}} = 3,58 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

$$3,58 \geq 3,5$$

Встановлена величина задовольняє нормативним вимогам ДБН В.2.6-31:2021.

2.6. Таким чином, мінімально необхідна товщина теплоізоляції стіни на основі кладки з блоків з ніздрюватого бетону товщиною 200 мм, густиною 800 кг/м³ з мінераловатних плит ROCKWOOL марки WENTIROCK Max комбінованої структури густиною 45 кг/м³ – внутрішній шар та 90 кг/м³ – зовнішній шар становить 170 мм.