

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

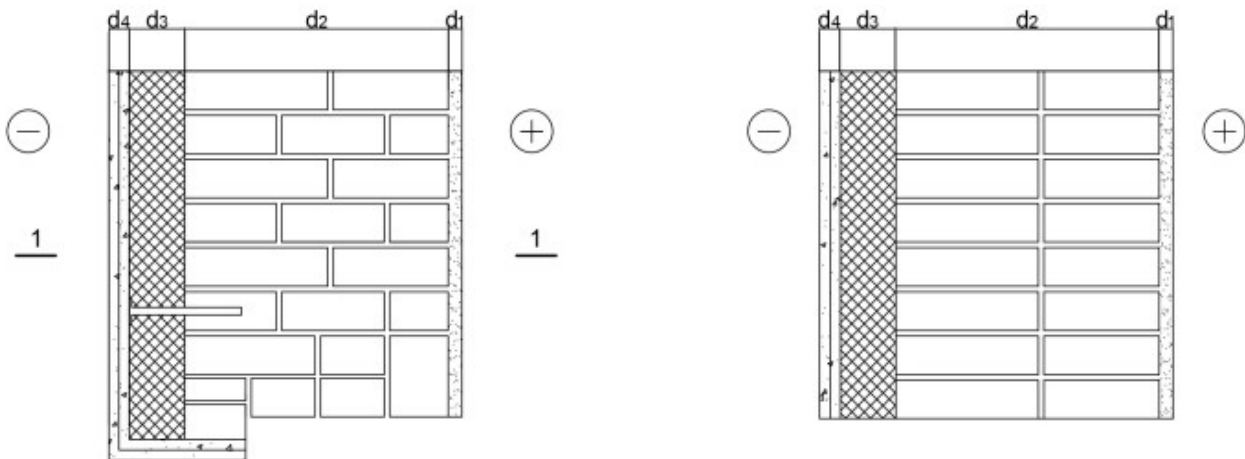
**ТЕПЛОТЕХНІЧНИЙ І ВОЛОГІСНИЙ РОЗРАХУНОК
ОГОРОДЖУВАЛЬНОЇ КОНСТРУКЦІЇ**

98
14.11.23

Виконала:
студентка групи Арх-32б
Закаблук А.М.
Перевірив:
професор Сергейчук О.В.

Київ - 2023

1. Теплотехнічний розрахунок огорожувальної конструкції



Огороджуюча конструкція (Зовнішня стіна)

Розріз 1-1

1.1 Визначимо вологісний режим приміщення:

Таблиця Б.2, додаток Б [1]

Призначення будівлі	Розрахункові значення показників внутрішнього повітря	
	температури $\theta_{int}, ^\circ\text{C}$	відносної вологості $\varphi_{int}, \%$
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.

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

Таблиця Б.1, додаток Б [1]

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

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, додаток Б [1]

Вологісний режим приміщень за додатком Г (табл.Г1)	Умови експлуатації
Сухий	А
Нормальний	Б
Вологий	Б
Мокрий	Б

Примітки: 1. Матеріали внутрішніх конструкцій будинків із нормальним режимом експлуатації розраховуються для умов експлуатації А.

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:

Таблиця 1 – теплофізичні характеристики будівельних матеріалів

№ шару	Будівельний матеріал конструктивного шару	δ м	ρ кг/м ³	Розрахункові коефіцієнти		
				λ Вт/(м•К)	S Вт/(м ² •К)	μ Мг/(м•год•Па)
				Б	Б	
1	Тинькування Вапняно-піщаний розчин	0,02	1600	0,81	9,76	0,12
2	Кладка з цегли силікатної на цем.-піщ. розчині	0,38	1500	0,81	9,63	0,13
3	Плити утеплення пінополіуретанові	0,08	80	0,05	0,7	0,05
4	Розчин Цементно-перлитовий	0,03	800	0,26	4,51	0,16

1.4 Визначимо розрахунковий опір теплопередачі заданої конструкції R_{Σ} , м²К/Вт

Опір теплопередачі розраховуємо за формулою (1) [2]: $R_{\Sigma} = \frac{1}{h_{si}} + \sum_{i=1}^l R_i + \frac{1}{h_{se}} = \frac{1}{h_{si}} + \sum_{i=1}^l \frac{d_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{h_{se}}$,

Формулу (1) [2] можна записати у вигляді: $R_{\Sigma} = R_{si} + R_{\kappa} + R_{se}$, де

$$R_{\kappa} = \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{d_3}{\lambda_3} + \frac{d_4}{\lambda_4};$$

$$R_{\kappa} = \frac{0,02}{0,81} + \frac{0,38}{0,81} + \frac{0,08}{0,05} + \frac{0,03}{0,26};$$

$$R_{\kappa} = 2,209 \text{ (м}^2 \cdot \text{К/Вт)}.$$

$$R_{si} = \frac{1}{h_{si}}$$

$$R_{se} = \frac{1}{h_{se}}$$

Значення h_{si} і h_{se} беремо відповідно до додатку Б [2]:

Додаток Б [2]

Ч.ч.	Тип конструкції		Коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м ² · К)	
			h_{si}	h_{se}
1	Вертикальні непрозорі огорожувальні конструкції (зовнішні стіни)	з опорядженням штукатурками	8,7	23
		з вентилятованими повітряними прошарками	8,7	12
2	Те саме (зовнішні двері, ворота)	непрозорі	8,7	23
3	Вертикальні світлопрозорі огорожувальні конструкції (вікна, двері балконні, світлопрозорі зовнішні двері, вітражі, світлопрозорі фасади)		8,0	23
4	Горизонтальні світлопрозорі огорожувальні конструкції (зенітні ліхтарі, покриття атриумів, оранжерей)		9,9	23
5	Горизонтальні непрозорі огорожувальні конструкції за теплового потоку знизу догори	плоскі (суміщені) покриття	10,0	23
		горизонтальні перекриття	10,0	6
6	Горизонтальні непрозорі огорожувальні конструкції за теплового потоку зверху донизу	перекриття над неопалюваними підвалами та техпідпіллями, що не вентиляються зовнішнім повітрям	5,9	6
		перекриття над неопалюваними підвалами зі світловими прорізами в стінах	5,9	12
		перекриття над неопалюваними підвалами, що межують із зовнішнім повітрям	5,9	17
		перекриття, що межують із зовнішнім повітрям (еркери, проїзди)	5,9	23

Тип конструкції – зовнішні стіни, тоді згідно з таблицею $h_{si} = 8,7 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$ і $h_{se} = 23 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$.

$$R_{si} = \frac{1}{h_{si}} = \frac{1}{8,7} = 0,115 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

$$R_{se} = \frac{1}{h_{se}} = \frac{1}{23} = 0,0435 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

$$R_{\Sigma} = R_{si} + R_k + R_{se} = 0,115 + 2,209 + 0,0435 = 2,3675 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

**Розрахунковий опір теплопередачі заданої
конструкції: $R_{\Sigma} = 2,3675 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$**

1.5 Визначимо температурну зону району будівництва

Додаток А [1]



Район будівництва: Херсон.

Відповідно до Додатку А [1] температурна зона для Херсона– II.

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_{qmin}

Ч.ч.	Вид огорожувальної конструкції	Значення R_{qmin} , $m^2 \cdot K/Вт$, 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

Відповідно до таблиці 1 [1] і згідно з нашою температурною зоною отримуємо **мінімально допустиме значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції: $R_{q min} = 3,50 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$**

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

Розрахунковий опір теплопередачі заданої конструкції: $R_{\Sigma} = 2,3675 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції: $R_{q min} = 3,50 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$

$R_{\Sigma} < R_{q min}$, 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 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 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 теплосвоєння s , Вт/(м ² ·К)		коефіцієнт паропроникності μ , мг/(м·год·Па)	
							А	Б	А	Б	А	Б
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
І ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ												
І.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 0,01 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 теплосвоєння 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:

$$\text{за формулою } R_{q \min} = R_{\Sigma} + \frac{d_{ym}}{\lambda_{ym}} + \frac{d_{oz}}{\lambda_{oz}} \rightarrow 3,5 = 2,3675 + \frac{d_{ym}}{0,050} + \frac{0,01}{0,93}$$

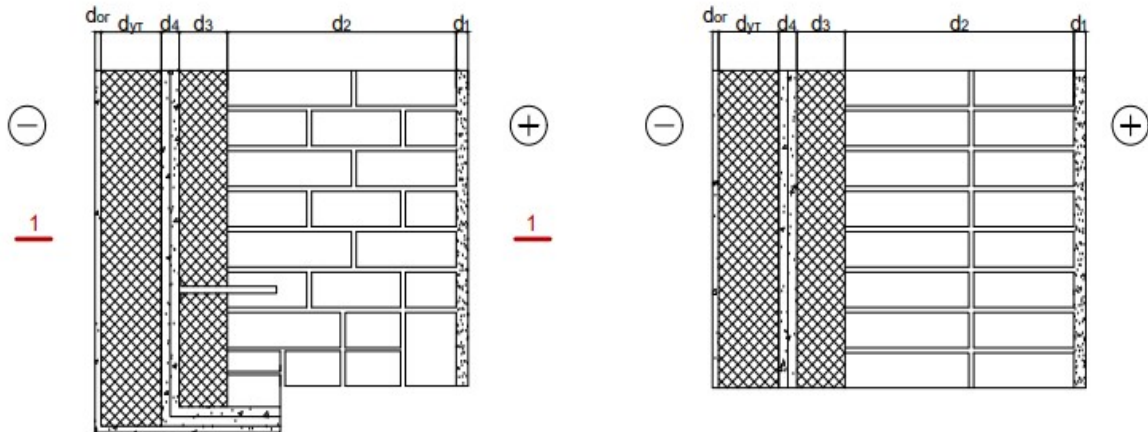
d_{yt} прийнемо за x , складемо рівняння:

$$2,3675 + \frac{x}{0,050} + \frac{0,01}{0,93} = 3,5$$

$$x = 0,056 \rightarrow d_{yt} = 0,056 \text{ м}$$

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

1.8 Викреслюємо огорожувальну конструкцію після її коректування:



Розріз 1-1

1.9 Визначимо розрахунковий опір теплопередачі відкорегованої конструкції за

формулою 2 [2]: $R_{\Sigma} = \frac{1}{h_{se}} + \sum_{i=1}^l R_i + \frac{1}{h_{si}} = \frac{1}{h_{se}} + \sum_{i=1}^l \frac{d_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{h_{si}}$,

$$R_k = \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{d_3}{\lambda_3} + \frac{d_4}{\lambda_4} + \frac{d_5}{\lambda_5} + \frac{d_6}{\lambda_6}$$

$$R_k = \frac{0,02}{0,81} + \frac{0,38}{0,81} + \frac{0,08}{0,05} + \frac{0,03}{0,26} + \frac{0,1}{0,05} + \frac{0,01}{0,93}$$

$$R_k = 4,22 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} .$$

$$R_{\Sigma} = R_b + R_k + R_3 = 0,115 + 4,22 + 0,0435 = 4,38 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} , R_{\Sigma} > R_{q \text{ min}} , \text{ отже,}$$

відкоригована конструкція підходить для житла.

1.10 Визначаємо розрахункову температуру зовнішнього повітря

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

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

Таблиця Б.4, додаток Б [1]

Відповідно до таблиці Б.4, додаток Б [1], згідно з нашою температурною зоною (II) розрахункова температура зовнішнього повітря – мінус 19⁰С.

1.11 Визначимо температуру на внутрішній поверхні огорожувальної конструкції:

Розраховуємо за формулою (5) [3]: $\theta(x) = \theta_{\text{int}} - \frac{\theta_{\text{int}} - \theta_{\text{ext}}}{R_{\Sigma}} \cdot (R_{\text{si}} + R_x)$

$$\theta(1) = 20 - \frac{20 - (-19)}{4,38} \cdot (0,115 + 0) = 18,98 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Отже, температура на внутрішній поверхні огорожувальної конструкції – 18.98 °С.

1.12 Визначимо температуру точки роси:

Для визначення температури точки роси необхідно знайти дійсну пружність

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

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

$$\phi_{\text{se}} = 55\%$$

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

З таблиці Б.1, додаток Б [3] знаходимо відповідну температуру згідно з

$$e = 1287 \text{ Па .}$$

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

Отже, температура точки роси – 10.7°С

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

$$\theta_{\text{se}} > \theta_{\text{D}}$$

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):

Область, місто	Середня місячна температура повітря, °C												Температура повітря, °C												
	середня добова амплітуда температури												холодного періоду				теплого періоду				Період із середньою добовою температурою повітря				
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	найхолодніша доба забезпеченістю		найхолодніша п'ятиденка забезпеченістю		найжаркіша доба забезпеченістю 0,95		найжаркіша п'ятиденка забезпеченістю 0,99		≥ 8 °C	≤ 10 °C	≥ 21 °C		
	0,98	0,92	0,98	0,92	найжаркіша доба забезпеченістю 0,95		найжаркіша п'ятиденка забезпеченістю 0,99		тривалість, дб		середня температура, °C		тривалість, дб		середня температура, °C		тривалість, дб		середня температура, °C						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Херсон	-2,5 6,3	-1,6 6,2	2,8 7,9	10,1 10,6	16,1 11,6	20,0 11,8	22,4 11,9	21,6 12,5	16,5 11,7	10,1 9,9	4,3 6,6	-0,2 5,7	10,0	-27	-23	-23	-19	30	26	163	1,3	181	2,2	69	22,1

Таблиця 2 [4]

Відповідно до таблиці 2 [4] отримуємо значення зовнішньої температури для січня: $\theta_{\text{ext}} = -2,5^\circ\text{C}$.

Область, місто	Середня місячна відносна вологість, %												Середня за рік відносна вологість, %
	середня добова амплітуда відносної вологості												
1	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	14
Херсон	85	82	78	69	65	65	62	62	68	76	86	87	74
	10	15	25	37	40	40	41	42	40	32	16	9	

Таблиця 24 [4]

Відповідно до таблиці 24 [4] отримуємо значення відносної вологості у січні: $\varphi_{\text{ext}} = 85\%$

Значення внутрішньої температури і відносної вологості визначено вище (пункт 1.1): $\theta_{\text{int}} = 20^\circ\text{C}$, $\varphi_{\text{int}} = 55\%$.

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

Термічний опір кожного шару огорожувальної конструкції (пункт

$$1.9): R_1 = \frac{d_1}{\lambda_1} = \frac{0,02}{0,81} = 0,025 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

$$R_2 = \frac{d_2}{\lambda_2} = \frac{0,38}{0,81} = 0,469 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

$$R_3 = \frac{d_3}{\lambda_3} = \frac{0,08}{0,05} = 1,6 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

$$R_4 = \frac{d_4}{\lambda_4} = \frac{0,03}{0,26} = 0,115 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

$$R_5 = \frac{d_5}{\lambda_5} = \frac{0,1}{0,05} = 2 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

$$R_6 = \frac{d_6}{\lambda_6} = \frac{0,01}{0,93} = 0,01 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Опір теплосприйняття внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції

(пункт 1.4):

$$R_{si} = \frac{1}{\alpha_{si}} = \frac{1}{8,7} = 0,115 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} .$$

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]: $\theta(x) = \theta_{int} - \frac{\theta_{int} - \theta_{ext}}{R_{\Sigma}} \cdot (R_{si} + R_x)$

$$\theta_{si} = \theta_{int} - \frac{\theta_{int} - \theta_{ext}}{R_{\Sigma}} \cdot R_{si} = 20 - \frac{20 - (-2,5)}{4,38} \cdot 0,115 = 19,4 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\theta_{1-2} = \theta_{int} - \frac{\theta_{int} - \theta_{ext}}{R_{\Sigma}} \cdot (R_{si} + R_1) = 20 - \frac{20 - (-2,5)}{4,38} \cdot (0,115 + 0,025) = 19,3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\theta_{2-3} = \theta_{int} - \frac{\theta_{int} - \theta_{ext}}{R_{\Sigma}} \cdot (R_{si} + R_1 + R_2) = 20 - \frac{20 - (-2,5)}{4,38} \cdot (0,115 + 0,025 + 0,469) = 16,9 \text{ } ^\circ\text{C}$$

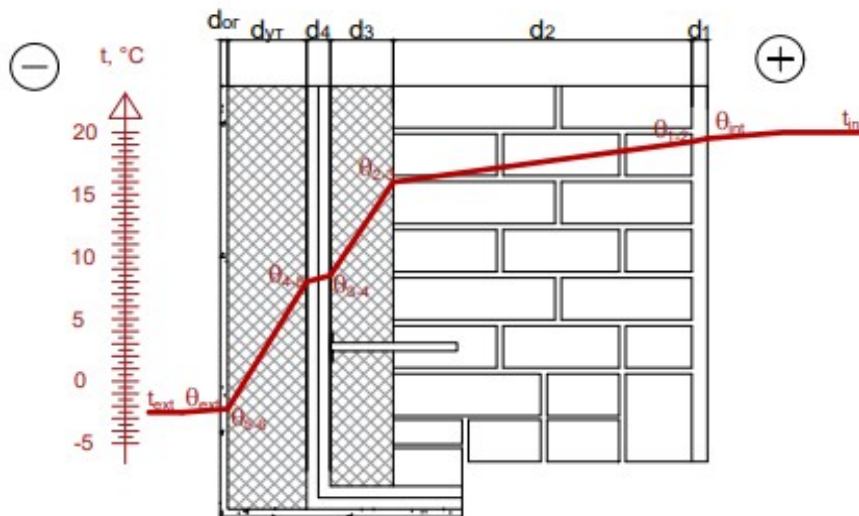
$$\theta_{3-4} = \theta_{int} - \frac{\theta_{int} - \theta_{ext}}{R_{\Sigma}} \cdot (R_{si} + R_1 + R_2 + R_3) = 20 - \frac{20 - (-2,5)}{4,38} \cdot (0,115 + 0,025 + 0,469 + 1,6) = 8,6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\theta_{4-5} = \theta_{int} - \frac{\theta_{int} - \theta_{ext}}{R_{\Sigma}} \cdot (R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4) = 20 - \frac{20 - (-2,5)}{4,38} \cdot (0,115 + 0,025 + 0,469 + 1,6 + 0,115) = 8,06 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\theta_{5-6} = \theta_{int} - \frac{\theta_{int} - \theta_{ext}}{R_{\Sigma}} \cdot (R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5) = 20 - \frac{20 - (-2,5)}{4,38} \cdot (0,115 + 0,025 + 0,469 + 1,6 + 0,115 + 2) = -2,2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\theta_{se} = \theta_{int} - \frac{\theta_{int} - \theta_{ext}}{R_{\Sigma}} \cdot (R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6) = 20 - \frac{20 - (-2,5)}{4,38} \cdot (0,115 + 0,025 + 0,469 + 1,6 + 0,115 + 2 + 0,01) = -2,26 \text{ } ^\circ\text{C}$$

2.4 Будуємо графік падіння температури в товщі огорджувальної 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 огорджувальної конструкції (пункт 2.3):

$$E_b = 2252 \text{ Па}$$

$$E_{1-2} = 2238 \text{ Па}$$

$$E_{2-3} = 1925 \text{ Па}$$

$$E_{3-4} = 1117 \text{ Па}$$

$$E_{4-5} = 1080 \text{ Па}$$

$$E_{5-6} = 508 \text{ Па}$$

$$E_3 = 504 \text{ Па}$$

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

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

Знайдемо e_v (дійсний тиск водяної пари внутрішнього повітря) за формулою (6) [3]: $e_v = 0,01 \cdot \varphi_v \cdot E_v$, $\varphi_v=55\%$ (пункт 1.1), $E_v = 2252$ Па (пункт 2.5).

$$e_v = 0,01 \cdot \varphi_v \cdot E_v = 0,01 \cdot 55 \cdot 2252 = 1239 \text{ Па}$$

Знайдемо e_3 (дійсний тиск водяної пари зовнішнього повітря) за формулою (7)

[3]: $e_3 = 0,01 \cdot \varphi_3 \cdot E_3$, $\varphi_3=85\%$ (пункт 2.1), $E_3 = 504$ Па (пункт 2.5)

$$e_3 = 0,01 \cdot \varphi_3 \cdot E_3 = 0,01 \cdot 85 \cdot 504 = 428 \text{ Па}$$

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

За формулою (45) [5]: $R_{e_x} = \frac{d}{\mu}$

$$R_{e_1} = \frac{0,02}{0,12} = 0,17 \text{ (м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг)}$$

$$R_{e_2} = \frac{0,38}{0,13} = 2,92 \text{ (м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг)}$$

$$R_{e_3} = \frac{0,08}{0,05} = 1,6 \text{ (м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг)}$$

$$R_{e_4} = \frac{0,03}{0,16} = 0,19 \text{ (м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг)}$$

$$R_{e_5} = \frac{0,1}{0,38} = 0,26 \text{ (м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг)}$$

$$R_{e_6} = \frac{0,01}{0,9} = 0,01 \text{ (м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг)}$$

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

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

$$R_{e\Sigma} = R_{e_1} + R_{e_2} + R_{e_3} + R_{e_4} + R_{e_5} + R_{e_6} = 0,17 + 2,92 + 1,6 + 0,19 + 0,01 + 0,26 \\ = 5,15 \text{ (м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг)}$$

Розраховуємо значення дійсної пружності водяної пари на границях

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

$$e_{1-2} = e_B - \frac{e_B - e_{308}}{R_{e\Sigma}} \cdot R_{e1} = 1239 - \frac{1239 - 428}{5,14} \cdot 0,17 = 1212 \text{ Па}$$

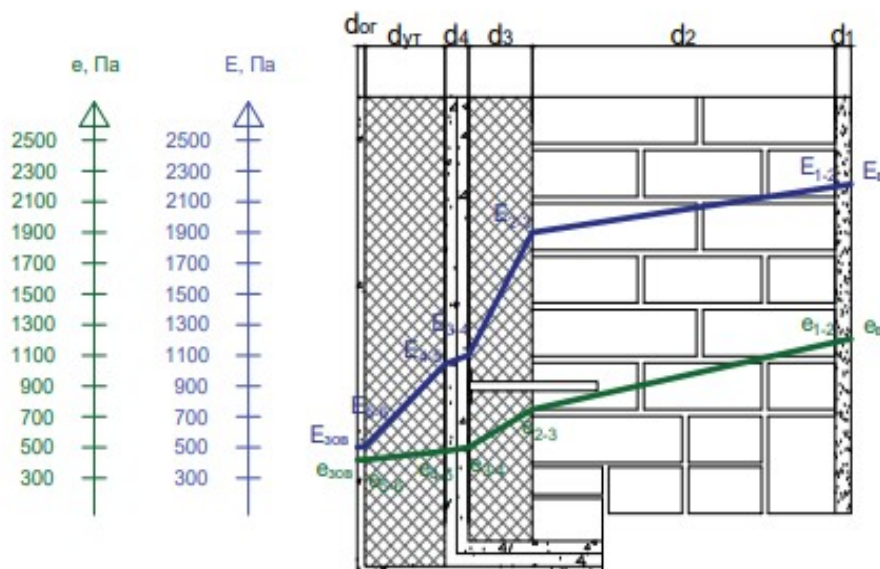
$$e_{2-3} = e_B - \frac{e_B - e_{308}}{R_{e\Sigma}} \cdot (R_{e1} + R_{e2}) = 1239 - \frac{1239 - 428}{5,14} \cdot (0,17 + 2,92) = 752 \text{ Па}$$

$$e_{3-4} = e_B - \frac{e_B - e_{308}}{R_{e\Sigma}} \cdot (R_{e1} + R_{e2} + R_{e2}) = 1239 - \frac{1239 - 428}{5,14} \cdot (0,17 + 2,92 + 1,6) = 499 \text{ Па}$$

$$e_{4-5} = e_B - \frac{e_B - e_{308}}{R_{e\Sigma}} \cdot (R_{e1} + R_{e2} + R_{e3} + R_{e4}) = 1239 - \frac{1239 - 428}{5,14} \cdot (0,17 + 2,92 + 1,6 + 0,19) = 469 \text{ Па}$$

$$e_{5-6} = e_B - \frac{e_B - e_{308}}{R_{e\Sigma}} \cdot (R_{e1} + R_{e2} + R_{e3} + R_{e4} + R_{e5}) = 1239 - \frac{1239 - 428}{5,14} \cdot (0,17 + 2,92 + 1,6 + 0,19 + 0,26) = 428 \text{ Па}$$

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. Херсон. 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 (кг/м³), була розрахована необхідна товщина утеплювача – 0.1(м). Як зовнішній огорожувальний шар було обрано розчин цементно-піщаний товщиною 0.01 (м). Була виконана перевірка – відкоригована конструкція підходить для житла. Далі всі розрахунки проводилися для відкоригованої 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.2.6-189:2022~~ «Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель»  ДСТУ 9191:2022
3. ДСТУ-Н Б В.2.6-192:2013 «Настанова з розрахункової оцінки тепловологісного стану огороджувальних конструкцій»
4. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія»
5. Архітектурно-будівельна фізика. Теплотехніка огороджуючих конструкцій будинків. Навч. посібник / О. В. Сергейчук. – К.: Такі справи, 1999. – 156 с.