



МІНІСТЕРСТВО РЕГІОНАЛЬНОГО РОЗВИТКУ, БУДІВНИЦТВА ТА
ЖИТЛОВО-КОМУНАЛЬНОГО ГОСПОДАРСТВА УКРАЇНИ

**ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО
„ДЕРЖАВНИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ
БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ”**

(ДП НДІБК)

**ПРИКЛАДИ РОЗРАХУНКУ К ДСТУ Б В.2.6-189:2013
«МЕТОДИ ВИБОРУ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ ДЛЯ
УТЕПЛЕННЯ БУДІВЕЛЬ»**

ПОСІБНИК ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ

Заступник директора

ДП НДІБК з наукової роботи,

к.т.н., с.н.с.

Ю.С. Слюсаренко

Завідувач лабораторії будівельної

теплотехніки та енергозбереження,

ДП НДІБК

Є.Г. Фаренюк

Київ-2014

ПЕРЕДМОВА

1 РОЗРОБЛЕНО: Державне підприємство «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», ТК 302 «Енергоефективність будівель і споруд», ПК-1 «Теплоізоляція будівель»

РОЗРОБНИКИ: **Г. Фаренюк**, докт. техн. наук (науковий керівник);
Є. Колесник; Є. Фаренюк; В. Ральчук;
ЗАТ Парок Литва;
ПРАТ «Термолайф»;
«Сен-Гобен Будівельна Продукція Україна»;
ПП «Євробуд»^{ТМ};
ТОВ «ОБІО» ТМ «IZOVAT»
ТОВ "Завод теплоізоляційних матеріалів "ТЕХНО";
ТОВ НВП «Укрвермікуліт»;
ТОВ «Роквул Україна»;
ТОВ «Рунател Еко»

ЗМІСТ

		С.
	Сфера застосування	4
	Загальні положення.....	4
1	Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією з індустріальним опорядженням та вентиляльованим повітряним прошарком	7
	Зовнішні стіни каркасного типу для житлових та громадських будівель на дерев'яному каркасі	24
2	Конструкції зовнішніх стін з опорядженням штукатурками	29
3	Конструкції зовнішніх стін з опорядженням цеглою	47
4	Одношарові зовнішні стіни на основі блоків з ніздрюватого бетону автоклавного тверднення	54
5	Конструкції покриття	58
6	Конструкції цокольного перекриття	98

СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ

Даний посібник містить детальні приклади розрахунку огорожувальних конструкцій із застосуванням теплоізоляційних матеріалів, що представлені на будівельному ринку України.

Цей посібник поширюється на непрозорі огорожувальні конструкції.

Цей посібник застосовують юридичні та фізичні особи (незалежно від форм власності), які здійснюють діяльність щодо енергозбереження під час проектування нового будівництва, реконструкції, капітального ремонту (термомодернізації).

Посібник розроблений у розвиток ДСТУ Б В.2.6-189:2013 «Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель».

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Теплоізоляційні матеріали як правило застосовують для теплоізоляції зовнішніх огорожувальних конструкцій. В багатошарових огорожувальних конструкціях теплоізоляційні матеріали застосовують як теплоізоляційний шар. Теплоізоляційний шар в залежності від типу та густини теплоізоляційних виробів, що використовують, може виконуватись:

- одношаровим – на основі теплоізоляційних виробів одного типу та густини;
- багатошаровим – на основі двох або більше теплоізоляційних виробів різної густини та/або типу;
- комбінованим – на основі багатошарових теплоізоляційних виробів одного типу виконаних з шарів різної густиною, що сполучені між собою за рахунок, як хімічної, так і фізичної адгезії.

Розрахунки товщини теплоізоляційного матеріалу здійснювалися для наступних типів непрозорих конструкцій будівлі:

- заглиблені конструкції будівлі, цокольні конструкції;
- підлоги по ґрунту;

- зовнішні стіни;
- перекриття (цокольні, міжповерхові, горищні);
- покриття.

Товщину теплоізоляційного шару визначають за результатами розрахунку опору теплопередачі згідно з розділом 5 ДСТУ Б В.2.6-189:2013.

Мінімально допустиме значення $R_{q \min}$ опору теплопередачі неперозорих огорожувальних конструкцій житлових і громадських будинків встановлюється згідно з таблицею 1 ДБН В.2.6-31 залежно від температурної зони експлуатації будинку, неперозорих огорожувальних конструкцій промислових будинків – згідно з таблицею 2 ДБН В.2.6-31.

КАРТА-СХЕМА ТЕМПЕРАТУРНИХ ЗОН УКРАЇНИ



Таблиця 1 – Мінімально допустиме значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції житлових та громадських будинків ($R_{q \min}$)

№ поз.	Вид огорожувальної конструкції	Значення $R_{q \min}$, $\text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, для температурної зони	
		I	II
1	Зовнішні стіни	3,3	2,8
2	Суміщені покриття	5,35	4,9
3	Горищні покриття та перекриття неопалювальних горищ	4,95	4,5
4	Перекриття над проїздами та неопалювальними підвалами	3,75	3,3
5	Світлопрозорі огорожувальні конструкції	0,75	0,6
6	Вхідні двері в багатоквартирні житлові будинки та в громадські будинки	0,5	0,45
7	Вхідні двері в малоповерхові будинки та в квартири, що розташовані на перших поверхах багатоповерхових будинків	0,65	0,6

Таблиця 2 – Мінімально допустиме значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції промислових будинків ($R_{q \min}$)

Вид огорожувальної конструкції та тепловологісний режим експлуатації будинків	Значення $R_{q \min}$, $\text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, для температурної зони	
	I	II
Зовнішні непрозорі стіни будинків:		
- з сухим і нормальним режимом з конструкціями з:		
$D > 1,5$	1,7	1,5
$D \leq 1,5$	2,2	2,0
- з вологим і мокрим режимом з конструкціями з:		
$D > 1,5$	1,8	1,6
$D \leq 1,5$	2,4	2,2
- з надлишками тепла (більше ніж 23 Вт/м^3)	0,55	0,45
Покриття та перекриття неопалювальних горищ будинків:		
- з сухим і нормальним режимом з конструкціями з:		
$D > 1,5$	1,7	1,6
$D \leq 1,5$	2,2	2,1
- з вологим і мокрим режимом з конструкціями з:		
$D > 1,5$	1,7	1,6
$D \leq 1,5$	1,9	1,8
- з надлишками тепла (більше ніж 23 Вт/м^3)	0,55	0,45

Перекриття над проїздами й неопалювальними підвалами з конструкціями з: $D > 1,5$ $D \leq 1,5$	1,9 2,4	1,8 2,2
Двері й ворота будинків: - з сухим і нормальним режимом - з вологим і мокрим режимом - з надлишками тепла (більше ніж 23 Вт/м ³)	0,6 0,75 0,2	0,55 0,70 0,2
Вікна й zenітні ліхтарі будинків: - із сухим і нормальним режимом - з вологим і мокрим режимом - з надлишками тепла (більше ніж 23 Вт/м ³)	0,45 0,5 0,18	0,42 0,45 0,18

Характеристики теплопровідності теплоізоляційних матеріалів конкретного виробника в розрахункових умовах експлуатації приймалися за результатами випробувань згідно з ДСТУ Б В.2.7-182 проведеними акредитованими лабораторіями.

Розрахункові теплофізичні характеристики будівельних матеріалів при проектуванні необхідно приймати згідно з Додатком А ДСТУ Б В.2.6-189:2013.

1. КОНСТРУКЦІЇ ЗОВНІШНІХ СТІН З ФАСАДНОЮ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЄЮ З ІНДУСТРІАЛЬНИМ ОПОРЯДЖЕННЯМ ТА ВЕНТИЛЬОВАНИМ ПОВІТРЯНИМ ПРОШАРКОМ

1.1 Приклад 1.

1.1.1 Вихідні дані

Для розрахунку обрано типовий фрагмент стінової конструкції житлового панельного будинку з фасадною теплоізоляцією з індустріальним опорядженням та вентильованим повітряним прошарком. В якості типового фрагменту розглядається рядова залізобетонна стінова панель розмірами 3,0 м × 3,75 м (висота × ширина), що по горизонталі та вертикалі примикає до аналогічних стінових панелей. Товщина стінової панелі складає 160 мм, теплоізоляційний шар передбачається влаштовувати з мінераловатних плит ТЕХНО марки ТЕХНОВЕНТ СТАНДАРТ густиною 80 кг/м³. Мінераловатні плити кріпляться до

несучої стіни за допомогою пластикових дюбелів з металевим стрижнем. Кількість дюбелів з розрахунку 8 шт. на 1 м². З внутрішньої сторони зовнішніх стін влаштовується цементно-піщана штукатурка товщиною 15 мм. Несучі елементи підсистеми вентилязованого фасаду кріпляться до стінової панелі з розрахунку 2шт. на 1 м². Стінова панель має віконний проріз розмірами 1,5 м × 1,5 м. Загальна площа непрозорої частини фрагмента фасаду дорівнює 9 м².

Кліматичні умови м. Миколаїв.

Необхідно визначити мінімально допустиму товщину теплоізоляційного шару для забезпечення нормативних вимог ДБН В.2.6-31.

1.1.2 Нормативні вимоги

Згідно з ДБН В.2.6-31 мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі для непрозорих частин зовнішніх стін в II-й температурній зоні експлуатації України (м. Миколаїв) становить $R_{q\ min} = 2,8\ \text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

1.1.3 Порядок розрахунку

1.1.3.1 Товщину теплоізоляційного шару приймають рівною 150 мм.

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

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

де $\alpha_{\text{в}}$, $\alpha_{\text{з}}$ – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, Вт/(м²·К), приймають згідно з Додатком Б ДСТУ Б В.2.6-189:2013, і дорівнюють: $\alpha_{\text{в}} = 8,7\ \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$; $\alpha_{\text{з}} = 12\ \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$; δ_i – товщина i -го шару зовнішніх стін, м; $\lambda_{i\ \text{р}}$ – розрахункова теплопровідність матеріалу i -го шару зовнішніх стін в розрахункових умовах, Вт/(м·К), приймають згідно з Додатком А, для умов експлуатації «Б». Для теплоізоляційних виробів ТЕХНО

приймають за результатами випробувань, проведених акредитованою лабораторією. Результати випробувань наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Розрахункові теплофізичні характеристики виробів теплоізоляційних з мінеральної вати на основі базальтового волокна ТЕХНО

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)	теплопро- відність λ ₀ , Вт/(м·К)			теплопровід- ність λ _p , Вт/(м·К)		коефіцієнт теплозасво- ення s, Вт/(м ² ·К)		коефіцієнт паропро- никності μ , мг/(м·год·Па)
				А	Б	А	Б	А	Б	А, Б
1	30	0,84	0,037	0,5	1	0,041	0,042	0,29	0,30	0,3
2	45	0,84	0,035	0,5	1	0,040	0,043	0,34	0,36	0,3
3	80	0,84	0,035	0,5	1	0,038	0,040	0,44	0,45	0,3
4	115	0,84	0,036	0,5	1	0,040	0,042	0,49	0,52	0,3
5	120	0,84	0,036	0,5	1	0,040	0,042	0,49	0,52	0,3
6	145	0,84	0,037	0,5	1	0,042	0,045	0,62	0,65	0,3
7	180	0,84	0,038	0,5	1	0,043	0,046	0,71	0,75	0,3
8	190	0,84	0,038	0,5	1	0,043	0,046	0,71	0,75	0,3

Отже, характеристики шарів стінової конструкції:

- $\delta_1 = 0,015$ м, $\lambda_1 = 0,93$ Вт/(м·К) – характеристики внутрішньої штукатурки;
- $\delta_2 = 0,16$ м, $\lambda_2 = 2,04$ Вт/(м·К) – характеристики залізобетонної панелі;
- $\delta_3 = 0,15$ м, $\lambda_3 = 0,040$ Вт/(м·К) – характеристики мінераловатних плит ТЕХНО марки ТЕХНОВЕНТ СТАНДАРТ густиною 80 кг/м³.

Тоді,

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,015}{0,93} + \frac{0,16}{2,04} + \frac{0,15}{0,040} + \frac{1}{12} = 4,04 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

1.1.3.3 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 вентильованого 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. Результати наведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – 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	1,5	—	0,063	—
Віконний відкос в зоні підвіконня	1,5	—	0,035	—
Віконний відкос в зоні рядового примикання	3,0	—	0,049	—
Дюбелі для кріплення мінераловатних плит	—	72	—	0,005
Несучі кронштейни для кріплення елементів підсистеми вентильованого фасаду	—	18	—	0,015

1.1.3.4 На підставі даних таблиці 1.2 визначають приведений опір теплопередачі зовнішніх стін згідно з формулою 3 ДСТУ Б В.2.6-189:2013:

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

$$= \frac{9,0}{\frac{9,0}{4,04} + 0,063 \cdot 1,5 + 0,035 \cdot 1,5 + 0,049 \cdot 3,0 + 72 \cdot 0,005 + 18 \cdot 0,015} = 2,86 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

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

1.1.4 Таким чином, мінімально необхідна товщина теплоізоляції стінової конструкції з залізобетонної плити товщиною 160мм з мінераловатних плит ТЕХНО марки ТЕХНОВЕНТ СТАНДАРТ густиною 80 кг/м³ становить 150 мм.

1.2 Приклад 2

1.2.1 Вихідні дані

Для розрахунку обрано типовий фрагмент конструкції з фасадною теплоізоляцією з індустріальним опорядженням та вентиляованим 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 глиняної цегли густиною 1800 кг/м³ товщиною 250 мм, теплоізоляційний шар передбачається влаштовувати з мінераловатних плит TERMOLIFE марки ТЛ Вент Фасад густиною 80 кг/м³. Мінераловатні плити кріпляться до несучої стіни за допомогою пластикових дюбелів з металевим стрижнем. Кількість дюбелів з розрахунку 8 шт. на 1 м². З внутрішньої сторони зовнішніх стін влаштовується цементно-піщана штукатурка товщиною 15 мм. Висота поверху 3,3 м, розміри в осях між колонами 6,0 м. Розміри фрагмента фасаду, що розглядається, становлять 3,1 м × 5,7 м. Розміри віконного прорізу становить 2,0 м × 1,5 м. Загальна площа непрозорої частини фрагмента фасаду дорівнює 14,7 м². Загальний вигляд фрагменту наведений на рисунку 1.1.

Кліматичні умови м. Донецька.

Необхідно визначити мінімально допустиму товщину теплоізоляційного шару для забезпечення нормативних вимог ДБН В.2.6-31.

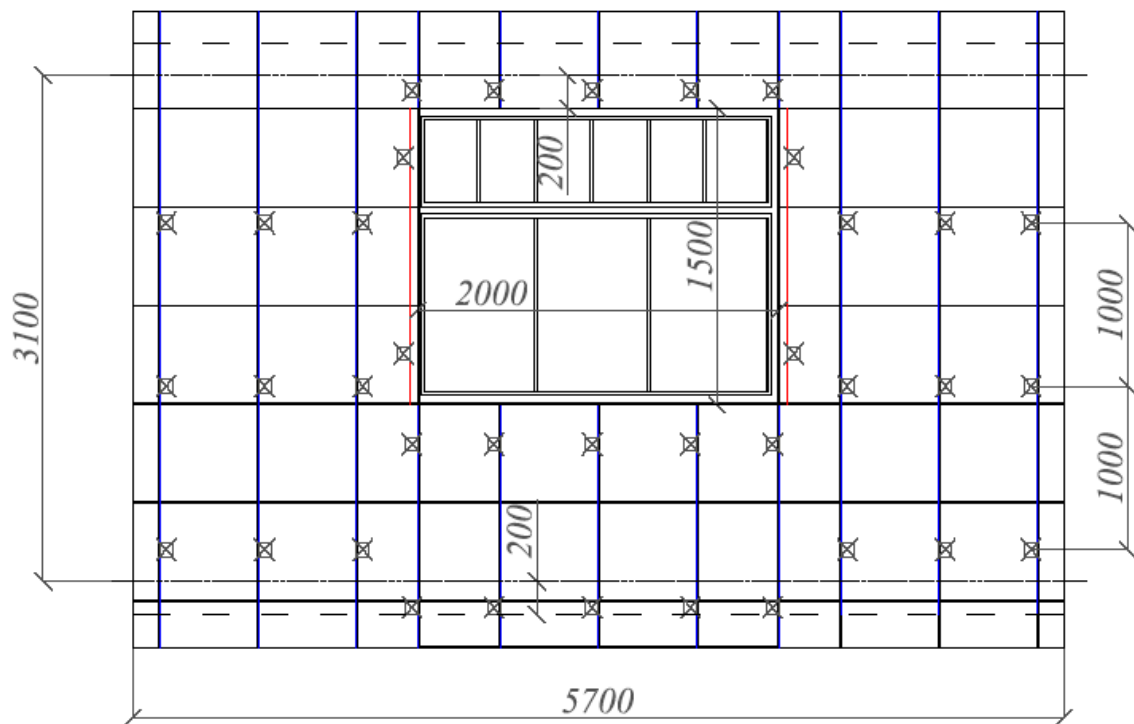


Рисунок 1.1 – Загальний вигляд фрагмента фасаду

1.2.2 Нормативні вимоги

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

1.2.3 Порядок розрахунку

1.2.3.1 Товщину теплоізоляційного шару приймають рівною 190 мм.

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

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

де $\alpha_{\text{в}}$, $\alpha_{\text{з}}$ – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, приймають згідно з Додатком Б ДСТУ Б В.2.6-189:2013, і дорівнюють: $\alpha_{\text{в}} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$; $\alpha_{\text{з}} = 12 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$; δ_i – товщина i -го шару зовнішніх стін, м; $\lambda_{i \text{ п}}$ – розрахункова теплопровідність матеріалу i -го

шару зовнішніх стін в розрахункових умовах, Вт/(м·К), приймають згідно з Додатком А, для умов експлуатації «Б». Для теплоізоляційних виробів TERMOLIFE приймають за результатами випробувань, проведених акредитованою лабораторією. Результати випробувань наведені в таблиці 1.3

Отже, характеристики шарів стінової конструкції:

- $\delta_1 = 0,015$ м, $\lambda_1 = 0,93$ Вт/(м·К) – характеристики внутрішньої штукатурки;
- $\delta_2 = 0,25$ м, $\lambda_2 = 0,81$ Вт/(м·К) – характеристики цегляної кладки;
- $\delta_3 = 0,19$ м, $\lambda_3 = 0,044$ Вт/(м·К) – характеристики мінераловатних плит TERMOLIFE марки ТЛ Вент Фасад густиною 80 кг/м³.

Тоді,

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,015}{0,93} + \frac{0,25}{0,81} + \frac{0,19}{0,044} + \frac{1}{12} = 4,84 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Таблиця 1.3 – Розрахункові теплофізичні характеристики виробів теплоізоляційних з мінеральної вати на основі базальтового волокна TERMOLIFE

Ч.ч.	Характеристика в сухому стані			Розрахунковий вміст вологи за масою в умовах експлуатації w, %		Розрахункові характеристики в умовах експлуатації				
	густина ρ_0 , кг/м³	питома теплоємність c_0 , кДж/(кг·К)	теплопровідність λ_0 , Вт/(м·К)			теплопровідність λ_p , Вт/(м·К)		коефіцієнт теплозасвоєння s, Вт/(м²·К)		коефіцієнт паропро- никності μ , мг/(м·год·Па)
				А	Б	А	Б	А	Б	
1	35	0,84	0,033	0,5	1	0,041	0,045	0,30	0,32	0,55
2	80	0,84	0,033	0,5	1	0,040	0,044	0,45	0,47	0,49
3	145	0,84	0,036	0,5	1	0,041	0,045	0,60	0,63	0,35
4	190	0,84	0,038	0,5	1	0,043	0,049	0,72	0,76	0,32

1.2.3.3 Визначають характерні ділянки та типи теплопровідних включень.

На фрагменті, що розглядають присутні наступні теплопровідні включення, що відносяться до непрозорої огорожувальної конструкції:

- відкоси віконного прорізу в зоні надвіконної перемички, підвіконня, рядового примикання – лінійні елементи;
- дюбелі для кріплення мінераловатних плит – точкові елементи;
- несучі кронштейни для кріплення елементів підсистеми вентилязованого 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. Зведені результати наведені в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – 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	2,0	—	0,062	—
Віконний відкос в зоні підвіконня	2,0	—	0,041	—
Віконний відкос в зоні рядового примикання	3,0	—	0,053	—
Дюбелі для кріплення мінераловатних плит	—	110	—	0,005
Несучі кронштейни для кріплення елементів підсистеми вентилязованого фасаду	—	32	—	0,015

1.2.3.4 На підставі даних таблиці 1.4 визначають приведений опір теплопередачі зовнішніх стін згідно з формулою 3 ДСТУ Б В.2.6-189:2013:

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

$$= \frac{14,7}{\frac{14,7}{4,84} + 0,062 \cdot 2,0 + 0,041 \cdot 2,0 + 0,053 \cdot 3,0 + 110 \cdot 0,005 + 32 \cdot 0,015} = 3,31 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

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

1.2.4 Таким чином, мінімально необхідна товщина теплоізоляції стіни на основі кладки з глиняної цегли густиною 1800 кг/м³ товщиною 250 мм з мінераловатних плит TERMOLIFE марки ТЛ Вент Фасад густиною 80 кг/м³ становить 190 мм.

1.3 Приклад 3.

1.3.1 Вихідні дані

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/м³, теплоізоляційний шар передбачається влаштовувати з мінераловатних плит ROCKWOOL марки WENTIROCK Max комбінованої структури густиною 45 кг/м³ – внутрішній шар та 90 кг/м³ – зовнішній шар. Мінераловатні плити кріпляться до несучої стіни за допомогою пластикових дюбелів з металевим стрижнем. Кількість дюбелів з розрахунку 8 шт. на 1 м². 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 м × 7,2 м. На фрагменті наявні дві віконні

конструкції розмірами 1,5 м × 1,6 м. Загальна площа непрозорої частини фрагмента фасаду дорівнює 19,0 м². 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.

1.3.2 Нормативні вимоги

Згідно з ДБН В.2.6-31 мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі для непрозорих частин зовнішніх стін в II-й температурній зоні експлуатації України (м. Ужгород) становить $R_{q\ min} = 2,8\ \text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

1.3.3 Порядок розрахунку

1.3.3.1 Товщину теплоізоляційного шару приймають рівною 120 мм.

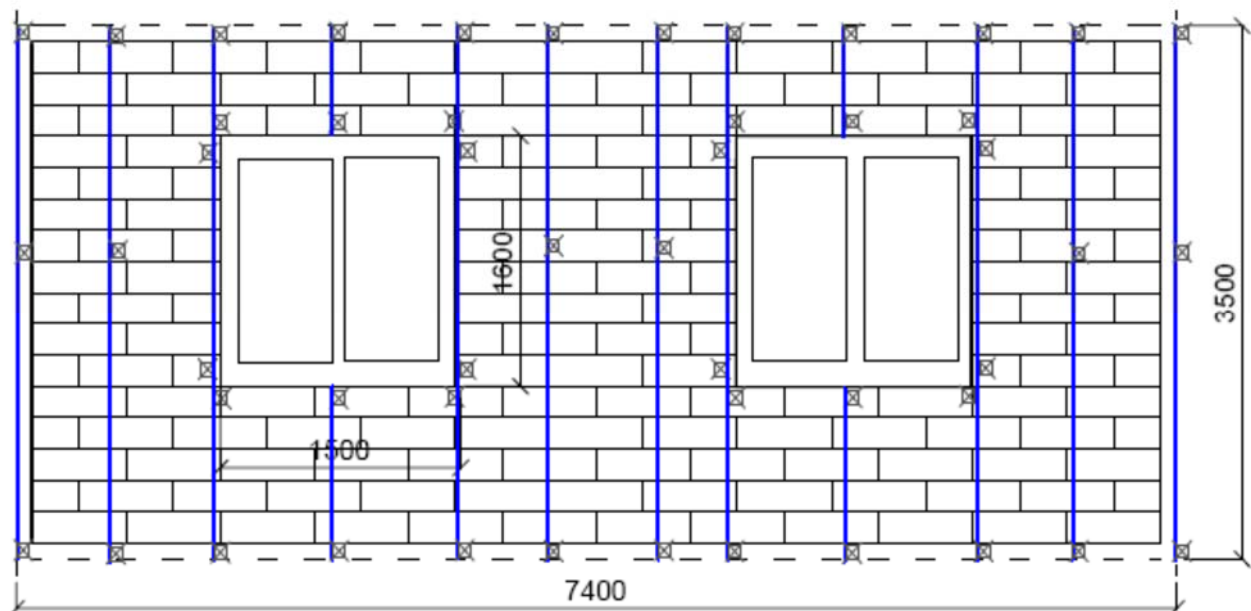


Рисунок 1.2 – Загальний вигляд фрагмента фасаду

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

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

де $\alpha_{\text{в}}$, $\alpha_{\text{з}}$ – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, Вт/(м²·К), приймають згідно з Додатком Б ДСТУ Б В.2.6-189:2013, і дорівнюють: $\alpha_{\text{в}} = 8,7$ Вт/(м²·К); $\alpha_{\text{з}} = 12$ Вт/(м²·К); δ_i – товщина i -го шару зовнішніх стін, м;

$\lambda_{i\text{р}}$ – розрахункова теплопровідність матеріалу i -го шару зовнішніх стін в розрахункових умовах, Вт/(м·К), 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.

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 _р , 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/м³	питома теплоємність c_0 , кДж/(кг·К)	теплопровідність λ_0 , Вт/(м·К)			теплопровідність λ_p , Вт/(м·К)		коефіцієнт теплозасвоєння s, Вт/(м²·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

Отже, характеристики шарів стінової конструкції:

- $\delta_1 = 0,015$ м, $\lambda_1 = 0,93$ Вт/(м·К) – характеристики внутрішньої штукатурки;
- $\delta_2 = 0,2$ м, $\lambda_2 = 0,3$ Вт/(м·К) – характеристики кладки з блоків з ніздрюватого бетону;
- $\delta_3 = 0,12$ м, $\lambda_3 = 0,039$ Вт/(м·К) – характеристики мінераловатних плит ROCKWOOL марки WENTIROCK Max комбінованої структури густиною 45 кг/м³ – внутрішній шар та 90 кг/м³ – зовнішній шар.

Тоді,

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,015}{0,93} + \frac{0,2}{0,3} + \frac{0,12}{0,039} + \frac{1}{12} = 3,95 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

1.3.3.3 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 вентильованого 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 вентильованого фасаду	—	24	—	0,015

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

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

$$= \frac{19,0}{\frac{19,0}{3,95} + 0,063 \cdot 3 + 0,032 \cdot 3 + 0,046 \cdot 6,4 + 152 \cdot 0,005 + 24 \cdot 0,015} = 2,92 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

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

1.3.4 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 120 мм.

1.4 Приклад 4

1.4.1 Вихідні дані

Для розрахунку обрано одноповерховий житловий будинок план якого наведено на рисунку 1.3. Зовнішні стіни будинку виконані на основі цегляної кладки густиною 1800 кг/м³ товщиною 380 мм з влаштуванням із зовнішньої сторони конструкцій з фасадною теплоізоляцією з індустріальним опорядженням та вентиляваним повітряним прошарком. Індустріальне опорядження кріпиться до несучої частини стіни через систему горизонтальних та вертикальних дерев'яних брусів, що розташовані з кроком 1 м. В якості теплоізоляції передбачається використовувати целюлозний утеплювач **Юнізол** густиною 65 кг/м³, що влаштовується методом «мокрого» напилення в проміжку між горизонтальними брусами. З внутрішньої сторони зовнішніх стін влаштовується цементно-піщана штукатурка товщиною 15 мм. Висота зовнішніх стін від рівня вимощення до скату даху – 3 м. Периметр будинку становить – 55 м. У зовнішніх стінах будинку наявні віконні та дверні прорізи з наступними геометричними характеристиками: вікна 0,91 м × 1,5 м – 3 од.; вікна 1,51 м × 1,5 м – 2 од.; вікна 0,8 м × 1,5 м – 2 од.; вікно 1,21 м × 1,5 м; двері 0,71 м × 2,65 м – 2 од. Загальна

площа віконних і дверних прорізів становить $16,6 \text{ м}^2$, загальна площа непрозорої частини зовнішніх стін – $148,4 \text{ м}^2$.

Кліматичні умови м. Львова.

Необхідно визначити мінімально допустиму товщину теплоізоляційного шару для забезпечення нормативних вимог ДБН В.2.6-31.

1.4.2 Нормативні вимоги

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

1.4.3 Порядок розрахунку

1.4.3.1 Товщину теплоізоляційного шару приймають рівною 200 мм.

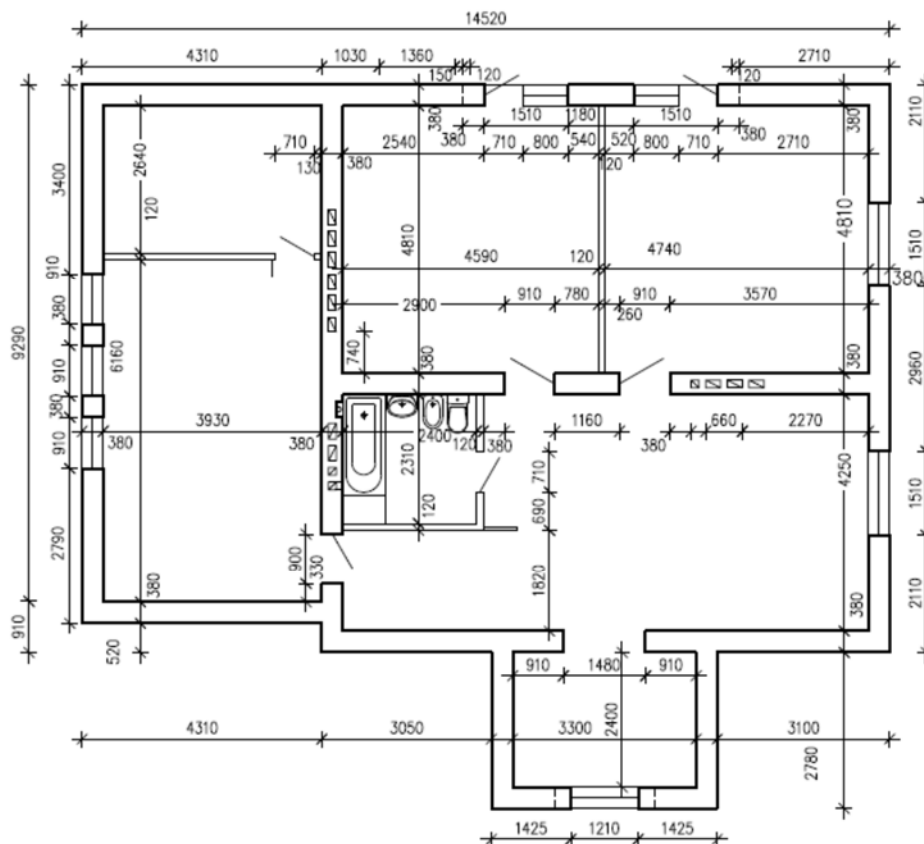


Рисунок 1.3 – План будинку, що розглядається

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

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

де $\alpha_{\text{в}}$, $\alpha_{\text{з}}$ – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, Вт/(м²·К), приймають згідно з Додатком Б ДСТУ Б В.2.6-189:2013, і дорівнюють: $\alpha_{\text{в}} = 8,7$ Вт/(м²·К); $\alpha_{\text{з}} = 12$ Вт/(м²·К); δ_i – товщина i -го шару зовнішніх стін, м; $\lambda_{i\text{р}}$ – розрахункова теплопровідність матеріалу i -го шару зовнішніх стін в розрахункових умовах, Вт/(м·К), приймають згідно з Додатком А, для умов експлуатації «Б». Для целюлозного утеплювача **Юнізол** приймають за результатами випробувань, проведених акредитованою лабораторією. Результати випробувань наведені в таблиці 1.8.

Таблиця 1.8 – Розрахункові теплофізичні характеристики целюлозного утеплювача Юнізол

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	35	0,84	0,039	14	20	0,045	0,048	0,41	0,45	0,35
2	50	0,84	0,039	14	21	0,048	0,052	0,50	0,57	0,34
3	65	0,84	0,041	15	22	0,052	0,056	0,60	0,68	0,34
4	100	0,84	0,056	16	24	0,066	0,070	0,85	0,97	0,33

Отже, характеристики шарів стінової конструкції:

- $\delta_1 = 0,015$ м, $\lambda_1 = 0,93$ Вт/(м·К) – характеристики внутрішньої штукатурки;
- $\delta_2 = 0,38$ м, $\lambda_2 = 0,81$ Вт/(м·К) – характеристики цегляної кладки;

– $\delta_3 = 0,2$ м, $\lambda_3 = 0,056$ Вт/(м·К) – характеристики целюлозного утеплювача **Юнізол** густиною 65 кг/м³.

Тоді,

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,015}{0,93} + \frac{0,38}{0,81} + \frac{0,2}{0,048} + \frac{1}{12} = 4,25 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

1.3.3.3 Визначають характерні ділянки та типи теплопровідних включень.

На фрагменті, що розглядають присутні наступні теплопровідні включення, що відносяться до непрозорої огорожувальної конструкції:

- відкоси віконного прорізу в зоні надвіконної перемички, підвіконня, рядового примикання – лінійні елементи;
- горизонтальні дерев'яні бруси для кріплення індустріального опорядження вентиляованого фасаду – лінійні елементи.

Для вищезазначених теплопровідних включень за проектними даними та даними Додатку Г ДСТУ Б В.2.6-189:2013 визначають кількісні показники та характеристики лінійних коефіцієнтів теплопередачі. Зведені результати наведені в таблиці 1.9.

Таблиця 1.9 – Теплопровідні включення та їх кількісне вираження

Найменування теплопровідного включення	Протяжність, м	Лінійний коефіцієнт теплопередачі, k , Вт/(м·К)
Віконний відкос в зоні перемички	9,98	0,062
Віконний відкос в зоні підвіконня	8,56	0,041
Віконний відкос в зоні рядового примикання	28,6	0,053
Горизонтальний дерев'яний брус	165	0,069

1.4.3.4 На підставі даних таблиці 1.9 визначають приведений опір теплопередачі зовнішніх стін згідно з формулою 3 ДСТУ Б В.2.6-189:2013:

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

$$= \frac{148,8}{\frac{132,3}{4,25} + 0,062 \cdot 9,98 + 0,041 \cdot 8,56 + 0,053 \cdot 28,6 + 0,069 \cdot 165} = 3,31 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

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

1.4.4 Таким чином, мінімально необхідна товщина теплоізоляції стін з цегляної кладки густиною 1800 кг/м³ товщиною 380 мм на основі целюлозного утеплювача **Юнізол** густиною 65 кг/м³ становить 200 мм.

ЗОВНІШНІ СТІНИ КАРКАСНОГО ТИПУ ДЛЯ ЖИТЛОВИХ ТА ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ НА ДЕРЕВ'ЯНОМУ КАРКАСІ

1.5 Приклад 1

1.5.1 Вихідні дані

Для розрахунку обрано фрагмент стінової конструкції на основі дерев'яного каркасу з фасадною теплоізоляцією з опорядженням профільованим листом з вентильованим повітряним прошарком в межах одного поверху. Теплоізоляційний шар передбачається влаштовувати з мінераловатних плит ISOVER марки Профі. Кліматичні умови м. Київ.

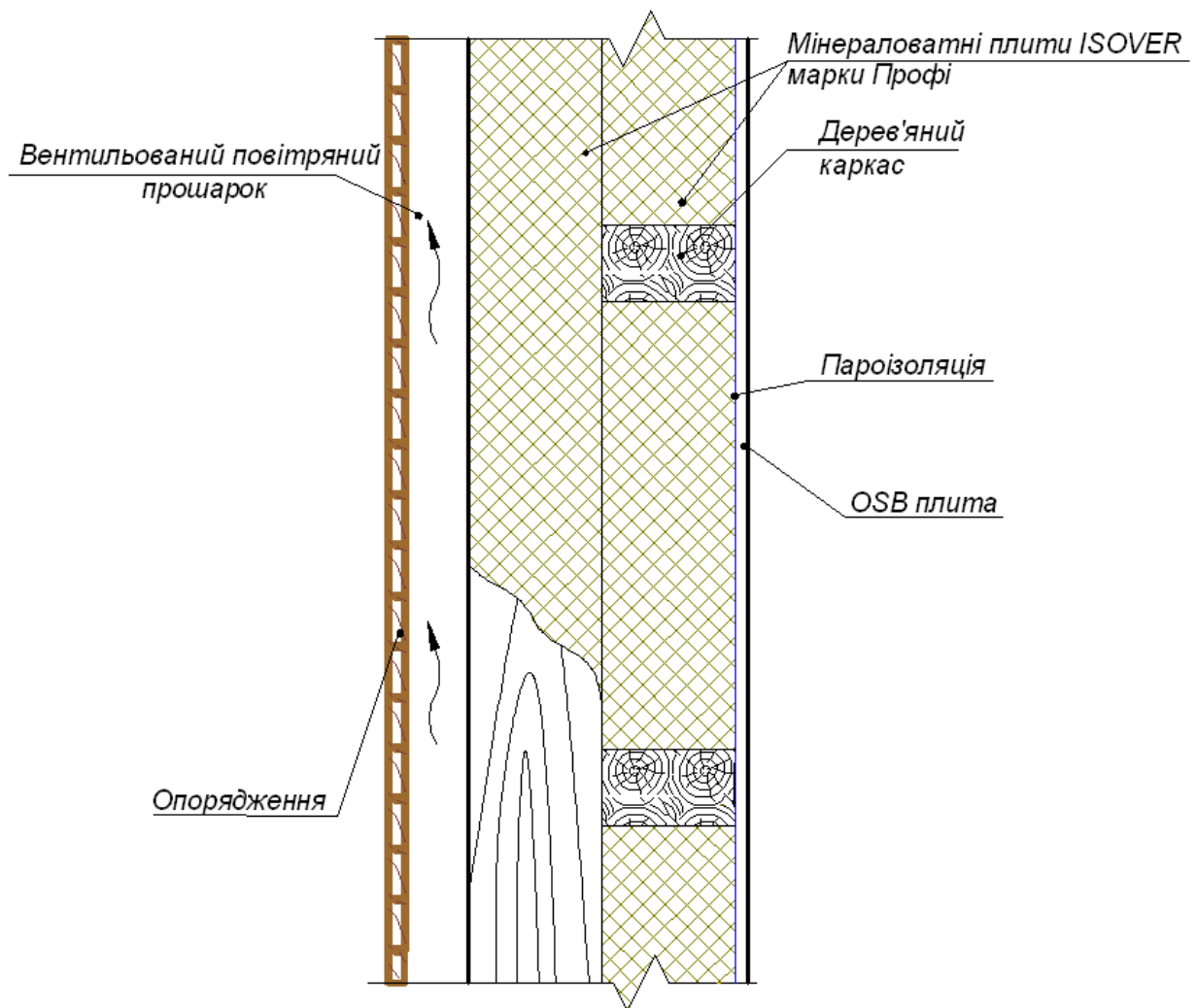


Рисунок 1.5.1—Переріз конструктивного рішення зовнішньої стіни на дерев'яному каркасі

В якості типового фрагменту розглядається рядова стінова каркасна панель розмірами 6,5 м × 2,5 м (висота × ширина), що по горизонталі та вертикалі примикає до аналогічних стінових панелей. Стінова панель має віконний проріз розмірами 1,5 м × 1,6 м.

Необхідно визначити мінімально допустиму товщину теплоізоляційного шару для забезпечення нормативних вимог ДБН В.2.6-31.

1.5.2 Нормативні вимоги

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

1.5.3 Порядок розрахунку

1.5.3.1 Товщину теплоізоляційного шару приймають рівною 200 мм.

1.5.3.2 Визначають опір теплопередачі зовнішніх стін згідно з ДСТУ Б В.2.6-189:2013:

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

де $\alpha_{\text{в}}$, α_3 – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, Вт/(м²·К), приймають згідно з Додатком БДСТУ Б В.2.6-189:2013, і дорівнюють: $\alpha_{\text{в}} = 8,7$ Вт/(м²·К); $\alpha_3 = 12$ Вт/(м²·К); δ_i – товщина i -го шару зовнішніх стін, м; $\lambda_{i\text{р}}$ – розрахункова теплопровідність матеріалу i -го шару зовнішніх стін в розрахункових умовах, Вт/(м·К), приймають згідно з Додатком А, для умов експлуатації «Б». Для теплоізоляційних виробів ISOVER приймають за результатами випробувань. Результати випробувань наведені в таблиці 1.10.

Таблиця 1.10 – Розрахункові теплофізичні характеристики виробів теплоізоляційних з мінеральної вати на основі скляного штапельного волокна ISOVER

Ч.ч.	Характеристика в сухому стані			Розрахунковий вміст вологи за масою в умовах експлуатації w , %		Розрахункові характеристики в умовах експлуатації				
	Марка, 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	14	0,84	0,037	0,5	1,5	0,049	0,050	0,21	0,22	0,60
2	15	0,84	0,037	0,5	1,5	0,049	0,050	0,21	0,22	0,60
3	11	0,84	0,040	0,5	1,5	0,054	0,055	0,20	0,20	0,71

Отже, характеристики шарів стінової конструкції:

- $\delta_2 = 0,02$ м, $\lambda_2 = 0,21$ Вт/(м·К) – характеристики плити OSB;
- $\delta_3 = 0,2$ м, $\lambda_3 = 0,05$ Вт/(м·К) – характеристики мінераловатних плит ISOVER марки Профі;

Тоді,

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,21} + \frac{0,15}{0,050} + \frac{0,05}{0,050} + \frac{1}{12} = 4,29 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

1.5.3.3 Визначають характерні ділянки та типи теплопровідних включень.

На фрагменті, що розглядають присутні наступні теплопровідні включення, що відносяться до непрозорої огорожувальної конструкції:

- відкоси віконного прорізу в зоні надвіконної перемички, підвіконня, рядового примикання – лінійні елементи;
- направляючі дерев'яні балки та обрешітка – лінійні 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 для товщини теплоізоляційного шару 200 мм. Зведені результати наведені в таблиці 1.11.

Таблиця 1.11 – 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	1,5	—	0,098	—
Віконний відкос в зоні підвіконня	1,5	—	0,043	—
Віконний відкос в зоні рядового примикання	3,2	—	0,101	—
Дерев'яні балки	14,7	—	0,041	—
Дерев'яна обрешітка	13,3	—	0,022	—

1.5.3.4 На підставі даних таблиці 1.11 визначають приведений опір теплопередачі зовнішніх стін згідно з ДСТУ Б В.2.6-189:2013:

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

$$= \frac{13,85}{\frac{11,8}{4,29} + 14,7 \cdot 0,041 + 13,3 \cdot 0,022 + 0,098 \cdot 1,5 + 0,043 \cdot 1,5 + 0,101 \cdot 3,2} = 3,31 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

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

1.5.4 Таким чином, мінімально необхідна товщина теплоізоляції стінової конструкції на основі дерев'яного каркасу з мінераловатних плит ISOVER марки Профі становить 200 мм.

2 КОНСТРУКЦІЇ ЗОВНІШНІХ СТІН З ОПОРЯДЖЕННЯМ ШТУКАТУРКАМИ

2.1 Приклад 1

2.1.1 Вихідні дані.

Для розрахунку обрано типовий фрагмент конструкції з фасадною теплоізоляцією з опорядженням штукатурками в межах одного поверху житлового будинку. По вертикалі фрагмент обмежений несучими панелями будинку, по горизонталі – плитами перекриття. Несуча частина стіни виконана на основі керамзитобетонних панелей заводського виготовлення товщиною 300 мм, густиною 1000 кг/м^3 , теплоізоляційний шар передбачається влаштовувати з мінераловатних плит PAROC марки FAS-4 густиною 110 кг/м^3 . Мінераловатні плити кріпляться до несучої стіни за допомогою клейового шару та пластикових дюбелів з пластиковим стрижнем. Кількість дюбелів з розрахунку 8 шт. на 1 м^2 . З внутрішньої сторони зовнішніх стін влаштовується вирівнююча цементно-піщана штукатурка товщиною 15 мм. Із зовнішньої сторони по мінераловатним плитам влаштовується опоряджувальна штукатурка густиною 1300 кг/м^3 товщиною 10 мм. Висота поверху 3 м, відстань в осях між несучими панелями 3,6 м. Розміри фрагмента фасаду, що розглядається, становлять $2,7 \text{ м} \times 3,44 \text{ м}$. Розміри віконного прорізу $1,5 \text{ м} \times 1,5 \text{ м}$. Загальна площа непрозорої частини фрагмента фасаду дорівнює $7,04 \text{ м}^2$.

Кліматичні умови м. Києва.

Необхідно визначити мінімально допустиму товщину теплоізоляційного шару для забезпечення нормативних вимог ДБН В.2.6-31.

2.1.2 Нормативні вимоги.

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

2.1.3 Порядок розрахунку.

2.1.3.1 Товщину теплоізоляційного шару приймають рівною 150 мм.

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

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

де $\alpha_{\text{в}}$, $\alpha_{\text{з}}$ – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, Вт/(м²·К), приймають згідно з Додатком Б ДСТУ Б В.2.6-189:2013, і дорівнюють: $\alpha_{\text{в}} = 8,7$ Вт/(м²·К); $\alpha_{\text{з}} = 23$ Вт/(м²·К); δ_i – товщина i -го шару зовнішніх стін, м; $\lambda_{i\text{р}}$ – розрахункова теплопровідність матеріалу i -го шару зовнішніх стін в розрахункових умовах, Вт/(м·К), приймають згідно з Додатком А, для умов експлуатації «Б». Для теплоізоляційних виробів PAROC приймають за результатами випробувань, проведених акредитованою лабораторією. Результати випробувань наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Розрахункові теплофізичні характеристики виробів теплоізоляційних з мінеральної вати на основі базальтового волокна PAROC

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	30	0,84	0,037	0,5	1	0,044	0,045	0,29	0,30	0,55
2	50	0,84	0,036	0,5	1	0,041	0,042	0,36	0,37	0,52
3	70	0,84	0,034	0,5	1	0,037	0,039	0,40	0,42	0,50
4	110	0,84	0,036	0,5	1	0,040	0,042	0,53	0,54	0,45
5	190	0,84	0,037	0,5	1	0,043	0,045	0,72	0,74	0,34

Отже, характеристики шарів стінової конструкції:

- $\delta_1 = 0,015$ м, $\lambda_1 = 0,93$ Вт/(м·К) – характеристики внутрішньої штукатурки;
- $\delta_2 = 0,3$ м, $\lambda_2 = 0,41$ Вт/(м·К) – характеристики керамзитобетонних панелей;
- $\delta_3 = 0,15$ м, $\lambda_3 = 0,042$ Вт/(м·К) – характеристики мінераловатних плит PAROC марки FAS-4 густиною 110 кг/м³;
- $\delta_4 = 0,01$ м, $\lambda_4 = 0,6$ Вт/(м·К) – характеристики зовнішньої опоряджувальної штукатурки.

Тоді,

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,015}{0,93} + \frac{0,3}{0,41} + \frac{0,15}{0,042} + \frac{0,01}{0,6} + \frac{1}{23} = 4,49 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

2.1.3.3 Визначають характерні ділянки та типи теплопровідних включень.

На фрагменті, що розглядається, присутні наступні теплопровідні включення, що відносяться до непрозорої огорожувальної конструкції:

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

Для вказаних 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. Зведені дані наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – 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	1,5	—	0,081	—
Віконний відкос в зоні підвіконня	1,5	—	0,064	—
Віконний відкос в зоні рядового примикання	3,0	—	0,071	—
Дюбелі для кріплення мінераловатних плит	—	60	—	0,0015

2.1.3.4 На підставі даних таблиці 2.2 визначають приведений опір теплопередачі зовнішніх стін згідно з формулою 3 ДСТУ Б В.2.6-189:2013:

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

$$= \frac{7,04}{\frac{7,04}{4,49} + 0,081 \cdot 1,5 + 0,064 \cdot 1,5 + 0,071 \cdot 3,0 + 60 \cdot 0,0015} = 3,37 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

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

2.2.4 Таким чином, мінімально необхідна товщина теплоізоляції стіни на основі керамзитобетонних панелей заводського виготовлення товщиною 300 мм, густиною 1000 кг/м³ з мінераловатних плит PAROC марки FAS-4 густиною 110 кг/м³ становить 150 мм.

2.2 Приклад 2

2.2.1 Вихідні дані.

Житловий одноповерховий будинок зовнішні стіни якого виконані на основі конструкції з фасадною теплоізоляцією з опорядженням штукатурками. Несуча частина стіни виконана на основі кладки з цегли глиняної звичайної густиною 1800 кг/м³ товщиною 380 мм, теплоізоляційний шар передбачається влаштовувати з мінераловатних плит ТЕХНО марки ТЕХНОФАС густиною 145 кг/м³. Мінераловатні плити кріпляться до несучої стіни за допомогою клейового шару та пластикових дюбелів з пластиковим стрижнем. Кількість дюбелів з розрахунку 8 шт. на 1 м². З внутрішньої сторони зовнішніх стін влаштовується вирівнююча цементно-піщана штукатурка товщиною 15 мм. Із зовнішньої сторони по мінераловатним плитам влаштовується опоряджувальна штукатурка густиною 1600 кг/м³ товщиною 10 мм. Висота будинку від відмітки підлоги до верхньої відмітки стелі становить 3,5 м. Розміри будівлі 8,0 м × 10 м в плані по

внутрішньому обміру. По фасаді будинку передбачено влаштування наступних конструкцій:

- вхідної двері розмірами 1,0 м × 2,2 м;
- віконних конструкцій розмірами 2,0 м × 1,8 м у кількості 4 од.;
- віконних конструкцій розмірами 1,5 м × 1,8 м у кількості 3 од.;
- світлопрозорої фасадної системи розмірами 4 м × 3,5 м.

Загальна площа непрозорої частини фасаду дорівнює 87,3 м².

Кліматичні умови м. Одеса.

Необхідно визначити мінімально допустиму товщину теплоізоляційного шару для забезпечення нормативних вимог ДБН В.2.6-31.

2.2.2 Нормативні вимоги.

Згідно з ДБН В.2.6-31 мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі для непрозорих частин зовнішніх стін в II-й температурній зоні експлуатації України (м. Одеса) становить $R_{q \min} = 2,8 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

2.2.3 Порядок розрахунку.

2.2.3.1 Товщину теплоізоляційного шару приймають рівною 150 мм.

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

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

де $\alpha_{\text{в}}$, $\alpha_{\text{з}}$ – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, Вт/(м²·К), приймають згідно з Додатком Б ДСТУ Б В.2.6-189:2013, і дорівнюють: $\alpha_{\text{в}} = 8,7 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$; $\alpha_{\text{з}} = 23 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$; δ_i – товщина i -го шару зовнішніх стін, м; $\lambda_{i \text{ п}}$ – розрахункова теплопровідність матеріалу i -го

шару зовнішніх стін в розрахункових умовах, Вт/(м·К), приймають згідно з Додатком А, для умов експлуатації «Б». Для теплоізоляційних виробів ТЕХНО приймають за результатами випробувань, проведених акредитованою лабораторією. Результати випробувань наведені в таблиці 1.1.

Отже, характеристики шарів стінової конструкції:

- $\delta_1 = 0,015$ м, $\lambda_1 = 0,93$ Вт/(м·К) – характеристики внутрішньої штукатурки;
- $\delta_2 = 0,38$ м, $\lambda_2 = 0,81$ Вт/(м·К) – характеристики цегляної кладки;
- $\delta_3 = 0,15$ м, $\lambda_3 = 0,045$ Вт/(м·К) – характеристики мінераловатних плит ТЕХНО марки ТЕХНОФАС густиною 145 кг/м³;
- $\delta_4 = 0,01$ м, $\lambda_4 = 0,7$ Вт/(м·К) – характеристики зовнішньої опоряджувальної штукатурки.

Тоді,

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,015}{0,93} + \frac{0,38}{0,81} + \frac{0,15}{0,045} + \frac{0,01}{0,7} + \frac{1}{23} = 3,99 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

2.2.3.3 Визначають характерні ділянки та типи теплопровідних включень.

На фрагменті, що розглядається, присутні наступні теплопровідні включення, що відносяться до непрозорої огорожувальної конструкції:

- відкоси дверного прорізу в зоні перемички та рядового примикання – лінійні елементи;
- відкоси віконних прорізів в зоні надвіконної перемички, підвіконня, рядового примикання – лінійні елементи;
- відкоси світлопрозорої фасадної системи в зоні рядового примикання – лінійні елементи;
- дюбелі для кріплення мінераловатних плит – точкові елементи.

Для вказаних 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. Зведені дані наведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – 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,
Дверний відкос в зоні перемички	1,0	—	0,081	—
Дверний відкос в зоні рядового примикання	4,4	—	0,071	—
Віконний відкос в зоні перемички	12,5	—	0,081	—
Віконний відкос в зоні підвіконня	12,5	—	0,064	—
Віконний відкос в зоні рядового примикання	25,2	—	0,071	—
Відкос світлопрозорого фасаду в зоні рядового примикання	7,0	—	0,071	—
Дюбелі для кріплення мінераловатних плит	—	700	—	0,0015

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

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

$$= \frac{87,3}{\frac{87,3}{3,99} + 0,081 \cdot (1 + 12,5) + 0,071 \cdot (4,4 + 25,2 + 7) + 0,064 \cdot 12,5 + 700 \cdot 0,0015} = 3,18 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Встановлена величина значно перевищує нормативні вимоги ДБН В.2.6-31.

В даному випадку мінімальну товщину теплоізоляційного шару визначають наступним чином.

2.2.3.5 Визначають коефіцієнт термічної однорідності, r , за формулою:

$$r = \frac{R_{\Sigma \text{ пр}}}{R_{\Sigma}} \quad (2.1)$$

який становить $r = 3,18 / 3,99 = 0,80$.

2.2.3.6 Мінімальну товщину теплоізоляції визначають за формулою:

$$\delta_{\min} = \left(\frac{R_{q \min}}{r} - \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{i p}} - \frac{1}{\alpha_b} - \frac{1}{\alpha_n} \right) \cdot \lambda_{y t p} \quad (2.2)$$

де α_b, α_n – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, Вт/(м²·К); δ_i – товщина i -го шару зовнішніх стін окрім теплоізоляційного, м; $\lambda_{i p}$ – розрахункова теплопровідність матеріалу i -го шару зовнішніх стін окрім теплоізоляційного, Вт/(м·К).

$R_{q \min}$ – мінімально допустиме значення опору теплопередачі стінової конструкції, м² ·К/Вт; $\lambda_{y t p}$ – розрахункова теплопровідність теплоізоляційного матеріалу, Вт/(м·К).

Тоді,

$$\delta_{\min} = \left(\frac{2,8}{0,80} - \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,015}{0,93} + \frac{0,38}{0,81} + \frac{0,01}{0,7} + \frac{1}{23} \right) \right) \cdot 0,045 = 0,128 \text{ м}$$

Приймають товщину більшу за отриману з наявного ряду типових розмірів. Для мінераловатних плит ТЕХНО марки ТЕХНОФАС це – 130 мм.

2.2.4 Таким чином, мінімально необхідна товщина теплоізоляції стіни на основі кладки з цегли глиняної звичайної густиною 1800 кг/м³ товщиною 380 мм з мінераловатних плит ТЕХНО марки ТЕХНОФАС густиною 145 кг/м³ становить 130 мм.

2.3 Приклад 3

2.3.1 Вихідні дані.

Будівля дитячого дошкільного закладу двоповерхова зовнішні стіни якої виконані на основі конструкції з фасадною теплоізоляцією з опорядженням штукатуркою. Несуча частина стіни виконана на основі кладки з цегли силікатної на цементно-піщаному розчині густиною 1800 кг/м³ товщиною 380 мм, теплоізоляційний шар передбачається влаштовувати з мінераловатних плит ROCKWOOL марки Frontrock Max E комбінованої структури густиною 94 кг/м³ –

внутрішній шар та 180 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. Висота поверху 3,0 м, розміри в осях між повздовжніми несучими стінами будинку 10 м. Розміри фрагмента фасаду, що розглядається, становлять $2,7 \text{ м} \times 9,8 \text{ м}$. На фрагменті наявні дві віконні конструкції розмірами $2,51 \text{ м} \times 1,5 \text{ м}$. Загальна площа непрозорої частини фрагмента фасаду дорівнює $19,8 \text{ м}^2$.

Кліматичні умови м. Полтава.

Необхідно визначити мінімально допустиму товщину теплоізоляційного шару для забезпечення нормативних вимог ДБН В.2.6-31.

2.3.2 Нормативні вимоги.

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

2.3.3 Порядок розрахунку.

2.3.3.1 Товщину теплоізоляційного шару приймають рівною 180 мм.

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

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

де $\alpha_{\text{в}}$, $\alpha_{\text{з}}$ – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, приймають згідно з Додатком Б ДСТУ Б В.2.6-189:2013, і дорівнюють: $\alpha_{\text{в}} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$; $\alpha_{\text{з}} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$; δ_i – товщина i -го шару зовнішніх стін, м; $\lambda_{i \text{ п}}$ – розрахункова теплопровідність матеріалу i -го шару зовнішніх стін в розрахункових умовах, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$, приймають згідно з

Додатком А, для умов експлуатації «Б». Для теплоізоляційних виробів ROCKWOOL приймають за результатами випробувань, проведених акредитованою лабораторією. Результати випробувань наведені в таблиці 1.2.

Отже, характеристики шарів стінової конструкції:

- $\delta_1 = 0,015$ м, $\lambda_1 = 0,93$ Вт/(м·К) – характеристики внутрішньої штукатурки;
- $\delta_2 = 0,38$ м, $\lambda_2 = 0,87$ Вт/(м·К) – характеристики цегляної кладки;
- $\delta_3 = 0,18$ м, $\lambda_3 = 0,040$ Вт/(м·К) – характеристики мінераловатних плит ROCKWOOL марки Frontrock Max E комбінованої структури густиною 80 кг/м³ – внутрішній шар та 150 кг/м³ – зовнішній шар.
- $\delta_4 = 0,01$ м, $\lambda_4 = 0,7$ Вт/(м·К) – характеристики зовнішньої опоряджувальної штукатурки.

Тоді,

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,015}{0,93} + \frac{0,38}{0,87} + \frac{0,18}{0,040} + \frac{0,01}{0,7} + \frac{1}{23} = 5,13 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

2.3.3.3 Визначають характерні ділянки та типи теплопровідних включень.

На фрагменті, що розглядається, 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.

Для вказаних 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. Зведені дані наведені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.4 – 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	5,02	—	0,080	—
Віконний відкос в зоні підвіконня	5,02	—	0,068	—
Віконний відкос в зоні рядового примикання	6,0	—	0,073	—
Дюбелі для кріплення мінераловатних плит	—	160	—	0,005

2.3.3.4 На підставі даних таблиці 2.5 визначають приведений опір теплопередачі зовнішніх стін згідно з формулою 3 ДСТУ Б В.2.6-189:2013:

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

$$= \frac{19,8}{\frac{19,8}{5,13} + 0,08 \cdot 5,02 + 0,068 \cdot 5,02 + 0,073 \cdot 6 + 160 \cdot 0,005} = 3,39 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

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

2.3.4 Таким чином, мінімально необхідна товщина теплоізоляції стіни на основі кладки з цегли силікатної на цементно-піщаному розчині густиною 1800 кг/м³ товщиною 380 мм з мінераловатних плит ROCKWOOL марки Frontrock Max E становить 180 мм.

2.4 Приклад 4

2.4.1 Вихідні дані.

Двоповерховий житловий будинок, зовнішні стіни якого виконані на основі конструкції з фасадною теплоізоляцією з опорядженням штукатурками. Несуча частина стіни виконана на основі кладки з блоків з ніздрюватого бетону марки

D500 товщиною 300 мм, теплоізоляційний шар передбачається влаштовувати на основі розчину теплоізоляційної штукатурки ТЕПЛОВЕР Light густиною 320 кг/м³. З внутрішньої сторони зовнішніх стін влаштовується цементно-піщана штукатурка товщиною 15 мм, з зовнішньої сторони – декоративна полімер цементна штукатурка під фарбування товщиною 3 мм. Розміри фрагмента фасаду, що розглядається, становлять 3,5 м × 11,0 м. На фрагменті наявні дві віконні конструкції розмірами 1,8 м × 2,0 м. Загальна площа непрозорої частини фрагмента фасаду дорівнює 31,1 м².

Кліматичні умови м. Севастополь.

Необхідно визначити мінімально допустиму товщину теплоізоляційного шару для забезпечення нормативних вимог ДБН В.2.6-31.

2.4.2 Нормативні вимоги.

Згідно з ДБН В.2.6-31 мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі для непрозорих частин зовнішніх стін в II-й температурній зоні експлуатації України (м. Севастополь) становить $R_{q\ min} = 2,8\ \text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

2.4.3 Порядок розрахунку.

2.4.3.1 Товщину теплоізоляційного шару приймають рівною 100 мм.

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

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

де $\alpha_{\text{в}}$, $\alpha_{\text{з}}$ – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, Вт/(м²·К), приймають згідно з Додатком Б ДСТУ Б В.2.6-189:2013, і дорівнюють: $\alpha_{\text{в}} = 8,7\ \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$; $\alpha_{\text{з}} = 23\ \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$; δ_i – товщина i -го шару зовнішніх стін, м; $\lambda_{i\ \text{р}}$ – розрахункова теплопровідність матеріалу i -го шару зовнішніх стін в розрахункових умовах, Вт/(м·К), приймають згідно з

Додатком А, для умов експлуатації «Б». Для теплоізоляційних розчинів ТЕПЛОВЕР приймають за результатами випробувань, проведених акредитованою лабораторією. Результати випробувань наведені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Розрахункові теплофізичні характеристики розчинів теплоізоляційних на основі перліту та вермікулиту Тепловер™

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)	теплопро- відність λ ₀ , Вт/(м·К)			теплопровід- ність λ _p , Вт/(м·К)		коефіцієнт теплзасво- єння s, Вт/(м ² ·К)		коефіцієнт паропро- никності μ , мг/(м·год·Па)
				А	Б	А	Б	А	Б	А, Б
1	320	0,84	0,076	5	8,5	0,091	0,095	1,49	1,63	0,1
2	330	0,84	0,080	7,5	11,5	0,096	0,104	1,63	1,82	0,09
3	370	0,84	0,096	3,5	7,0	0,107	0,115	1,69	1,87	0,07
4	450	0,84	0,106	6,5	11	0,13	0,14	2,14	2,44	0,07

Отже, характеристики шарів стінової конструкції:

- $\delta_1 = 0,015 \text{ м}, \lambda_1 = 0,93 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ – характеристики внутрішньої штукатурки;
- $\delta_2 = 0,3 \text{ м}, \lambda_2 = 0,16 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ – характеристики кладки з блоків з ніздрюватого бетону марки D500;
- $\delta_3 = 0,1 \text{ м}, \lambda_3 = 0,095 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ – характеристики розчину теплоізоляційної штукатурки ТЕПЛОВЕР Light.
- $\delta_4 = 0,003 \text{ м}, \lambda_4 = 0,7 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ – характеристики зовнішньої опоряджувальної штукатурки.

Тоді,

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,015}{0,93} + \frac{0,3}{0,16} + \frac{0,1}{0,095} + \frac{0,003}{0,7} + \frac{1}{23} = 3,11 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

2.4.3.3 Визначають характерні ділянки та типи теплопровідних включень.

На фрагменті, що розглядають, присутні лише лінійні теплопровідні включення, що відносяться до непрозорої огорожувальної конструкції, – відкоси віконних прорізів. Для вказаних теплопровідних включень за проектними даними та даними Додатку Г ДСТУ Б В.2.6-189:2013 визначають кількісні показники лінійних коефіцієнтів теплопередачі шляхом інтерполяції наведених даних для товщини теплоізоляційного шару 100 мм. Зведені дані наведені в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Теплопровідні включення та їх кількісне вираження

Найменування теплопровідного включення	Протяжність, м	Лінійний коефіцієнт теплопередачі, k , Вт/(м·К)
Віконний відкос в зоні перемички	4	0,081
Віконний відкос в зоні підвіконня	4	0,056
Віконний відкос в зоні рядового примикання	7,2	0,066

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

$$R_{\Sigma \text{ пр}} = \frac{F_{\Sigma}}{\sum_{i=1}^I \frac{F_i}{R_{\Sigma i}} + \sum_{j=1}^J k_j L_j + \sum_{k=1}^K \psi_k N_k} = \frac{31,3}{\frac{31,3}{3,11} + 0,081 \cdot 4 + 0,056 \cdot 4 + 0,066 \cdot 7,2} = 2,82 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

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

2.4.4 Таким чином, мінімально необхідна товщина теплоізоляції стіни на основі кладки з блоків з ніздрюватого бетону марки D500 товщиною 300 мм з розчину теплоізоляційної штукатурки ТЕПЛОВЕР Light густиною 320 кг/м³ становить 100 мм.

2.5 Приклад 5

2.5.1 Вихідні дані.

Житловий одноповерховий будинок зовнішні стіни якого виконані з фасадною теплоізоляцією з опорядженням штукатурками. Несуча частина стіни

виконана на основі кладки з цегли глиняної звичайної густиною 1800 кг/м³ товщиною 250 мм, теплоізоляційний шар передбачається влаштовувати з спіненого полістиролу EPS (ПСБ-С-25) ПП «Євробуд»^{ТМ} густиною 22 кг/м³. Пінополістирольні плити кріпляться до несучої стіни за допомогою клейового шару та пластикових дюбелів з пластиковим стрижнем. Кількість дюбелів з розрахунку 6 шт. на 1 м². З внутрішньої сторони зовнішніх стін влаштовується вирівнююча цементно-піщана штукатурка товщиною 15 мм. Із зовнішньої сторони по плитам утеплювача влаштовується опоряджувальна тонкошарова декоративно-захисна штукатурка густиною 1600 кг/м³ товщиною 5 мм. Висота поверху 3 м. Розміри фрагмента фасаду, що розглядається, становлять 2,68 м × 4,5 м. Розміри віконного прорізу 1,5 м × 1,5 м. Загальна площа непрозорої частини фрагмента фасаду дорівнює 9,81 м².

Кліматичні умови м. Івано-Франківськ.

Необхідно визначити мінімально допустиму товщину теплоізоляційного шару для забезпечення нормативних вимог ДБН В.2.6-31.

2.5.2 Нормативні вимоги.

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

2.5.3 Порядок розрахунку.

2.5.3.1 Товщину теплоізоляційного шару приймають рівною 120 мм.

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

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

де α_v , α_z – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, Вт/(м²·К), приймають згідно з Додатком Б ДСТУ Б В.2.6-189:2013, і дорівнюють: $\alpha_v = 8,7$ Вт/(м²·К); $\alpha_z = 23$ Вт/(м²·К); δ_i – товщина i -го шару зовнішніх стін, м; λ_{ip} – розрахункова теплопровідність матеріалу i -го шару зовнішніх стін в розрахункових умовах, Вт/(м·К), приймають згідно з Додатком А, для умов експлуатації «Б». Для теплоізоляційних виробів EPS (ПСБ-С-25) ПП «Євробуд»^{ТМ} приймають за результатами випробувань, проведених акредитованою лабораторією. Результати випробувань наведені в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Розрахункові теплофізичні характеристики виробів теплоізоляційних зі спіненого полістиролу EPS (ПСБ-С-25) ПП «Євробуд»^{ТМ}

Ч.ч.	Характеристика в сухому стані			Розрахунковий вміст вологи за масою в умовах експлуатації		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	
1	22	1,34	0,035	0,5	1	0,037	0,037	0,28	0,28	0,05

Отже, характеристики шарів стінової конструкції:

- $\delta_1 = 0,015$ м, $\lambda_1 = 0,93$ Вт/(м·К) – характеристики внутрішньої штукатурки;
- $\delta_2 = 0,25$ м, $\lambda_2 = 0,81$ Вт/(м·К) – характеристики цегляної кладки;
- $\delta_3 = 0,12$ м, $\lambda_3 = 0,037$ Вт/(м·К) – характеристики спіненого полістиролу EPS (ПСБ-С-25) густиною 22 кг/м³;
- $\delta_4 = 0,005$ м, $\lambda_4 = 0,7$ Вт/(м·К) – характеристики зовнішньої опоряджувальної штукатурки.

Тоді,

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,015}{0,93} + \frac{0,25}{0,81} + \frac{0,12}{0,037} + \frac{0,005}{0,7} + \frac{1}{23} = 3,73 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

2.5.3.3 Визначають характерні ділянки та типи теплопровідних включень.

На фрагменті, що розглядається, присутні наступні теплопровідні включення, що відносяться до непрозорої огорожувальної конструкції:

- відкоси віконного прорізу в зоні надвіконної перемички, підвіконня, рядового примикання – лінійні елементи;
- дюбелі для кріплення пінополістирольних плит – точкові елементи.

Для вказаних 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. Зведені дані наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.8 – 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	1,5	—	0,081	—
Віконний відкос в зоні підвіконня	1,5	—	0,059	—
Віконний відкос в зоні рядового примикання	3,0	—	0,068	—
Дюбелі для кріплення мінераловатних плит	—	60	—	0,0015

2.5.3.4 На підставі даних таблиці 2.8 визначають приведений опір теплопередачі зовнішніх стін згідно з формулою 3 ДСТУ Б В.2.6-189:2013:

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

$$= \frac{9,81}{\frac{9,81}{3,73} + 0,081 \cdot 1,5 + 0,059 \cdot 1,5 + 0,068 \cdot 3,0 + 60 \cdot 0,0015} = 3,13 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Встановлена величина не відповідає нормативним вимогам ДБН В.2.6-31. В даному випадку мінімальну товщину теплоізоляційного шару визначають за формулами (2.1), (2.2) наступним чином.

2.5.3.5 Встановлюють коефіцієнт термічної однорідності, r , за формулою Ж.1 ДСТУ Б В.2.6-189:2013:

$$r = \frac{R_{\Sigma \text{ пр}}}{R_{\Sigma}} = \frac{3,13}{3,73} = 0,84.$$

2.5.3.6 Встановлюють мінімальну товщину теплоізоляції за формулою Ж.2 ДСТУ Б В.2.6-189:2013:

$$\delta_{\min} = \left(\frac{R_{q \min}}{r} - \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{i \text{ п}}} - \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} - \frac{1}{\alpha_{\text{н}}} \right) \cdot \lambda_{\text{утр}} =$$

$$= \left(\frac{3,3}{0,84} - \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,015}{0,93} + \frac{0,25}{0,81} + \frac{0,005}{0,7} + \frac{1}{23} \right) \right) \cdot 0,037 = 0,127 \text{ м}$$

Приймають товщину більшу за отриману з наявного ряду типових розмірів. Для спіненого полістиролу EPS (ПСБ-С-25) це – 130 мм.

2.5.4.7 Таким чином, мінімально необхідна товщина теплоізоляції стіни з кладки з цегли глиняної звичайної густиною 1800 кг/м³ товщиною 250 мм на основі спіненого полістиролу EPS (ПСБ-С-25) густиною 22 кг/м³ становить 130 мм.

3. КОНСТРУКЦІЙ ЗОВНІШНІХ СТІН З ОПОРЯДЖЕННЯМ ЦЕГЛОЮ

3.1 Приклад 1

3.1.1 Вихідні дані

Для розрахунку обрано типовий фрагмент конструкції з фасадною теплоізоляцією з опорядженням цеглою в межах одного поверху. По вертикалі фрагмент обмежений несучими поперечними стінами будинку, по горизонталі – плитами перекриття. Несуча частина стіни виконана на основі цегляної кладки густиною 1800 кг/м^3 товщиною 380 мм, теплоізоляційний шар передбачається влаштовувати з мінераловатних плит TERMOLIFE марки ТЛ Кавити густиною 45 кг/м^3 . З внутрішньої сторони зовнішніх стін влаштовується цементно-піщана штукатурка товщиною 15 мм. Кладка опоряджувальної цегли влаштовується з утворенням слабовентильованого повітряного прошарку товщиною 20 мм між зовнішнім шаром теплоізоляційних плит та опоряджувальною цеглою. Кладка виконується на основі керамічної лицьової цегли густиною 1000 кг/м^3 та з'єднується з несучою частиною стіни за допомогою анкерів. В якості анкерів використовуються гнучкі металеві зв'язки з оцинкованої сталі у вигляді Z-подібних стрижнів діаметром 5 мм із розрахунку 5 шт. на 1 м^2 . Мінераловатні плити кріпляться до несучої стіни за допомогою притискних шайб, що присутні на гнучких зв'язках, та, додатково, пластиковими дюбелями з пластиковим стрижнем. Кількість дюбелів з розрахунку 3 шт. на 1 м^2 . Висота поверху 3,3 м, розміри в осях між поперечними несучими стінами 5,0 м. Розміри фрагмента фасаду, що розглядається, становлять $3,0 \text{ м} \times 4,8 \text{ м}$. Площа віконного прорізу $1,3 \text{ м} \times 1,4 \text{ м}$. Загальна площа непрозорої частини фрагмента фасаду дорівнює $12,6 \text{ м}^2$.

Кліматичні умови м. Запоріжжя.

Необхідно визначити мінімально допустиму товщину теплоізоляційного шару для забезпечення нормативних вимог ДБН В.2.6-31.

3.1.2 Нормативні вимоги

Згідно з ДБН В.2.6-31 мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі для непрозорих частин зовнішніх стін в II-й температурній зоні експлуатації України (м. Запоріжжя) становить $R_{q\ min} = 2,8\ \text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

3.1.3 Порядок розрахунку

3.1.3.1 Товщину теплоізоляційного шару приймають рівною 150 мм.

3.1.3.2 Визначають опір теплопередачі зовнішніх стін згідно з формулою (2):

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

де $\alpha_{\text{в}}$, $\alpha_{\text{з}}$ – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, приймають згідно з Додатком Б ДСТУ Б В.2.6-189:2013, і дорівнюють: $\alpha_{\text{в}} = 8,7\ \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$; $\alpha_{\text{з}} = 12\ \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$; δ_i – товщина i -го шару зовнішніх стін, м; $\lambda_{i\ \text{р}}$ – розрахункова теплопровідність матеріалу i -го шару зовнішніх стін в розрахункових умовах, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$, приймають згідно з Додатком А, для умов експлуатації «Б». Для теплоізоляційних виробів TERMOLIFE приймають за результатами випробувань, проведених акредитованою лабораторією. Результати випробувань наведені в таблиці 1.4.

Отже, характеристики шарів стінової конструкції:

- $\delta_1 = 0,015\ \text{м}$, $\lambda_1 = 0,93\ \text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ – характеристики внутрішньої штукатурки;
- $\delta_2 = 0,38\ \text{м}$, $\lambda_2 = 0,81\ \text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ – характеристики цегляної кладки;
- $\delta_3 = 0,15\ \text{м}$, $\lambda_3 = 0,045\ \text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ – характеристики мінераловатних плит TERMOLIFE марки ТЛ Кавити густиною $45\ \text{кг}/\text{м}^3$, отримані шляхом інтерполяції даних, наведених в таблиці 1.4;

Тоді,

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,015}{0,93} + \frac{0,38}{0,81} + \frac{0,15}{0,045} + \frac{1}{12} = 4,02 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

3.1.3.3 Визначають характерні ділянки та типи теплопровідних включень.

На фрагменті, що розглядають присутні наступні теплопровідні включення, що відносяться до непрозорої огорожувальної конструкції:

- відкоси віконного прорізу в зоні надвіконної перемички, підвіконня, рядового примикання – лінійні елементи;
- дюбелі для кріплення мінераловатних плит – точкові елементи;
- анкери для кріплення шару опоряджувальної цегли – 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. Зведені результати наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – 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	1,3	—	0,063	—
Віконний відкос в зоні підвіконня	1,3	—	0,035	—
Віконний відкос в зоні рядового примикання	2,8	—	0,049	—
Дюбелі для кріплення мінераловатних плит	—	40	—	0,0015
Анкери для кріплення шару опоряджувальної цегли	—	65	—	0,018

3.1.3.4 На підставі даних таблиці 3.1 визначають приведений опір теплопередачі зовнішніх стін згідно з формулою 3 ДСТУ Б В.2.6-189:2013:

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

$$= \frac{12,6}{\frac{12,6}{4,02} + 0,063 \cdot 1,3 + 0,035 \cdot 1,3 + 0,049 \cdot 2,8 + 40 \cdot 0,0015 + 65 \cdot 0,018} = 2,72 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Встановлена величина не відповідає нормативним вимогам ДБН В.2.6-31. В даному випадку мінімальну товщину теплоізоляційного шару визначають за формулами (2.1), (2.2) наступним чином.

3.1.3.5 Встановлюють коефіцієнт термічної однорідності, r , за формулою (2.1):

$$r = \frac{R_{\Sigma \text{ пр}}}{R_{\Sigma}} = \frac{2,72}{4,02} = 0,68.$$

3.1.3.6 Встановлюють мінімальну товщину теплоізоляції за формулою (2.2):

$$\delta_{\min} = \left(\frac{R_{q \min}}{r} - \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{i \text{ п}}} - \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} - \frac{1}{\alpha_{\text{н}}} \right) \cdot \lambda_{\text{утр}} = \left(\frac{2,8}{0,68} - \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,015}{0,93} + \frac{0,38}{0,81} + \frac{1}{12} \right) \right) \cdot 0,045 = 0,154 \text{ м}$$

Приймають товщину більшу за отриману з наявного ряду типових розмірів. Для мінераловатних плит TERMOLIFE марки ТЛ Кавити це – 160 мм.

3.1.4 Таким чином, мінімально необхідна товщина теплоізоляції стіни на основі цегляної кладки густиною 1800 кг/м³ товщиною 380 мм з мінераловатних плит TERMOLIFE марки ТЛ Кавити густиною 45 кг/м³ становить 160 мм.

3.2 Приклад 2

3.2.1 Вихідні дані

Для розрахунку обрано типовий фрагмент конструкції з фасадною теплоізоляцією з опорядженням цеглою в межах одного поверху, що детально описаний в 3.1. з наступними відмінностями:

- несуча частина стіни виконана на основі кладки з блоків з ніздрюватого бетону марки D500 товщиною 250 мм;

- теплоізоляційний шар передбачається влаштовувати з мінераловатних плит ROCKWOOL марки ROCKTON густиною 50 кг/м³;
- кладка опоряджувальної цегли виконується на основі керамічної лицьової цегли густиною 1300 кг/м³.

Кліматичні умови м. Дніпропетровськ.

Необхідно визначити мінімально допустиму товщину теплоізоляційного шару для забезпечення нормативних вимог ДБН В.2.6-31.

3.2.2 Нормативні вимоги

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

3.2.3 Порядок розрахунку

3.2.3.1 Товщину теплоізоляційного шару приймають рівною 150 мм.

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

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

де $\alpha_{\text{в}}$, α_3 – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, Вт/(м²·К), приймають згідно з Додатком Б ДСТУ Б В.2.6-189:2013, і дорівнюють: $\alpha_{\text{в}} = 8,7\ \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$; $\alpha_3 = 23\ \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$; δ_i – товщина i -го шару зовнішніх стін, м; $\lambda_{i\ \text{р}}$ – розрахункова теплопровідність матеріалу i -го шару зовнішніх стін в розрахункових умовах, Вт/(м·К), приймають згідно з Додатком А, для умов експлуатації «Б». Для теплоізоляційних виробів ROCKWOOL приймають за результатами випробувань, проведених акредитованою лабораторією. Результати випробувань наведені в таблиці 1.1.

Отже, характеристики шарів стінової конструкції:

- $\delta_1 = 0,015$ м, $\lambda_1 = 0,115$ Вт/(м·К) – характеристики внутрішньої штукатурки;
- $\delta_2 = 0,25$ м, $\lambda_2 = 0,16$ Вт/(м·К) – характеристики кладки з блоків з ніздрюватого бетону;
- $\delta_3 = 0,15$ м, $\lambda_3 = 0,041$ Вт/(м·К) – характеристики мінераловатних плит ROCKWOOL марки ROCKTON густиною 50 кг/м³, отримані шляхом інтерполяції даних, наведених в таблиці 1.1;

Тоді,

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,015}{0,115} + \frac{0,25}{0,16} + \frac{0,15}{0,041} + \frac{1}{23} = 5,51 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

3.2.3.3 Визначають характерні ділянки та типи теплопровідних включень.

На фрагменті, що розглядають присутні наступні теплопровідні включення, що відносяться до непрозорої огорожувальної конструкції:

- відкоси віконного прорізу в зоні надвіконної перемички, підвіконня, рядового примикання – лінійні елементи;
- дюбелі для кріплення мінераловатних плит – точкові елементи;
- анкери для кріплення шару опоряджувальної цегли – 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 шляхом інтерполяції наведених даних для товщини теплоізоляційного шару 150 мм. Зведені результати наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – 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	1,3	—	0,063	—
Віконний відкос в зоні підвіконня	1,3	—	0,035	—

Продовження таблиці 3.2

Віконний відкос в зоні рядового примикання	2,8	—	0,049	—
Дюбелі для кріплення мінераловатних плит	—	40	—	0,0015
Анкери для кріплення шару опоряджувальної цегли	—	65	—	0,018

3.2.3.4 На підставі даних таблиці 3.1 визначають приведений опір теплопередачі зовнішніх стін згідно з формулою 3 ДСТУ Б В.2.6-189:2013:

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

$$= \frac{12,6}{\frac{12,6}{5,51} + 0,063 \cdot 1,3 + 0,035 \cdot 1,3 + 0,049 \cdot 2,8 + 40 \cdot 0,0015 + 65 \cdot 0,018} = 3,33 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

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

3.2.4 Таким чином, мінімально необхідна товщина теплоізоляції стіни на основі кладки з блоків з ніздрюватого бетону марки D500 товщиною 250 мм з мінераловатних плит ROCKWOOL марки ROCKTON густиною 50 кг/м³ становить 150 мм.

4. ОДНОШАРОВІ ЗОВНІШНІ СТІНИ НА ОСНОВІ БЛОКІВ З НІЗДРЮВАТОГО БЕТОНУ АВТОКЛАВНОГО ТВЕРДНЕННЯ

4.1 Вихідні дані

Для розрахунку обрано типовий фрагмент одношарової зовнішньої стіни на основі блоків з ніздрюватого бетону автоклавного тверднення багатоповерхового монолітно-каркасного житлового будинку. По вертикалі фрагмент обмежений несучими залізобетонними колонами будинку, по горизонталі – монолітними плитами перекриття. Зовнішні стіни розглядаються одношаровими на основі кладки на клею з блоків з ніздрюватого бетону автоклавного тверднення. В розрахунку розглядаються блоки марки D400. З внутрішньої та зовнішньої сторони кладка опоряджена шаром штукатурки товщиною 5 мм кожний. Загальний вигляд конструктивного рішення зовнішньої стіни наведений на рисунку 4.1. Висота поверху 3,0 м, розміри в осях між колонами 6,0 м. Розміри фрагмента фасаду, що розглядається, становлять 5,7 м × 2,8 м. Площа віконного прорізу 1,3 м × 1,5 м. Віконний проріз обмежений кладкою з блоків (в нижній та бокових частинах) та монолітним перекриттям (у верхній частині). Загальна площа непрозорої частини фрагмента фасаду дорівнює 14,0 м².

Необхідно визначити мінімально допустиму товщину теплоізоляційного шару для забезпечення нормативних вимог ДБН В.2.6-31 для I-ої та II-ої зони експлуатації України.

4.2 Нормативні вимоги

Згідно з ДБН В.2.6-31 мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі для непрозорих частин зовнішніх стін становить:

- в I-й температурній зоні $R_{q\ min} = 3,3\ \text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$;
- в II-й температурній зоні $R_{q\ min} = 2,8\ \text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

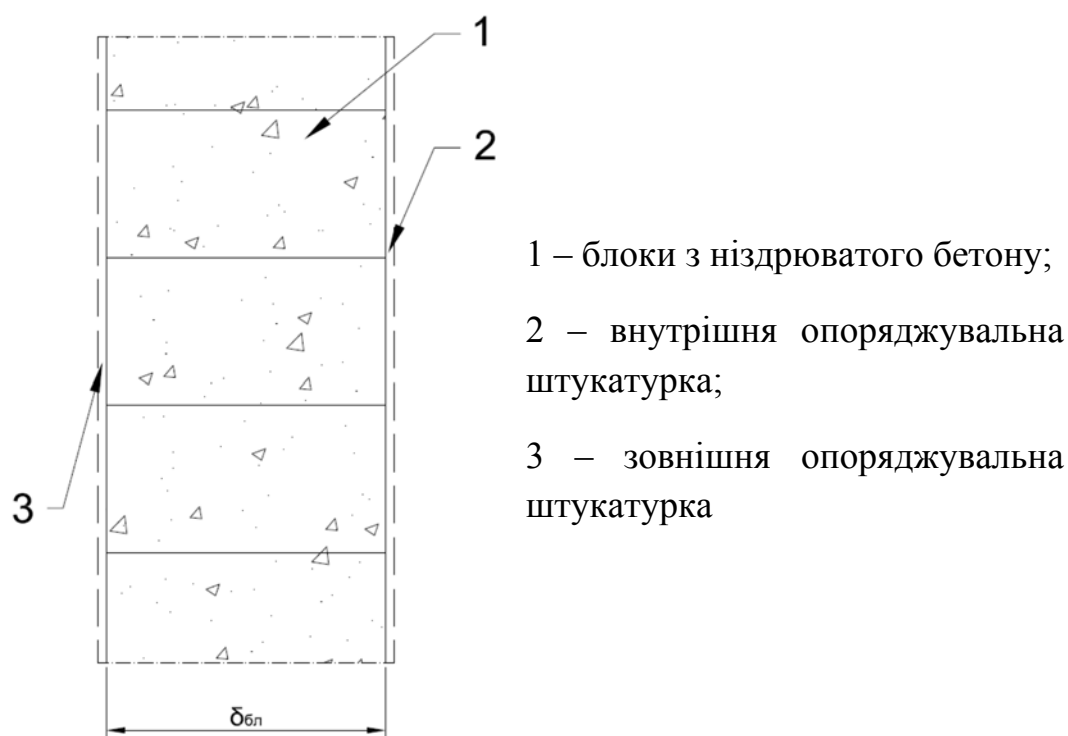


Рисунок 4.1 – Загальний вигляд конструктивного рішення зовнішньої стіни

4.3 Порядок розрахунку

4.3.1 Товщину кладки з блоків з ніздрюватого бетону приймають рівною 375 мм.

4.3.2 Опір теплопередачі зовнішніх стін визначають на підставі результатів випробувань, проведених акредитованою лабораторією. Результати випробувань кладки на клею з блоків з ніздрюватого бетону автоклавного тверднення марки D400 наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Опір теплопередачі одношарових зовнішніх стін на основі блоків з ніздрюватого бетону автоклавного тверднення

Ч.ч.	Марка блоків	Виробник блоків	Товщина блоків, мм	Опір теплопередачі кладки з блоків, $\text{м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$
1	D400	ТОВ «Аерок»	375	3,31
2		ТОВ «ЮДК»		3,32
3		ТОВ «Орієнтір-Буделемент»		3,36
4		ТОВ «Аерок»	300	2,67
5		ТОВ «ЮДК»		2,59

4.3.3 Визначають характерні ділянки та типи теплопровідних включень.

На фрагменті, що розглядають, присутні лише лінійні теплопровідні включення, що відносяться до непрозорої огорожувальної конструкції, – відкоси віконних прорізів в зоні підвіконня та рядового примикання. Для вказаних теплопровідних включень за проектними даними та даними Додатку Г ДСТУ Б В.2.6-189:2013 визначають кількісні показники лінійних коефіцієнтів теплопередачі шляхом інтерполяції наведених даних для товщини кладки 375 мм. Зведені дані наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Теплопровідні включення та їх кількісне вираження

Найменування теплопровідного включення	Протяжність, м	Лінійний коефіцієнт теплопередачі, k , $\text{Вт} / (\text{м} \cdot \text{К})$
Віконний відкос в зоні підвіконня	1,3	0,078
Віконний відкос в зоні рядового примикання	3,0	0,063

4.3.4 На підставі даних таблиці 4.2 визначають приведений опір теплопередачі зовнішніх стін згідно з формулою (3):

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

В результаті розрахунків за вказаною формулою, приведений опір теплопередачі зовнішніх стін на основі блоків кожного виробника, що зазначений в таблиці 4.1 становить $R_{\Sigma \text{ пр}} = 3,1 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

Встановлене значення не відповідає нормативним вимогам ДБН В.2.6-31 для I-ої температурної зони експлуатації України та перевищує нормативні вимоги для II-ої температурної зони. В даному випадку мінімально необхідну товщину зовнішніх одношарових стін на основі кладки з блоків з ніздрюватого бетону визначають наступним чином.

4.3.5 Встановлюють коефіцієнт термічної однорідності, r , за формулою 2.1. Для усіх матеріалів, що розглядаються, $r = 0,94$.

4.3.6 Встановлюють мінімально необхідний опір теплопередачі кладки з блоків для відповідності нормативним вимогам зовнішньої стіни на її основі з приведеного опору теплопередачі. Відповідно ця величина становить:

- для I-ої температурної зони $R_{q \text{ min}} / r = 3,3/0,94 = 3,51 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$;
- для II-ої температурної зони $R_{q \text{ min}} / r = 2,8/0,94 = 2,98 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

За даними таблиці 4.1 шляхом інтерполяції визначають мінімальну товщину блоків для яких опір теплопередачі кладки відповідає визначеній умові. Відповідно, для усіх наведених виробників дана товщина становить 400 мм – для I-ої температурної зони та 340 мм – для II-ої температурної зони.

4.4 Таким чином, мінімально необхідна товщина блоків з ніздрюватого бетону автоклавного тверднення марки D400 для одношарових зовнішніх стін становить:

- для I-ої температурної зони експлуатації – 400 мм;
- для II-ої температурної зони експлуатації – 340 мм.

5. КОНСТРУКЦІЇ ПОКРИТТЯ

5.1 Приклади визначення необхідної товщини теплоізоляції традиційного суміщеного покриття

5.1.1 Приклад 1.

5.1.1.1 Вихідні дані

Для розрахунку обрано типовий фрагмент конструкції суміщеного покриття п'ятиповерхового житлового будинку по залізобетонному покриттю. В якості теплоізоляційного шару передбачається влаштовувати мінераловатні плити PAROC марок ROS 30 густиною 100 кг/м^3 – внутрішній шар та ROB 60 густиною 190 кг/м^3 – зовнішній шар. Поверх теплоізоляційних плит влаштовується покрівельний килим на основі трьох шарів з руберойду, що наплавляється загальною товщиною 10 мм. Основою під конструкцію покрівлі є залізобетонні плити товщиною 220 мм. Загальний вигляд конструктивного рішення покриття наведений на рисунку 5.1.

Кліматичні умови м. Сімферополь.

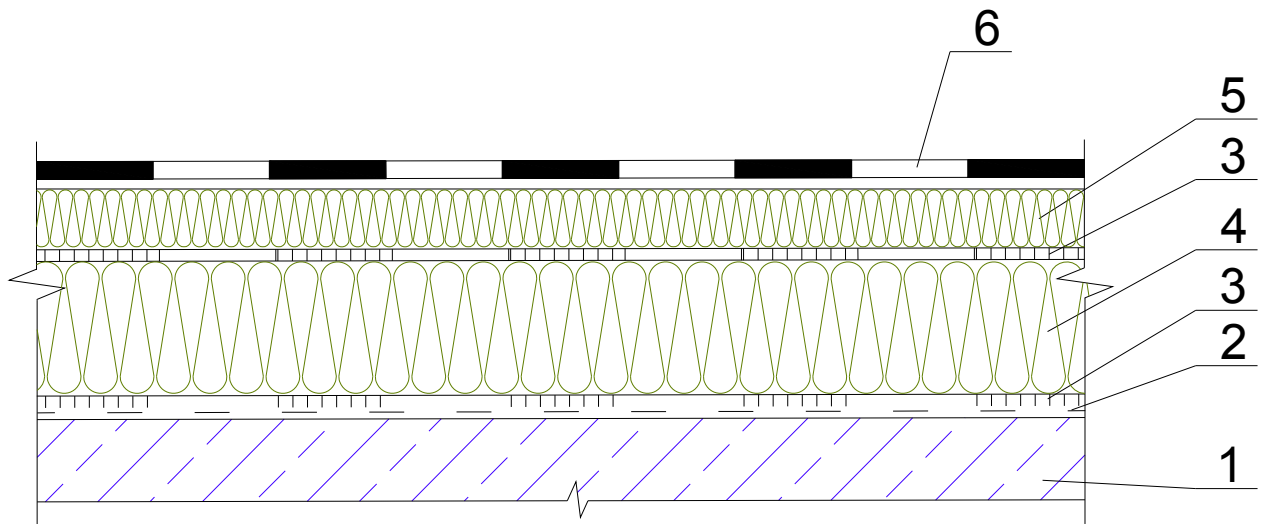
Необхідно визначити мінімально допустиму товщину теплоізоляційного шару для забезпечення нормативних вимог ДБН В.2.6-31.

5.1.1.2 Нормативні вимоги

Згідно з ДБН В.2.6-31 мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі для суміщеного покриття житлового будинку в II-й температурній зоні експлуатації України (м. Сімферополь) становить $R_{q \min} = 4,9 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

5.1.1.3 Порядок розрахунку

5.1.1.3.1 Розрахунок проводиться для двох варіантів влаштування верхнього шару теплоізоляції покрівлі на основі мінераловатних плит PAROC марки ROB 60 – 20 мм та 30 мм.



- 1 – залізобетонна плита покриття;
- 2 – пароізоляційна плівка;
- 3 – клейовий шар на основі бітума для приклеювання мініраловатних плит;
- 4 – мініраловатні плити PAROC марки ROS 30 – внутрішній шар;
- 5 – мініраловатні плити PAROC марки ROB 60 – зовнішній шар;
- 6 – гідроізоляція на основі руберойду;

Рисунок 5.1 – Загальний вигляд конструктивного рішення покриття

5.1.1.3.2 Мінімальну товщину теплоізоляції огорожувальної конструкції, що не містить в своєму складі теплопровідних включень визначають за формулою:

$$\delta_{\min} = \left(R_{q \min} - \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{i \text{ p}}} - \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} - \frac{1}{\alpha_{\text{н}}} \right) \cdot \lambda_{\text{утр}} \quad (5.1)$$

де $\alpha_{\text{в}}$, $\alpha_{\text{н}}$ – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, Вт/(м²·К);

δ_i – товщина i -го шару огорожувальної конструкції окрім теплоізоляційного, м;

$\lambda_{i \text{ p}}$ – розрахункова теплопровідність матеріалу i -го шару огорожувальної конструкції окрім теплоізоляційного, Вт/(м·К).

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

$\lambda_{\text{утр}}$ – розрахункова теплопровідність теплоізоляційного матеріалу, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$.

5.1.1.3.3 Розрахункову теплопровідність матеріалів приймають згідно з Додатком А ДСТУ Б В.2.6-189:2013, для умов експлуатації «Б». Для теплоізоляційних виробів PAROC приймають за результатами випробувань, проведених акредитованою лабораторією. Результати випробувань наведені в таблиці 2.1.

Тоді:

- коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, $\alpha_{\text{в}}$, $\alpha_{\text{з}}$, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, приймають згідно з Додатком Б ДСТУ Б В.2.6-189:2013, і дорівнюють: $\alpha_{\text{в}} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$; $\alpha_{\text{з}} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;
- $\delta_1 = 0,22 \text{ м}$, $\lambda_1 = 2,04 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ – характеристики залізобетонний плити покриття;
- $\delta_2 = 0,01 \text{ м}$, $\lambda_2 = 0,17 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ – характеристики руберойду;
- $\lambda_3 = 0,045 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ – характеристики мінераловатних плит PAROC марки ROB 60 густиною $190 \text{ кг}/\text{м}^3$.
- $\lambda_{\text{утр}} = 0,041 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ – характеристики мінераловатних плит PAROC марки ROS 30 густиною $100 \text{ кг}/\text{м}^3$, отримані шляхом інтерполяції даних, наведених в таблиці 2.1.

На підставі встановлених даних:

- для варіанту виконання верхнього шару теплоізоляції покрівлі на основі мінераловатних плит PAROC марки ROB 60 товщиною 20 мм

$$\delta_{\min} = \left(R_{q \min} - \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{i \text{ п}}} - \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} - \frac{1}{\alpha_{\text{н}}} \right) \times \lambda_{\text{утр}} = \left(4,9 - \frac{0,22}{2,04} - \frac{0,02}{0,045} - \frac{0,01}{0,17} - \frac{1}{8,7} - \frac{1}{23} \right) \cdot 0,041 = 0,169 \text{ м}$$

- для варіанту виконання верхнього шару теплоізоляції покрівлі на основі мінераловатних плит PAROC марки ROB 60 товщиною 30 мм

$$\delta_{\min} = \left(4,9 - \frac{0,22}{2,04} - \frac{0,03}{0,045} - \frac{0,01}{0,17} - \frac{1}{8,7} - \frac{1}{23} \right) \cdot 0,041 = 0,160 \text{ м}$$

Приймають товщину більшу за отриману з наявного ряду типових розмірів. Для мінераловатних плит PAROC марок ROS 30 це – 170 мм або 160 мм.

5.1.1.4 Таким чином, мінімально необхідна сумарна товщина теплоізоляційного шару з мінераловатних плит PAROC марок ROS 30 густиною 100 кг/м³ – внутрішній шар та ROB 60 густиною 190 кг/м³ – зовнішній шар по залізобетонному перекриттю товщиною 220 мм становить 190 мм. Дана необхідна товщина теплоізоляційного шару забезпечується влаштуванням мінераловатних плит у двох варіантах:

- 20 мм мінераловатних плит PAROC марки ROB 60 + 170 мм мінераловатних плити PAROC марки ROS 30;

- 30 мм мінераловатних плит PAROC марки ROB 60 + 160 мм мінераловатних плити PAROC марки ROS 30.

5.1.2 Приклад 2.

5.1.2.1 Вихідні дані

Для розрахунку обрано типовий фрагмент конструкції суміщеного покриття громадського будинку по профільованому настилу. В якості теплоізоляційного шару передбачається влаштовувати мінераловатні плити IZOVAT марок Izovat 100 густиною 100 кг/м³ – внутрішній шар та Izovat 180 густиною 180 кг/м³ – зовнішній шар. Поверх теплоізоляційних плит влаштовується покрівельний килим з шару руберойду товщиною 2 мм. Загальний вигляд конструктивного рішення покриття аналогічний наведеному на рисунку 5.2.

Кліматичні умови м. Житомир.

Необхідно визначити мінімально допустиму товщину теплоізоляційного шару для забезпечення нормативних вимог ДБН В.2.6-31.

5.1.2.2 Нормативні вимоги

Згідно з ДБН В.2.6-31 мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі для суміщеного покриття житлового будинку в І-й температурній зоні експлуатації України (м. Житомир) становить $R_{q \min} = 5,35 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

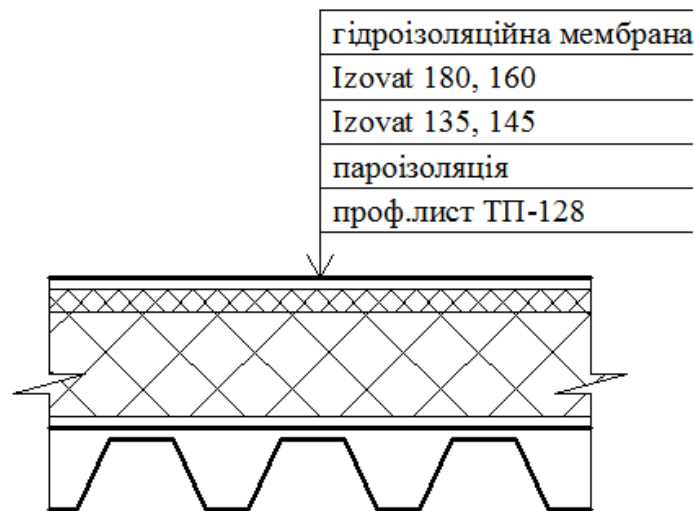


Рисунок 5.2 – Загальний вигляд конструктивного рішення покриття

5.1.2.3 Порядок розрахунку

5.1.2.3.1 Розрахунок проводиться для двох варіантів влаштування верхнього шару теплоізоляції покрівлі на основі мінераловатних плит IZOVAT марки Izovat 180 – 30 мм, 40 мм та 50 мм.

5.1.2.3.2 Мінімальну товщину теплоізоляції огорожувальної конструкції, що не містить в своєму складі теплопровідних включень визначають за формулою (5.1):

$$\delta_{\min} = \left(R_{q \min} - \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{i \text{ п}}} - \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} - \frac{1}{\alpha_{\text{н}}} \right) \cdot \lambda_{\text{утр}}$$

5.1.2.3.3 Розрахункову теплопровідність матеріалів приймають згідно з Додатком А ДСТУ Б В.2.6-189:2013, для умов експлуатації «Б». Для

теплоізоляційних виробів IZOVAT теплопровідність приймають за результатами випробувань, проведених акредитованою лабораторією. Відповідні результати наведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Розрахункові теплофізичні характеристики виробів теплоізоляційних з мінеральної вати IZOVAT

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 теплосвоєння s, Вт/(м ² ·К)		коефіцієнт паропро- никності μ , мг/(м·год·Па)
				А	Б	А	Б	А	Б	А, Б
1	80	0,84	0,032	0,5	1	0,037	0,041	0,43	0,46	0,48
2	100	0,84	0,035	0,5	1	0,039	0,042	0,50	0,52	0,47
3	145	0,84	0,034	0,5	1	0,041	0,045	0,61	0,65	0,38
4	180	0,84	0,035	0,5	1	0,043	0,047	0,70	0,74	0,34

Тоді:

- коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, α_v, α_z , Вт/(м²·К), приймають згідно з Додатком Б ДСТУ Б В.2.6-189:2013, і дорівнюють: $\alpha_v = 8,7$ Вт/(м²·К); $\alpha_z = 23$ Вт/(м²·К);
- $\delta_2 = 0,002$ м, $\lambda_2 = 0,17$ Вт/(м·К) – характеристики руберойду;
- $\lambda_3 = 0,047$ Вт/(м·К) – характеристики мінераловатних плит IZOVAT марки Izovat 180 густиною 180 кг/м³;
- $\lambda_{утр} = 0,042$ Вт/(м·К) – характеристики мінераловатних плит IZOVAT марки Izovat 100 густиною 100 кг/м³.

На підставі встановлених даних:

- для варіанту виконання верхнього шару теплоізоляції покрівлі на основі мінераловатних плит IZOVAT марки Izovat 180 товщиною 30 мм

$$\delta_{\min} = \left(R_{q \min} - \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{i p}} - \frac{1}{\alpha_b} - \frac{1}{\alpha_n} \right) \times \lambda_{y p} = \left(5,35 - \frac{0,03}{0,047} - \frac{0,002}{0,17} - \frac{1}{8,7} - \frac{1}{23} \right) \cdot 0,042 = 0,191 \text{ м}$$

- для варіанту виконання верхнього шару теплоізоляції покрівлі на основі мінераловатних плит IZOVAT марки Izovat 180 товщиною 40 мм

$$\delta_{\min} = \left(5,35 - \frac{0,04}{0,047} - \frac{0,002}{0,17} - \frac{1}{8,7} - \frac{1}{23} \right) \cdot 0,042 = 0,182 \text{ м}$$

- для варіанту виконання верхнього шару теплоізоляції покрівлі на основі мінераловатних плит IZOVAT марки Izovat 180 товщиною 50 мм

$$\delta_{\min} = \left(5,35 - \frac{0,05}{0,047} - \frac{0,002}{0,17} - \frac{1}{8,7} - \frac{1}{23} \right) \cdot 0,042 = 0,173 \text{ м}$$

Приймають товщину більшу за отриману з наявного ряду типових розмірів. Для мінераловатних плит IZOVAT марок Izovat 100 це – 200 мм, 190 мм або 180 мм.

5.1.2.4 Таким чином, мінімально необхідна сумарна товщина теплоізоляційного шару з мінераловатних плит IZOVAT марок Izovat 100 густиною 100 кг/м³ – внутрішній шар та Izovat 180 густиною 180 кг/м³ – зовнішній шар по профільованому настилу становить 230 мм. Дана необхідна товщина теплоізоляційного шару забезпечується влаштуванням мінераловатних плит у двох варіантах:

- 30 мм мінераловатних плит IZOVAT марки Izovat 180 + 200 мм мінераловатних плити IZOVAT марки Izovat 100;

- 40 мм мінераловатних плит IZOVAT марки Izovat 180 + 190 мм мінераловатних плити IZOVAT марки Izovat 100;

- 50 мм мінераловатних плит IZOVAT марки Izovat 180 + 180 мм мінераловатних плити IZOVAT марки Izovat 100;

5.1.3 Приклад 3.

5.1.3.1 Вихідні дані

Для розрахунку обрано типовий фрагмент конструкції суміщеного покриття промислової будівлі по профільованому настилу. Промислова будівля з нормальним згідно з ДБН В.2.6-31 режимом експлуатації. В якості теплоізоляційного шару покриття передбачається влаштовувати мінераловатні плити ТЕХНО марок ТЕХНОРУФ Н 30 густиною 115 кг/м^3 – внутрішній шар та ТЕХНОРУФ В 60 густиною 180 кг/м^3 – зовнішній шар. Поверх теплоізоляційних плит влаштовується покрівельний килим на основі ПВХ мембрани. Загальний вигляд конструктивного рішення покриття наведений на рисунку 5.3.

Кліматичні умови м. Києва.

Необхідно визначити мінімально допустиму товщину теплоізоляційного шару для забезпечення нормативних вимог ДБН В.2.6-31.

5.1.3.2 Нормативні вимоги

Згідно з ДБН В.2.6-31 мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі для суміщеного покриття промислової будівлі з нормальним режимом експлуатації та конструкцією покрівлі з тепловою інерцією $D < 1,5$ в І-й температурній зоні експлуатації України (м. Київ) становить $R_{q \min} = 2,2 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

5.1.3.3 Порядок розрахунку

5.1.3.3.1 Розрахунок проводиться для трьох варіантів влаштування верхнього шару теплоізоляції покрівлі на основі мінераловатних плит ТЕХНО марки ТЕХНОРУФ В 60 – 30 мм, 40 мм та 50 мм.

5.1.3.3.2 Мінімальну товщину теплоізоляції огорожувальної конструкції, що не містить в своєму складі теплопровідних включень визначають за формулою 5.1.

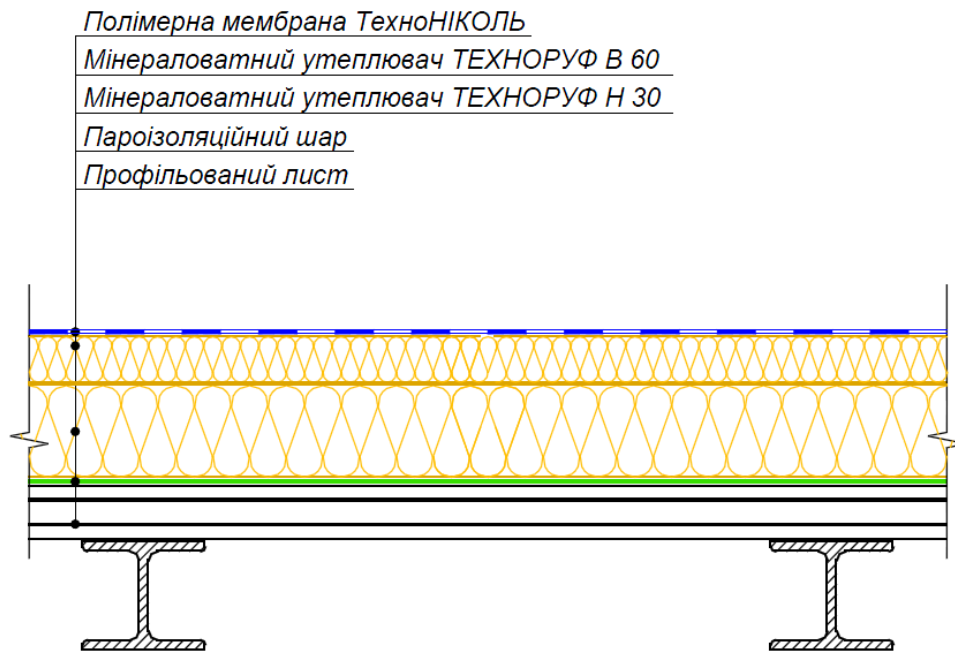


Рисунок 5.3 – Загальний вигляд конструктивного рішення покриття

5.1.3.3.3 Розрахункову теплопровідність матеріалів приймають згідно з Додатком А ДСТУ Б В.2.6-189:2013, для умов експлуатації «Б». Для теплоізоляційних виробів ТЕХНО приймають за результатами випробувань, проведених акредитованою лабораторією. Результати випробувань наведені в таблиці 1.1.

Тоді:

- коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, $\alpha_{\text{в}}$, $\alpha_{\text{з}}$, Вт/(м²·К), приймають згідно з Додатком Б ДСТУ Б В.2.6-189:2013, і дорівнюють: $\alpha_{\text{в}} = 8,7$ Вт/(м²·К); $\alpha_{\text{з}} = 23$ Вт/(м²·К);
- $\lambda_1 = 0,046$ Вт/(м·К) – характеристики мінераловатних плит ТЕХНО марки ТЕХНОРУФ В 60 густиною 180 кг/м³.
- $\lambda_{\text{утр}} = 0,042$ Вт/(м·К) – характеристики мінераловатних плит ТЕХНО марки ТЕХНОРУФ Н 30 густиною 115 кг/м³.

На підставі встановлених даних:

- для варіанту виконання верхнього шару теплоізоляції покрівлі на основі мінераловатних плит ТЕХНО марки ТЕХНОРУФ В 60 товщиною 30 мм

$$\delta_{\min} = \left(R_{q \min} - \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{i p}} - \frac{1}{\alpha_b} - \frac{1}{\alpha_n} \right) \times \lambda_{y p} = \left(2,2 - \frac{0,03}{0,046} - \frac{1}{8,7} - \frac{1}{23} \right) \cdot 0,042 = 0,058 \text{ м}$$

- для варіанту виконання верхнього шару теплоізоляції покрівлі на основі мінераловатних плит ТЕХНО марки ТЕХНОРУФ В 60 товщиною 40 мм

$$\delta_{\min} = \left(2,2 - \frac{0,04}{0,046} - \frac{1}{8,7} - \frac{1}{23} \right) \cdot 0,042 = 0,049 \text{ м}$$

- для варіанту виконання верхнього шару теплоізоляції покрівлі на основі мінераловатних плит ТЕХНО марки ТЕХНОРУФ В 60 товщиною 50 мм

$$\delta_{\min} = \left(2,2 - \frac{0,05}{0,046} - \frac{1}{8,7} - \frac{1}{23} \right) \cdot 0,042 = 0,040 \text{ м}$$

Приймають товщину більшу за отриману з наявного ряду типових розмірів. Для мінераловатних плит ТЕХНО марки ТЕХНОРУФ Н 30 це – 60 мм, 50 мм або 40 мм.

5.1.3.4 Таким чином, мінімально необхідна сумарна товщина теплоізоляційного шару з мінераловатних плит ТЕХНО марок ТЕХНОРУФ Н 30 густиною 115 кг/м³ – внутрішній шар та ТЕХНОРУФ В 60 густиною 180 кг/м³ – зовнішній шар по перекриттю з профільованого настилу становить 90 мм. Дана необхідна товщина теплоізоляційного шару забезпечується влаштуванням мінераловатних плит у трьох варіантах:

- 30 мм мінераловатних плит ТЕХНО марки ТЕХНОРУФ В 60 + 60 мм мінераловатних плити ТЕХНО марки ТЕХНОРУФ Н 30;

- 40 мм мінераловатних плит ТЕХНО марки ТЕХНОРУФ В 60 + 50 мм мінераловатних плити ТЕХНО марки ТЕХНОРУФ Н 30;

- 50 мм мінераловатних плит ТЕХНО марки ТЕХНОРУФ В 60 + 40 мм мінераловатних плити ТЕХНО марки ТЕХНОРУФ Н 30.

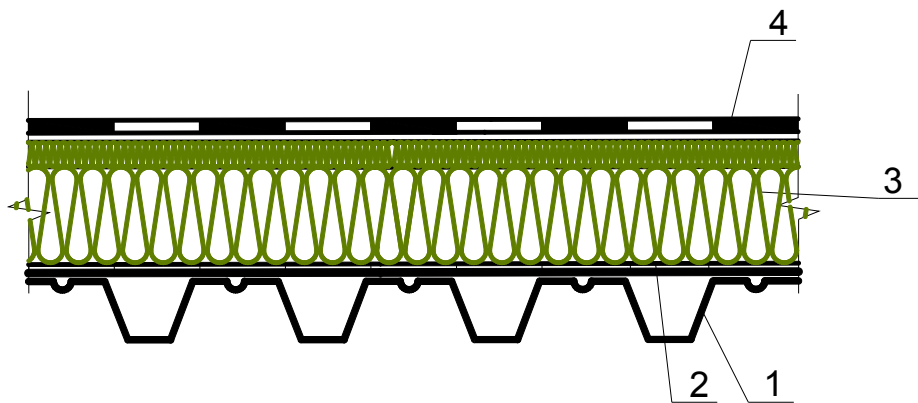
5.1.4 Приклад 4.

5.1.4.1 Вихідні дані

Для розрахунку обрано типовий фрагмент конструкції суміщеного покриття двоповерхової громадської будівлі по профільованому настилу. В якості теплоізоляційного шару передбачається влаштовувати мінераловатні плити ROCKWOOL марки MONROCK MAX комбінованої структури густиною 115 кг/м³ – внутрішній шар та 200 кг/м³ – зовнішній шар. Поверх теплоізоляційних плит влаштовується покрівельний килим на основі ПВХ мембрани. Загальний вигляд конструктивного рішення покриття наведений на рисунку 5.4.

Кліматичні умови м. Харкова.

Необхідно визначити мінімально допустиму товщину теплоізоляційного шару для забезпечення нормативних вимог ДБН В.2.6-31.



1 – профільований настил;

2 – пароізоляційна плівка;

3 – мінераловатні плити ROCKWOOL марки MONROCK MAX;

4 – гідроізоляція на основі ПВХ мембрани;

Рисунок 5.4 – Загальний вигляд конструктивного рішення покриття

5.1.4.2 Нормативні вимоги

Згідно з ДБН В.2.6-31 мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі для суміщеного покриття громадської будівлі в І-й температурній зоні експлуатації України (м. Харків) становить $R_{q \min} = 5,35 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

5.1.4.3 Порядок розрахунку

5.1.4.3.1 Мінімальну товщину теплоізоляції огорожувальної конструкції, що не містить в своєму складі теплопровідних включень визначають за формулою (5.1).

5.1.4.3.2 Розрахункову теплопровідність матеріалів 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 1.2.

Тоді,

- коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, $\alpha_{\text{в}}$, $\alpha_{\text{з}}$, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, приймають згідно з Додатком Б ДСТУ Б В.2.6-189:2013, і дорівнюють: $\alpha_{\text{в}} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$; $\alpha_{\text{з}} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;
- $\lambda_{\text{утр}} = 0,042 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ — характеристики мінераловатних плит ROCKWOOL марки MONROCK MAX комбінованої структури густиною $115 \text{ кг}/\text{м}^3$ — внутрішній шар та $200 \text{ кг}/\text{м}^3$ — зовнішній шар.

На підставі встановлених даних:

$$\delta_{\min} = \left(5,35 - \frac{1}{8,7} - \frac{1}{23} \right) \cdot 0,042 = 0,218 \text{ м}$$

Приймають товщину більшу за отриману з наявного ряду типових розмірів. Для мінераловатних плит ROCKWOOL марки MONROCK MAX це — 220 мм.

5.1.4.4 Таким чином, мінімально необхідна товщина теплоізоляції перекриття з профільованого настилу з мінераловатних плит ROCKWOOL марки

MONROCK MAX комбінованої структури густиною 115 кг/м^3 – внутрішній шар та 200 кг/м^3 – зовнішній шар становить 220 мм.

5.2 Приклад визначення необхідної товщини теплоізоляції інверсійного суміщеного покриття

5.2.1 Вихідні дані

Для розрахунку обрано типовий фрагмент конструкції суміщеного покриття громадської будівлі по залізобетонному покриттю. В якості теплоізоляційного шару передбачається влаштовувати плити з екструзійного пінополістиролу ТЕХНОНІКОЛЬ CARBON PROF густиною 30 кг/м^3 . Покрівля влаштовується по залізобетонних плитах товщиною 160 мм, поверх яких влаштований похилоутворюючий шар на основі керамзиту густиною 800 кг/м^3 та вирівнююча цементно-піщана стяжка товщиною 20 мм. Основою під теплоізоляційний шар є гідроізоляційний килим на основі ПВХ плівки та розділяючий шар з геотекстилю. Поверх теплоізоляційних плит влаштовується дренажна система з рослинним шаром. Загальний вигляд конструктивного рішення покриття наведений на рисунку 5.5.

Будинок триповерховий. Кліматичні умови м. Вінниця.

Необхідно визначити мінімально допустиму товщину теплоізоляційного шару для забезпечення нормативних вимог ДБН В.2.6-31.

5.2.2 Нормативні вимоги

Згідно з ДБН В.2.6-31 мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі для суміщеного покриття триповерхової будівлі в I-й температурній зоні експлуатації України (м. Вінниця) становить $R_{q \min} = 5,35 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

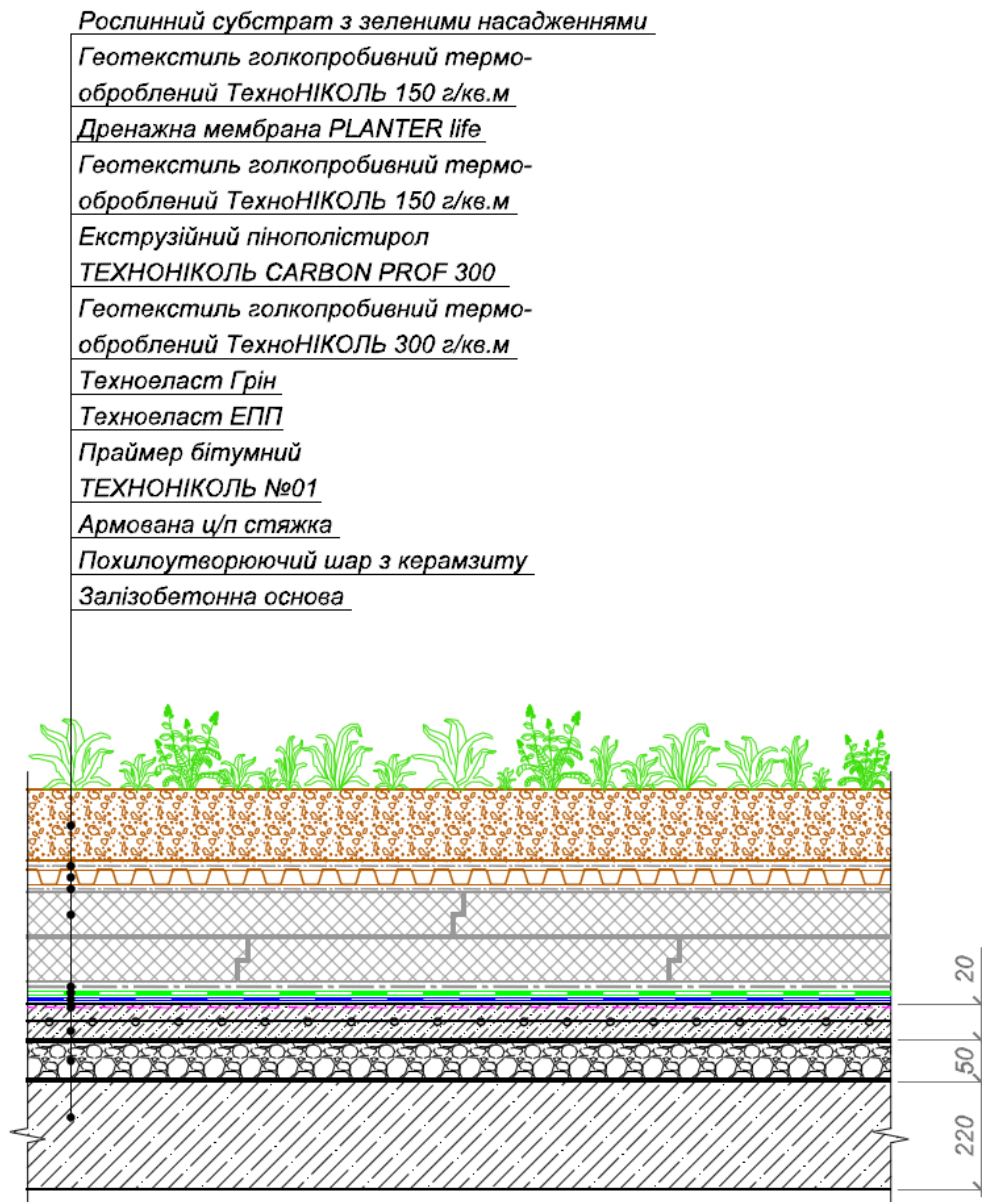


Рисунок 5.5 – Загальний вигляд конструктивного рішення покриття

5.2.3 Порядок розрахунку

5.2.3.1 Мінімальну товщину теплоізоляції огорожувальної конструкції, що не містить в своєму складі теплопровідних включень визначають за формулою 5.1.

5.2.3.2 Розрахункову теплопровідність матеріалів приймають згідно з Додатком А ДСТУ Б В.2.6-189:2013, для умов експлуатації «Б». Для теплоізоляційних виробів на основі екструзійного пінополістиролу

ТЕХНОКОЛЬ приймають за результатами випробувань, проведених акредитованою лабораторією. Результати випробувань наведені в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Розрахункові теплофізичні характеристики виробів теплоізоляційних з екструзійного пінополістиролу ТЕХНОКОЛЬ CARBON

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 с ₀ , кДж/(кг·К)	теплопровідність λ ₀ , Вт/(м·К)			теплопровідність λ _р , Вт/(м·К)		коефіцієнт теплозасвоєння s, Вт/(м ² ·К)		коефіцієнт паропро- никності μ , мг/(м·год·Па)
				А	Б	А	Б	А	Б	А, Б
1	30	1,45	0,030	0,5	1,0	0,037	0,038	0,32	0,33	0,011
2	35	1,45	0,026	0,5	1,0	0,033	0,034	0,34	0,35	0,005

Тоді:

- коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, α_v , α_z , Вт/(м²·К), приймають згідно з Додатком Б ДСТУ Б В.2.6-189:2013, і дорівнюють: $\alpha_v = 8,7$ Вт/(м²·К); $\alpha_z = 23$ Вт/(м²·К);
- $\delta_1 = 0,22$ м, $\lambda_1 = 2,04$ Вт/(м·К) – характеристики залізобетонний плити покриття;
- $\delta_2 = 0,02$ м, $\lambda_3 = 0,93$ Вт/(м·К) – характеристики вирівнюючого шару;
- $\lambda_{утр} = 0,038$ Вт/(м·К) – характеристики плит з екструзійного пінополістиролу ТЕХНОКОЛЬ CARBON PROF густиною 30 кг/м³.

На підставі встановлених даних:

$$\delta_{\min} = \left(R_{q \min} - \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{i p}} - \frac{1}{\alpha_v} - \frac{1}{\alpha_n} \right) \cdot \lambda_{утр} = \left(5,35 - \frac{0,22}{2,04} - \frac{0,02}{0,93} - \frac{1}{8,7} - \frac{1}{23} \right) \cdot 0,038 = 0,192 \text{ м}$$

Приймають товщину більшу за отриману з наявного ряду типових розмірів. Для плит з екструдованого пінополістиролу ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON PROF це – 200 мм.

5.2.4 Таким чином, мінімально необхідна товщина теплоізоляційного шару покрівлі по залізобетонних плитах товщиною 220 мм, поверх яких влаштований похилоутворюючий шар на основі керамзиту густиною 800 кг/м^3 середньою товщиною 50 мм та вирівнююча цементно-піщана стяжка товщиною 20 мм з плит з екструзійного пінополістиролу ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON PROF густиною 30 кг/м^3 становить 200 мм.

5.3 Приклади визначення необхідної товщини теплоізоляції горищного даху мансардного типу

5.3.1 Приклад 1

5.3.1.1 Вихідні дані

Житловий двоповерховий будинок садибного типу. Покриття будинку горищного типу. В якості теплоізоляції передбачено влаштовувати мінераловатні вироби на основі скляного штапельного волокна ISOVER марки СкятнаяКровля густиною 15 кг/м^3 . Теплоізоляція передбачена двошаровою: зовнішній шар теплоізоляційних плит влаштовується між несучими дерев'яними кроквами, внутрішній шар – між дерев'яними елементами обрешітки, що влаштовуються перпендикулярно кроквам. Крокви та дерев'яні елементи обрешітки розташовуються з кроком 600 мм. Ширина крокв 100 мм, ширина елементів обрешітки 50 мм. Матеріал крокв та дерев'яних елементів обрешітки – сосна. Між зовнішнім та внутрішнім шарами утеплювача влаштовується пароізоляційна плівка. Зі сторони приміщення по дерев'яним елементам обрешітки конструкції покриття влаштовуються внутрішні опорядження з гіпсокартонних листів товщиною 12,5 мм. Поверх зовнішнього шару утеплювача влаштовується повітрозахисна мембранна плівка. Покрівля горищного даху виконується з керамічної черепиці по суцільному дерев'яному настилу з утворенням

вентильованого повітряного прошарку між покрівлею та теплоізоляцією товщиною (40-60) мм. Загальний вигляд конструктивного рішення покриття наведений на рисунку 5.6.

Кліматичні умови м. Київ.

Необхідно визначити мінімально допустиму товщину теплоізоляційного шару для забезпечення нормативних вимог ДБН В.2.6-31.

5.3.1.2 Нормативні вимоги

Згідно з ДБН В.2.6-31 мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі для горищного даху двоповерхового житлового будинку в І-й температурній зоні експлуатації України (м. Київ) становить $R_{q\ min} = 4,95\ \text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

5.3.1.3 Порядок розрахунку

5.3.1.3.1 Враховуючи, що товщина теплоізоляційних плит зі скляного штапельного волокна ISOVER марки Скатная Кровля є кратною 50 мм, то для визначення мінімально необхідної товщини теплоізоляційного шару конструкції

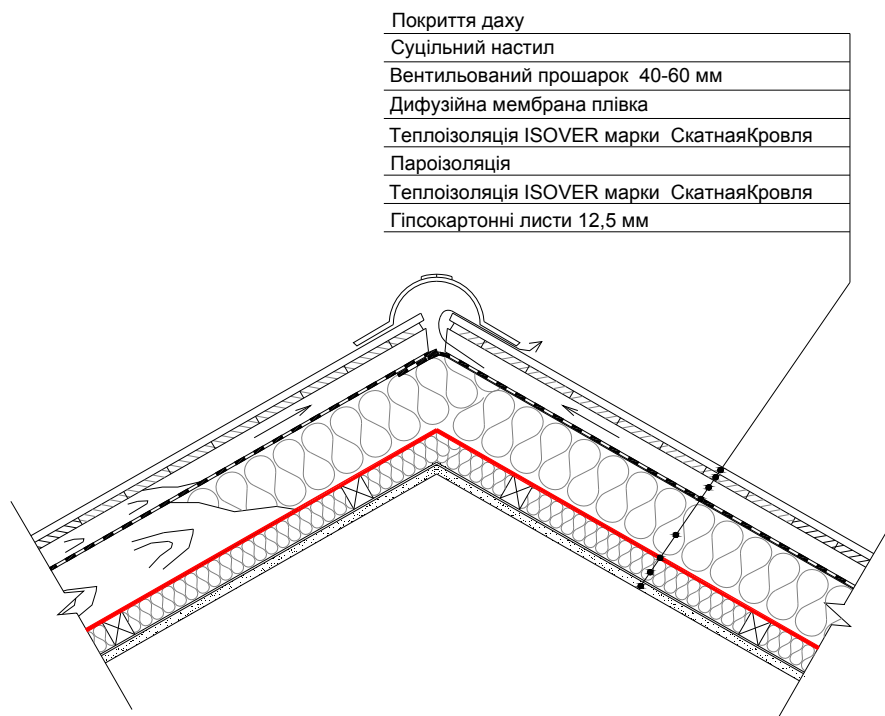


Рисунок 5.6 – Загальний вигляд конструктивного рішення покриття

горищного даху розглядають наступні декілька можливих варіантів компонування шарів теплоізоляції по товщині:

- 1) 200 мм між кроквами + 50 мм між елементами обрешітки;
- 2) 150 мм між кроквами + 100 мм між елементами обрешітки;
- 3) 200 мм між кроквами + 100 мм між елементами обрешітки.

5.3.1.3.2 Для кожного із варіантів визначаються опір теплопередачі горищного даху з формулою (2):

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

де $\alpha_{\text{в}}$, $\alpha_{\text{з}}$ – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, Вт/(м²·К), приймають згідно з Додатком Б ДСТУ Б В.2.6-189:2013, і дорівнюють: $\alpha_{\text{в}} = 8,7$ Вт/(м²·К); $\alpha_{\text{з}} = 12$ Вт/(м²·К); δ_i – товщина i -го шару горищного покриття, м; $\lambda_{i\text{р}}$ – розрахункова теплопровідність матеріалу i -го шару горищного покриття в розрахункових умовах, Вт/(м·К), приймають згідно з Додатком А, для умов експлуатації «Б». Для теплоізоляційних виробів ISOVER приймають за результатами випробувань, проведених акредитованою лабораторією. Результати випробувань наведені в таблиці 1.10.

Отже, характеристики шарів конструкції покриття:

- $\delta_1 = 0,0125$ м, $\lambda_1 = 0,21$ Вт/(м·К) – характеристики гіпсокартонних листів;
- $\lambda_2 = 0,05$ Вт/(м·К) – характеристики мінераловатних плит на основі скляного штапельного волокна ISOVER марки СкатнаяКровля густиною 15 кг/м³.

5.3.1.3.3 Визначають характерні ділянки та типи теплопровідних включень.

На фрагменті, що розглядають присутні наступні теплопровідні включення, що відносяться до непрозорої огорожувальної конструкції:

- дерев'яні крокви – лінійні елементи;
- дерев'яні елементи обрешітки – лінійні елементи.

Для вищезазначених теплопровідних включень кожного із варіантів за проектними даними та даними Додатку Г ДСТУ Б В.2.6-189:2013 визначають кількісні показники та характеристики лінійних коефіцієнтів теплопередачі. Зведені результати наведені в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Теплопровідні включення та їх кількісне вираження

Найменування теплопровідного включення	Лінійний коефіцієнт теплопередачі, k , Вт/(м·К)		
	Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3
Дерев'яні крокви	0,047	0,038	0,035
Дерев'яні елементи обрешітки	0,012	0,016	0,012

5.3.1.3.4 На підставі даних таблиці 5.3 для кожного із варіантів визначають приведений опір теплопередачі зовнішніх стін згідно з формулою 3. Розрахунки проводяться на 1 м² горищного даху. Зведені результати наведені в таблиці 5.4. Приклад розрахунку для варіанта 1 наведено нижче.

5.3.1.3.5 Розрахунок приведенного опору теплопередачі конструкції похилого даху при влаштуванні теплоізоляційного шару на основі мінераловатних плит зі скляного штапельного волокна ISOVER марки СкатнаяКровля товщиною 200 мм – зовнішній шар та 50 мм – внутрішній шар.

Приведений опір теплопередачі горищного даху визначають згідно з формулою 3 ДСТУ Б В.2.6-189:2013:

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

де F_{Σ} – загальна площа конструкції, приймається $F_{\Sigma} = 1 \text{ м}^2$;

$R_{\Sigma i}$ – опір теплопередачі i -ої термічно однорідної частини конструкції, (м²·К)/Вт, визначають згідно з формулою 2, і становить:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,0125}{0,21} + \frac{0,05}{0,05} + \frac{0,2}{0,05} + \frac{1}{12} = 5,26 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт};$$

F_i – площа i -ої термічно однорідної частини конструкції; визначається з урахуванням площі, що займають крокви та елементи обрешітки на 1 м^2 даху: враховуючи, що крокви та елементи обрешітки розташовані з кроком $0,6 \text{ м}$, то на 1 м припадає $1,67$ крокви та елементу обрешітки, знаючи ширину крокви та елементу обрешітки $F_l = 1 - 1,67 \cdot 0,1 - (1,67 - 0,2) \cdot 0,05 = 0,76 \text{ м}^2$;

k_j – лінійний коефіцієнт теплопередачі, j -го лінійного теплопровідного включення, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$, приймається за даними таблиці К.3 з урахуванням кількості крокви та елементи обрешітки на 1 м^2 даху;

L_j – лінійний розмір (проекція), j -го лінійного теплопровідного включення, прийнято 1 м ;

Отже,

$$R_{\Sigma \text{ пр}} = \frac{1}{\frac{0,76}{5,26} + 0,047 \cdot 1,67 \cdot 1 + 0,012 \cdot 1,67 \cdot 1} = 4,16 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

Аналогічно проводяться розрахунки для варіантів 2 та 3.

Таблиця 5.4 – Результати розрахунків приведенного опору теплопередачі

Характеристика	Результати розрахунків для конструкції з теплоізоляційним шаром за варіантом		
	Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3
Опір теплопередачі, R_{Σ} , ($\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$	5,26	5,26	6,26
Приведений опір теплопередачі, $R_{\Sigma \text{ пр}}$, ($\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$	4,16	4,26	5,00
Коефіцієнт теплотехнічної однорідності, r	0,79	0,81	0,80

5.3.1.4 За даними таблиці 5.4 нормативним вимогам ДБН В.2.6-31 відповідає лише конструктивне рішення влаштування теплоізоляційного шару за варіантом 3.

Таким чином, мінімально необхідна сумарна товщина теплоізоляційного шару, що влаштовується в проміжку між кроквами, з мінераловатних плит на

основі скляного штапельного волокна ISOVER марки Скатная Кровля густиною 15 кг/м³ становить 300 мм.

5.3.2 Приклад 2

5.3.2.1 Вихідні дані

Житловий двоповерховий будинок садибного типу з опалювальним мансардним поверхом. Покриття будинку горищного типу. В якості теплоізоляції передбачено влаштовувати мінераловатні плити ТЕХНО марки РОКЛАЙТ густиною 30 кг/м³, які влаштовуються в проміжку між кроквами, що розташовані з кроком 1 м та між дерев'яними елементами обрешітки, що влаштовуються перпендикулярно кроквам з кроком 1 м. Ширина крокв 100 мм, висота 200 мм, ширина елементів обрешітки 50 мм. Матеріал крокв та дерев'яних елементів обрешітки – сосна. Зі сторони приміщення по дерев'яним кроквам влаштовуються пароізоляційна плівка та внутрішнє опорядження з гіпсокартонних листів товщиною 12,5 мм. Поверх шару утеплювача влаштовується гідрозахисна мембранна плівка. Покрівля горищного даху виконується з керамічної черепиці по суцільному дерев'яному настилу з утворенням вентиляованого повітряного прошарку між покрівлею та теплоізоляцією товщиною (40-60) мм. Загальний вигляд конструктивного рішення покриття наведений на рисунку 5.7.

Кліматичні умови м. Херсон.

Необхідно визначити мінімально допустиму товщину теплоізоляційного шару для забезпечення нормативних вимог ДБН В.2.6-31.

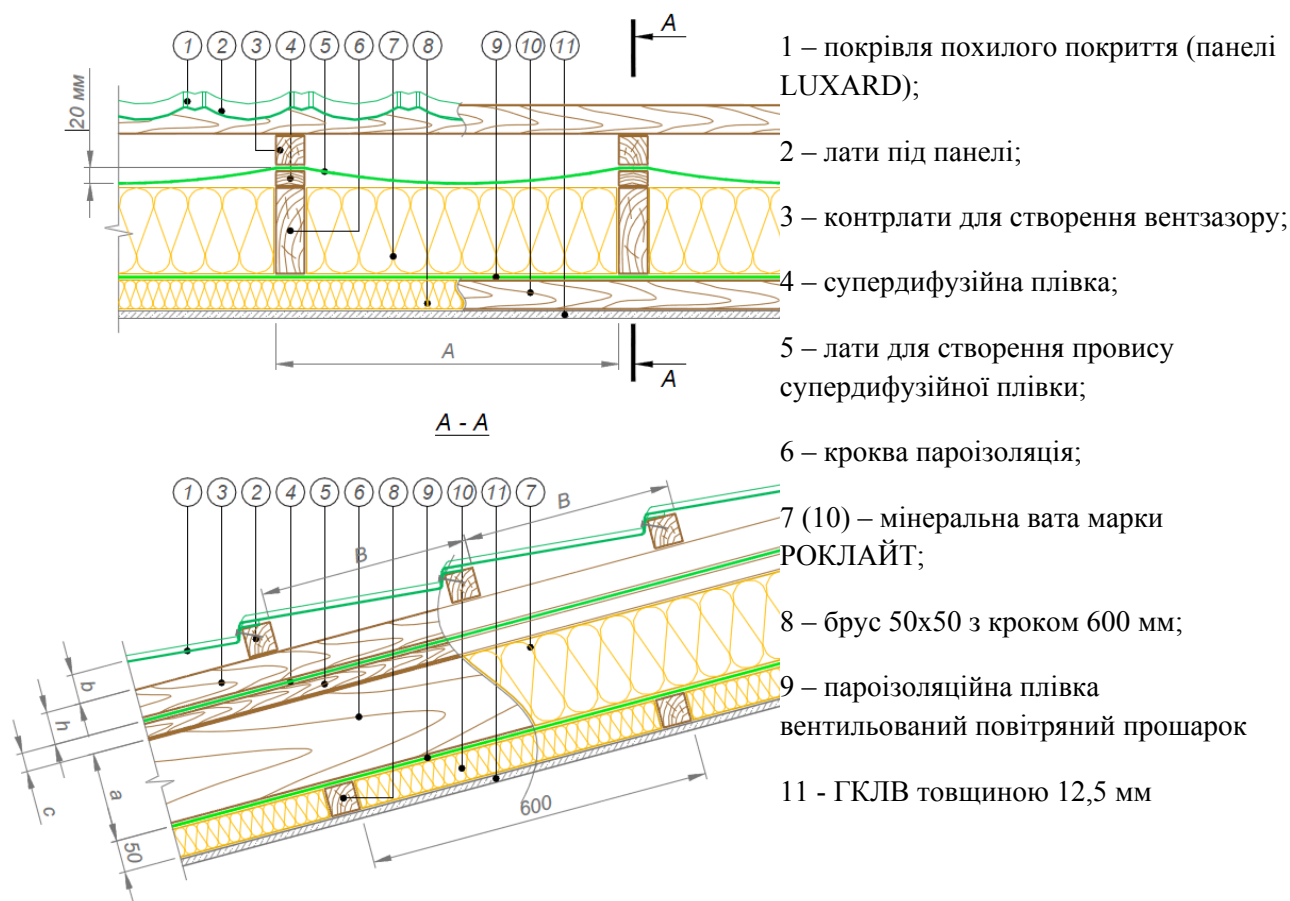


Рисунок 5.7 – Загальний вигляд конструктивного рішення покриття

5.3.2.2 Нормативні вимоги

Згідно з ДБН В.2.6-31 мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі для горищного даху триповерхового житлового будинку в II-й температурній зоні експлуатації України (м. Херсон) становить $R_{q \min} = 4,5 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

5.3.2.3 Порядок розрахунку

5.3.2.3.1 Товщину теплоізоляційного шару приймають рівною сумі висоти крокв (180 мм) та обрешітки (50 мм) – 230 мм.

5.3.2.3.2 Визначають опір теплопередачі горищного даху згідно з формулою 2 ДСТУ Б В.2.6-189:2013:

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

де $\alpha_{\text{в}}$, α_3 – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, Вт/(м²·К), приймають згідно з Додатком Б ДСТУ Б В.2.6-189:2013, і дорівнюють: $\alpha_{\text{в}} = 8,7$ Вт/(м²·К); $\alpha_3 = 12$ Вт/(м²·К); δ_i – товщина i -го шару горищного покриття, м; $\lambda_{i\text{р}}$ – розрахункова теплопровідність матеріалу i -го шару горищного покриття в розрахункових умовах, Вт/(м·К), приймають згідно з Додатком А, для умов експлуатації «Б». Для мінераловатних плит ТЕХНО марки РОКЛАЙТ приймають за результатами випробувань, проведених акредитованою лабораторією. Результати випробувань наведені в таблиці 1.1.

Отже, характеристики шарів конструкції покриття:

- $\delta_1 = 0,0125$ м, $\lambda_1 = 0,21$ Вт/(м·К) – характеристики гіпсокартонних листів;
- $\lambda_2 = 0,042$ Вт/(м·К) – характеристики мінераловатних плити ТЕХНО марки РОКЛАЙТ.

Тоді,

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,0125}{0,21} + \frac{0,230}{0,042} + \frac{1}{12} = 5,73 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

5.3.2.3.3 Визначають характерні ділянки та типи теплопровідних включень.

На фрагменті, що розглядають присутні наступні теплопровідні включення, що відносяться до непрозорої огорожувальної конструкції:

- дерев'яні крокви – лінійні елементи;
- дерев'яні елементи обрешітки – лінійні елементи.

Для даного типу теплопровідних включень за даними Додатку Г ДСТУ Б В.2.6-189:2013 визначають кількісний показник лінійного коефіцієнту теплопередачі, що становить для крокв $k = 0,050$ Вт/(м·К) та для обрешітки $k = 0,012$ Вт/(м·К).

5.3.2.3.4 На підставі отриманих даних визначають приведений опір теплопередачі 1 м² горищного даху згідно з формулою 3 ДСТУ Б В.2.6-189:2013:

$$R_{\Sigma \text{ пр}} = \frac{F_{\Sigma}}{\sum_{i=1}^I \frac{F_i}{R_{\Sigma i}} + \sum_{j=1}^J k_j L_j + \sum_{k=1}^K \psi_k N_k} = \frac{1}{\frac{0,9}{5,73} + 0,050 \cdot 1 + 0,012 \cdot 1} = 4,56 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Встановлена величина відповідає нормативним вимогам ДБН В.2.6-31.

5.3.2.4 Таким чином, мінімально необхідна товщина теплоізоляції, що влаштовується в проміжку між кроквами та між дерев'яними елементами обрешітки, що влаштовуються перпендикулярно кроквам, на основі мінераловатних плит ТЕХНО марки РОКЛАЙТ густиною 30 кг/м³ становить 230 мм.

5.3.3 Приклад 3

5.3.3.1 Вихідні дані

Розрахунок проводиться для існуючої промислової будівлі. Покриття будівлі горищного типу на основі плит ПКЖ товщиною 60 мм. В якості теплоізоляції передбачено влаштовувати мінераловатні плити ТЕХНО марки РОКЛАЙТ густиною 30 кг/м³, що влаштовуються в проміжку між кроквами, які передбачено розташовувати поверх існуючих залізобетонних плит з кроком 600 мм. Ширина крокв 100 мм, висота крокв в залежності від товщини утеплювача, матеріал крокв – сосна. Поверх шару утеплювача влаштовується гідрозахисна мембранна плівка. Покрівля горищного даху виконується з азбестоцементних великоформатних листів хвилястого профілю (шиферу) з утворенням вентиляованого повітряного прошарку між покрівлею та теплоізоляцією товщиною (40-60) мм.

Кліматичні умови м. Житомир.

Необхідно визначити мінімально допустиму товщину теплоізоляційного шару для забезпечення нормативних вимог ДБН В.2.6-31.

5.3.3.2 Нормативні вимоги

Згідно з ДБН В.2.6-31 мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі для горищного даху промислової будівлі з нормальним режимом експлуатації та конструкцією покрівлі з тепловою інерцією $D \leq 1,5$ в І-й температурній зоні експлуатації України (м. Житомир) становить $R_{q \min} = 2,2 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$.

5.3.3.3 Порядок розрахунку

5.3.3.3.1 Товщину теплоізоляційного шару приймають рівною висоті крокв – 150 мм.

5.3.3.3.2 Визначають опір теплопередачі горищного даху згідно з формулою 2 ДСТУ Б В.2.6-189:2013:

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

де $\alpha_{\text{в}}$, $\alpha_{\text{з}}$ – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, приймають згідно з Додатком Б ДСТУ Б В.2.6-189:2013, і дорівнюють: $\alpha_{\text{в}} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$; $\alpha_{\text{з}} = 12 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$; δ_i – товщина i -го шару горищного покриття, м; $\lambda_{i \text{ п}}$ – розрахункова теплопровідність матеріалу i -го шару горищного покриття в розрахункових умовах, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$, приймають згідно з Додатком А, для умов експлуатації «Б». Для мінераловатних плит ТЕХНО приймають за результатами випробувань, проведених акредитованою лабораторією. Результати випробувань наведені в таблиці 1.1.

Отже, характеристики шарів конструкції покриття:

– $\delta_1 = 0,06 \text{ м}$, $\lambda_1 = 2,04 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ – характеристики залізобетонних плит ПКЖ;

– $\delta_2 = 0,15 \text{ м}$ $\lambda_2 = 0,042 \text{ Вт/(м·К)}$ – характеристики мінераловатних плити ТЕХНО марки РОКЛАЙТ.

Тоді,

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,06}{2,04} + \frac{0,15}{0,042} + \frac{1}{12} = 3,8 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

5.3.3.3.3 Визначають характерні ділянки та типи теплопровідних включень.

На фрагменті, що розглядають присутні наступні теплопровідні включення, що відносяться до непрозорої огорожувальної конструкції:

- дерев'яні крокви – лінійні елементи.

Для даного типу теплопровідних включень шляхом інтерполяції представлених даних Додатку Г для товщини теплоізоляційного шару 150 мм визначають кількісний показник лінійного коефіцієнту теплопередачі, що становить $k = 0,088 \text{ Вт/(м·К)}$.

5.3.3.3.4 На підставі отриманих даних визначають приведений опір теплопередачі 1 м² горищного даху згідно з формулою 3 ДСТУ Б В.2.6-189:2013:

$$R_{\Sigma \text{ пр}} = \frac{F_{\Sigma}}{\sum_{i=1}^I \frac{F_i}{R_{\Sigma i}} + \sum_{j=1}^J k_j L_j + \sum_{k=1}^K \psi_k N_k} = \frac{1}{\frac{0,83}{3,8} + 0,088 \cdot 1,67 \cdot 1} = 2,74 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Встановлена величина перевищує нормативні вимоги ДБН В.2.6-31. В даному випадку мінімальну товщину теплоізоляційного шару визначають за формулами (2.1), (2.2) наступним чином.

5.3.3.3.5 Встановлюють коефіцієнт термічної однорідності, r , за формулою (2.1):

$$r = \frac{R_{\Sigma \text{ пр}}}{R_{\Sigma}} = \frac{2,74}{3,8} = 0,72.$$

5.3.3.3.6 Встановлюють мінімальну товщину теплоізоляції за формулою (2.2):

$$\delta_{\min} = \left(\frac{R_{q \min}}{r} - \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{i p}} - \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} - \frac{1}{\alpha_{\text{н}}} \right) \cdot \lambda_{\text{утр}} = \left(\frac{2,2}{0,72} - \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,06}{2,04} + \frac{1}{12} \right) \right) \cdot 0,042 = 0,118 \text{ м}$$

Приймають товщину більшу за отриману з наявного ряду типових розмірів. Для мінераловатних плит ТЕХНО марки РОКЛАЙТ це – 120 мм.

5.3.3.4 Таким чином, мінімально необхідна товщина теплоізоляційного шару, що влаштовуються в проміжку між кроквами, які передбачено розташовувати поверх існуючих залізобетонних плит, з мінераловатних плит ТЕХНО марки РОКЛАЙТ густиною 30 кг/м³ становить 120 мм.

5.3.4 Приклад 4

5.3.4.1 Вихідні дані

Житловий двоповерховий будинок садибного типу з опалювальним мансардним поверхом. Покриття будинку горищного типу. В якості теплоізоляції передбачено влаштовувати целюлозний утеплювач **Юнізол** методом засипки матеріалу в сухому стані з насипною густиною 50 кг/м³. Теплоізоляція влаштовується в проміжку між кроквами, що розташовані з кроком 1 м. Ширина крокв 100 мм, висота 250 мм. Матеріал крокв – сосна. Зі сторони приміщення по дерев'яним кроквам влаштовуються пароізоляційна плівка та внутрішнє опорядження з гіпсокартонних листів товщиною 12,5 мм. Поверх шару утеплювача влаштовується гідрозахисна мембранна плівка. Покрівля горищного даху виконується з керамічної черепиці по суцільному дерев'яному настилу з утворенням вентильованого повітряного прошарку між покрівлею та теплоізоляцією товщиною (40-60) мм.

Кліматичні умови м. Херсон.

Необхідно визначити мінімально допустиму товщину теплоізоляційного шару для забезпечення нормативних вимог ДБН В.2.6-31.

5.3.4.2 Нормативні вимоги

Згідно з ДБН В.2.6-31 мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі для горищного даху триповерхового житлового будинку в II-й температурній зоні експлуатації України (м. Херсон) становить $R_{q\ min} = 4,5\ \text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$.

5.3.4.3 Порядок розрахунку

5.3.4.3.1 Товщину теплоізоляційного шару приймають рівною висоті крокв – 250 мм.

5.3.4.3.2 Визначають опір теплопередачі горищного даху згідно з формулою:

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

де $\alpha_{\text{в}}$, $\alpha_{\text{з}}$ – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, приймають згідно з Додатком Б ДСТУ Б В.2.6-189:2013, і дорівнюють: $\alpha_{\text{в}} = 8,7\ \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$; $\alpha_{\text{з}} = 12\ \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

δ_i – товщина i -го шару горищного покриття, м;

$\lambda_{i\ \text{р}}$ – розрахункова теплопровідність матеріалу i -го шару горищного покриття в розрахункових умовах, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$, приймають згідно з Додатком А ДСТУ Б В.2.6-189:2013, для умов експлуатації «Б». Для целюлозного утеплювача **Юнізол** приймають за результатами випробувань, проведених акредитованою лабораторією. Результати випробувань наведені в таблиці 1.8.

Отже, характеристики шарів конструкції покриття:

- $\delta_1 = 0,0125\ \text{м}$, $\lambda_1 = 0,21\ \text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ – характеристики гіпсокартонних листів;
- $\lambda_2 = 0,052\ \text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ – характеристики целюлозного утеплювача густиною $50\ \text{кг}/\text{м}^3$.

Тоді,

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,0125}{0,21} + \frac{0,25}{0,052} + \frac{1}{12} = 5,07 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

5.3.4.3.3 Визначають характерні ділянки та типи теплопровідних включень.

На фрагменті, що розглядають присутні наступні теплопровідні включення, що відносяться до непрозорої огорожувальної конструкції:

- дерев'яні крокви – лінійні елементи.

Для даного типу теплопровідних включень за даними Додатку Г ДСТУ Б В.2.6-189:2013 визначають кількісний показник лінійного коефіцієнту теплопередачі, що становить $k = 0,063 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$.

5.3.4.3.4 На підставі отриманих даних визначають приведений опір теплопередачі 1 м^2 горищного даху згідно з формулою:

$$R_{\Sigma \text{ пр}} = \frac{F_{\Sigma}}{\sum_{i=1}^I \frac{F_i}{R_{\Sigma i}} + \sum_{j=1}^J k_j L_j + \sum_{k=1}^K \psi_k N_k} = \frac{1}{\frac{0,9}{5,07} + 0,063 \cdot 1} = 4,16 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Встановлена величина не відповідає нормативним вимогам ДБН В.2.6-31. В даному випадку мінімальну товщину теплоізоляційного шару визначають за формулами (2.1), (2.2) наступним чином.

5.3.4.3.5 Встановлюють коефіцієнт термічної однорідності, r , за формулою (2.1):

$$r = \frac{R_{\Sigma \text{ пр}}}{R_{\Sigma}} = \frac{4,16}{5,07} = 0,82.$$

5.3.4.3.6 Встановлюють мінімальну товщину теплоізоляції за формулою (2.2):

$$\delta_{\min} = \left(\frac{R_{q \min}}{r} - \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{i \text{ п}}} - \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} - \frac{1}{\alpha_{\text{н}}} \right) \cdot \lambda_{\text{утр}} = \left(\frac{4,5}{0,82} - \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,0125}{0,21} + \frac{1}{12} \right) \right) \cdot 0,052 = 0,272 \text{ м}$$

Враховуючи, що теплоізоляційний шар на основі целюлозного утеплювача **Юнізол** технологічно може бути виконаний будь-якої товщини, то приймають

товщину більшу за отриману кратною 5 мм. Для целюлозного утеплювача *Юнізол* це – 275 мм.

5.3.4.4 Таким чином, мінімально необхідна товщина теплоізоляції, що влаштовується в проміжку між кроквами, на основі целюлозного утеплювача *Юнізол* густиною 50 кг/м³ становить 275 мм.

5.4 Приклади розрахунку на міцність теплоізоляції суміщеного покриття

Розрахунок міцності утеплювача від дії рівномірно розподіленого навантаження. Одношарова теплоізоляція

В розрахунок приймається, що на покрівлю діє рівнорозподілене навантаження: постійне (власна вага) та тимчасове (переважно від ваги шару снігу та розташованого на ній обладнання, якщо обладнання встановлене на розвантажувальних плитах).

Збір навантажень на покрівлю виконуємо у відповідності до норм та вимог ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 “Будівельна кліматологія” та ДБН В.1.2-2-2006 “Навантаження і впливи. Норми проектування” в залежності від:

- місця розташування об’єкту;
- конструкції покрівлі (вид та кількість шарів матеріалу покрівлі);
- призначення будівлі;
- габаритних розмірів та виду покрівлі її конфігурації, наявності виступаючих елементів, перепадів тощо.

При розрахунку на міцність від рівнорозподіленого навантаження повинні виконуватись умови:

$$N = \sum q^n \gamma_{fp} < \sigma$$

q^n – нормативне рівнорозподілене навантаження на 1м²;

γ_{fp} - коефіцієнт надійності за граничним навантаженням, приймається відповідно п.п. 5.2 та 5.3 ДБН В.1.2-2-2006;

σ – міцність на стиск утеплювача при 10% деформації від рівнорозподіленого навантаження.

5.4.1 Приклад 1

Приймаємо що об'єкт громадська будівля знаходиться в Житомирській області в I кліматичному районі з наступними умовами:

- клімат району – помірно-континентальний;
- переважний напрям вітру – північно-західний;
- розрахункова зимова температура – мінус 22°C;
- снігове навантаження – 1,46 кПа;
- вітрове навантаження – 0,46кПа.

Приймаємо що утеплення виконуємо утеплювачем Izovat 145, умови експлуатації Б, товщиною - 0,24м., покрівля з ПВХ- (ПТО-) мембрани.

Граничне розрахункове значення снігового навантаження на горизонтальну проекцію покриття (конструкції) обчислюється згідно ДБН В.1.2-2-2006 “Навантаження і впливи. Норми проектування” за формулою:

$$S_m = \gamma_{fm} S_0 C$$

де γ_{fm} – коефіцієнт надійності за граничним значенням снігового навантаженням, що визначається згідно з п.п. 8.11 ДБН В.1.2-2-2006, для громадської будівлі $\gamma_{fm}=1,14$;

S_0 – характеристичне значення снігового навантаження, визначається залежно від снігового району за додатком Е ДБН В.1.2-2-2006, для м. Житомир $S_0 = 1,46$ кПа;

C – коефіцієнт, включає в себе перехід від ваги снігового покриву на поверхні ґрунту до снігового навантаження на покрівлю, враховує режим експлуатації покрівлі та географічну висоту знаходження об'єкту. Для прикладу

розрахунку міцності на стиск утеплювача від рівномірно розподіленого навантаження приймаємо $C=1$.

Тоді розрахункове значення снігового навантаження:

$$S_m = 1,14 \times 1,46 \times 1 = \mathbf{1,664 \text{ кПа} = 0,0016 \text{ МПа}}.$$

Навантаження від власної ваги:

$$q^p = q^H_{\text{утеплювач}} \times \gamma_{fp} + q^H_{\text{мембр}} \times \gamma_{fp}$$

приймаємо $\gamma_{fp} = 1,2$.

- від утеплювача – $q^p_{\text{утеплювач}} = 0,24 \text{ м} \times 145 \text{ кг/м}^3 \times 1,2 = 41,76 \text{ кг/м}^2 = 0,00041 \text{ МПа}$
- від ПВХ- (ПТО-) мембрани - $q^p_{\text{мембр.}} = 1,5 \text{ кг/м}^2 \times 1,2 = 1,8 \text{ кг/м}^2 = 0,00002 \text{ МПа}$

Загальне розрахункове навантаження від дії рівномірно розподіленого навантаження становить:

$$N = S_m + q^p_{\text{утеплювач}} + q^p_{\text{мембр}}$$

$$N = 0,0016 + 0,00041 + 0,00002 = \mathbf{0,00203 \text{ МПа} < \sigma = 0,04 \text{ МПа}}$$

Умови виконуються, міцність на стиск утеплювача Izovat 145 від дії рівномірно – розподіленого навантаження забезпечена.

Розрахунок міцності утеплювача від дії зосередженого навантаження

Згідно ДСТУ Б В.2.7-167:2008 визначають границю міцності на стиск від зосередженого навантаження при деформації 5мм.

На покрівлю діють змінні короточасні навантаження, такі як: ваги людей в період улаштування та обслуговуванні покрівель, від устаткування тощо.

При розрахунку на міцність від дії зосередженого навантаження повинні виконуватись умови:

$$N = m/F < \sigma_{\text{стиск}}$$

де m_y – навантаження, (кг);

F – площа на яку діє навантаження (см^2);

$\sigma_{\text{стиск}}$ – міцність на стиск утеплювача при деформації 5мм від дії зосередженого навантаження.

Зосереджене навантаження від устаткування визначаємо:

$$N_{\text{уст}} = (m_y / k) / F < \sigma_{\text{стиск}}$$

де m_y – вага устаткування, (кг);

k – кількість опорних стійок (шт);

F – площа опорної стійки (см^2).

5.4.2 Приклад 2

Умови для даного розрахунку див. приклад 1.

Розрахункова міцність на стиск при деформації 5мм утеплювача Izovat 145 товщ. 0,24м $\sigma_{\text{стиск}} = 0,053 \text{ МПа}$.

Вага устаткування $m_y = 300 \text{ кг}$;

Устаткування встановлене на 4-х стійках.

Опорні стійки перерізом 10х10см.

Тоді:

$$N_{\text{уст}} = (300/4)/100 = 0,75 \text{ кг/см}^2 = 0,074 \text{ МПа} > \sigma_{\text{стиск}} = 0,053 \text{ МПа}$$

Умови не виконуються. Необхідно збільшити площу перерізу опорних стійок.

Необхідна площа перерізу опорних стійок

$$F_n = (m_y / k) / \sigma_{\text{стиск}} = (300/4)/0,54 = 139 \text{ см}^2$$

Необхідні розміри перерізу опорних стійок $\sqrt{F_n} = 11,79 \text{ см}$ приймаємо 12см.

Тоді

- площа перерізу опорних стійок $F_n = 12 \times 12 = 144 \text{ см}^2$;
- зосереджене навантаження від устаткування:

$$N_{\text{уст}} = (300/4)/144 = 0,52 \text{ кг/см}^2 = 0,051 \text{ МПа} < \sigma_{\text{стиск}} = 0,053 \text{ МПа}$$

Умови виконуються, міцність на стиск при деформації 5мм від дії зосередженого навантаження забезпечена.

5.4.3 Приклад 3

Умови для даного розрахунку див. приклад 1.

Розрахункова міцність на стиск при деформації 5мм утеплювача Izovat 145 товщ. 0,24м $\sigma_{\text{стиск}} = 0,053 \text{ МПа}$

Зосереджене навантаження від людини, що обслуговує або виконує роботи по улаштуванню покрівлі.

Приймаємо:

- роботу виконує будівельник вагою 100кг;
- середня (розрахункова) площа підшви взуття будівельника – 400см².

Враховуючи те, що при русі людини, площа навантаження на покрівлю буде складати 200см², тобто навантаження від ваги людини в 100кг буде діяти на площу в 200см². Навантаження від власної ваги утеплювача не враховуємо, так як на площі в 200см² навантаження буде незначне.

Зосереджене навантаження ваги людини визначаємо:

$$N_{\text{л}} = 100 / 200 = 0,5 \text{ кг/см}^2 = 0,049 \text{ МПа} < \sigma_{\text{стиск}} = 0,053 \text{ МПа}$$

Умови виконуються, міцність на стиск при деформації 5мм від дії зосередженого навантаження забезпечена.

Розрахунок міцності утеплювача від дії рівномірно розподіленого навантаження. Двошарова теплоізоляція

При двошаровому утепленні покрівлі слід мати на увазі, що міцність на стиск при 10% деформації нижнього шару утеплювача повинен бути не менше 0,03МПа (Izovat 100, Izovat 110). Верхній шар утеплювача повинен мати міцність на стиск при 10% деформації не менш 0,05МПа (Izovat 160, Izovat 180).

На покрівлях по проф. листах з підвищеними навантаженнями (сніговим, від встановленого обладнання тощо) слід виконати розрахунок на фактичне навантаження з урахуванням розмірів та перерізу проф. листа.

Верхній шар двошарового утеплювача (Izovat 160, Izovat 180) приймають із конструктивних міркувань товщиною 20-50мм. Товщину нижнього шару утеплювача визначають теплотехнічним розрахунком (див. приклад 2, п.5.1.2).

При укладанні шарів утеплювача необхідно дотримуватись умов розбіжності швів тобто, шви утеплювача верхнього шару не повинні співпадати зі швами утеплювача нижнього шару.

Укладання утеплювача по оцинкованому профільованому листу без додаткових вирівнюючих шарів можлива, якщо товщина шару утеплювача більше половини відстані між гребенями проф. настилу, тобто $h \geq b / 2$ (див. рисунок 5.8).

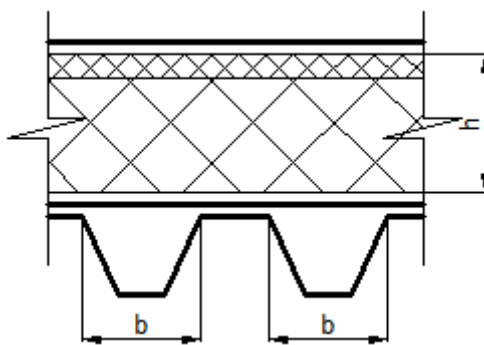


Рисунок 5.8 – Схема розташування утеплювача на проф. настилі

Основні покрівельні проф. листи для улаштування суміщених покриттів ТП-60, ТП-75, ТП-128. Розрахункова мінімальна висота утеплювача без улаштування додаткових вирівнюючих шарів наведена в табл. 5.5.

Таблиця 5.5 – Характеристики основних типів проф. листів

Профіль	Розрахункова ширина, b , см	Розрахункова мінімальна висота утеплювача, h , см
ТП-60	12	6
ТП-75	9,6	5

ТП-128	19,5	10
--------	------	----

5.4.4 Приклад 4

Приймаємо що об'єкт громадська будівля знаходиться в Житомирській області в І кліматичному районі з наступними умовами:

- снігове навантаження – 1,46 кПа;
- вітрове навантаження – 0,46кПа.
- утеплення виконуємо дво- шаровим утеплювачем
- верхній шар Izovat 180 (щільність – 180кг/м³)

Теплопровідність для умов експлуатації Б - 0,047 Вт/(м*К);

Міцність на стиск – при 10% деформації не менше – 0,05МПа

- нижній шар Izovat 100 (щільність – 100кг/м³)

Теплопровідність для умов експлуатації Б - 0,042 Вт/(м*К);

Міцність на стиск – при 10% деформації не менше – 0,03МПа

- покрівля з ПВХ- (ПТО-) мембрани.
- основа покрівлі проф. лист ТП 75
- мінімально допустиме значення опору теплопередачі суміщених

покриттів

$R_{qmin} = 5,35 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ (табл.1 ДБН В.2.6-31:2006 зм.1).

1. Необхідна товщина утеплювача визначена в прикладі 2, п.5.1.2.

Дана необхідна товщина теплоізоляційного шару забезпечується влаштуванням мінераловатних плит у двох варіантах:

- 30 мм мінераловатних плит IZOVAT марки Izovat 180 + 200 мм мінераловатних плити IZOVAT марки Izovat 100;
- 40 мм мінераловатних плит IZOVAT марки Izovat 180 + 190 мм мінераловатних плити IZOVAT марки Izovat 100;

- 50 мм мінераловатних плит IZOVAT марки Izovat 180 + 180 мм мінераловатних плити IZOVAT марки Izovat 100;

2. Перевіряємо нижній шар утеплювача на міцність на стиск при 10% деформації від дії рівнорозподіленого навантаження (снігове навантаження). Розрахунок виконуємо аналогічно розрахунку наведеного в прикладі 1.

Розрахункове значення снігового навантаження

$$S_m = 1,14 \times 1,46 \times 1 = 1,664 \text{ кПа} = 0,0016 \text{ МПа}$$

Навантаження від власної ваги

- від утеплювача Izovat 180 –
 $q^p_{\text{утеплювач}} = 0,03 \text{ м} \times 180 \text{ кг/м}^3 \times 1,2 = 6,48 \text{ кг/м}^2 = 0,000064 \text{ МПа}$
- від утеплювача Izovat 100 –
 $q^p_{\text{утеплювач}} = 0,2 \text{ м} \times 100 \text{ кг/м}^3 \times 1,2 = 24 \text{ кг/м}^2 = 0,00024 \text{ МПа}$
- від ПВХ- (ПТО-) мембрани - $q^p_{\text{мембр.}} = 1,5 \text{ кг/м}^2 \times 1,2 = 1,8 \text{ кг/м}^2 = 0,00002 \text{ МПа}$

Загальне розрахункове зусилля від дії рівномірно розподіленого навантаження становить:

$$N = 0,0016 + 0,000064 + 0,00024 + 0,00002 = 0,0019 \text{ МПа} < \sigma = 0,03 \text{ МПа}$$

Враховуючи те, що за умовами утеплення покрівлі виконано по проф листам ТП 75, то розрахункова площа утеплювача Izovat 100, яка сприймає рівнорозподілене навантаження буде рівною сумі площ верхніх полиць проф. листа на площі в 1 м².

Ширина верхньої полиці проф. листа ТП 75 – 0,09 м.

Кількість полиць на 1 м – 5,3 шт.

Загальна розрахункова вантажна площа S_p яка сприймає навантаження від 1 м²:

$$S_p = 0,09 \times 1 \times 5,3 = 0,48 \text{ м}^2.$$

Загальне розрахункове зусилля, яке сприймає низ утеплювача від дії рівномірно розподіленого навантаження:

$$N = 0,0019 / 0,48 = 0,0039 \text{ МПа} < \sigma = 0,03 \text{ МПа}$$

Умови виконуються, міцність на стиск утеплювача **Izovat 100** від дії рівномірно-розподіленого навантаження забезпечена.

Розрахунок міцності утеплювача на зсув. Двошарова теплоізоляція

Перевірка міцності на зсув утеплювача виконується переважно на покрівлях основою яких є проф. настил, а товщина утеплювача менша половини відстані між гребенями проф. настилу тобто $h < b / 2$ (як правило промислові будівлі). Під дією зосереджених навантажень (вага устаткування, вага людей які влаштовують та обслуговують покрівлю) можуть виникнути руйнування утеплювача – зсув поперек волокон.

Розрахункову напругу утеплювача визначаємо за формулою:

$$\sigma = M/W$$

де:

M – максимальний згинаючий момент (кгс* см);

W – момент опору перерізу (см³);

$$W = axh^2/6$$

де:

a – розрахункова ширина утеплювача (см);

h – товщина утеплювача (см).

5.4.4 Приклад 4

Об'єкт - промислова будівля:

- утеплення виконуємо двошаровою теплоізоляцією;
- верхній шар Izovat 180 товщина -30мм;

Міцність на стиск – при 10% деформації не менше – 0,05МПа.

- нижній шар Izovat 100 товщина -60мм;

Міцність на стиск – при 10% деформації не менше – 0,03МПа.

- покрівля з ПВХ- (ПТО-) мембрани.
- основа покрівлі проф. лист ТП 128.

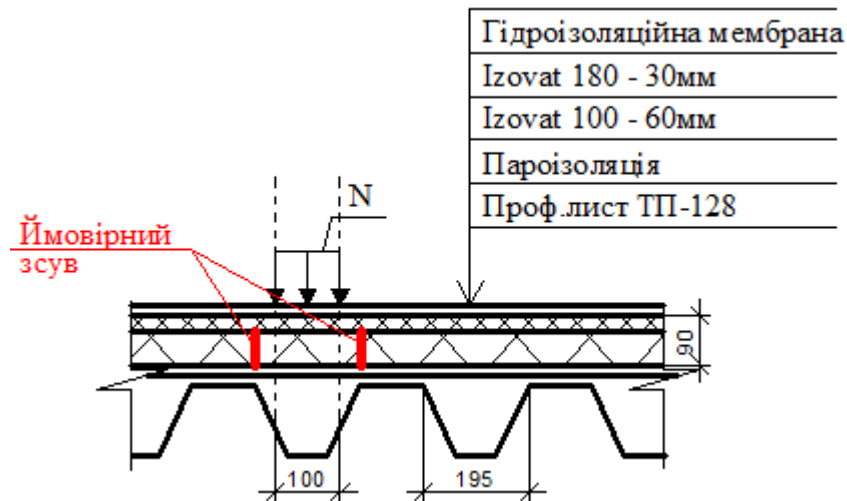


Рисунок 5.9 – Конструкція двошарової теплоізоляції покрівлі
Зосереджене навантаження $N=100\text{кг}$.

Розміри площі на яку діє навантаження $a=20$; $b=10\text{см}$ (рисунок 5.10).

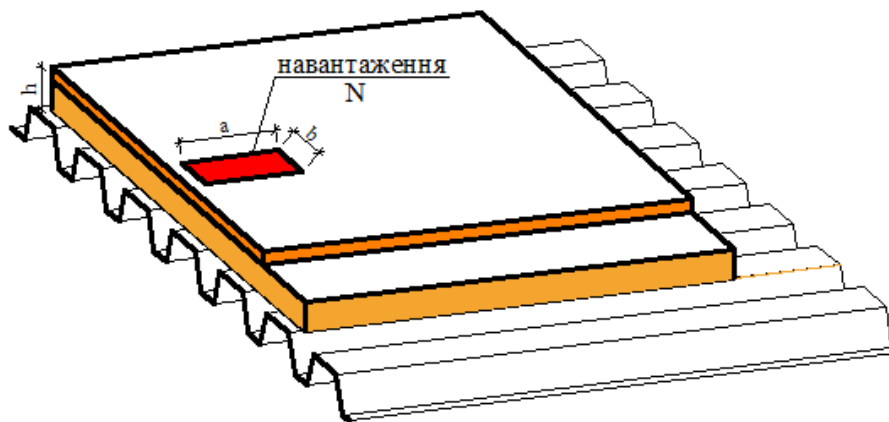


Рисунок 5.10 – Загальний вигляд площі, на яку діє навантаження

1. Максимальний згинаючий момент

$$M=(N \times b / 8) \times (2 L-b) ;$$

де:

L - відстань між гребенями – $19,5\text{см}$;

b – 10см (за умовами).

Навантаження N на 1 см^2 :

$$N=100 / 200=0,5\text{кг} / \text{см}^2.$$

Розрахункову ширину утеплювача приймаємо $a^* = 10\text{см}$.

Навантаження на 1см полоси утеплювача шириною $a^*=10\text{см}$ буде становити:

$$N=0,5 \times 10=5\text{кг/см}$$

тоді:

$$M=(5 \times 10/8) \times (2 \times 19,5-10) = 6,25 \times 29,5 = 181,25\text{кгс*см}.$$

2. Момент опору перерізу:

$$W= a^* \times h^2/6=10 \times 9^2/6 = 135\text{см}^3.$$

3. Розрахункова напруга в утеплювачі:

$$\sigma = 181,25/135 = 1,343 \text{ кг/см}^2 = 0,134\text{МПа}.$$

Враховуючи, що напруження в плиті утеплювача буде розподілятися, як в поперечному так і в повздовжньому напрямку, тоді напруга в утеплювачі $\sigma = 0,134/2 = 0,0671\text{МПа}$.

Враховуючи те, що за умовою покрівля з двошаровим утепленням, то в першу чергу відбудеться зріз утеплювача з нижчою межею міцності на зріз (нижній шар Izovat 100 з границею міцності на зсув $\sigma_3=0,05\text{МПа}$) між гребенями проф. настилу.

Необхідно збільшити висоту утеплювача або передбачити додатковий нижній шар з більш високою міцністю на зсув.

Виконаємо додатковий нижній шар утеплювача із плит Izovat 180 товщиною 30мм.

Враховуючи що за умовами загальна товщина покрівельного пірога складає 90мм, тоді середній шар Izovat 100 – 30мм верхній шар Izovat 180 – 30мм.

Приведена міцність утеплення покрівельного килима буде складати:

$$\sigma_{\text{приведена}} = (\sigma_1 \times h_1 + \sigma_2 \times h_2 + \sigma_3 \times h_3) / (h_1 + h_2 + h_3);$$

$$\sigma_{\text{приведена}} = (0,09 \times 3 + 0,05 \times 3 + 0,09 \times 3) / (3 + 3 + 3) = 0,0767\text{МПа} > \sigma = 0,0671\text{МПа}.$$

Умови виконуються, міцність на зсув тришарового утеплювача забезпечена.

6. КОНСТРУКЦІЇ ЦОКОЛЬНОГО ПЕРЕКРИТТЯ

6.1 Приклад 1

6.1.1 Вихідні дані

Житловий триповерховий будинок садибного типу. В будинку передбачений неопалювальний підвал, перекриття над підвалом на основі залізобетонних плит. В якості теплоізоляції конструкції перекриття передбачено застосовувати мінераловатні вироби на основі скляного штапельного волокна ISOVER марки каркас М40 густиною 11 кг/м^3 . Теплоізоляція розміщується між дерев'яними лагами, що влаштовуються по залізобетонних плитах перекриття. Лаги розташовуються з кроком 1200 мм. Ширина лаг 100 мм, матеріал – сосна. Поверх теплоізоляційного шару влаштовується пароізоляційна плівка та конструкція підлоги на основі дощатого дубового настилу товщиною 30 мм. Загальний вигляд конструктивного рішення перекриття над неопалювальним підвалом наведений на рисунку 6.1.

Кліматичні умови м. Ялта.

Необхідно визначити мінімально допустиму товщину теплоізоляційного шару для забезпечення нормативних вимог ДБН В.2.6-31.

6.1.2 Нормативні вимоги

Згідно з ДБН В.2.6-31 мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі для перекриття над неопалювальним підвалом двоповерхового житлового будинку в II-й температурній зоні експлуатації України (м. Ялта) становить $R_{q \min} = 3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

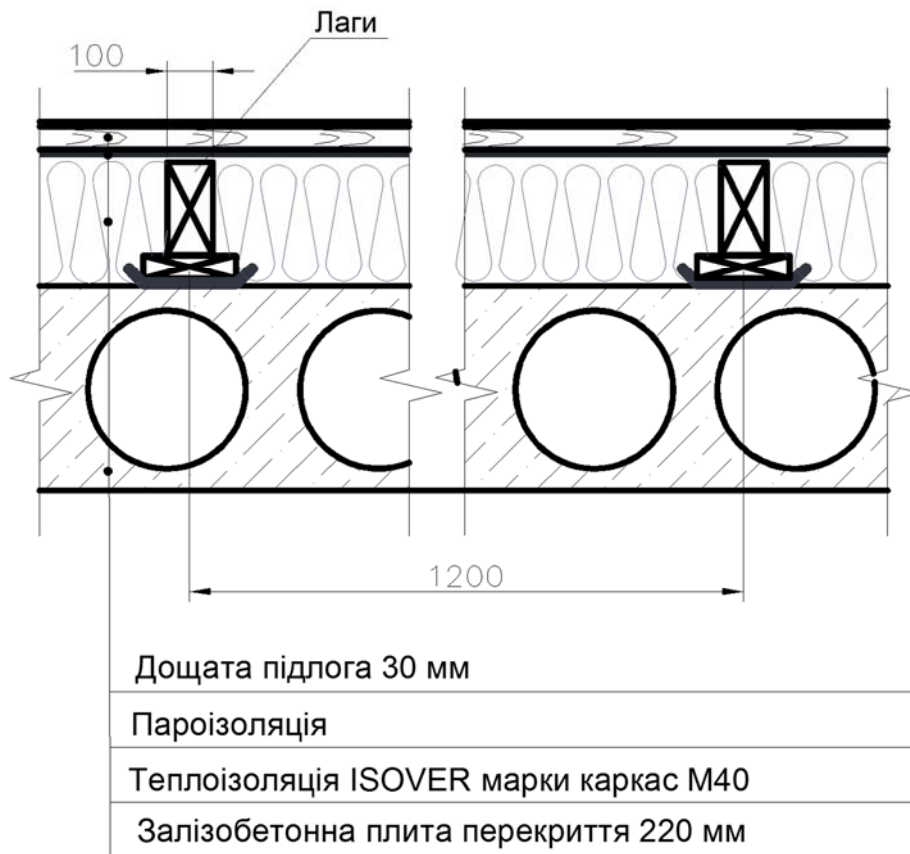


Рисунок 6.1 – Загальний вигляд конструктивного рішення перекриття над підвалом

6.1.3 Порядок розрахунку

6.1.3.1 Товщину теплоізоляційного шару приймають рівною 200 мм.

6.1.3.2 Визначають опір теплопередачі конструкції перекриття над підвалом згідно з формулою 2 ДСТУ Б В.2.6-189:2013:

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

де $\alpha_{\text{в}}$, α_3 – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, Вт/(м²·К), приймають згідно з Додатком Б ДСТУ Б В.2.6-189:2013, і дорівнюють: $\alpha_{\text{в}} = 8,7$ Вт/(м²·К); $\alpha_3 = 12$ Вт/(м²·К);

δ_i – товщина i -го шару зовнішніх стін, м; λ_{ip} – розрахункова теплопровідність матеріалу i -го шару зовнішніх стін в розрахункових умовах, Вт/(м·К), приймають згідно з Додатком А, для умов експлуатації «Б». Для теплоізоляційних виробів ISOVER приймають за результатами випробувань, проведених акредитованою лабораторією. Результати випробувань наведені в таблиці 1.10.

Отже, характеристики шарів конструкції перекриття:

- $\delta_1 = 0,22$ м, $\lambda_1 = 2,04$ Вт/(м·К) – характеристики внутрішньої штукатурки;
- $\delta_2 = 0,2$ м, $\lambda_2 = 0,055$ Вт/(м·К) – характеристики мінераловатних матів на основі скляного штапельного волокна ISOVER марки каркас М40 густиною 11 кг/м³;
- $\delta_3 = 0,03$ м, $\lambda_3 = 0,23$ Вт/(м·К) – характеристики дощатої підлоги.

Тоді,

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,22}{2,04} + \frac{0,2}{0,055} + \frac{0,03}{0,23} + \frac{1}{12} = 4,07 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

6.1.3.3 Визначають характерні ділянки та типи теплопровідних включень.

На фрагменті, що розглядають, присутній лише один тип теплопровідного включення – дерев'яні лаги. Для даного теплопровідного включення за проектними даними та даними Додатку Г ДСТУ Б В.2.6-189:2013 визначають характеристику лінійного коефіцієнту теплопередачі. Дана величина становить $k = 0,071$ Вт/(м·К).

6.1.3.4 Визначають приведений опір теплопередачі перекриття над підвалом. Розрахунок проводять для 1 м² конструкції з урахуванням площі, що займають лаги та їх кількості на 1 м² конструкції перекриття. Враховуючи, що лаги розташовані з кроком 1,2 м, то на 1 м припадає 0,83 лаг, а знаючи ширину лаги визначають площу однорідної зони $F_l = (1 - 0,83 \cdot 0,1) \cdot 1 = 0,917$ м².

Тоді, приведений опір теплопередачі визначають згідно з формулою 3 ДСТУ Б В.2.6-189:2013:

$$R_{\Sigma \text{ пр}} = \frac{F_{\Sigma}}{\sum_{i=1}^I \frac{F_i}{R_{\Sigma i}} + \sum_{j=1}^J k_j L_j + \sum_{k=1}^K \psi_k N_k} = \frac{1}{\frac{0,917}{4,07} + 0,071 \cdot 1 \cdot 0,83} = 3,52 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

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

6.1.4 Таким чином, мінімально необхідна товщина теплоізоляції перекриття над підвалом із залізобетонних плит товщиною 220 мм з мінераловатних виробів на основі скляного штапельного волокна ISOVER марки каркас М40 густиною 11 кг/м³, що розміщується між дерев'яними лагами, становить 200 мм.

6.2 Приклад 2

6.2.1 Вихідні дані

Для розрахунку обрано конструкцію неопалювального підвалу промислової будівлі з нормальним згідно з ДБН В.2.6-31 режимом експлуатації. Перекриття над підвалом на основі збірних залізобетонних плит. Теплоізоляцію конструкції перекриття передбачено влаштовувати на основі теплоізоляційного розчину ТЕПЛОВЕР Light густиною 320 кг/м³. Поверх теплоізоляційного шару влаштовується вирівнювальна армована цементно-піщана стяжка товщиною 30 мм. Загальний вигляд конструктивного рішення перекриття над неопалювальним підвалом наведений на рисунку 6.2.

Кліматичні умови м. Луганськ.

Необхідно визначити мінімально допустиму товщину теплоізоляційного шару для забезпечення нормативних вимог ДБН В.2.6-31.

6.2.2 Нормативні вимоги

Згідно з ДБН В.2.6-31 мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі перекриття неопалювального підвалу промислової будівлі з нормальним режимом експлуатації та конструкцією перекриття з тепловою

інерцією $D > 1,5$ в І-й температурній зоні експлуатації України (м. Луганськ) становить $R_{q\ min} = 1,9\ \text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.



Рисунок 6.2 – Загальний вигляд конструктивного рішення перекриття над неопалювальним підвалом

6.2.3 Порядок розрахунку

6.2.3.1 Мінімальну товщину теплоізоляції огорожувальної конструкції, що не містить в своєму складі теплопровідних включень визначають за формулою 5.1.

6.2.3.2 Розрахункову теплопровідність матеріалів приймають згідно з Додатком А, для умов експлуатації «Б». Для теплоізоляційних розчинів ТЕПЛОВЕР приймають за результатами випробувань, проведених акредитованою лабораторією. Результати випробувань наведені в таблиці 2.5.

Тоді:

- коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, α_v , α_3 , Вт/(м²·К), приймають згідно з Додатком Б ДСТУ Б В.2.6-189:2013, і дорівнюють: $\alpha_v = 8,7$ Вт/(м²·К); $\alpha_3 = 12$ Вт/(м²·К);
- $\delta_1 = 0,04$ м, $\lambda_1 = 0,93$ Вт/(м·К) – характеристики цементно-піщаної стяжки;
- $\lambda_2 = 0,095$ Вт/(м·К) – характеристики теплоізоляційного розчину ТЕПЛОВЕР Light;
- $\delta_3 = 0,22$ м, $\lambda_4 = 2,04$ Вт/(м·К) – характеристики залізобетонної плити перекриття.

На підставі встановлених даних:

$$\delta_{\min} = \left(1,9 - \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,04}{0,93} + \frac{0,22}{2,04} + \frac{1}{12} \right) \right) \cdot 0,095 = 0,15 \text{ м}$$

6.2.4 Таким чином, мінімально необхідна товщина теплоізоляції перекриття над підвалом промислової будівлі із залізобетонних плит товщиною 220 мм на основі розчину ТЕПЛОВЕР Light густиною 320 кг/м³ становить 150 мм.

6.3 Приклад 3

6.3.1 Вихідні дані

Для розрахунку обрано конструкцію перекриття над проїздом житлового будинку. Перекриття над проїздом на основі збірних залізобетонних плит. Теплоізоляцію конструкції перекриття передбачено влаштовувати на основі спіненого полістиролу EPS (ПСБ-С-25) ПП «Євробуд»^{ТМ} густиною 22 кг/м³. Поверх теплоізоляційного шару влаштовується вирівнювальна армована цементно-піщана стяжка товщиною 30 мм. Загальний вигляд конструктивного рішення перекриття над неопалювальним підвалом наведений на рисунку 6.3.

Кліматичні умови м. Хмельницький.

Необхідно визначити мінімально допустиму товщину теплоізоляційного шару для забезпечення нормативних вимог ДБН В.2.6-31.

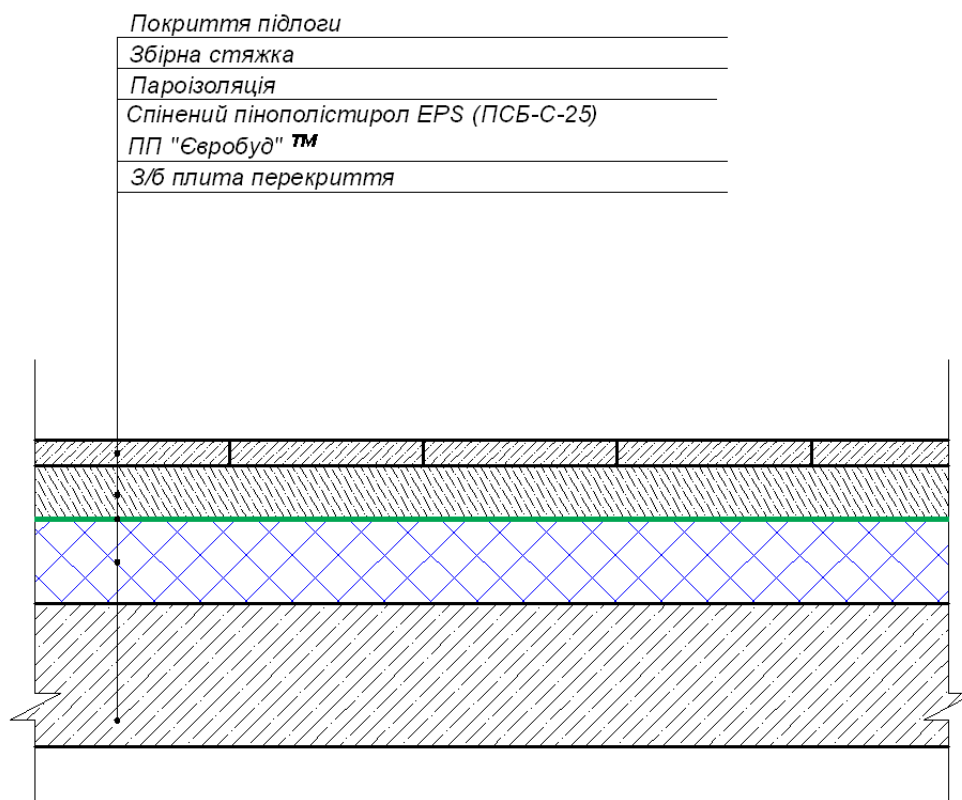


Рисунок 6.3 – Загальний вигляд конструктивного рішення перекриття над проїздом

6.2.2 Нормативні вимоги

Згідно з ДБН В.2.6-31 мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі перекриття над проїздом житлового будинку в І-й температурній зоні експлуатації України (м. Хмельницький) становить $R_{q \min} = 3,75 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

6.2.3 Порядок розрахунку

6.2.3.1 Мінімальну товщину теплоізоляції огорожувальної конструкції, що не містить в своєму складі теплопровідних включень визначають за формулою 5.1.

6.2.3.2 Розрахункову теплопровідність матеріалів приймають для умов експлуатації «Б». Для спіненого полістиролу EPS (ПСБ-С-25) ПП «Євробуд»[™] приймають за результатами випробувань, проведених акредитованою лабораторією. Результати випробувань наведені в таблиці 2.7.

Тоді:

- коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, $\alpha_{\text{в}}, \alpha_{\text{з}}, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, приймають згідно з Додатком Б ДСТУ Б В.2.6-189:2013, і дорівнюють: $\alpha_{\text{в}} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$; $\alpha_{\text{з}} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;
- $\delta_1 = 0,04 \text{ м}$, $\lambda_1 = 0,93 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ – характеристики цементно-піщаної стяжки;
- $\lambda_2 = 0,037 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ – характеристики спіненого полістиролу EPS (ПСБ-С-25);
- $\delta_3 = 0,22 \text{ м}$, $\lambda_4 = 2,04 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ – характеристики залізобетонної плити перекриття.

На підставі встановлених даних:

$$\delta_{\min} = \left(3,75 - \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,04}{0,93} + \frac{0,22}{2,04} + \frac{1}{23} \right) \right) \cdot 0,037 = 0,127 \text{ м}$$

6.2.4 Таким чином, мінімально необхідна товщина теплоізоляції залізобетонного перекриття над проїздом житлового будинку товщиною 220 мм на основі спіненого полістиролу EPS (ПСБ-С-25) густиною $22 \text{ кг}/\text{м}^3$ становить 130 мм.

Ключові слова: приведений опір теплопередачі, теплоізоляційний матеріал, теплопровідне включення, теплопровідність, термін ефективної експлуатації, термічна неоднорідність, утеплювач.

Директор ДП НДІБК,
докт. техн. наук
(науковий керівник)

Г.Г. Фаренюк

Завідувач лабораторії будівельної
теплотехніки та енергозбереження

Є.Г. Фаренюк

Відповідальний виконавець,
науковий співробітник

Є.С. Колесник