

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ
КАФЕДРА **БУДІВЕЛЬНИХ** КОНСТРУКЦІЙ

Немає такої кафедри у
КНУБА! Є архітектурних
конструкцій.

**ТЕПЛОТЕХНІЧНИЙ І ВОЛОГІСНИЙ РОЗРАХУНОК
ОГОРОДЖУВАЛЬНОЇ КОНСТРУКЦІЇ**

Відмінно 100.

7.11.22

Виконала:

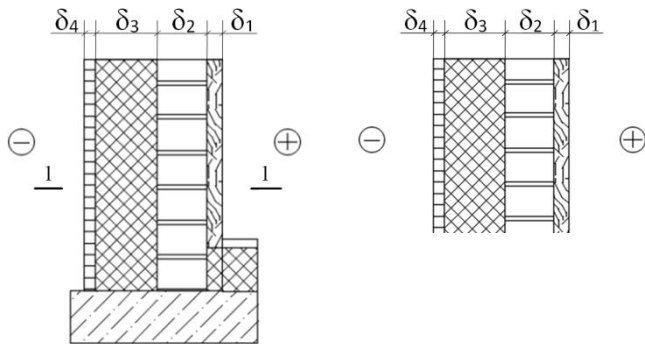
студентка групи Арх-31а

Конопленко В.О.

Перевірив:

професор Сергейчук О.В.

1. Теплотехнічний розрахунок огорожувальної конструкції



Огороджувальна конструкція

/перероблення балкону під еркер/

1.1 Визначимо вологісний режим приміщення:

Таблиця Б.2– Розрахункові значення температури й відносної вологості внутрішнього повітря приміщень (для теплотехнічних розрахунків)

Призначення будівлі	Розрахункові значення показників внутрішнього повітря	
	температури $\theta_{int}, ^\circ\text{C}$	відносної вологості $\phi_{int}, \%$
Житлові та готелі	20	55
Заклади дошкільної освіти та охорони здоров'я	22	50
Спортивні заклади	18	50
Інші громадські заклади	20	50

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

(Таблиця Б.2, додаток Б [1])

Ми маємо житлове приміщення, отже відповідно до таблиці Б.2, додаток Б [1] температура внутрішнього повітря - 20°C , а відносна вологість – 55%.

Таблиця Б.1– Градація вологісного режиму приміщень

Вологісний режим	Відносна вологість внутрішнього повітря $\phi_{int}, \%$, за температури внутрішнього повітря $\theta_{int}, ^\circ\text{C}$		
	$\theta_{int} \leq 12$	$12 < \theta_{int} \leq 24$	$\theta_{int} > 24$
Сухий	$\phi_{int} < 60$	$\phi_{int} < 50$	$\phi_{int} < 40$
Нормальний	$60 \leq \phi_{int} \leq 75$	$50 \leq \phi_{int} \leq 60$	$40 \leq \phi_{int} \leq 50$
Вологий	$75 < \phi_{int}$	$60 < \phi_{int} \leq 75$	$50 < \phi_{int} \leq 60$
Мокрий	-	$75 < \phi_{int}$	$60 < \phi_{int}$

Таблиця Б.1, додаток Б [1])

Виходячи з розрахункових значень показників внутрішнього повітря, робимо висновок відповідно до таблиці Б.1, додаток Б [1], що **вологісний режим приміщення – нормальний.**

1.2 Визначимо вологісні умови експлуатації огорожувальної конструкції:

Таблиця Б.3 – Вологісні умови експлуатації матеріалу в огорожувальних конструкціях

Вологісний режим приміщень	Умови експлуатації
Сухий	А
Нормальний	Б
Вологий	Б
Мокрий	Б
Примітка. Матеріали внутрішніх конструкцій будівель із нормальним режимом експлуатації розраховуються для умов експлуатації А.	

Таблиця Б.3, додаток Б [1])

Відповідно до вологісного режиму приміщення, з таблиці Б.3, додаток Б [1] визначаємо вологісні умови експлуатації. **Вологісні умови експлуатації – Б.**

1.3 Викреслюємо таблицю теплофізичних показників будівельних матеріалів конструктивних шарів огорожувальної конструкції відповідно до таблиці А.1, додаток А [2] з урахуванням умов експлуатації:

№ шару	Будівельний матеріал конструктивного шару	δ_m	γ_o_m	Розрахункові коефіцієнти		
				γ Вт/м·°С	S Вт/м²·°С	μ Мг/м·год·Па
				Б	Б	
1	Обшивка (дошки соснові)	0.02	500	0.18	4.54	0.06
2	Кладка з керамічної цегли	0.065	1200	0.52	6.62	0.17
3	Утеплювач (плити з базальтового волокна)	0.08	160	0.041	0.65	0.15
4	Плоский азбестоцементний лист	0.015	1800	0.52	8.12	0.03

Таблиця 1 – теплофізичні характеристики будівельних матеріалів

1.4 Визначимо розрахунковий опір теплопередачі заданої конструкції R_Σ , м²К/Вт

Опір теплопередачі розраховуємо за формулою (1) [2]: $R_\Sigma = \frac{1}{\alpha_B} + \sum_{i=1}^n l_i + \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{\alpha_B} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_3}$

Формулу (1) [2] можна записати у вигляді: $R_\Sigma = R_B + R_K + R_3$, де

$$R_K = \frac{\delta_1}{\gamma_1} + \frac{\delta_2}{\gamma_2} + \frac{\delta_3}{\gamma_3} + \frac{\delta_4}{\gamma_4} ;$$

$$R_k = \frac{0.02}{0.18} + \frac{0.065}{0.52} + \frac{0.08}{0.041} + \frac{0.015}{0.52};$$

$$R_k = 2.216 \text{ (м}^2 \cdot \text{К/Вт)}.$$

$$R_b = \frac{1}{\alpha_b} \qquad R_3 = \frac{1}{\alpha_3}$$

Значення α_b і α_3 беремо відповідно до додатку Б [2].

Ч.ч.	Тип конструкції	Коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м ² ·К)	
		α_b	α_3
1	Зовнішні стіни, суміщені покриття, перекриття над проїздами	8,7	23
2	Перекриття над холодними підвалами, що межують з холодним повітрям	8,7	17
3	Горищні покриття, перекриття над неопалюваними підвалами зі світловими прорізами у стінах, а також зовнішні стіни з вентильованим повітряним прошарком, що вентилуються зовнішнім повітрям	8,7	12
4	Горищні перекриття та перекриття над неопалюваними підвалами та техпідпіллями, що не вентилуються зовнішнім повітрям	8,7	6
5	Вікна, двері балконні та вхідні, вітражі, зовнішні стіни з опорядженням світлопрозорими елементами	8,0	23
6	Зенітні ліхтарі	9,9	23

Додаток Б [2]

Тип конструкції – зовнішні стіни, тоді згідно з таблицею $\alpha_b = 8.7 \text{ (Вт/м}^2 \cdot \text{К)}$ і $\alpha_3 = 23 \text{ (Вт/м}^2 \cdot \text{К)}$.

$$R_b = \frac{1}{\alpha_b} = \frac{1}{8.7} = 0.115 \text{ (м}^2 \cdot \text{К/Вт)}$$

$$R_3 = \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{23} = 0.0435 \text{ (м}^2 \cdot \text{К/Вт)}$$

$$R_\Sigma = R_b + R_k + R_3 = 0.115 + 2.216 + 0.0435 = 2.375 \text{ (м}^2 \cdot \text{К/Вт)}$$

Розрахунковий опір теплопередачі заданої конструкції:

$$R_\Sigma = 2.375 \text{ (м}^2 \cdot \text{К/Вт)}$$

1.5 Визначимо температурну зону району будівництва

ДОДАТОК А
(обов'язковий)

КАРТА-СХЕМА ТЕМПЕРАТУРНИХ ЗОН УКРАЇНИ



Район будівництва: Івано-Франківськ.

Відповідно до Додатку А [1] температурна зона для Івано-Франківська – І.

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

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

Ч.ч.	Вид огорожувальної конструкції	Значення $R_{q\min}$, $\text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, для температурної зони	
		I	II
1	Зовнішні стінові огорожувальні конструкції	4,00	3,50
2	Суміщені покриття, що межують із зовнішнім повітрям	7,00	6,00
3	Покриття опалюваних горищ (технічних поверхів), мансард, горищні перекриття неопалюваних горищ	6,00	5,50
4	Перекриття, що межують із зовнішнім повітрям, та над неопалюваними підвалами	5,00	4,00
5	Світлопрозорі огорожувальні конструкції	0,90	0,70
6	Зенітні ліхтарі	0,80	0,70
7	Зовнішні двері	0,70	0,60

Таблиця 1 [1]

Відповідно до таблиці 1 [1] і згідно з нашою температурною зоною отримуємо мінімально допустиме значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції: $R_{q \min} = 4.00 \text{ (м}^2 \cdot \text{К/Вт)}$

1.7 Порівнюємо розрахунковий опір теплопередачі з мінімально допустимим значенням опору теплопередачі огорожувальної конструкції:

Розрахунковий опір теплопередачі заданої конструкції: $R_{\Sigma} = 2.375 \text{ (м}^2 \cdot \text{К/Вт)}$

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції: $R_{q \min} = 4.00 \text{ (м}^2 \cdot \text{К/Вт)}$

$R_{\Sigma} < R_{q \min}$, отже конструкція не підходить для житла, тому необхідно зробити корегування конструктивного вирішення огорожувальної конструкції, а саме додати зовнішнє утеплення і зовнішній огорожувальний шар.

Як зовнішнє утеплення обираємо **мінеральну вату на основі базальтового волокна** з густиною $150 \text{ (кг/м}^3)$. Теплофізичні показники матеріалу беремо з таблиці А.1, додаток А [2]:

Таблиця А.1 - Значення розрахункових теплофізичних характеристик

Ч.ч.	Назва матеріалу	Характеристика в сухому стані			Розрахунковий вміст води 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 теплосасвоєння s , Вт/(м ² ·К)		коефіцієнт паропроникності μ , мг/(м·год·Па)
					А	Б	А	Б	А	Б	А, Б
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1 ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ											
1.1 Волокнисті матеріали											
1	Вироби теплоізоляційні з мінеральної вати на основі базальтового волокна	30	0,84	0,039	0,5	1,0	0,046	0,050	0,29	0,31	0,55
		40	0,84	0,039	0,5	1,0	0,046	0,049	0,34	0,35	0,53
		50	0,84	0,038	0,5	1,0	0,044	0,048	0,37	0,39	0,52
		75	0,84	0,037	0,5	1,0	0,043	0,047	0,45	0,48	0,50
		100	0,84	0,038	0,5	1,0	0,044	0,048	0,53	0,56	0,47
		125	0,84	0,038	0,5	1,0	0,045	0,049	0,59	0,63	0,43
		150	0,84	0,039	0,5	1,0	0,048	0,050	0,67	0,69	0,38
		175	0,84	0,039	0,5	1,0	0,049	0,052	0,73	0,76	0,35
		200	0,84	0,040	0,5	1,0	0,050	0,053	0,79	0,83	0,31
225	0,84	0,040	0,5	1,0	0,050	0,054	0,84	0,88	0,30		

Таблиця А.1, додаток А [2]

Як зовнішній огорожувальний шар обираємо **розчин цементно-піщаний товщиною 0.005 (м)**. Теплофізичні показники матеріалу беремо з таблиці А.1, додаток А [2]:

Таблиця А.1 - Значення розрахункових теплофізичних характеристик

Ч.ч.	Назва матеріалу	Характеристика в сухому стані			Розрахунковий вміст вологи за масою в умовах експлуатації w, %		Розрахункові характеристики в умовах експлуатації					
		густина ρ_0 , кг/м ³	питома теплоємність c_0 , кДж/(кг·К)	теплопровідність λ_0 , Вт/(м·К)	А	Б	теплопровідність λ_p , Вт/(м·К)		коефіцієнт теплозасвоєння s , Вт/(м ² ·К)		коефіцієнт паропроникності μ , мг/(м·год·Па)	
							А	Б	А	Б	А, Б	
68	Розчин цементно-піщаний	1800	0,84	0,58	2	4	0,76	0,93	9,6	11,09	0,09	

Таблиця А.1, додаток А [2]

Розрахуємо товщину утеплювача:

$$\text{за формулою } R_{q \min} = R_{\Sigma} + \frac{\delta_{yt}}{\gamma_{yt}} + \frac{\delta_{ог}}{\gamma_{ог}} \Rightarrow 4 = 2.375 + \frac{\delta_{yt}}{0.050} + \frac{0.005}{0.93}$$

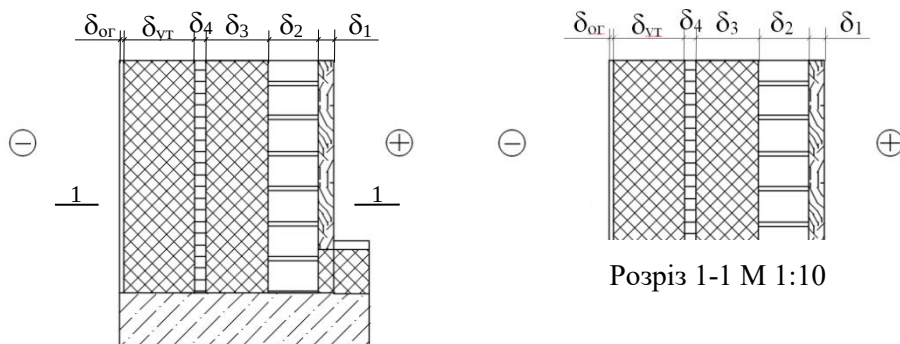
δ_{yt} приймемо за x , складемо рівняння:

$$2.375 + \frac{x}{0.050} + \frac{0.005}{0.93} = 4$$

$$x = 0.081 \Rightarrow \delta_{yt} = 0.081 \text{ (м)}$$

Відповідно до номенклатури плит обираємо **утеплювач товщиною 0.1(м).**

1.8 Викреслюємо огорожувальну конструкцію після її коректування



1.9 Визначимо розрахунковий опір теплопередачі відкорегованої конструкції

$$\text{за формулою 1 [2]: } R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_{в}} + \sum_{i=1}^n l_i + \frac{1}{\alpha_{з}} = \frac{1}{\alpha_{в}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_{з}}$$

$$R_k = \frac{\delta_1}{\gamma_1} + \frac{\delta_2}{\gamma_2} + \frac{\delta_3}{\gamma_3} + \frac{\delta_4}{\gamma_4} + \frac{\delta_{ог}}{\gamma_{ог}} + \frac{\delta_{yt}}{\gamma_{yt}}$$

$$R_k = \frac{0.02}{0.18} + \frac{0.065}{0.52} + \frac{0.08}{0.041} + \frac{0.015}{0.52} + \frac{0.005}{0.93} + \frac{0.1}{0.050} = 4.22 \text{ (м}^2 \cdot \text{К/Вт)}$$

$R_{\Sigma} = R_{в} + R_k + R_{з} = 0.115 + 4.22 + 0.0435 = 4.38 \text{ (м}^2 \cdot \text{К/Вт)}$, $R_{\Sigma} > R_{q \min}$, отже відкоригована конструкція підходить для житла.

1.10 Визначаємо розрахункову температуру зовнішнього повітря

Таблиця Б.4– Розрахункові значення температури зовнішнього повітря $\theta_{e,роз}$

Температурна зона	I	II
Розрахункова температура зовнішнього повітря $\theta_{e,роз}$, °C	мінус 22	мінус 19

Таблиця Б.4, додаток Б [1]

Відповідно до таблиці Б.4, додаток Б [1], згідно з нашою температурною зоною (I) **розрахункова температура зовнішнього повітря – мінус 22.**

1.11 Визначимо температуру на внутрішній поверхні огорожувальної конструкції:

Розраховуємо за формулою (5) [3]:
$$t(x) = t_b - \frac{t_b - t_3}{R_\Sigma} \left(\frac{1}{\alpha_b} + R_x \right)$$

$$t(1) = 20 - \frac{20 - (-22)}{4.38} \cdot (0.115 + 0) = 18.9 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Отже, температура на внутрішній поверхні огорожувальної конструкції – 18.9 °C.

1.12 Визначимо температуру точки роси:

Для визначення температури точки роси необхідно знайти дійсну пружність

водяної пари за формулою:
$$e = \frac{\varphi \cdot E}{100}$$

З таблиці Б.1, додаток Б [3] беремо значення E (Па) відповідно до $t_b=20^\circ\text{C}$, отже $E=2340$ Па.

$$\varphi_b=55\%$$

$$e = \frac{\varphi \cdot E}{100} = 2340 \cdot 0.55 = 1287 \text{ Па}$$

З таблиці Б.1, додаток Б [3] знаходимо відповідну температуру згідно з $e=1287$ Па.

$$e=1287 \text{ Па} \rightarrow \tau_p = 10,7^\circ\text{C}$$

Отже, температура точки роси – 10.7°C.

1.13 Порівнюємо температуру на внутрішній поверхні огорожувальної конструкції з температурою точки роси:

$$t_B > t_p$$

Отже, можна зробити висновок, що конденсат випадати не буде.

2. Вологісний розрахунок огорожувальної конструкції

2.1 Визначимо зовнішню і внутрішню температуру та відносну вологість повітря найхолоднішого місяця (січень):

Таблиця 2 – Температура зовнішнього повітря

Область, місто	Середня місячна температура повітря середня добова амплітуда температури , °C												Температура повітря, °C				Період із середньою добовою температурою повітря								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Середня за рік	холодного періоду		теплого періоду		≤ 8 °C	≤ 10 °C		≥ 21 °C				
														найхолодніша доба забезпеченість	найхолодніша п'ятиденка забезпеченість	найжаркіша доба забезпеченість 0,95	найжаркіша п'ятиденка забезпеченість 0,99		тривалість, діб	середня температура, °C		тривалість, діб	середня температура, °C		
																								0,98	0,92
Івано-Франківська область	-4,3	-2,6	1,7	8,1	13,6	16,7	18,3	17,7	13,4	8,0	2,5	-2,4	7,6	-26	-24	-22	-20	27	22	179	0,4	200	1,2	-	-
Івано-Франківськ	7,8	7,7	8,8	10,8	11,4	11,0	11,0	11,4	11,2	10,4	7,2	6,7													

Таблиця 2 [4]

Відповідно до таблиці 2 [4] отримуємо значення зовнішньої температури для січня: $t_{\text{зов}} = -4.3^{\circ}\text{C}$.

Таблиця 24 – Відносна вологість повітря

Область, місто	Середня місячна $\frac{\text{відносна вологість}}{\text{середня добова амплітуда відносної вологості}}$, %												Середня за рік відносна вологість, %
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Івано-Франківська область													
Івано-Франківськ	$\frac{83}{12}$	$\frac{81}{16}$	$\frac{77}{23}$	$\frac{72}{32}$	$\frac{72}{34}$	$\frac{74}{32}$	$\frac{75}{32}$	$\frac{76}{34}$	$\frac{79}{31}$	$\frac{80}{27}$	$\frac{84}{16}$	$\frac{85}{9}$	78

Таблиця 24 [4]

Відповідно до таблиці 24 [4] отримуємо значення відносної вологості у січні: $\varphi_{\text{зов}} = 83\%$

Значення внутрішньої температури і відносної вологості визначено вище (пункт 1.1):

$$t_B = 20^{\circ}\text{C}, \quad \varphi_B = 55\%.$$

2.2 Розрахуємо термічний опір кожного шару і опір теплопередачі всієї конструкції, беремо значення з попереднього розрахунку:

Термічний опір кожного шару огорожувальної конструкції (пункт 1.9):

$$R_1 = \frac{\delta_1}{\gamma_1} = \frac{0.02}{0.18} = 0.11 \text{ (м}^2 \cdot \text{К/Вт)};$$

$$R_2 = \frac{\delta_2}{\gamma_2} = \frac{0.065}{0.52} = 0.125 \text{ (м}^2 \cdot \text{К/Вт)};$$

$$R_3 = \frac{\delta_3}{\gamma_3} = \frac{0.08}{0.041} = 1.95 \text{ (м}^2 \cdot \text{К/Вт)};$$

$$R_4 = \frac{\delta_4}{\gamma_4} = \frac{0.015}{0.52} = 0.03 \text{ (м}^2 \cdot \text{К/Вт)};$$

$$R_5 = \frac{\delta_5}{\gamma_5} = \frac{0.1}{0.050} = 2 \text{ (м}^2 \cdot \text{К/Вт)}.$$

$$R_6 = \frac{\delta_6}{\gamma_6} = \frac{0.005}{0.93} = 0.005 \text{ (м}^2 \cdot \text{К/Вт)};$$

Опір теплосприйняття внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції (пункт 1.4):

$$R_B = \frac{1}{\alpha_B} = \frac{1}{8.7} = 0.115 \text{ (м}^2 \cdot \text{К/Вт)}.$$

Опір теплопередачі всієї огорожувальної конструкції (пункт 1.9):

$$R_\Sigma = 4.38 \text{ (м}^2 \cdot \text{К/Вт)}.$$

2.3 Розрахуємо температуру на границях конструктивних шарів огорожувальної конструкції:

Розраховуємо за формулою 5 [3]:
$$t(x) = t_B - \frac{t_B - t_{30B}}{R_\Sigma} \left(\frac{1}{\alpha_B} + R_x \right)$$

$$t_B = t_B - \frac{t_B - t_{30B}}{R_\Sigma} \cdot R_B = 20 - \frac{20 - (-4.3)}{4.38} \cdot 0.115 = 19.4 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_{1-2} = t_B - \frac{t_B - t_{30B}}{R_\Sigma} \cdot (R_B + R_1) = 20 - \frac{20 - (-4.3)}{4.38} \cdot (0.115 + 0.11) = 18.8 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_{2-3} = t_B - \frac{t_B - t_{30B}}{R_\Sigma} \cdot (R_B + R_1 + R_2) = 20 - \frac{20 - (-4.3)}{4.38} \cdot (0.115 + 0.11 + 0.125) = 18.1 \text{ }^\circ\text{C}$$

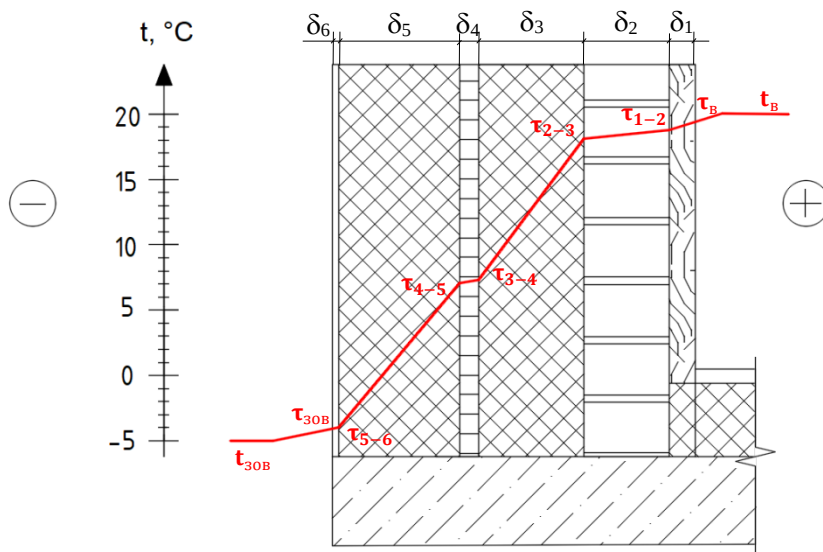
$$t_{3-4} = t_B - \frac{t_B - t_{30B}}{R_\Sigma} \cdot (R_B + R_1 + R_2 + R_3) = 20 - \frac{20 - (-4.3)}{4.38} \cdot (0.115 + 0.11 + 0.125 + 1.95) = 7.24 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\tau_{4-5} = t_B - \frac{t_B - t_{30B}}{R_{\Sigma}} \cdot (R_B + R_1 + R_2 + R_3 + R_4) = 20 - \frac{20 - (-4.3)}{4.38} \cdot (0.115 + 0.11 + 0.125 + 1.95 + 0.03) = 7.06^{\circ}\text{C}$$

$$\tau_{5-6} = t_B - \frac{t_B - t_{30B}}{R_{\Sigma}} \cdot (R_B + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5) = 20 - \frac{20 - (-4.3)}{4.38} \cdot (0.115 + 0.11 + 0.125 + 1.95 + 0.03 + 2) = -4^{\circ}\text{C}$$

$$\tau_{30B} = t_B - \frac{t_B - t_{30B}}{R_{\Sigma}} \cdot (R_B + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6) = 20 - \frac{20 - (-4.3)}{4.38} \cdot (0.115 + 0.11 + 0.125 + 1.95 + 0.03 + 2 + 0.005) = -4.1^{\circ}\text{C}$$

2.4 Будуємо графік падіння температури в товщі огорожувальної конструкції:



2.5 Визначимо значення максимальної пружності водяної пари на границях конструктивних шарів :

З таблиці Б.1, додаток Б [3] беремо значення максимальної пружності водяної пари на границях конструктивних шарів згідно зі знайденою температурою на границях шарів огорожувальної конструкції (пункт 2.3):

$$E_B = 2254 \text{ Па}$$

$$E_{1-2} = 2172 \text{ Па}$$

$$E_{2-3} = 2079 \text{ Па}$$

$$E_{3-4} = 1016 \text{ Па}$$

$$E_{4-5} = 1008 \text{ Па}$$

$$E_{5-6} = 437 \text{ Па}$$

$$E_{30B} = 433 \text{ Па}$$

2.6 Визначимо значення дійсної пружності водяної пари на границях конструктивних шарів :

Розраховуємо за формулою (53) [5]: $e_x = e_b - \frac{e_b - e_3}{R_{e\Sigma}} \sum_{x=1}^n R_{e x}$

Знайдемо e_b (дійсний тиск водяної пари внутрішнього повітря) за формулою (6) [3]: $e_b = 0,01 \cdot \varphi_b \cdot E_b$, $\varphi_b = 55\%$ (пункт 1.1), $E_b = 2254$ Па (пункт 2.5)

$$e_b = 0.01 \cdot \varphi_b \cdot E_b = 0.01 \cdot 55 \cdot 2254 = 1240 \text{ Па}$$

Знайдемо e_{3ov} (дійсний тиск водяної пари зовнішнього повітря) за формулою (7) [3]: $e_3 = 0,01 \cdot \varphi_3 \cdot E_3$, $\varphi_3 = 83\%$ (пункт 2.1), $E_b = 433$ Па (пункт 2.5)

$$e_{3ov} = 0.01 \cdot \varphi_{3ov} \cdot E_{3ov} = 0.01 \cdot 83 \cdot 433 = 359 \text{ Па}$$

Знайдемо $R_{e x}$ для кожного шару (опір паропроникненню огорожувальної конструкції на відстані x від внутрішньої поверхні):

За формулою (45) [5]: $R_{e x} = \frac{\delta}{\mu}$

$$R_{e 1} = \frac{0.02}{0.06} = 0.33 \text{ (м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг)}$$

$$R_{e 2} = \frac{0.065}{0.17} = 0.38 \text{ (м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг)}$$

$$R_{e 3} = \frac{0.08}{0.15} = 0.53 \text{ (м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг)}$$

$$R_{e 4} = \frac{0.015}{0.03} = 0.5 \text{ (м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг)}$$

$$R_{e 5} = \frac{0.1}{0.38} = 0.26 \text{ (м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг)}$$

$$R_{e 6} = \frac{0.005}{0.09} = 0.06 \text{ (м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг)}$$

Знайдемо $R_{e\Sigma}$ (опір паропроникненню огорожувальної конструкції):

За формулою (3) [3]: $R_{e\Sigma} = \sum_{j=1}^n \frac{\delta_j}{\mu_j}$

$$R_{e\Sigma} = R_{e 1} + R_{e 2} + R_{e 3} + R_{e 4} + R_{e 5} + R_{e 6} = 0.33 + 0.38 + 0.53 + 0.5 + 0.26 + 0.06 = 2.06 \text{ (м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг)}$$

Розраховуємо значення дійсної пружності водяної пари на границях конструктивних шарів за формулою (53) [5]: $e_x = e_b - \frac{e_b - e_3}{R_{e\Sigma}} \sum_{x=1}^n R_{e x}$

$$e_{1-2} = e_B - \frac{e_B - e_3}{R_{e\Sigma}} \cdot R_{e1} = 1240 - \frac{1240 - 359}{2.06} \cdot 0.33 = 1099 \text{ Па}$$

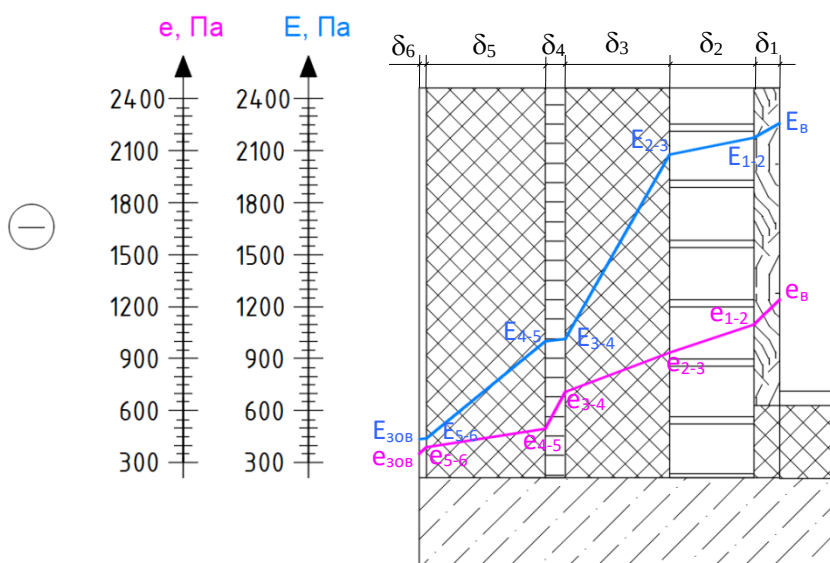
$$e_{2-3} = e_B - \frac{e_B - e_3}{R_{e\Sigma}} \cdot (R_{e1} + R_{e2}) = 1240 - \frac{1240 - 359}{2.06} \cdot (0.33 + 0.38) = 936 \text{ Па}$$

$$e_{3-4} = e_B - \frac{e_B - e_3}{R_{e\Sigma}} \cdot (R_{e1} + R_{e2} + R_{e3}) = 1240 - \frac{1240 - 359}{2.06} \cdot (0.33 + 0.38 + 0.53) = 710 \text{ Па}$$

$$e_{4-5} = e_B - \frac{e_B - e_3}{R_{e\Sigma}} \cdot (R_{e1} + R_{e2} + R_{e3} + R_{e4}) = 1240 - \frac{1240 - 359}{2.06} \cdot (0.33 + 0.38 + 0.53 + 0.5) = 496 \text{ Па}$$

$$e_{5-6} = e_B - \frac{e_B - e_3}{R_{e\Sigma}} \cdot (R_{e1} + R_{e2} + R_{e3} + R_{e4} + R_{e5}) = 1240 - \frac{1240 - 359}{2.06} \cdot (0.33 + 0.38 + 0.53 + 0.5 + 0.26) = 385 \text{ Па}$$

2.7 Будуємо графік розподілу максимальної пружності водяної пари (E , Па) і графік розподілу дійсної пружності водяної пари (e , Па) в товщі огорожі відповідно до значень з пунктів 2.5 і 2.6:



Висновок

В роботі було виконано теплотехнічний і вологісний розрахунок огорожувальної конструкції житлового приміщення в м. Івано-Франківськ.

Під час виконання теплотехнічного розрахунку, було виявлено, що розрахунковий опір теплопередачі менше, ніж мінімально допустиме значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції, а отже конструкція не підходить для житла. В зв'язку з цим було виконано корегування конструктивного вирішення огорожувальної конструкції, а саме: додаткове утеплення з зовнішнім огорожувальним шаром. Як зовнішнє утеплення була обрана мінеральна вата на основі базальтового волокна з густиною $150 \text{ (кг/м}^3\text{)}$, була розрахована необхідна товщина утеплювача – 0.1 (м) . Як зовнішній огорожувальний шар було обрано розчин цементно-піщаний товщиною 0.005 (м) . Була виконана перевірка – відкоригована конструкція підходить для житла. Далі всі розрахунки проводилися для відкорегованої конструкції.

Було знайдено температуру точки роси, вона виявилася менше, ніж температура на внутрішній поверхні огорожувальної конструкції, отже конденсат на внутрішній поверхні утворюватися не буде, тому не буде утворюватися пліснява і будуть витримані санітарно-гігієнічні норми.

Під час вологісного розрахунку огорожувальної конструкції було побудовано три графіки: графік падіння температури в товщі огорожувальної конструкції, графік розподілу максимальної пружності водяної пари і графік розподілу дійсної пружності водяної пари в товщі огорожі. Графік падіння температур в товщі огорожувальної конструкції показав, що конструкція добре підтримує температуру повітря всередині приміщення і за рахунок зовнішнього утеплення теплостійкість буде досить висока, тобто приміщення буде тривалий час утримувати внутрішню температуру; це ще раз підтверджує, що коригування конструкції (додати зовнішній шар утеплювача) було доцільним і ефективним. Графік розподілу максимальної пружності водяної пари і графік розподілу дійсної пружності водяної пари в товщі огорожі показали, що конструкція не буде утворювати конденсат та буде сухою, тому що в будь-якому місці даних графіків дійсна пружність водяної пари завжди менша, ніж максимально допустима пружність водяної пари.

Список використаної літератури

1. ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель»
2. ДСТУ Б-В.2.6-189:2013 «Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель»
3. ДСТУ-Н Б В.2.6-192:2013 «Настанова з розрахункової оцінки тепловологісного стану огорожувальних конструкцій»
4. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія»
5. Архітектурно-будівельна фізика. Теплотехніка огорожуючих конструкцій будинків. Навч. посібник / О. В. Сергейчук. – К.: Такі справи, 1999. – 156 с.