

ЗМІСТ

1 Оцінка тепловологісного стану конструкції згідно з вимогами ДСТУ Б В.2.6-192:2013.	2
1.1 Розрахунок термічного опору. Тришарова стіна з облицювальною цеглою.	2
1.1.6 Оцінка тепловологісного стану конструкції. Тришарова стіна з облицювальною цеглою.	2
1.1.6.7 Розрахунок вологонакопичення в місяці січень:	3
1.1.6.8 Розрахунок вологонакопичення в місяці лютий:	5
1.1.6.9 Розрахунок вологонакопичення в місяці березень:	7
1.1.6.11 Розрахунок вологонакопичення в місяці грудень:	9
1.1.6.12 Розрахунок вологонакопичення в місяці листопад:	11
1.1.6.13 Розрахунок вологонакопичення в місяці жовтень:	13
1.1.6.15 Розрахунок вологовіддачі в місяці березень:	14
1.1.6.16 Розрахунок вологовіддачі в місяці квітень:	16

						Приклад оцінки тепловологісного стану		
Зм.	Кільк.	Арк.	№Док.	Підпис	Дата			
							Стадія	Аркуш
Розробив								1
Перевірив								18

1 Оцінка тепловологісного стану конструкції згідно з вимогами ДСТУ Б В.2.6-192:2013.

1.1 Розрахунок термічного опору. Тришарова стіна з облицювальною цеглою.

Визначимо термічний опір фрагменту конструкції згідно з вимогами ДСТУ 9191:2022.

1.1.1 Опис конструкції. Загальна товщина конструкції складає 0.495 м. Кількість шарів конструкції - 3. Шар №1 Цегляна кладка з керамічної порожнистої цегли з густиною 1400 кг/м3 (брутто) на цементно-піщаному розчині та товщиною 0.250 м. Шар №2 Мінеральна вата (базальтове волокно) з густиною 30 кг/м3 та товщиною 0.120 м. Шар №3 Кладка з цегли керамічної повнотілої звичайної на цементно-піщаному розчині з густиною 1800 кг/м3 та товщиною 0.125 м.

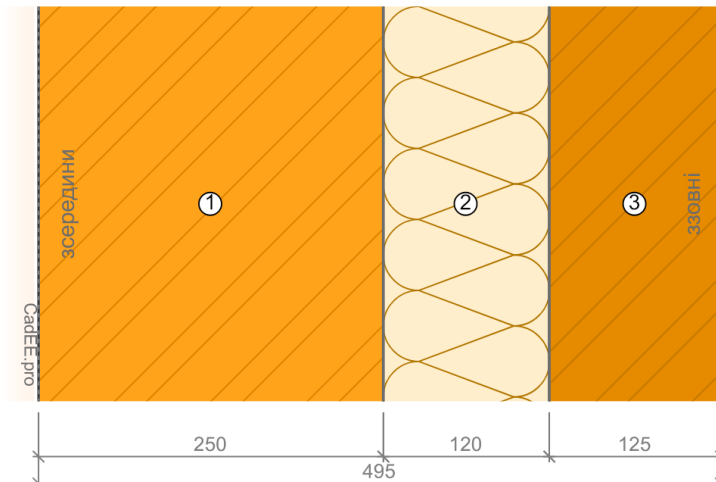


Рисунок 1. Розріз огорожувальної конструкції

1.1.2 Вологісні умови експлуатації матеріалів огорожувальної конструкції визначено згідно з додатком Б ДБН В.2.6-31:2021 . Призначення будівлі - багатоквартирний будинок, для якої згідно з т.Б.2 ДБН В.2.6-31:2021 розрахункові значення температури і вологості приміщень $\theta_{int} = 20^\circ\text{C}$, $\varphi_{int} = 55\%$ відповідно. Вологісний режим приміщень приймаємо згідно з т.Б.1 ДБН В.2.6-31:2021 - нормальний, а також враховуючи, що конструкція зовнішня, то умови експлуатації згідно з т.Б.3 ДБН В.2.6-31:2021 - Б.

1.1.3 Розрахункові характеристики матеріалів конструкції визначаємо згідно з додатком А ДСТУ 9191:2022.

1.1.4 Коефіцієнти теплопіддачі визначаємо згідно з таблицею Б додатку Б ДСТУ 9191:2022. Для конструкції типу - стіна, розрахункові значення коефіцієнтів теплопіддачі внутрішньої та зовнішньої поверхонь огорожувальних конструкцій прийнято:

$$h_{si} = 8.7 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \quad h_{se} = 23 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \quad (1)$$

1.1.5 Визначаємо опір теплопередачі конструкції згідно з формулою 2 ДСТУ 9191:2022:

$$R_s = \frac{1}{h_{si}} + \frac{d_1}{\lambda_{p1}} + \frac{d_2}{\lambda_{p2}} + \frac{d_3}{\lambda_{p3}} + \frac{1}{h_{se}} = \frac{1}{8.7} + \frac{0.25}{0.81} + \frac{0.12}{0.044} + \frac{0.125}{0.64} + \frac{1}{23} = 3.39 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} \quad (2)$$

де h_{si} , h_{se} , див. п. 1; d_1 , d_2 , d_3 - товщина шару огорожувальної конструкції, див. п. 1, 1, 1; λ_{p1} , λ_{p2} , λ_{p3} - розрахункова теплопровідність матеріалу шару, див. п. 1, 1, 1.

1.1.6 Оцінка тепловологісного стану конструкції. Тришарова стіна з облицювальною цеглою.

Оцінку тепловологісного стану конструкції виконуємо згідно з вимогами ДСТУ Б В.2.6-192:2013.

1.1.6.1 Розподіл температур по товщині конструкції виконуємо згідно з ф. (5) ДСТУ Б В.2.6-192:2013. Розрахункові значення температури та відносної вологості внутрішнього повітря визначаємо згідно з додатком Б ДБН В.2.6-31:2021

$$\theta_{int} = 20^\circ\text{C}; \quad \varphi_{int} = 55\%$$

1.1.6.2 Розрахункові значення температури та відносної вологості зовнішнього повітря визначаємо згідно з табл. 2 та табл. 24 ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010, як для середньої місячної температури повітря в січні для міста Київ (п.4.2.4.4 та п.4.2.4.3 ДСТУ Б В.2.6-192:2013):

Таблиця №1. Середньомісячні значення температури та відносної вологості зовнішнього повітря для м. Київ

Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Температура, °C	-4.7	-3.6	1	9	15.2	18.3	19.8	19	13.9	8.1	1.9	-2.5
Відносна вологість, %	83	79	74	66	62	68	69	68	74	77	84	85

							Арк.
							2
Зм.	Кільк.	Арк.	№Док.	Підпис	Дата		

1.1.6.3 Опір теплопередачі R_s огорожуючої конструкції визначено згідно з формулою (2). Коефіцієнти тепловіддачі визначено згідно з формулою (1)

1.1.6.4 Визначимо опір теплопередачі в площинах на межі шарів:

$$x_1 = 0.25 \text{ м}; \lambda_{p1} = 0.81 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$$

$$R_1 = \frac{d_1}{\lambda_{p1}} = \frac{0.25}{0.81} = 0.3086 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} \quad (3)$$

де d_1, λ_{p1} - те саме, що у формулі (2).

$$x_2 = 0.37 \text{ м}; \lambda_{p2} = 0.04 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$$

$$R_2 = \frac{d_1}{\lambda_{p1}} + \frac{d_2}{\lambda_{p2}} = \frac{0.25}{0.81} + \frac{0.12}{0.044} = 3.036 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} \quad (4)$$

де $d_1..d_2, \lambda_{p1}.. \lambda_{p2}$ - те саме, що у формулі (2).

$$x_3 = 0.49 \text{ м}; \lambda_{p3} = 0.64 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$$

$$R_3 = \frac{d_1}{\lambda_{p1}} + \frac{d_2}{\lambda_{p2}} + \frac{d_3}{\lambda_{p3}} = \frac{0.25}{0.81} + \frac{0.12}{0.044} + \frac{0.125}{0.64} = 3.231 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} \quad (5)$$

де $d_1..d_3, \lambda_{p1}.. \lambda_{p3}$ - те саме, що у формулі (2).

1.1.6.5 Визначимо опори паропроникнення кожного шару і конструкції в цілому згідно з формулами (3), (4) ДСТУ Б В.2.6-192:2013. Коефіцієнт паропроникності беремо згідно з табл. А.1 ДСТУ 9191:2022

$$\text{При } x_1 = 0.25 \text{ м}$$

$$R_{e1} = \frac{d_1}{\delta_1} = \frac{0.25}{0.1089325} = 2.295 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}}{\text{мг}} \quad (6)$$

де d_1 - те саме, що у формулі (2); δ_1 - товщина шару огорожувальної конструкції, див. п. 1.

$$\text{При } x_2 = 0.37 \text{ м}$$

$$R_{e2} = \frac{d_1}{\delta_1} + \frac{d_2}{\delta_2} = \frac{0.25}{0.1089325} + \frac{0.12}{0.4460967} = 2.564 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}}{\text{мг}} \quad (7)$$

де $d_1..d_2$ - те саме, що у формулі (2); δ_1 - те саме, що у формулі (6); δ_2 - товщина шару огорожувальної конструкції, див. п. 1.

$$\text{При } x_3 = 0.49 \text{ м}$$

$$R_{e3} = \frac{d_1}{\delta_1} + \frac{d_2}{\delta_2} + \frac{d_3}{\delta_3} = \frac{0.25}{0.1089325} + \frac{0.12}{0.4460967} + \frac{0.125}{0.1385809} = 3.466 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}}{\text{мг}} \quad (8)$$

де $d_1..d_3$ - те саме, що у формулі (2); δ_1 - те саме, що у формулі (6); δ_2 - те саме, що у формулі (7); δ_3 - товщина шару огорожувальної конструкції, див. п. 1.

Таблиця №2. Характеристики матеріалів шарів конструкції

№	Назва шару	Товщина, (м)	Теплопровідність λ , Вт/(м*К)	Тепловий опір R (м²К)/Вт	Коеф. паропроникності δ мг/(м²*год*Па)	Опір паропроникненню Re м²*год*Па/мг
1	Цегляна кладка з керамічної порожнистої цегли $\rho=1400 \text{ кг/м}^3$ (брутто) на цементно-піщаному розчині	0.25	0.81	0.3086	0.1089325	2.295
2	Мінеральна вата (базальтове волокно) $\rho=30 \text{ кг/м}^3$	0.12	0.044	3.036	0.4460967	2.564
3	Кладка з цегли керамічної повнотілої звичайної на цементно-піщаному розчині $\rho=1800 \text{ кг/м}^3$	0.125	0.64	3.231	0.1385809	3.466

1.1.6.6 Опір паропроникненню конструкції в цілому:

$$R_{es} = \frac{d_1}{\delta_1} + \frac{d_2}{\delta_2} + \frac{d_3}{\delta_3} = \frac{0.25}{0.1089325} + \frac{0.12}{0.4460967} + \frac{0.125}{0.1385809} = 3.466 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}}{\text{мг}} \quad (9)$$

де $d_1..d_3$ - те саме, що у формулі (2); δ_1 - те саме, що у формулі (6); δ_2 - те саме, що у формулі (7); δ_3 - те саме, що у формулі (8).

1.1.6.7 Розрахунок вологонакопичення в місяці січень:

1.1.6.7.1 Розрахункові значення температури та відносної вологості зовнішнього повітря визначаємо згідно з табл. 2 та табл. 24 ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010, як для середньої місячної температури повітря для міста Київ (п.4.2.4.4 та п.4.2.4.3 ДСТУ Б В.2.6-192:2013):

$$\varphi_{ext} = 83\% \tau = 744 \text{ год}$$

$$\theta_{ext} = -4.7^\circ \text{C};$$

1.1.6.7.2 Температура в площинах на межі шарів :

$$\theta_0 = \theta_{int} - \frac{(\theta_{int} - \theta_{ext})}{R_s} \frac{1}{h_{si}} = 20 - \frac{(20 - (-4.7))}{3.39} \cdot \frac{1}{8.7} = 19.162^\circ \text{C} \quad (10)$$

						Арк.
						3
Зм.	Кільк.	Арк.	№Док.	Підпис	Дата	

де θ_{int} - температура внутрішнього повітря, див. п. 1; θ_{ext} - температура зовнішнього повітря, див. п. 1; R_s - загальний опір теплопередачі конструкції, див. п. 1.1.5; h_{si} - те саме, що у формулі (2).

$$\theta_1 = \theta_{int} - \frac{(\theta_{int} - \theta_{ext})}{R_s} \left(\frac{1}{h_{si}} + R_1 \right) = 20 - \frac{(20 - (-4.7))}{3.39} \cdot \left(\frac{1}{8.7} + 0.3086 \right) = 16.913 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (11)$$

де θ_{int} , θ_{ext} , R_s - те саме, що у формулі (10); h_{si} - те саме, що у формулі (2); R_1 , див. п. 1.1.6.4.

$$\theta_2 = \theta_{int} - \frac{(\theta_{int} - \theta_{ext})}{R_s} \left(\frac{1}{h_{si}} + R_2 \right) = 20 - \frac{(20 - (-4.7))}{3.39} \cdot \left(\frac{1}{8.7} + 3.036 \right) = -2.96 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (12)$$

де θ_{int} , θ_{ext} , R_s - те саме, що у формулі (10); h_{si} - те саме, що у формулі (2); R_2 , див. п. 1.1.6.4.

$$\theta_3 = \theta_{int} - \frac{(\theta_{int} - \theta_{ext})}{R_s} \left(\frac{1}{h_{si}} + R_3 \right) = 20 - \frac{(20 - (-4.7))}{3.39} \cdot \left(\frac{1}{8.7} + 3.231 \right) = -4.383 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (13)$$

де θ_{int} , θ_{ext} , R_s - те саме, що у формулі (10); h_{si} - те саме, що у формулі (2); R_3 , див. п. 1.1.6.4.

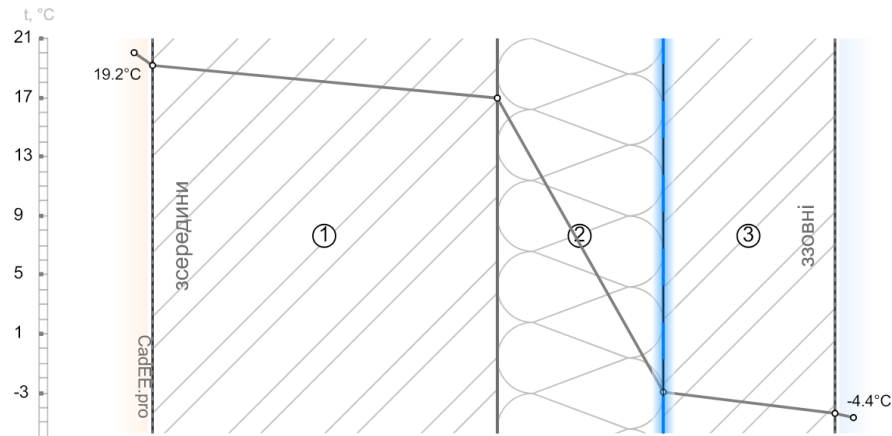


Рисунок 2. Розподіл температур у товщині огорожжувальної конструкції (січень).

Графік розподілу температур див. рис. 16

1.1.6.7.3 Визначимо парціальний тиск насиченої водяної пари згідно з таблицею Б.1 ДСТУ Б В.2.6-192:2013

Розрахункові умови для визначення тиску насиченої водяної пари:

Відповідно до п. Б.1.2.1 та Б.1.2.2 ДСТУ Б В.2.6-192:2013 приймаємо:

- для внутрішнього повітря: $\theta_{int} = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$, $\varphi_{int} = 55 \text{ } \%$.

- для зовнішнього повітря (січень): $\theta_{ext} = -4.7 \text{ } ^\circ\text{C}$, $\varphi_{ext} = 83 \text{ } \%$.

Згідно з п. Б.1.2.3 та таблицею Б.1 за температурою відповідного повітря визначаємо E_B та E_3 — парціальні тиски насиченої водяної пари; відносну вологість використовуємо далі для визначення фактичних тисків e за формулами (6) та (7):

$$E_B = 2340 \text{ Па}$$

$$E_3 = 412 \text{ Па}$$

1.1.6.7.4 Визначимо парціальний тиск водяної пари згідно з формулами (6) та (7) ДСТУ Б В.2.6-192:2013:

$$e_B = 0.01 \varphi_{int} E_B = 55 \cdot 2340 \cdot 0.01 = 1287 \text{ Па} \quad (14)$$

де φ_{int} - відносна вологість внутрішнього повітря, див. п. 1; E_B - тиск насиченої водяної пари з внутрішнього боку конструкції, див. п. 1.

$$e_3 = 0.01 \varphi_{ext} E_3 = 83 \cdot 412 \cdot 0.01 = 341.96 \text{ Па} \quad (15)$$

де φ_{ext} - відносна вологість зовнішнього повітря, див. п. 1; E_3 - тиск насиченої водяної пари із зовнішнього боку конструкції, див. п. 1.

1.1.6.7.5 Визначимо парціальний тиск насиченої водяної пари в товщині конструкції з розрахунку 11 точок на 1°C перепаду температур (п. 4.2.4.7 ДСТУ Б В.2.6-192:2013).

						Арк.
						4
Зм.	Кільк.	Арк.	№Док.	Підпис	Дата	

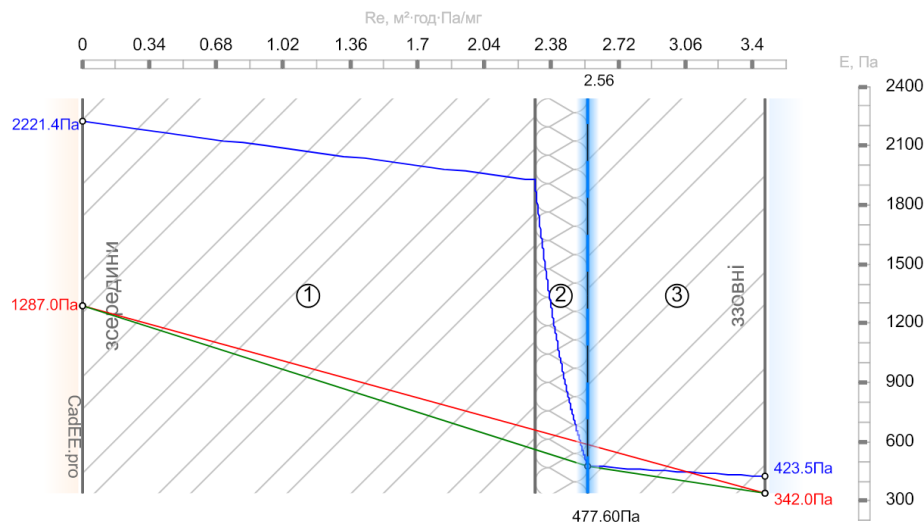


Рисунок 3. Розподіл парціальних тисків у товщині огорожувальної конструкції (січень). На графіку лінія сіра - розподіл температури (t), синя - графік розподілу парціального тиску насиченої водою пари (E), червона - допоміжна лінія для оцінки наявності конденсації пари (e), зелена - допоміжна лінія для оцінки кількості вологи що надходить/випаровується з конструкції.

1.1.6.7.6 Оскільки лінії E та e перетинаються то це свідчить про конденсацію вологи в товщі огорожувальної конструкції (п.4.2.6 та п.4.3.4 ДСТУ Б В.2.6-192:2013). Визначимо місця конденсації згідно з п.4.3.5 ДСТУ Б В.2.6-192:2013. Побудуємо дотичні до графіку E з точок e_v та e_z (рис.13).

Лінія розрахункового розподілу парціального тиску водяної пари в товщині конструкції:

$$p_{k_0} = e_v = 1287 \text{ Па} \quad R_{ek_0} = 0 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}}{\text{мг}}$$

$$p_{k_1} = 477.6 \text{ Па} \quad R_{ek_1} = 2.56 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}}{\text{мг}}$$

$$p_{k_2} = e_z = 341.96 \text{ Па} \quad R_{ek_2} = 3.47 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}}{\text{мг}}$$

Кількість зон конденсації - 0 шт. Кількість площин конденсації - 1 шт

1.1.6.7.7 Кількість водяної пари, що надходить до першої зони(площини) конденсації з сторони приміщення визначаємо згідно з табл.3 ДСТУ Б В.2.6-192:2013:

1.1.6.7.8 Кількість водяної пари, що надходить до зони(площини) №1 конденсації визначаємо згідно з табл.3 ДСТУ Б В.2.6-192:2013:

$$i_1 = \frac{(p_{k_0} - p_{k_1})}{(R_{ek_1} - R_{ek_0})} = \frac{(1287 - 477.602)}{(2.564 - 0)} = 315.678 \frac{\text{мг}}{\text{м}^2 \cdot \text{год}} \quad (16)$$

де p_{k_0} , p_{k_1} - парціальний тиск водяної пари в характерній точці конструкції, див. п. 1, 1; R_{ek_1} , R_{ek_0} - координата за опором паропроникненню в характерній точці, див. п. 1, 1.

Кількість водяної пари, що виводиться із зони(площини) №1 назовні

$$i_2 = \frac{(p_{k_1} - p_{k_2})}{(R_{ek_2} - R_{ek_1})} = \frac{(477.602 - 341.96)}{(3.466 - 2.564)} = 150.379 \frac{\text{мг}}{\text{м}^2 \cdot \text{год}} \quad (17)$$

де p_{k_1} , R_{ek_1} - те саме, що у формулі (16); p_{k_2} - парціальний тиск водяної пари в характерній точці конструкції, див. п. 1; R_{ek_2} - координата за опором паропроникненню в характерній точці, див. п. 1.

Отже кількість вологи, що конденсується в зоні/площині №1 за січень дорівнює:

$$W_{зп11} = 10^{(-6)} \tau (i_1 - i_2) = 744 \cdot (315.678 - 150.379) \cdot 10^{(-6)} = 0.123 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2} \quad (18)$$

де τ - тривалість розрахункового місяця в годинах, див. п. 1; i_1 , i_2 - потік водяної пари до або із зони конденсації, див. п. 1.1.6.7.8, 1.1.6.7.8.

1.1.6.7.9 Кількість вологи, що конденсується в конструкції за січень складає:

$$W_{зп1} = W_{зп11} = 0.123 = 0.123 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2} \quad (19)$$

де $W_{зп11}$ - кількість вологи, що конденсується в конструкції за розрахунковий місяць, див. п. 1.1.6.7.8.

Проводимо розрахунок для наступного місяця вологонакопичення.

1.1.6.8 Розрахунок вологонакопичення в місяці лютий:

1.1.6.8.1 Розрахункові значення температури та відносної вологості зовнішнього повітря визначаємо згідно з табл. 2 та табл. 24 ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010, як для середньої місячної температури повітря для міста Київ (п.4.2.4.4 та п.4.2.4.3 ДСТУ Б В.2.6-192:2013):

$$\varphi_{ext} = 79\% \quad \tau = 672 \text{ год}$$

$$\theta_{ext} = -3.6^\circ\text{C};$$

1.1.6.8.2 Температура в площинах на межі шарів :

						Арк.
						5
Зм.	Кільк.	Арк.	№Док.	Підпис	Дата	

$$\theta_0 = \theta_{int} - \frac{(\theta_{int} - \theta_{ext})}{R_s} \frac{1}{h_{si}} = 20 - \frac{(20 - -3.6)}{3.39} \cdot \frac{1}{8.7} = 19.2^\circ\text{C} \quad (20)$$

де θ_{int} , θ_{ext} , R_s - те саме, що у формулі (10); h_{si} - те саме, що у формулі (2).

$$\theta_1 = \theta_{int} - \frac{(\theta_{int} - \theta_{ext})}{R_s} \left(\frac{1}{h_{si}} + R_1 \right) = 20 - \frac{(20 - -3.6)}{3.39} \cdot \left(\frac{1}{8.7} + 0.3086 \right) = 17.051^\circ\text{C} \quad (21)$$

де θ_{int} , θ_{ext} , R_s - те саме, що у формулі (10); h_{si} - те саме, що у формулі (2); R_1 - те саме, що у формулі (11).

$$\theta_2 = \theta_{int} - \frac{(\theta_{int} - \theta_{ext})}{R_s} \left(\frac{1}{h_{si}} + R_2 \right) = 20 - \frac{(20 - -3.6)}{3.39} \cdot \left(\frac{1}{8.7} + 3.036 \right) = -1.937^\circ\text{C} \quad (22)$$

де θ_{int} , θ_{ext} , R_s - те саме, що у формулі (10); h_{si} - те саме, що у формулі (2); R_2 - те саме, що у формулі (12).

$$\theta_3 = \theta_{int} - \frac{(\theta_{int} - \theta_{ext})}{R_s} \left(\frac{1}{h_{si}} + R_3 \right) = 20 - \frac{(20 - -3.6)}{3.39} \cdot \left(\frac{1}{8.7} + 3.231 \right) = -3.297^\circ\text{C} \quad (23)$$

де θ_{int} , θ_{ext} , R_s - те саме, що у формулі (10); h_{si} - те саме, що у формулі (2); R_3 - те саме, що у формулі (13).

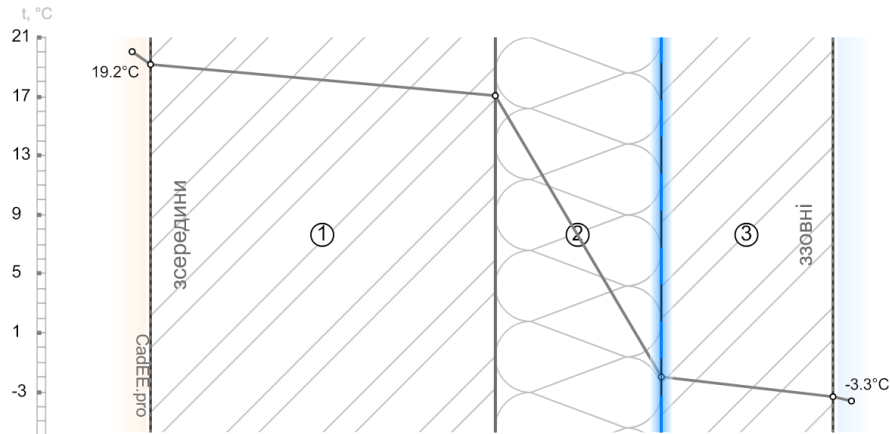


Рисунок 4. Розподіл температур у товщині огорожжючої конструкції (лютий).

Графік розподілу температур див. рис. 16

1.1.6.8.3 Визначимо парціальний тиск насиченої водяної пари згідно з таблицею Б.1 ДСТУ Б В.2.6-192:2013

Розрахункові умови для визначення тиску насиченої водяної пари:

Відповідно до п. Б.1.2.1 та Б.1.2.2 ДСТУ Б В.2.6-192:2013 приймаємо:

- для внутрішнього повітря: $\theta_{int} = 20^\circ\text{C}$, $\varphi_{int} = 55\%$.

- для зовнішнього повітря (лютий): $\theta_{ext} = -3.6^\circ\text{C}$, $\varphi_{ext} = 79\%$.

Згідно з п. Б.1.2.3 та таблицею Б.1 за температурою відповідного повітря визначаємо E_B та E_3 — парціальні тиски насиченої водяної пари; відносну вологість використовуємо далі для визначення фактичних тисків e за формулами (6) та (7):

$$E_B = 2340\text{Па}$$

$$E_3 = 452\text{Па}$$

1.1.6.8.4 Визначимо парціальний тиск водяної пари згідно з формулами (6) та (7) ДСТУ Б В.2.6-192:2013:

$$e_B = 0.01\varphi_{int}E_B = 55 \cdot 2340 \cdot 0.01 = 1287\text{Па} \quad (24)$$

де φ_{int} , E_B - те саме, що у формулі (14).

$$e_3 = 0.01\varphi_{ext}E_3 = 79 \cdot 452 \cdot 0.01 = 357.08\text{Па} \quad (25)$$

де φ_{ext} , E_3 - те саме, що у формулі (15).

1.1.6.8.5 Визначимо парціальний тиск насиченої водяної пари в товщині конструкції з розрахунку 11 точок на 1°C перепаду температур (п. 4.2.4.7 ДСТУ Б В.2.6-192:2013).

						Арк.
						6
Зм.	Кільк.	Арк.	№Док.	Підпис	Дата	

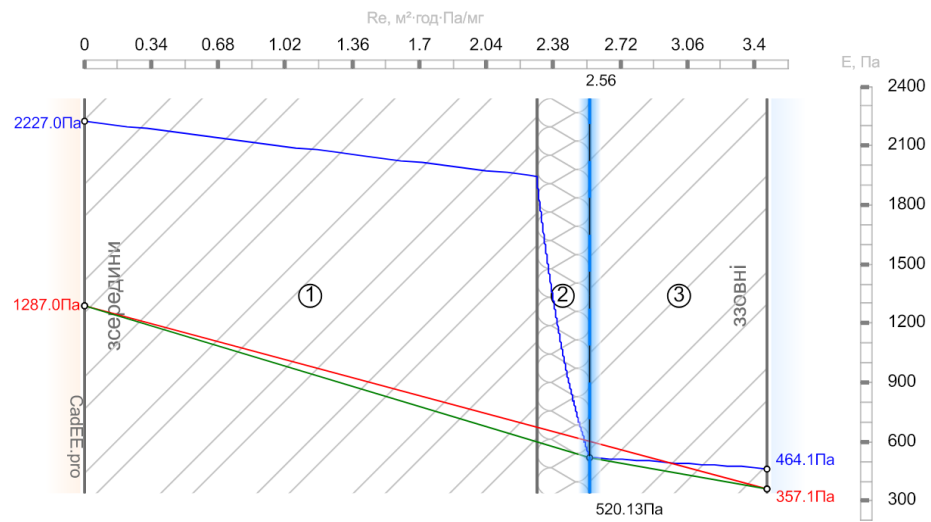


Рисунок 5. Розподіл парціальних тисків у товщині огорожувальної конструкції (лютий). На графіку лінія сіра - розподіл температури (t), синя - графік розподілу парціального тиску насиченої водою пари (E), червона - допоміжна лінія для оцінки наявності конденсації пари (e), зелена - допоміжна лінія для оцінки кількості вологи що надходить/випаровується з конструкції.

1.1.6.8.6 Оскільки лінії E та e перетинаються то це свідчить про конденсацію вологи в товщі огорожувальної конструкції (п.4.2.6 та п.4.3.4 ДСТУ Б В.2.6-192:2013). Визначимо місця конденсації згідно з п.4.3.5 ДСТУ Б В.2.6-192:2013. Побудуємо дотичні до графіку E з точок e_v та e_z (рис.13).

Лінія розрахункового розподілу парціального тиску водяної пари в товщині конструкції:

$$p_{k_0} = e_v = 1287 \text{ Па} \quad R_{ek_0} = 0 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}}{\text{мг}}$$

$$p_{k_1} = 520.13 \text{ Па} \quad R_{ek_1} = 2.56 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}}{\text{мг}}$$

$$p_{k_2} = e_z = 357.08 \text{ Па} \quad R_{ek_2} = 3.47 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}}{\text{мг}}$$

Кількість зон конденсації - 0 шт. Кількість площин конденсації - 1 шт

1.1.6.8.7 Кількість водяної пари, що надходить до першої зони(площини) конденсації з сторони приміщення визначаємо згідно з табл.3 ДСТУ Б В.2.6-192:2013:

1.1.6.8.8 Кількість водяної пари, що надходить до зони(площини) №1 конденсації визначаємо згідно з табл.3 ДСТУ Б В.2.6-192:2013:

$$i_1 = \frac{(p_{k_0} - p_{k_1})}{(R_{ek_1} - R_{ek_0})} = \frac{(1287 - 520.128)}{(2.564 - 0)} = 299.092 \frac{\text{мг}}{\text{м}^2 \cdot \text{год}} \quad (26)$$

де p_{k_0} .. p_{k_1} , R_{ek_1} .. R_{ek_0} - те саме, що у формулі (16).

Кількість водяної пари, що виводиться із зони(площини) №1 назовні

$$i_2 = \frac{(p_{k_1} - p_{k_2})}{(R_{ek_2} - R_{ek_1})} = \frac{(520.128 - 357.08)}{(3.466 - 2.564)} = 180.762 \frac{\text{мг}}{\text{м}^2 \cdot \text{год}} \quad (27)$$

де p_{k_1} , R_{ek_1} - те саме, що у формулі (16); p_{k_2} , R_{ek_2} - те саме, що у формулі (17).

Отже кількість вологи, що конденсується в зоні/площині №1 за лютий дорівнює:

$$W_{зп21} = 10^{(-6)} \tau (i_1 - i_2) = 672 \cdot (299.092 - 180.762) \cdot 10^{(-6)} = 0.0795 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2} \quad (28)$$

де τ , i_1 .. i_2 - те саме, що у формулі (18).

1.1.6.8.9 Кількість вологи, що конденсується в конструкції за лютий складає:

$$W_{зп2} = W_{зп21} = 0.0795 = 0.0795 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2} \quad (29)$$

де $W_{зп21}$ - кількість вологи, що конденсується в конструкції за розрахунковий місяць, див. п. 1.1.6.8.8.

Проводимо розрахунок для наступного місяця вологонакопичення.

1.1.6.9 Розрахунок вологонакопичення в місяці березень:

1.1.6.9.1 Розрахункові значення температури та відносної вологості зовнішнього повітря визначаємо згідно з табл. 2 та табл. 24 ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010, як для середньої місячної температури повітря для міста Київ (п.4.2.4.4 та п.4.2.4.3 ДСТУ Б В.2.6-192:2013):

$$\varphi_{ext} = 74\% \quad \tau = 744 \text{ год}$$

$$\theta_{ext} = 1^\circ\text{C};$$

1.1.6.9.2 Температура в площинах на межі шарів :

$$\theta_0 = \theta_{int} - \frac{(\theta_{int} - \theta_{ext})}{R_s} \frac{1}{h_{si}} = 20 - \frac{(20 - 1)}{3.39} \cdot \frac{1}{8.7} = 19.356^\circ\text{C} \quad (30)$$

де θ_{int} , θ_{ext} , R_s - те саме, що у формулі (10); h_{si} - те саме, що у формулі (2).

						Арк.
						7
Зм.	Кільк.	Арк.	№Док.	Підпис	Дата	

$$\theta_1 = \theta_{int} - \frac{(\theta_{int} - \theta_{ext})}{R_s} \left(\frac{1}{h_{si}} + R_1 \right) = 20 - \frac{(20 - 1)}{3.39} \cdot \left(\frac{1}{8.7} + 0.3086 \right) = 17.626 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (31)$$

де θ_{int} , θ_{ext} , R_s - те саме, що у формулі (10); h_{si} - те саме, що у формулі (2); R_1 - те саме, що у формулі (11).

$$\theta_2 = \theta_{int} - \frac{(\theta_{int} - \theta_{ext})}{R_s} \left(\frac{1}{h_{si}} + R_2 \right) = 20 - \frac{(20 - 1)}{3.39} \cdot \left(\frac{1}{8.7} + 3.036 \right) = 2.338 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (32)$$

де θ_{int} , θ_{ext} , R_s - те саме, що у формулі (10); h_{si} - те саме, що у формулі (2); R_2 - те саме, що у формулі (12).

$$\theta_3 = \theta_{int} - \frac{(\theta_{int} - \theta_{ext})}{R_s} \left(\frac{1}{h_{si}} + R_3 \right) = 20 - \frac{(20 - 1)}{3.39} \cdot \left(\frac{1}{8.7} + 3.231 \right) = 1.244 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (33)$$

де θ_{int} , θ_{ext} , R_s - те саме, що у формулі (10); h_{si} - те саме, що у формулі (2); R_3 - те саме, що у формулі (13).

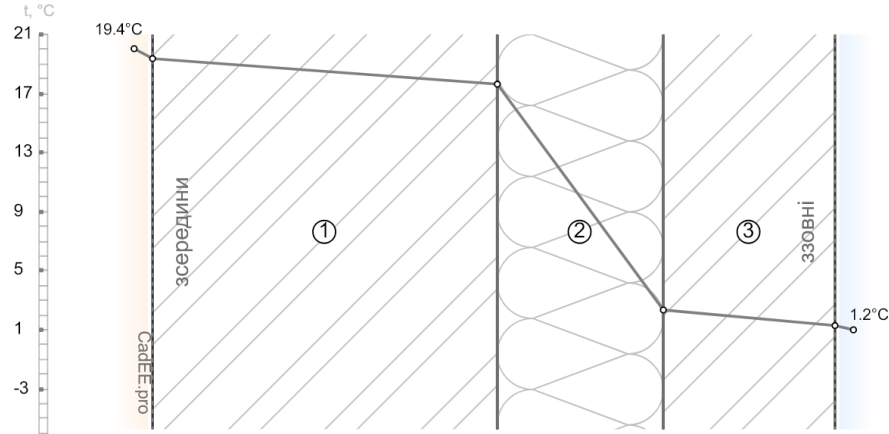


Рисунок 6. Розподіл температур у товщині огорожуючої конструкції (березень).

Графік розподілу температур див. рис. 16

1.1.6.9.3 Визначимо парціальний тиск насиченої водяної пари згідно з таблицею Б.1 ДСТУ Б В.2.6-192:2013

Розрахункові умови для визначення тиску насиченої водяної пари:

Відповідно до п. Б.1.2.1 та Б.1.2.2 ДСТУ Б В.2.6-192:2013 приймаємо:

- для внутрішнього повітря: $\theta_{int} = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $\varphi_{int} = 55 \text{ } \%$.

- для зовнішнього повітря (березень): $\theta_{ext} = 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $\varphi_{ext} = 74 \text{ } \%$.

Згідно з п. Б.1.2.3 та таблицею Б.1 за температурою відповідного повітря визначаємо E_B та E_3 — парціальні тиски насиченої водяної пари; відносну вологість використовуємо далі для визначення фактичних тисків e за формулами (6) та (7):

$$E_B = 2340 \text{ Па}$$

$$E_3 = 657 \text{ Па}$$

1.1.6.9.4 Визначимо парціальний тиск водяної пари згідно з формулами (6) та (7) ДСТУ Б В.2.6-192:2013:

$$e_B = 0.01 \varphi_{int} E_B = 55 \cdot 2340 \cdot 0.01 = 1287 \text{ Па} \quad (34)$$

де φ_{int} , E_B - те саме, що у формулі (14).

$$e_3 = 0.01 \varphi_{ext} E_3 = 74 \cdot 657 \cdot 0.01 = 486.18 \text{ Па} \quad (35)$$

де φ_{ext} , E_3 - те саме, що у формулі (15).

1.1.6.9.5 Визначимо парціальний тиск насиченої водяної пари в товщині конструкції з розрахунку 11 точок на 1°C перепаду температур (п. 4.2.4.7 ДСТУ Б В.2.6-192:2013).

						Арк.
						8
Зм.	Кільк.	Арк.	№Док.	Підпис	Дата	

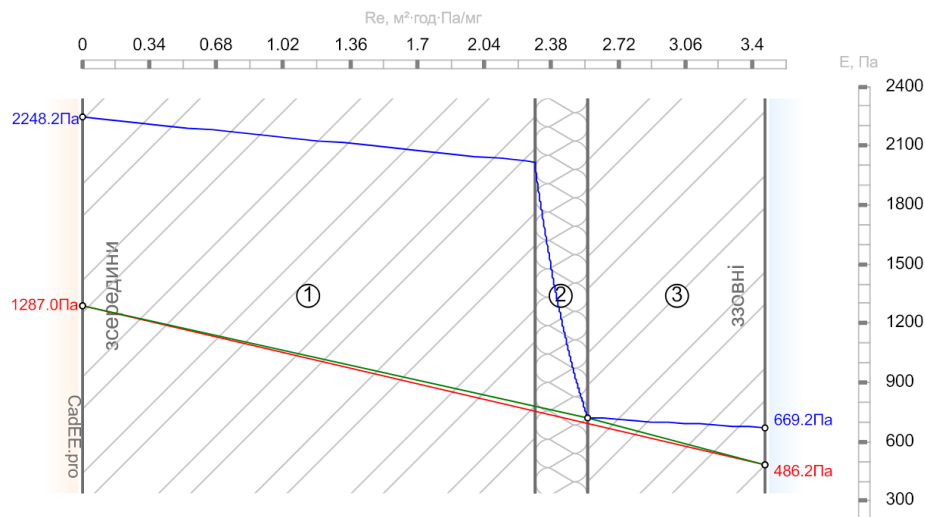


Рисунок 7. Розподіл парціальних тисків у товщині огорожуючої конструкції (березень). На графіку лінія сіра - розподіл температури (t), синя - графік розподілу парціального тиску насиченої водою пари (E), червона - допоміжна лінія для оцінки наявності конденсації пари (e), зелена - допоміжна лінія для оцінки кількості вологи що надходить/випаровується з конструкції.

Оскільки лінії E та e не перетинаються то згідно з п.4.2.5 та п.4.3.3 ДСТУ Б В.2.6-192:2013, конденсація водяної пари в товщині конструкції не відбувається.

1.1.6.10 Знайдемо місяць початку вологонакопичення

1.1.6.11 Розрахунок вологонакопичення в місяці грудень:

1.1.6.11.1 Розрахункові значення температури та відносної вологості зовнішнього повітря визначаємо згідно з табл. 2 та табл. 24 ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010, як для середньої місячної температури повітря для міста Київ (п.4.2.4.4 та п.4.2.4.3 ДСТУ Б В.2.6-192:2013):

$$\varphi_{ext} = 85\% \tau = 744 \text{ год}$$

$$\theta_{ext} = -2.5^\circ\text{C};$$

1.1.6.11.2 Температура в площинах на межі шарів :

$$\theta_0 = \theta_{int} - \frac{(\theta_{int} - \theta_{ext})}{R_s} \frac{1}{h_{si}} = 20 - \frac{(20 - (-2.5))}{3.39} \cdot \frac{1}{8.7} = 19.237^\circ\text{C} \quad (36)$$

де θ_{int} , θ_{ext} , R_s - те саме, що у формулі (10); h_{si} - те саме, що у формулі (2).

$$\theta_1 = \theta_{int} - \frac{(\theta_{int} - \theta_{ext})}{R_s} \left(\frac{1}{h_{si}} + R_1 \right) = 20 - \frac{(20 - (-2.5))}{3.39} \cdot \left(\frac{1}{8.7} + 0.3086 \right) = 17.188^\circ\text{C} \quad (37)$$

де θ_{int} , θ_{ext} , R_s - те саме, що у формулі (10); h_{si} - те саме, що у формулі (2); R_1 - те саме, що у формулі (11).

$$\theta_2 = \theta_{int} - \frac{(\theta_{int} - \theta_{ext})}{R_s} \left(\frac{1}{h_{si}} + R_2 \right) = 20 - \frac{(20 - (-2.5))}{3.39} \cdot \left(\frac{1}{8.7} + 3.036 \right) = -0.915^\circ\text{C} \quad (38)$$

де θ_{int} , θ_{ext} , R_s - те саме, що у формулі (10); h_{si} - те саме, що у формулі (2); R_2 - те саме, що у формулі (12).

$$\theta_3 = \theta_{int} - \frac{(\theta_{int} - \theta_{ext})}{R_s} \left(\frac{1}{h_{si}} + R_3 \right) = 20 - \frac{(20 - (-2.5))}{3.39} \cdot \left(\frac{1}{8.7} + 3.231 \right) = -2.211^\circ\text{C} \quad (39)$$

де θ_{int} , θ_{ext} , R_s - те саме, що у формулі (10); h_{si} - те саме, що у формулі (2); R_3 - те саме, що у формулі (13).

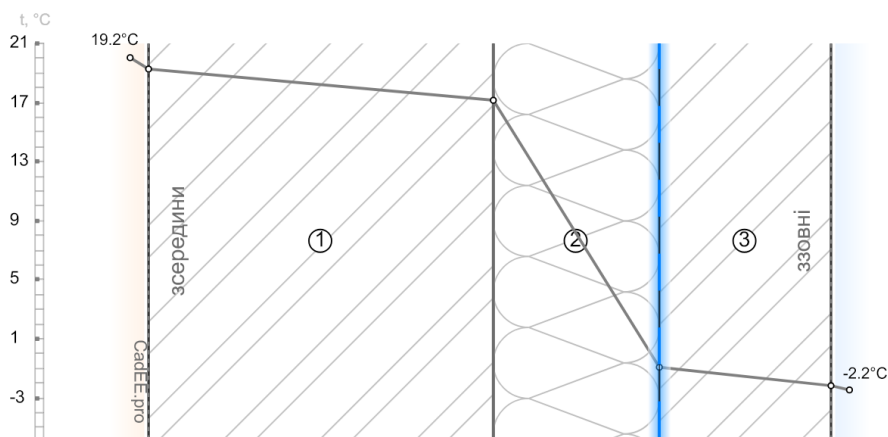


Рисунок 8. Розподіл температур у товщині огорожуючої конструкції (грудень).

						Арк.
						9
Зм.	Кільк.	Арк.	№Док.	Підпис	Дата	

Графік розподілу температур див. рис. 16

1.1.6.11.3 Визначимо парціальний тиск насиченої водяної пари згідно з таблицею Б.1 ДСТУ Б В.2.6-192:2013

Розрахункові умови для визначення тиску насиченої водяної пари:

Відповідно до п. Б.1.2.1 та Б.1.2.2 ДСТУ Б В.2.6-192:2013 приймаємо:

- для внутрішнього повітря: $\theta_{int} = 20^\circ\text{C}$, $\varphi_{int} = 55\%$.

- для зовнішнього повітря (грудень): $\theta_{ext} = -2.5^\circ\text{C}$, $\varphi_{ext} = 85\%$.

Згідно з п. Б.1.2.3 та таблицею Б.1 за температурою відповідного повітря визначаємо E_B та E_3 — парціальні тиски насиченої водяної пари; відносну вологість використовуємо далі для визначення фактичних тисків e за формулами (6) та (7):

$$E_B = 2340\text{Па}$$

$$E_3 = 496\text{Па}$$

1.1.6.11.4 Визначимо парціальний тиск водяної пари згідно з формулами (6) та (7) ДСТУ Б В.2.6-192:2013:

$$e_B = 0.01\varphi_{int}E_B = 55 \cdot 2340 \cdot 0.01 = 1287\text{Па} \quad (40)$$

де φ_{int} , E_B - те саме, що у формулі (14).

$$e_3 = 0.01\varphi_{ext}E_3 = 85 \cdot 496 \cdot 0.01 = 421.6\text{Па} \quad (41)$$

де φ_{ext} , E_3 - те саме, що у формулі (15).

1.1.6.11.5 Визначимо парціальний тиск насиченої водяної пари в товщині конструкції з розрахунку 11 точок на 1°C перепаду температур (п. 4.2.4.7 ДСТУ Б В.2.6-192:2013).

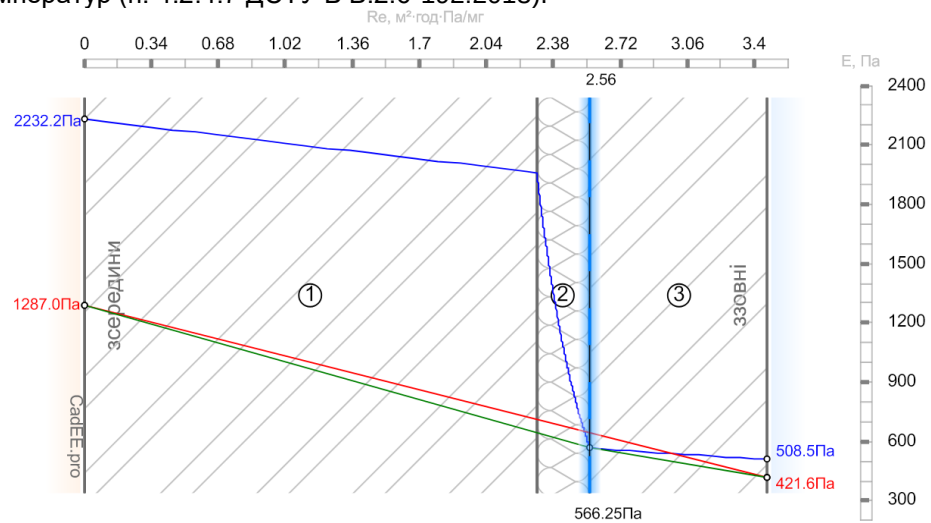


Рисунок 9. Розподіл парціальних тисків у товщині огорожувачої конструкції (грудень). На графіку лінія сіра - розподіл температури (t), синя - графік розподілу парціального тиску насиченої водою пари (E), червона - допоміжна лінія для оцінки наявності конденсації пари (e), зелена - допоміжна лінія для оцінки кількості вологи що надходить/випаровується з конструкції.

1.1.6.11.6 Оскільки лінії E та e перетинаються то це свідчить про конденсацію вологи в товщі огорожувачої конструкції (п.4.2.6 та п.4.3.4 ДСТУ Б В.2.6-192:2013). Визначимо місця конденсації згідно з п.4.3.5 ДСТУ Б В.2.6-192:2013. Побудуємо дотичні до графіку E з точок e_B та e_3 (рис.13).

Лінія розрахункового розподілу парціального тиску водяної пари в товщині конструкції:

$$p_{k_0} = e_B = 1287\text{Па} \quad R_{ek_0} = 0 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}}{\text{мг}}$$

$$p_{k_1} = 566.25\text{Па} \quad R_{ek_1} = 2.56 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}}{\text{мг}}$$

$$p_{k_2} = e_3 = 421.6\text{Па} \quad R_{ek_2} = 3.47 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}}{\text{мг}}$$

Кількість зон конденсації - 0 шт. Кількість площин конденсації - 1 шт

1.1.6.11.7 Кількість водяної пари, що надходить до першої зони(площини) конденсації з сторони приміщення визначаємо згідно з табл.3 ДСТУ Б В.2.6-192:2013:

1.1.6.11.8 Кількість водяної пари, що надходить до зони(площини) №1 конденсації визначаємо згідно з табл.3 ДСТУ Б В.2.6-192:2013:

$$i_1 = \frac{(p_{k_0} - p_{k_1})}{(R_{ek_1} - R_{ek_0})} = \frac{(1287 - 566.253)}{(2.564 - 0)} = 281.103 \frac{\text{мг}}{\text{м}^2 \cdot \text{год}} \quad (42)$$

де p_{k_0} .. p_{k_1} , R_{ek_1} .. R_{ek_0} - те саме, що у формулі (16).

Кількість водяної пари, що виводиться із зони(площини) №1 назовні

$$i_2 = \frac{(p_{k_1} - p_{k_2})}{(R_{ek_2} - R_{ek_1})} = \frac{(566.253 - 421.6)}{(3.466 - 2.564)} = 160.369 \frac{\text{мг}}{\text{м}^2 \cdot \text{год}} \quad (43)$$

						Арк.
						10
Зм.	Кільк.	Арк.	№Док.	Підпис	Дата	

де p_{k1} , R_{ek1} - те саме, що у формулі (16); p_{k2} , R_{ek2} - те саме, що у формулі (17).
Отже кількість вологи, що конденсується в зоні/площині №1 за грудень дорівнює:

$$W_{зп121} = 10^{(-6)} \tau (i_1 - i_2) = 744 \cdot (281.103 - 160.369) \cdot 10^{(-6)} = 0.0898 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2} \quad (44)$$

де τ , $i_1 \dots i_2$ - те саме, що у формулі (18).

1.1.6.11.9 Кількість вологи, що конденсується в конструкції за грудень складає:

$$W_{зп12} = W_{зп121} = 0.0898 = 0.0898 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2} \quad (45)$$

де $W_{зп121}$ - кількість вологи, що конденсується в конструкції за розрахунковий місяць, див. п. 1.1.6.11.8.
Проводимо розрахунок для наступного місяця вологонакопичення.

1.1.6.12 Розрахунок вологонакопичення в місяці листопад:

1.1.6.12.1 Розрахункові значення температури та відносної вологості зовнішнього повітря визначаємо згідно з табл. 2 та табл. 24 ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010, як для середньої місячної температури повітря для міста Київ (п.4.2.4.4 та п.4.2.4.3 ДСТУ Б В.2.6-192:2013):

$$\varphi_{ext} = 84\% \quad \tau = 720 \text{ год} \\ \theta_{ext} = 1.9^\circ \text{C};$$

1.1.6.12.2 Температура в площинах на межі шарів :

$$\theta_0 = \theta_{int} - \frac{(\theta_{int} - \theta_{ext})}{R_s} \frac{1}{h_{si}} = 20 - \frac{(20 - 1.9)}{3.39} \cdot \frac{1}{8.7} = 19.386^\circ \text{C} \quad (46)$$

де θ_{int} , θ_{ext} , R_s - те саме, що у формулі (10); h_{si} - те саме, що у формулі (2).

$$\theta_1 = \theta_{int} - \frac{(\theta_{int} - \theta_{ext})}{R_s} \left(\frac{1}{h_{si}} + R_1 \right) = 20 - \frac{(20 - 1.9)}{3.39} \cdot \left(\frac{1}{8.7} + 0.3086 \right) = 17.738^\circ \text{C} \quad (47)$$

де θ_{int} , θ_{ext} , R_s - те саме, що у формулі (10); h_{si} - те саме, що у формулі (2); R_1 - те саме, що у формулі (11).

$$\theta_2 = \theta_{int} - \frac{(\theta_{int} - \theta_{ext})}{R_s} \left(\frac{1}{h_{si}} + R_2 \right) = 20 - \frac{(20 - 1.9)}{3.39} \cdot \left(\frac{1}{8.7} + 3.036 \right) = 3.175^\circ \text{C} \quad (48)$$

де θ_{int} , θ_{ext} , R_s - те саме, що у формулі (10); h_{si} - те саме, що у формулі (2); R_2 - те саме, що у формулі (12).

$$\theta_3 = \theta_{int} - \frac{(\theta_{int} - \theta_{ext})}{R_s} \left(\frac{1}{h_{si}} + R_3 \right) = 20 - \frac{(20 - 1.9)}{3.39} \cdot \left(\frac{1}{8.7} + 3.231 \right) = 2.132^\circ \text{C} \quad (49)$$

де θ_{int} , θ_{ext} , R_s - те саме, що у формулі (10); h_{si} - те саме, що у формулі (2); R_3 - те саме, що у формулі (13).

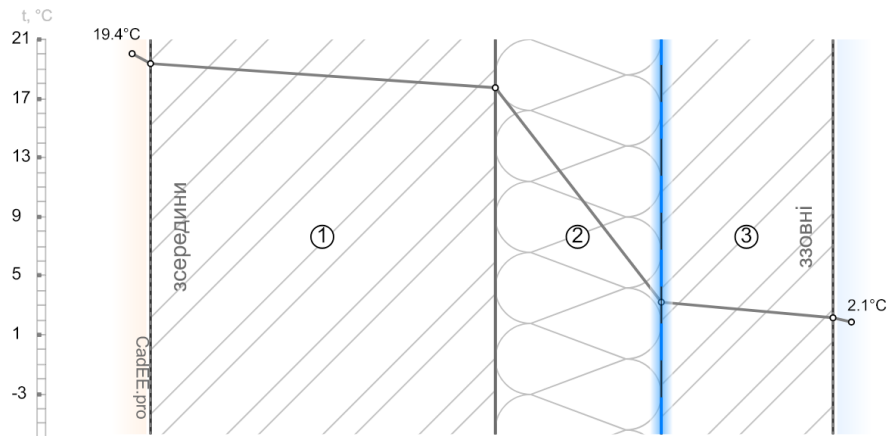


Рисунок 10. Розподіл температур у товщині огорожжючої конструкції (листопад).

Графік розподілу температур див. рис. 16

1.1.6.12.3 Визначимо парціальний тиск насиченої водяної пари згідно з таблицею Б.1 ДСТУ Б В.2.6-192:2013

Розрахункові умови для визначення тиску насиченої водяної пари:

Відповідно до п. Б.1.2.1 та Б.1.2.2 ДСТУ Б В.2.6-192:2013 приймаємо:

- для внутрішнього повітря: $\theta_{int} = 20^\circ \text{C}$, $\varphi_{int} = 55\%$.

- для зовнішнього повітря (листопад): $\theta_{ext} = 1.9^\circ \text{C}$, $\varphi_{ext} = 84\%$.

Згідно з п. Б.1.2.3 та таблицею Б.1 за температурою відповідного повітря визначаємо E_B та E_3 — парціальні тиски насиченої водяної пари; відносну вологість використовуємо далі для визначення фактичних тисків e за формулами (6) та (7):

$$E_B = 2340 \text{ Па} \\ E_3 = 700 \text{ Па}$$

1.1.6.12.4 Визначимо парціальний тиск водяної пари згідно з формулами (6) та (7) ДСТУ Б В.2.6-192:2013:

						Арк.
						11
Зм.	Кільк.	Арк.	№Док.	Підпис	Дата	

$$e_B = 0.01 \varphi_{int} E_B = 55 \cdot 2340 \cdot 0.01 = 1287 \text{ Па} \quad (50)$$

де φ_{int} , E_B - те саме, що у формулі (14).

$$e_3 = 0.01 \varphi_{ext} E_3 = 84 \cdot 700 \cdot 0.01 = 588 \text{ Па} \quad (51)$$

де φ_{ext} , E_3 - те саме, що у формулі (15).

1.1.6.12.5 Визначимо парціальний тиск насиченої водяної пари в товщині конструкції з розрахунку 11 точок на 1°C перепаду температур (п. 4.2.4.7 ДСТУ Б В.2.6-192:2013).

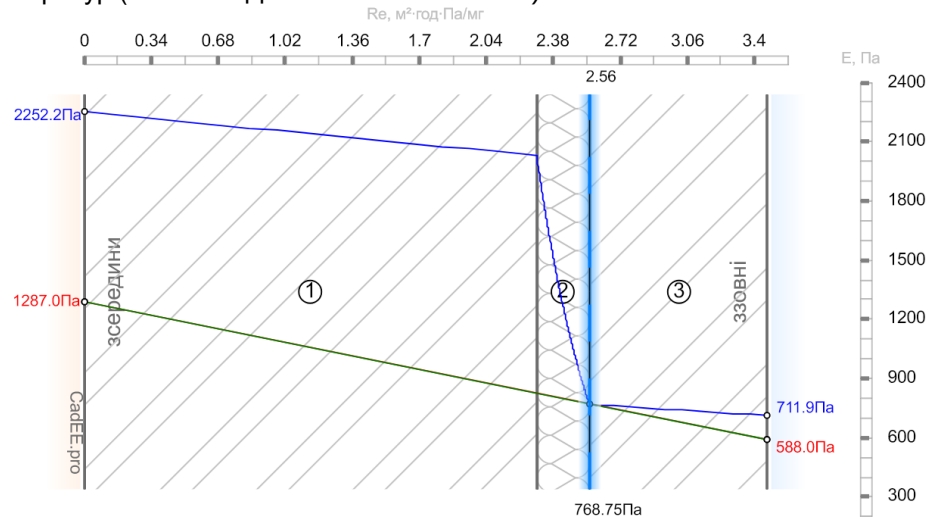


Рисунок 11. Розподіл парціальних тисків у товщині огорожувальної конструкції (листопад). На графіку лінія сіра - розподіл температури (t), синя - графік розподілу парціального тиску насиченої водяної пари (Е), червона - допоміжна лінія для оцінки наявності конденсації пари (е), зелена - допоміжна лінія для оцінки кількості вологи, що надходить/випаровується з конструкції.

1.1.6.12.6 Оскільки лінії Е та е перетинаються то це свідчить про конденсацію вологи в товщі огорожувальної конструкції (п.4.2.6 та п.4.3.4 ДСТУ Б В.2.6-192:2013). Визначимо місця конденсації згідно з п.4.3.5 ДСТУ Б В.2.6-192:2013. Побудуємо дотичні до графіку Е з точок e_B та e_3 (рис.13).

Лінія розрахункового розподілу парціального тиску водяної пари в товщині конструкції:

$$p_{k_0} = e_B = 1287 \text{ Па} \quad R_{ek_0} = 0 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}}{\text{мг}}$$

$$p_{k_1} = 768.75 \text{ Па} \quad R_{ek_1} = 2.56 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}}{\text{мг}}$$

$$p_{k_2} = e_3 = 588 \text{ Па} \quad R_{ek_2} = 3.47 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}}{\text{мг}}$$

Кількість зон конденсації - 0 шт. Кількість площин конденсації - 1 шт

1.1.6.12.7 Кількість водяної пари, що надходить до першої зони(площини) конденсації з сторони приміщення визначаємо згідно з табл.3 ДСТУ Б В.2.6-192:2013:

1.1.6.12.8 Кількість водяної пари, що надходить до зони(площини) №1 конденсації визначаємо згідно з табл.3 ДСТУ Б В.2.6-192:2013:

$$i_1 = \frac{(p_{k_0} - p_{k_1})}{(R_{ek_1} - R_{ek_0})} = \frac{(1287 - 768.75)}{(2.564 - 0)} = 202.124 \frac{\text{мг}}{\text{м}^2 \cdot \text{год}} \quad (52)$$

де p_{k_0} , p_{k_1} , R_{ek_1} , R_{ek_0} - те саме, що у формулі (16).

Кількість водяної пари, що виводиться із зони(площини) №1 назовні

$$i_2 = \frac{(p_{k_1} - p_{k_2})}{(R_{ek_2} - R_{ek_1})} = \frac{(768.75 - 588)}{(3.466 - 2.564)} = 200.393 \frac{\text{мг}}{\text{м}^2 \cdot \text{год}} \quad (53)$$

де p_{k_1} , R_{ek_1} - те саме, що у формулі (16); p_{k_2} , R_{ek_2} - те саме, що у формулі (17).

Отже кількість вологи, що конденсується в зоні/площині №1 за листопад дорівнює:

$$W_{зп111} = 10^{(-6)} \tau (i_1 - i_2) = 720 \cdot (202.124 - 200.393) \cdot 10^{(-6)} = 0.001246 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2} \quad (54)$$

де τ , i_1 , i_2 - те саме, що у формулі (18).

1.1.6.12.9 Кількість вологи, що конденсується в конструкції за листопад складає:

$$W_{зп11} = W_{зп111} = 0.001246 = 0.001246 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2} \quad (55)$$

де $W_{зп111}$ - кількість вологи, що конденсується в конструкції за розрахунковий місяць, див. п. 1.1.6.12.8.

Проводимо розрахунок для наступного місяця вологонакопичення.

						Арк.
						12
Зм.	Кільк.	Арк.	№Док.	Підпис	Дата	

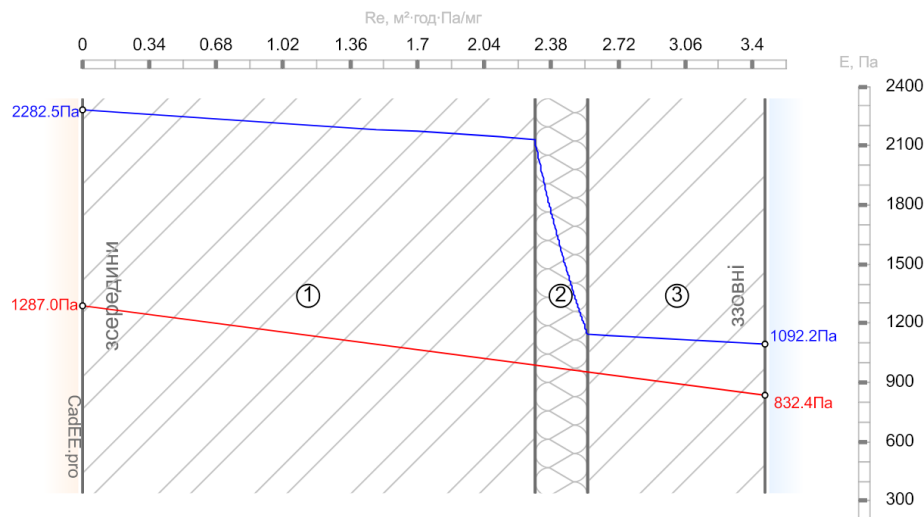


Рисунок 13. Розподіл парціальних тисків у товщині огорожжючої конструкції (жовтень). На графіку лінія сіра - розподіл температури (t), синя - графік розподілу парціального тиску насиченої водою пари (E), червона - допоміжна лінія для оцінки наявності конденсації пари (e), зелена - допоміжна лінія для оцінки кількості вологи що надходить/випаровується з конструкції.

Оскільки лінії E та e не перетинаються то згідно з п.4.2.5 та п.4.3.3 ДСТУ Б В.2.6-192:2013, конденсація водяної пари в товщині конструкції не відбувається.

1.1.6.14 За проведеними розрахунками встановлено, що в даній конструкції процес конденсації водяної пари відбувається з місяця листопад до місяця лютий. В інші місяці відбувається випаровування вологи, що сконденсувалась.

1.1.6.15 Розрахунок вологовіддачі в місяці березень:

1.1.6.15.1 Розрахункові значення температури та відносної вологості зовнішнього повітря визначаємо згідно з табл. 2 та табл. 24 ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010, як для середньої місячної температури повітря для міста Київ (п.4.2.4.4 та п.4.2.4.3 ДСТУ Б В.2.6-192:2013):

$$\varphi_{ext} = 74\% \quad \tau = 744 \text{ год} \\ \theta_{ext} = 1^{\circ}\text{C};$$

1.1.6.15.2 Температура в площинах на межі шарів :

$$\theta_0 = \theta_{int} - \frac{(\theta_{int} - \theta_{ext})}{R_s} \frac{1}{h_{si}} = 20 - \frac{(20 - 1)}{3.39} \cdot \frac{1}{8.7} = 19.356^{\circ}\text{C} \quad (62)$$

де θ_{int} , θ_{ext} , R_s - те саме, що у формулі (10); h_{si} - те саме, що у формулі (2).

$$\theta_1 = \theta_{int} - \frac{(\theta_{int} - \theta_{ext})}{R_s} \left(\frac{1}{h_{si}} + R_1 \right) = 20 - \frac{(20 - 1)}{3.39} \cdot \left(\frac{1}{8.7} + 0.3086 \right) = 17.626^{\circ}\text{C} \quad (63)$$

де θ_{int} , θ_{ext} , R_s - те саме, що у формулі (10); h_{si} - те саме, що у формулі (2); R_1 - те саме, що у формулі (11).

$$\theta_2 = \theta_{int} - \frac{(\theta_{int} - \theta_{ext})}{R_s} \left(\frac{1}{h_{si}} + R_2 \right) = 20 - \frac{(20 - 1)}{3.39} \cdot \left(\frac{1}{8.7} + 3.036 \right) = 2.338^{\circ}\text{C} \quad (64)$$

де θ_{int} , θ_{ext} , R_s - те саме, що у формулі (10); h_{si} - те саме, що у формулі (2); R_2 - те саме, що у формулі (12).

$$\theta_3 = \theta_{int} - \frac{(\theta_{int} - \theta_{ext})}{R_s} \left(\frac{1}{h_{si}} + R_3 \right) = 20 - \frac{(20 - 1)}{3.39} \cdot \left(\frac{1}{8.7} + 3.231 \right) = 1.244^{\circ}\text{C} \quad (65)$$

де θ_{int} , θ_{ext} , R_s - те саме, що у формулі (10); h_{si} - те саме, що у формулі (2); R_3 - те саме, що у формулі (13).

						Арк.
						14
Зм.	Кільк.	Арк.	№Док.	Підпис	Дата	

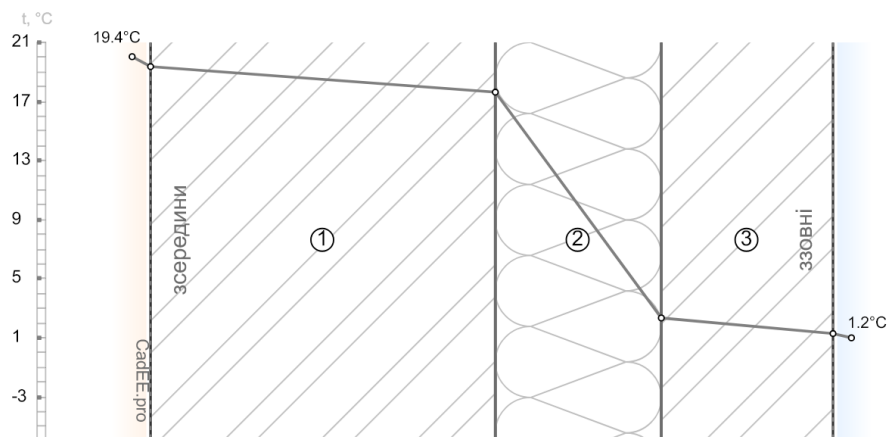


Рисунок 14. Розподіл температур у товщині огорожуючої конструкції (березень).

Графік розподілу температур див. рис. 16

1.1.6.15.3 Визначимо парціальний тиск насиченої водяної пари згідно з таблицею Б.1 ДСТУ Б В.2.6-192:2013

Розрахункові умови для визначення тиску насиченої водяної пари:

Відповідно до п. Б.1.2.1 та Б.1.2.2 ДСТУ Б В.2.6-192:2013 приймаємо:

- для внутрішнього повітря: $\theta_{\text{int}} = 20^\circ\text{C}$, $\varphi_{\text{int}} = 55\%$.

- для зовнішнього повітря (березень): $\theta_{\text{ext}} = 1^\circ\text{C}$, $\varphi_{\text{ext}} = 74\%$.

Згідно з п. Б.1.2.3 та таблицею Б.1 за температурою відповідного повітря визначаємо $E_{\text{в}}$ та $E_{\text{з}}$ — парціальні тиски насиченої водяної пари; відносну вологість використовуємо далі для визначення фактичних тисків e за формулами (6) та (7):

$$E_{\text{в}} = 2340\text{Па}$$

$$E_{\text{з}} = 657\text{Па}$$

1.1.6.15.4 Визначимо парціальний тиск водяної пари згідно з формулами (6) та (7) ДСТУ Б В.2.6-192:2013:

$$e_{\text{в}} = 0.01\varphi_{\text{int}}E_{\text{в}} = 55 \cdot 2340 \cdot 0.01 = 1287\text{Па} \quad (66)$$

де φ_{int} , $E_{\text{в}}$ - те саме, що у формулі (14).

$$e_{\text{з}} = 0.01\varphi_{\text{ext}}E_{\text{з}} = 74 \cdot 657 \cdot 0.01 = 486.18\text{Па} \quad (67)$$

де φ_{ext} , $E_{\text{з}}$ - те саме, що у формулі (15).

1.1.6.15.5 Визначимо парціальний тиск насиченої водяної пари в товщині конструкції з розрахунку 11 точок на 1°C перепаду температур (п. 4.2.4.7 ДСТУ Б В.2.6-192:2013).

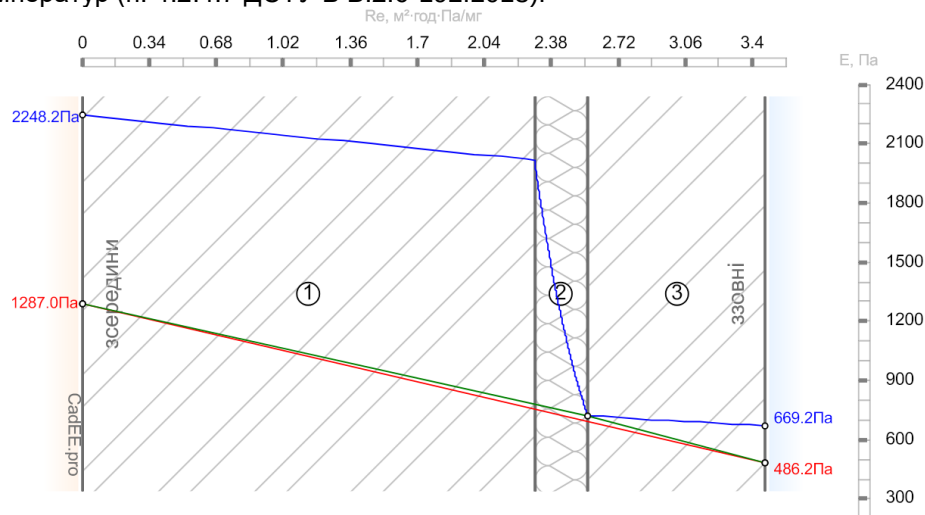


Рисунок 15. Розподіл парціальних тисків у товщині огорожуючої конструкції (березень)

Лінія падіння парціального тиску водяної пари в товщині конструкції (п. 4.3.12 ДСТУ Б В.2.6-192:2013):

$$p_{k_0} = e_{\text{в}} = 1287\text{Па} \quad R_{ek_0} = 0 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}}{\text{Мг}}$$

						Арк.
						15
Зм.	Кільк.	Арк.	№Док.	Підпис	Дата	

$$p_{k_1} = 723.31 \text{ Па} \quad R_{ek_1} = 2.56 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}}{\text{Мг}}$$

$$p_{k_2} = e_3 = 486.18 \text{ Па} \quad R_{ek_2} = 3.47 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}}{\text{Мг}}$$

Кількість зон конденсації - 0 шт. Кількість площин конденсації - 1 шт

1.1.6.15.6 Кількість водяної пари, що надходить до першої зони(площини) конденсації з сторони приміщення визначаємо згідно з табл.3 ДСТУ Б В.2.6-192:2013:

1.1.6.15.7 Кількість водяної пари, що надходить до зони(площини) №1 конденсації визначаємо згідно з табл.3 ДСТУ Б В.2.6-192:2013:

$$i_1 = \frac{(p_{k_0} - p_{k_1})}{(R_{ek_1} - R_{ek_0})} = \frac{(1287 - 723.31)}{(2.564 - 0)} = 219.848 \frac{\text{Мг}}{\text{м}^2 \cdot \text{год}} \quad (68)$$

де p_{k_0} .. p_{k_1} , R_{ek_1} .. R_{ek_0} - те саме, що у формулі (16).

Кількість водяної пари, що виводиться із зони(площини) №1 назовні

$$i_2 = \frac{(p_{k_1} - p_{k_2})}{(R_{ek_2} - R_{ek_1})} = \frac{(723.31 - 486.18)}{(3.466 - 2.564)} = 262.893 \frac{\text{Мг}}{\text{м}^2 \cdot \text{год}} \quad (69)$$

де p_{k_1} , R_{ek_1} - те саме, що у формулі (16); p_{k_2} , R_{ek_2} - те саме, що у формулі (17).

Отже кількість вологи, що конденсується в зоні/площині №1 за березень дорівнює:

$$W_{зп1} = 10^{(-6)} \tau (i_1 - i_2) = 744 \cdot (219.848 - 262.893) \cdot 10^{(-6)} = -0.03203 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2} \quad (70)$$

де τ , i_1 .. i_2 - те саме, що у формулі (18).

1.1.6.16 Розрахунок вологовіддачі в місяці квітень:

1.1.6.16.1 Розрахункові значення температури та відносної вологості зовнішнього повітря визначаємо згідно з табл. 2 та табл. 24 ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010, як для середньої місячної температури повітря для міста Київ (п.4.2.4.4 та п.4.2.4.3 ДСТУ Б В.2.6-192:2013):

$$\varphi_{ext} = 66\% \quad \tau = 720 \text{ год} \\ \theta_{ext} = 9^\circ \text{C};$$

1.1.6.16.2 Температура в площинах на межі шарів :

$$\theta_0 = \theta_{int} - \frac{(\theta_{int} - \theta_{ext})}{R_s} \frac{1}{h_{si}} = 20 - \frac{(20 - 9)}{3.39} \cdot \frac{1}{8.7} = 19.627^\circ \text{C} \quad (71)$$

де θ_{int} , θ_{ext} , R_s - те саме, що у формулі (10); h_{si} - те саме, що у формулі (2).

$$\theta_1 = \theta_{int} - \frac{(\theta_{int} - \theta_{ext})}{R_s} \left(\frac{1}{h_{si}} + R_1 \right) = 20 - \frac{(20 - 9)}{3.39} \cdot \left(\frac{1}{8.7} + 0.3086 \right) = 18.625^\circ \text{C} \quad (72)$$

де θ_{int} , θ_{ext} , R_s - те саме, що у формулі (10); h_{si} - те саме, що у формулі (2); R_1 - те саме, що у формулі (11).

$$\theta_2 = \theta_{int} - \frac{(\theta_{int} - \theta_{ext})}{R_s} \left(\frac{1}{h_{si}} + R_2 \right) = 20 - \frac{(20 - 9)}{3.39} \cdot \left(\frac{1}{8.7} + 3.036 \right) = 9.775^\circ \text{C} \quad (73)$$

де θ_{int} , θ_{ext} , R_s - те саме, що у формулі (10); h_{si} - те саме, що у формулі (2); R_2 - те саме, що у формулі (12).

$$\theta_3 = \theta_{int} - \frac{(\theta_{int} - \theta_{ext})}{R_s} \left(\frac{1}{h_{si}} + R_3 \right) = 20 - \frac{(20 - 9)}{3.39} \cdot \left(\frac{1}{8.7} + 3.231 \right) = 9.141^\circ \text{C} \quad (74)$$

де θ_{int} , θ_{ext} , R_s - те саме, що у формулі (10); h_{si} - те саме, що у формулі (2); R_3 - те саме, що у формулі (13).

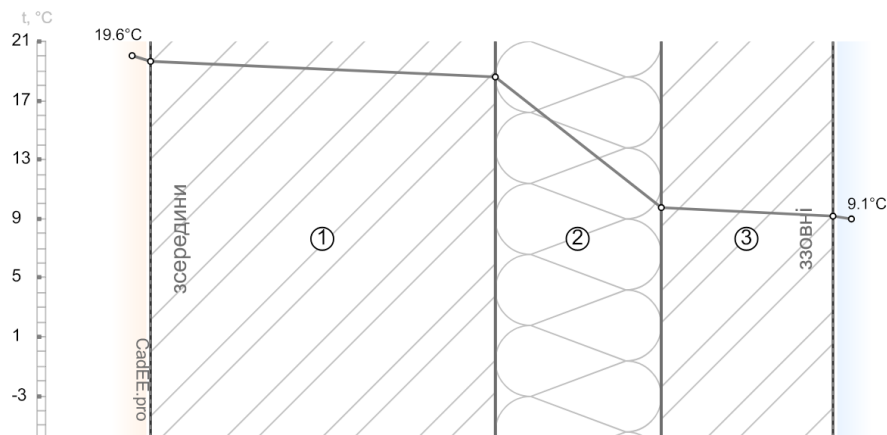


Рисунок 16. Розподіл температур у товщині огорожжючої конструкції (квітень).

Графік розподілу температур див. рис. 16

1.1.6.16.3 Визначимо парціальний тиск насиченої водяної пари згідно з таблицею Б.1 ДСТУ Б В.2.6-192:2013

						Арк.
						16
Зм.	Кільк.	Арк.	№Док.	Підпис	Дата	

Розрахункові умови для визначення тиску насиченої водяної пари:
Відповідно до п. Б.1.2.1 та Б.1.2.2 ДСТУ Б В.2.6-192:2013 приймаємо:

- для внутрішнього повітря: $\theta_{\text{int}} = 20^\circ\text{C}$, $\varphi_{\text{int}} = 55\%$.

- для зовнішнього повітря (квітень): $\theta_{\text{ext}} = 9^\circ\text{C}$, $\varphi_{\text{ext}} = 66\%$.

Згідно з п. Б.1.2.3 та таблицею Б.1 за температурою відповідного повітря визначаємо E_B та E_3 — парціальні тиски насиченої водяної пари; відносну вологість використовуємо далі для визначення фактичних тисків e за формулами (6) та (7):

$$E_B = 2340\text{Па}$$

$$E_3 = 1148\text{Па}$$

1.1.6.16.4 Визначимо парціальний тиск водяної пари згідно з формулами (6) та (7) ДСТУ Б В.2.6-192:2013:

$$e_B = 0.01\varphi_{\text{int}}E_B = 55 \cdot 2340 \cdot 0.01 = 1287\text{Па} \quad (75)$$

де φ_{int} , E_B - те саме, що у формулі (14).

$$e_3 = 0.01\varphi_{\text{ext}}E_3 = 66 \cdot 1148 \cdot 0.01 = 757.68\text{Па} \quad (76)$$

де φ_{ext} , E_3 - те саме, що у формулі (15).

1.1.6.16.5 Визначимо парціальний тиск насиченої водяної пари в товщині конструкції з розрахунку 11 точок на 1°C перепаду температур (п. 4.2.4.7 ДСТУ Б В.2.6-192:2013).

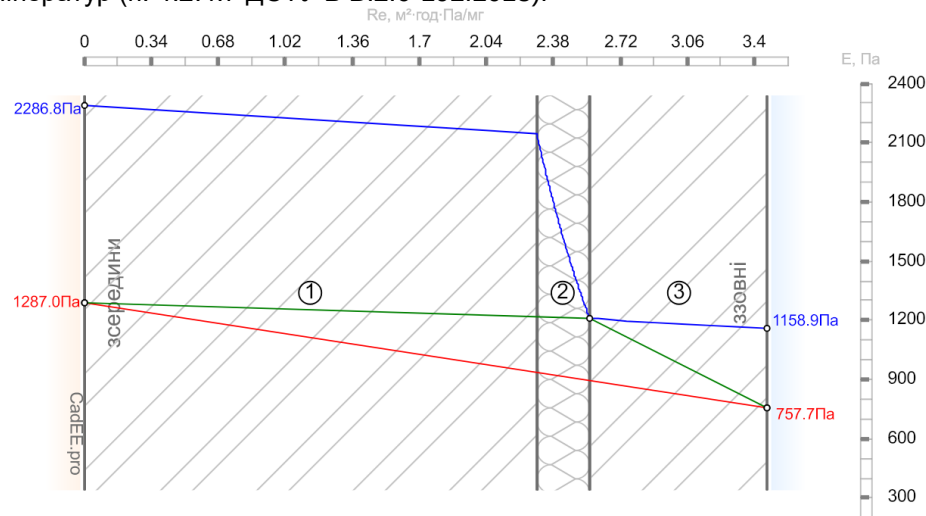


Рисунок 17. Розподіл парціальних тисків у товщині огорожувачої конструкції (квітень)

Лінія падіння парціального тиску водяної пари в товщині конструкції (п. 4.3.12 ДСТУ Б В.2.6-192:2013):

$$p_{k_0} = e_B = 1287\text{Па} \quad Re_{k_0} = 0 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}}{\text{мг}}$$

$$p_{k_1} = 1208.99\text{Па} \quad Re_{k_1} = 2.56 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}}{\text{мг}}$$

$$p_{k_2} = e_3 = 757.68\text{Па} \quad Re_{k_2} = 3.47 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}}{\text{мг}}$$

Кількість зон конденсації - 0 шт. Кількість площин конденсації - 1 шт

1.1.6.16.6 Кількість водяної пари, що надходить до першої зони(площини) конденсації з сторони приміщення визначаємо згідно з табл.3 ДСТУ Б В.2.6-192:2013:

1.1.6.16.7 Кількість водяної пари, що надходить до зони(площини) №1 конденсації визначаємо згідно з табл.3 ДСТУ Б В.2.6-192:2013:

$$i_1 = \frac{(p_{k_0} - p_{k_1})}{(Re_{k_1} - Re_{k_0})} = \frac{(1287 - 1208.993)}{(2.564 - 0)} = 30.424 \frac{\text{мг}}{\text{м}^2 \cdot \text{год}} \quad (77)$$

де $p_{k_0} \dots p_{k_1}$, $Re_{k_1} \dots Re_{k_0}$ - те саме, що у формулі (16).

Кількість водяної пари, що виводиться із зони(площини) №1 назовні

$$i_2 = \frac{(p_{k_1} - p_{k_2})}{(Re_{k_2} - Re_{k_1})} = \frac{(1208.993 - 757.68)}{(3.466 - 2.564)} = 500.347 \frac{\text{мг}}{\text{м}^2 \cdot \text{год}} \quad (78)$$

де p_{k_1} , Re_{k_1} - те саме, що у формулі (16); p_{k_2} , Re_{k_2} - те саме, що у формулі (17).

Отже кількість вологи, що конденсується в зоні/площині №1 за квітень дорівнює:

$$W_{\text{зп}_1} = 10^{(-6)} \tau (i_1 - i_2) = 720 \cdot (30.424 - 500.347) \cdot 10^{(-6)} = -0.3383 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2} \quad (79)$$

де τ , $i_1 \dots i_2$ - те саме, що у формулі (18).

1.1.6.17 Зведемо результати розрахунку вологонакопичення та випаровування вологи з товщі конструкції протягом року у таблицю:

						Арк.
						17
Зм.	Кільк.	Арк.	№Док.	Підпис	Дата	

Таблиця №3. Річний баланс вологи в товщі огорожжувальної конструкції будинку

Місяць	К-ть вологи, що сконденсувалася, кг/м2 В зоні конденсації 1	К-ть вологи, що випарувалась, кг/м2 В зоні конденсації 1
листопад	0.0012	0
грудень	0.0898	0
січень	0.1230	0
лютий	0.0795	0
березень	0	0.0320
квітень	0	0.3383

1.1.6.18 Оцінімо збільшення вологості матеріалу у товщі шару конструкції у якому може відбуватися конденсація вологи за холодний період року.

Зволоження відбувається в шарі №2 (Мінеральна вата (базальтове волокно) $\rho=30$ кг/м3)

$$W_{зп1} = W_{зп111} + W_{зп121} + W_{зп11} + W_{зп21} = 0.001246083 + 0.0898257 + 0.1229826 + 0.0795177 = 0.2936 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2} \quad (80)$$

де $W_{зп111}$ - те саме, що у формулі (55); $W_{зп121}$ - те саме, що у формулі (45); $W_{зп11}$ - те саме, що у формулі (19); $W_{зп21}$ - те саме, що у формулі (29).

Випаровування з шару №2 (Мінеральна вата (базальтове волокно) $\rho=30$ кг/м3)

$$W_{лп1} = W_{лп31} + W_{лп41} = 0.0320256 + 0.3383451 = 0.3704 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2} \quad (81)$$

де $W_{лп31}$, $W_{лп41}$ - кількість вологи, що випаровується з конструкції за розрахунковий місяць, див. п. 1, 1.

Приріст вологи в шарі №2 (Мінеральна вата (базальтове волокно) $\rho=30$ кг/м3) визначаємо відповідно до п. 4.2.11 та п. 4.3.9 ДСТУ Б В.2.6-192:2013:

$$\Delta w_1 = \frac{100W_{зп1}}{d_2 \rho_2} = \frac{0.2936 \cdot 100}{0.12 \cdot 110} = 2.224 \% \quad (82)$$

де $W_{зп1}$ - кількість вологи, що конденсується в конструкції за розрахунковий місяць, див. п. 1.1.6.18; d_2 - те саме, що у формулі (2); ρ_2 - густина матеріалу шару конструкції, див. п. 1.

Допустиме за теплоізоляційними характеристиками збільшення вологості матеріалу визначаємо згідно з табл. 5 ДБН В.2.6-31:2021:

$$\Delta w_d = 2.5\% \quad (83)$$

1.1.6.19 Оскільки:

$$\Delta w_1 = 2.22\% < \Delta w_d = 2.5\%$$

то умова (1) ДСТУ Б В.2.6-192:2013 - виконується.

1.1.6.20 Кількість накопиченої в товщі огорожжувальної конструкції вологи, що сконденсувалася за зимовий період:

$$W_{зп} = W_{зп1} = 0.2936 = 0.2936 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2} \quad (84)$$

де $W_{зп1}$ - те саме, що у формулі (82).

1.1.6.21 Кількість вологи, що випарувалась з огорожжувальної конструкції за період вологовіддачі року:

$$W_{лп} = W_{лп1} = 0.3704 = 0.3704 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2} \quad (85)$$

де $W_{лп1}$ - кількість вологи, що випаровується з конструкції за розрахунковий місяць, див. п. 1.1.6.18.

1.1.6.22 За результатами помісячного балансу вологи по кожній зоні:

баланс вологи в усіх зонах є від'ємним або дорівнює нулю, тому умова (2) ДСТУ Б В.2.6-192:2013 виконується.

							Арк.
							18
Зм.	Кільк.	Арк.	№Док.	Підпис	Дата		