

# РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ ВИКОРИСТАННЯ МОРСЬКИХ КОНТЕЙНЕРІВ ПІД ЖИТЛО



Розробка Браяна Файнокі



Житловий будинок



Розробка університету Катару



Житловий будинок

						601-БП.11393964.МР		
						Дослідження вологісного стану огорожувальних конструкцій тимчасових приміщень		
Зм.	Кільк.	Арх.	Док.	Підпис	Дата	АНАЛІЗ СТАНУ ВИКОРИСТАННЯ МОРСЬКИХ КОНТЕЙНЕРІВ ПІД ЖИТЛО		
Розробив	керівником	К.І.				Стадія	Аркуш	Аркуши
Керував	Юрій О.І.					МР	1	12
Консультант	Юрій О.І.					Розробка Браяна Файнокі. Розробка університету Катару. Житлові будинки.		
Н.контроль	Юрій О.І.					НУПІП ім. Юрія Кондратюка		
Зав.кафедри	Семько О.В.					Кафедра БраЦ		

# РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ ВИКОРИСТАННЯ МОРСЬКИХ КОНТЕЙНЕРІВ ПІД ЖИТЛО



Житловий будинок



Житловий будинок

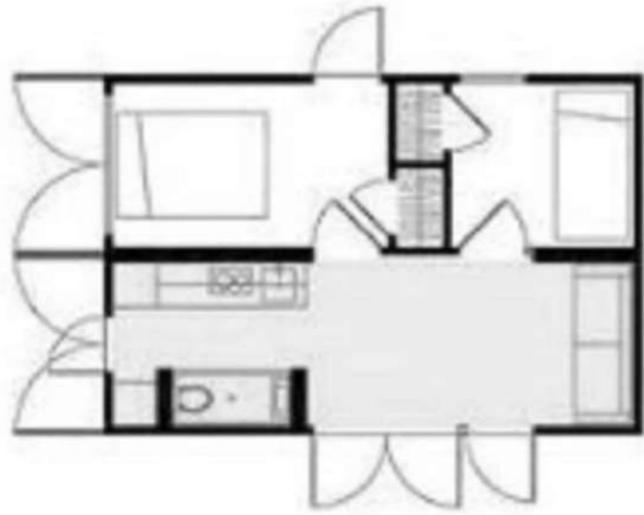


Готель



						601-БП.11393964.МР		
						Дослідження вологісного стану огорожувальних конструкцій тимчасових приміщень		
Зм.	Кільк.	Арх.	Док.	Підпис	Дата	Стадія	Аркуш	Аркуши
Розробив	Юрій О.І.	Юрій О.І.	Юрій О.І.			МР	2	
Керував	Юрій О.І.	Юрій О.І.	Юрій О.І.			Готель. Житлові будинки.		
Н. контроль	Юрій О.І.	Юрій О.І.	Юрій О.І.			НУПІП ім. Юрія Кондратюка		
Зав. кафедрі	Семько О.В.	Семько О.В.	Семько О.В.			Кафедра БраЦ		

# РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ ВИКОРИСТАННЯ МОРСЬКИХ КОНТЕЙНЕРІВ ПІД ЖИТЛО



## ВИСНОВКИ ПО РОЗДІЛУ 1

1. У світовій практиці застосування морських контейнерів для будівництва будівель різного призначення є доволі поширеною практикою.

2. В той же час питанням теплозахисту таких будівель та особливо вологісного стану огороджувальних конструкцій приділено мало уваги.

3. Тому такі дослідження є актуальними.

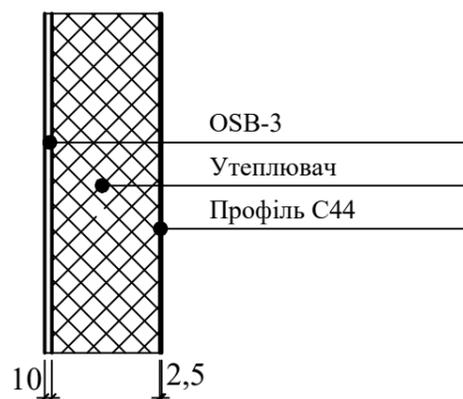
						601-БП.11393964.МР		
						Дослідження вологісного стану огороджувальних конструкцій тимчасових приміщень		
Зм.	Кільк.	Арк.	Док.	Підпис	Дата	АНАЛІЗ СТАНУ ВИКОРИСТАННЯ МОРСЬКИХ КОНТЕЙНЕРІВ ПІД ЖИТЛО		
Розробив	Спеціаліст	К.І.				Стандія	Аркуш	Аркушів
Керівник	Юрій О.І.					МР	3	
Консультант	Юрій О.І.					Планувальні рішення.		
Н.контроль	Юрій О.І.					НУПІ ім. Юрія Кодратюка		
Зав.кафедрой	Семько О.В.					Кафедра БраЦ		

# РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ВОЛОГІСНОГО СТАНУ

## Визначення товщини утеплювача (без урахування теплопровідних включень)

Розрахункова схема

Характеристики шарів стіни



№	Назва шарів	Теплопровідність, Вт/(м·К)
1	OSB-3	0,13
2	Утеплювач	0,047
3	Сталь	58

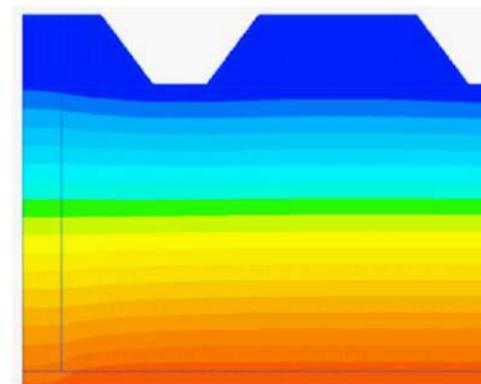
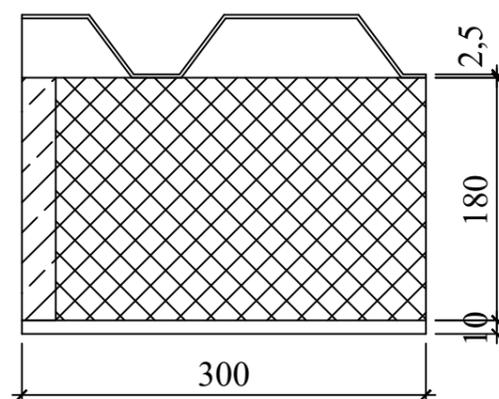
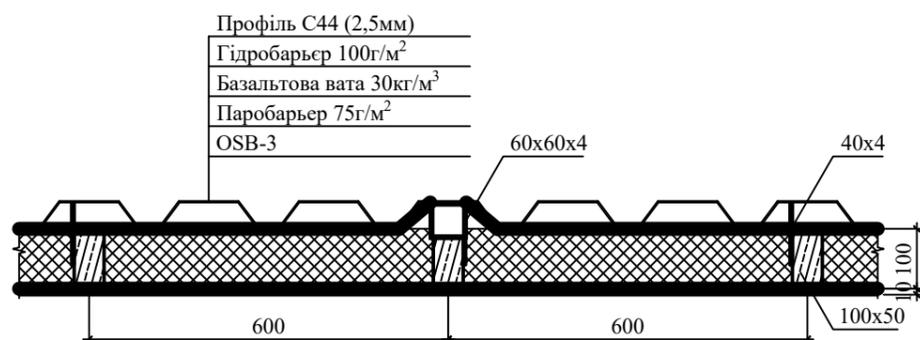
За розрахунком  $\delta_{ут} = 0,177$  м

Прийнята товщина утеплювача  $\delta_{ут} = 0,177$  м

$$R_{\Sigma} = 4,065 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} > R_{q \text{ min}} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

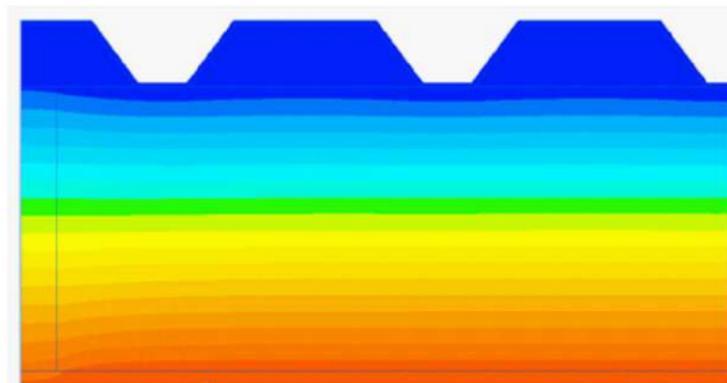
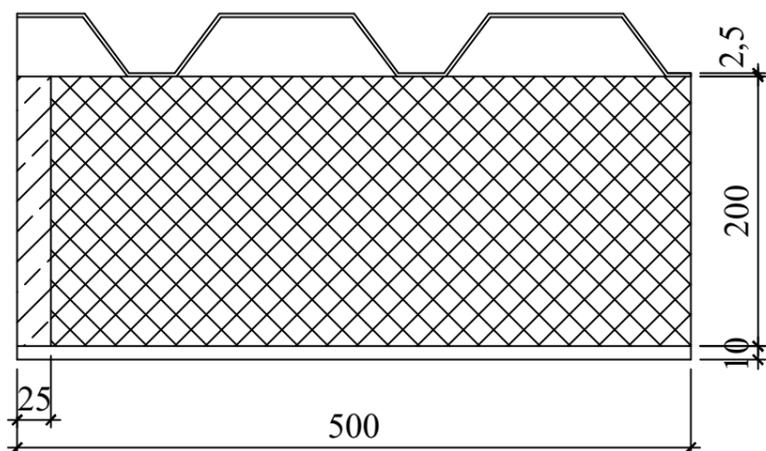
## Визначення товщини утеплювача (з урахуванням теплопровідних включень)

Товщина утеплювача 0,18 м крок стійок 0,6 м



$$R_{\Sigma пр} = 3,457$$

Товщина утеплювача 0,2 м, крок стійок 1 м.

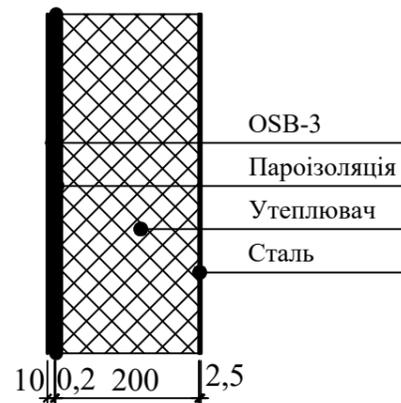


$$R_{\Sigma пр} = 4,077 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} < R_{q \text{ min}} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

						601-БП.11393964.МР		
						Дослідження вологісного стану огорожувальних конструкцій тимчасових приміщень		
Зм.	Кільк.	Арк.	Док.	Підпис	Дата	Дослідження вологісного стану		
Розробив	Юрій О.І.					Стандія	Аркуші	Аркуші
Керував	Юрій О.І.					МР	4	
Консультант	Юрій О.І.					Визначення товщини утеплювача		
Н. контроль	Юрій О.І.					НУПІП ім. Юрія Кодратюка		
Зав. кафедрой	Семко О.В.					Кафедра БраЦ		

# РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ВОЛОГІСНОГО СТАНУ

## Розрахунок вологісного стану на ділянці де утеплювач примикає до сталевого листа



Характеристики шарів стіни

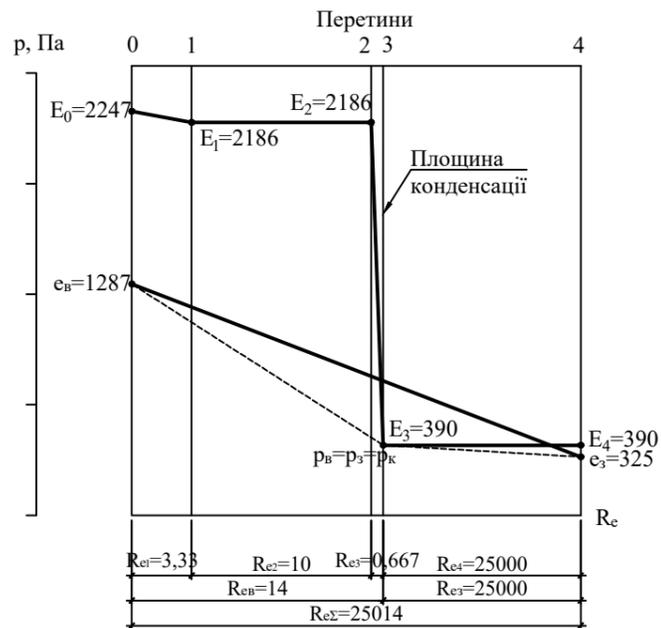
№	Назва шарів	Щільність, кг/м <sup>3</sup>	Теплопровідність, Вт/(м·К)	Паропроникність, мг/(м·год·Па)
1	OSB-3	630	0,13	0,003
2	Пароізоляція	1600	0,3	0,00002
3	Утеплювач	75	0,047	0,3
4	Сталь	7850	58	0,0000001

### Нормативні величини

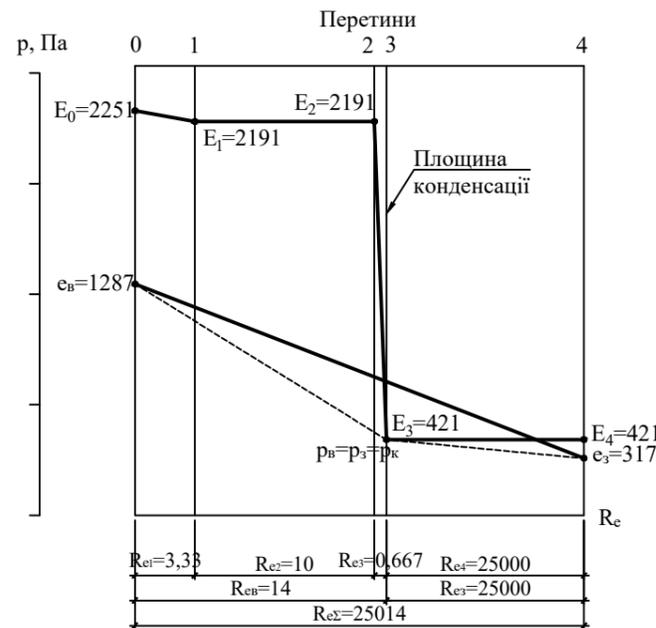
$$\Delta w \leq \Delta w_{Д'}$$

$$W_{ЗП} \leq W_{ЛП}$$

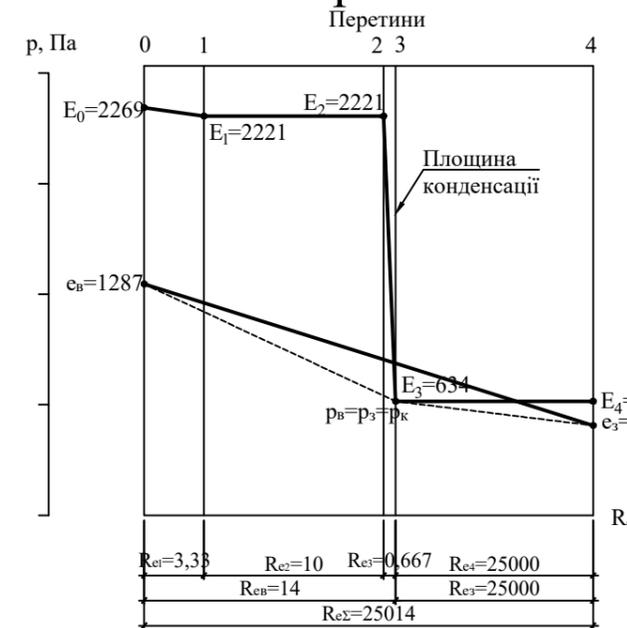
### Січень



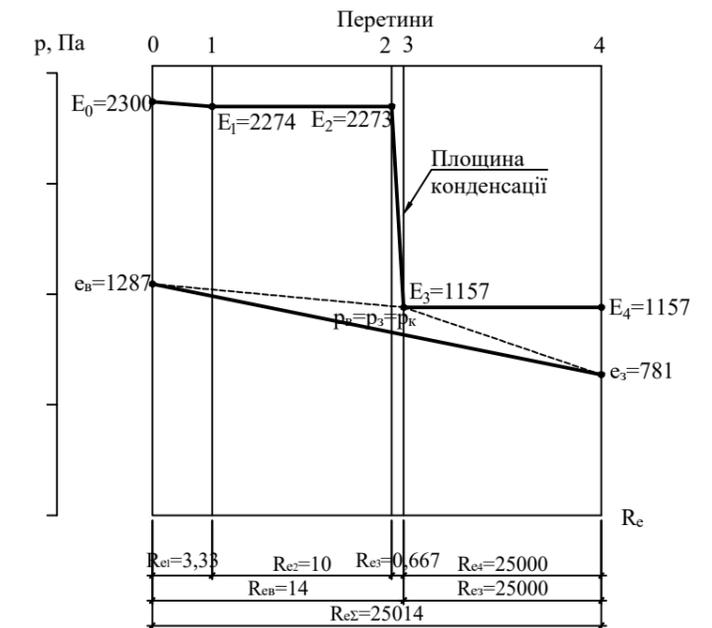
### Лютий



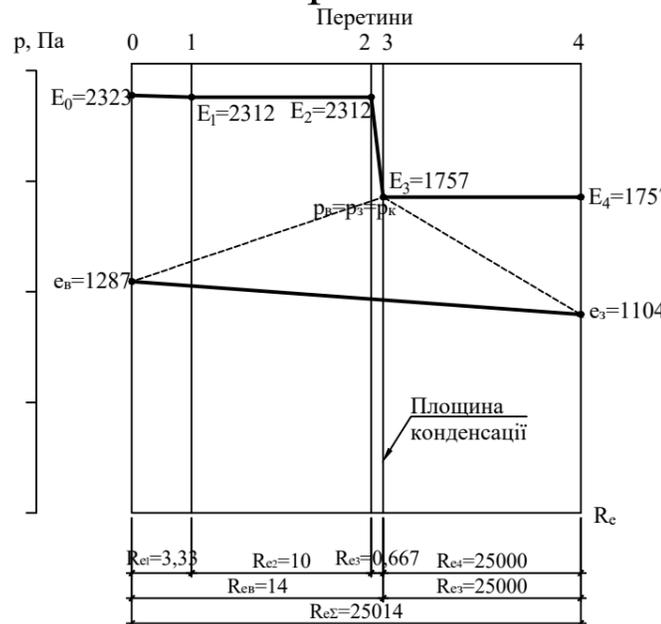
### Березень



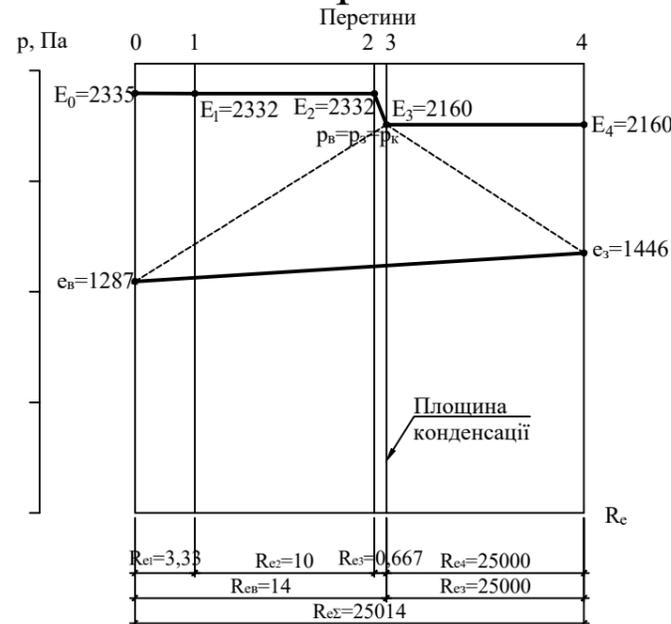
### Квітень



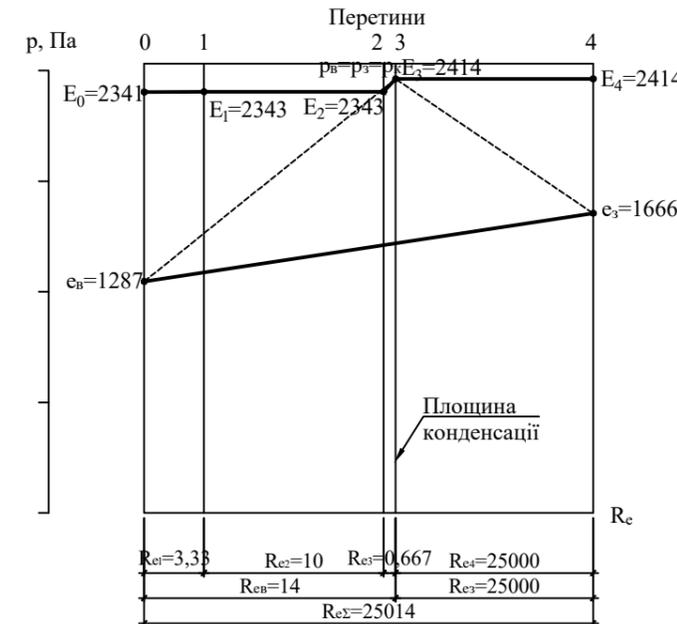
### Травень



### Червень



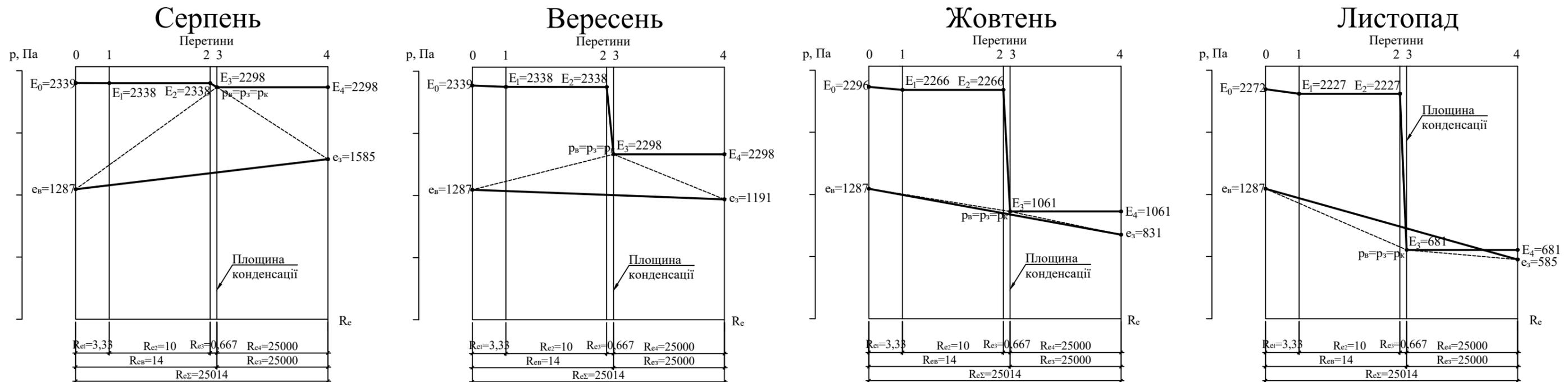
### Липень



601-БП.11393964.МР						
Дослідження вологісного стану огорожувальних конструкцій тимчасових приміщень						
Зм.	Кільк.	Арк.	Док.	Підпис	Дата	
Розробник	Юрій О.І.				Стадія	Аркуші
Керівник	Юрій О.І.				МР	5
Консультації	Юрій О.І.				Розрахунок вологісного стану на ділянці де утеплювач примикає до сталевго листа	
Н. контроль	Юрій О.І.				НУПІП ім. Юрія Кодратюка	
Зав. кафедрі	Семько О.В.				Кафедра БраЦ	

# РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ВОЛОГІСНОГО СТАНУ

## Розрахунок вологісного стану на ділянці де утеплювач примикає до сталевого листа

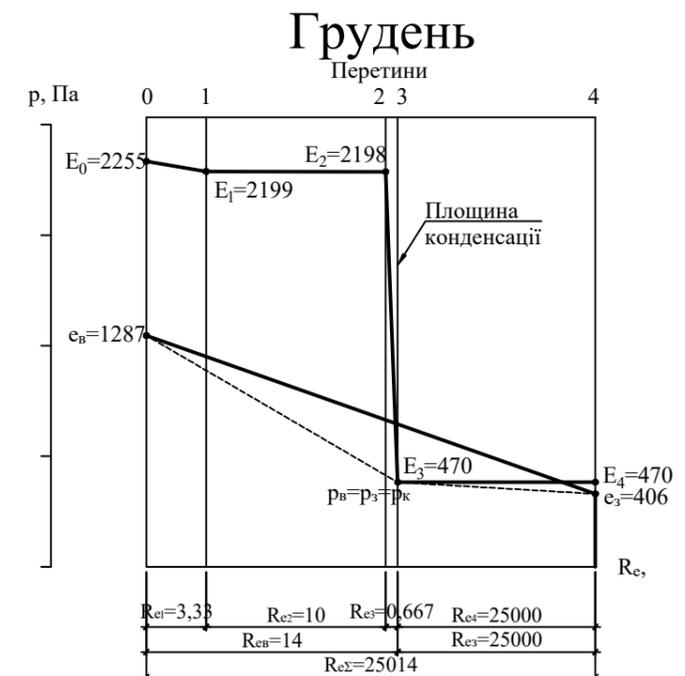


Кількості води, що накопичується у утеплювачі протягом року

№	Місяць року	Кількість води, що накопичується, кг/м <sup>2</sup> , W <sub>зп</sub>	Кількість води, що випаровується, кг/м <sup>2</sup> , W <sub>лп</sub>
1	Січень	0,0476508	
2	Лютий	0,0460071	
3	Березень	0,0346921	
4	Квітень	0,0068831	
5	Травень		-0,0249738
6	Червень		-0,046439
7	Липень		-0,0598986
8	Серпень		-0,0537461
9	Вересень		-0,0186723
10	Жовтень	0,0120211	
11	Листопад	0,0322006	
12	Грудень	0,0434352	
		<b>W<sub>зп</sub> = 0,22289</b>	<b>W<sub>лп</sub> = 0,20373</b>

Так як  $W_{зп} = 0,22289$  кг/м<sup>2</sup> >  $W_{лп} = 0,20373$  кг/м<sup>2</sup> то друга вимога норм не виконується.

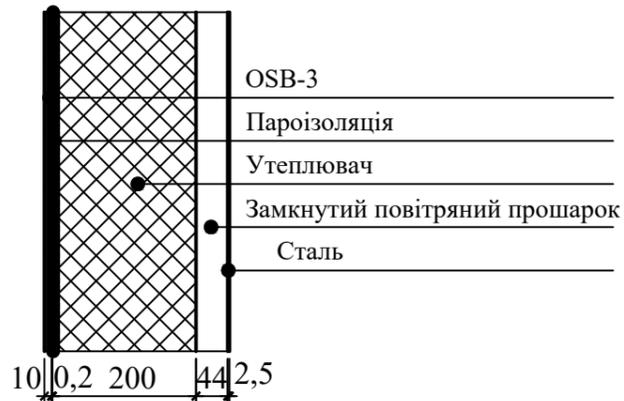
Так як  $\Delta w = 1,49\% < \Delta w_{д} = 2,5\%$  то перша вимога норм виконується



601-БП.11393964.МР					
Дослідження вологісного стану огорожувальних конструкцій тимчасових приміщень					
Зм.	Кільк.	Арх.	Док.	Підпис	Дата
Розробник	Юрій О.І.	Архитектор	Юрій О.І.		
Керівник	Юрій О.І.	Консультант	Юрій О.І.		
Н.контр.	Юрій О.І.	Зав.кафедри	Семко О.В.		
Дослідження вологісного стану				Стадія	Аркуш
				МР	6
Розрахунок вологісного стану на ділянці де утеплювач примикає до сталевого листа				НУПІ ім. Юрія Кодратюка	
				Кафедра БраЦ	

# РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ВОЛОГІСНОГО СТАНУ

## Розрахунок вологісного стану на ділянці де утеплювач примикає до повітряного прошарку



Характеристики шарів стіни

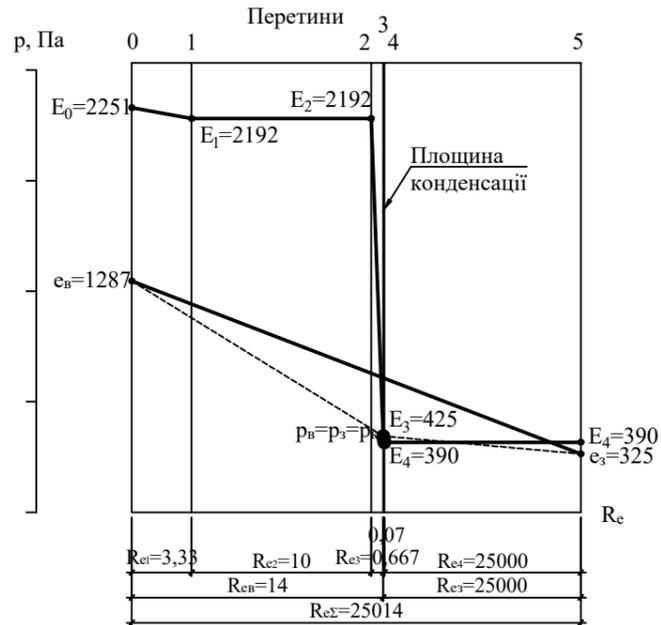
№	Назва шарів	Щільність, кг/м <sup>3</sup>	Теплопровідність, Вт/(м·К)	Паропроникність, мг/(м·год·Па)
1	OSB-3	630	0,13	0,003
2	Пароізоляція	1600	0,3	0,00002
3	Утеплювач	75	0,047	0,3
4	Повітряний прошарок	1,2	0,242	0,625
5	Сталь	7850	58	0,0000001

### Нормативні величини

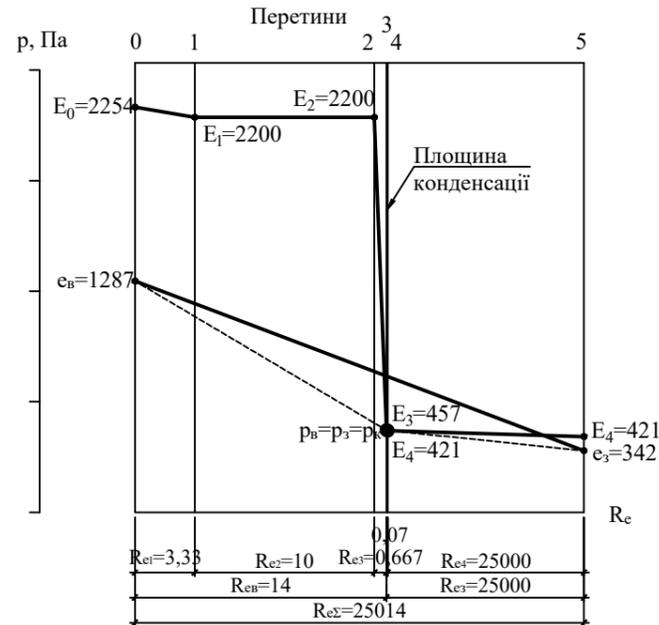
$$\Delta w \leq \Delta w_{д'}$$

$$W_{зп} \leq W_{лп}$$

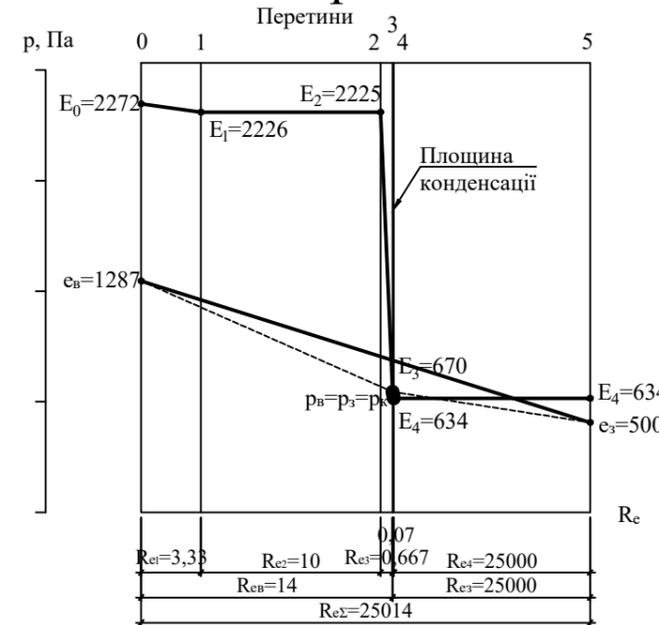
Січень



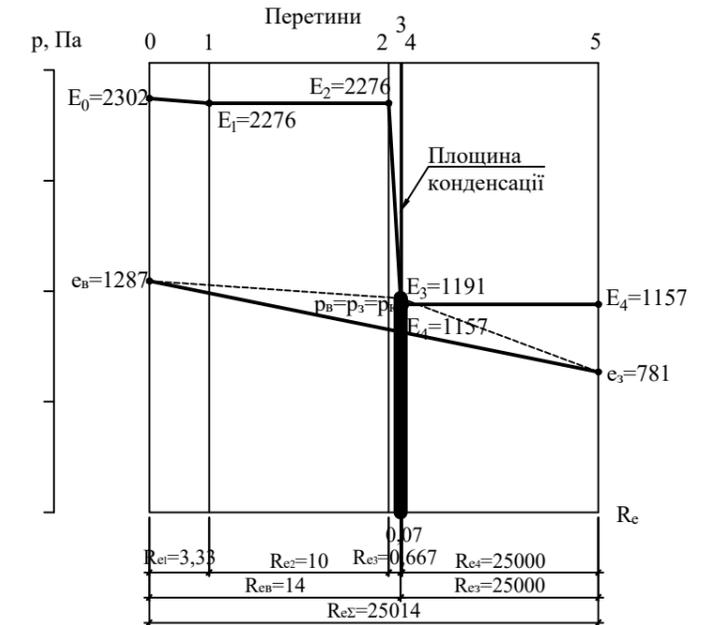
Лютий



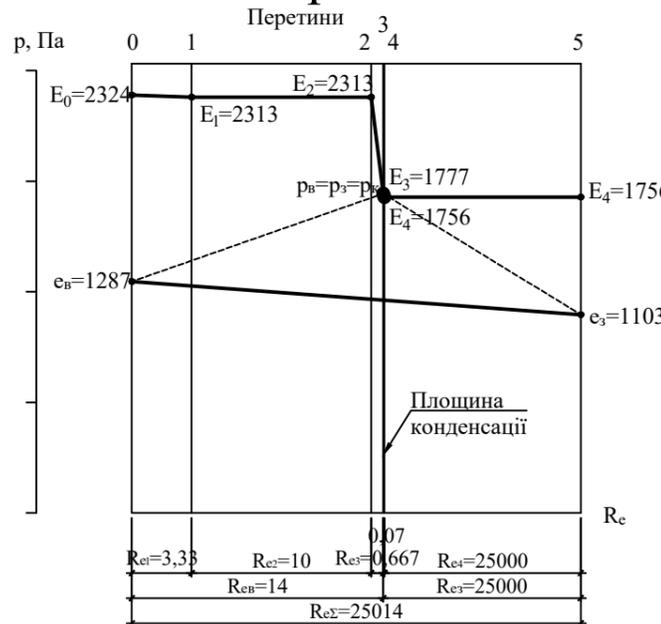
Березень



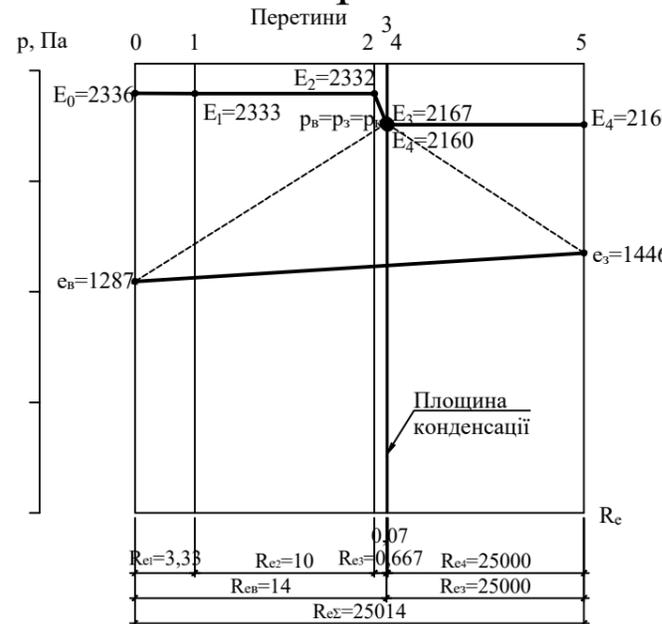
Квітень



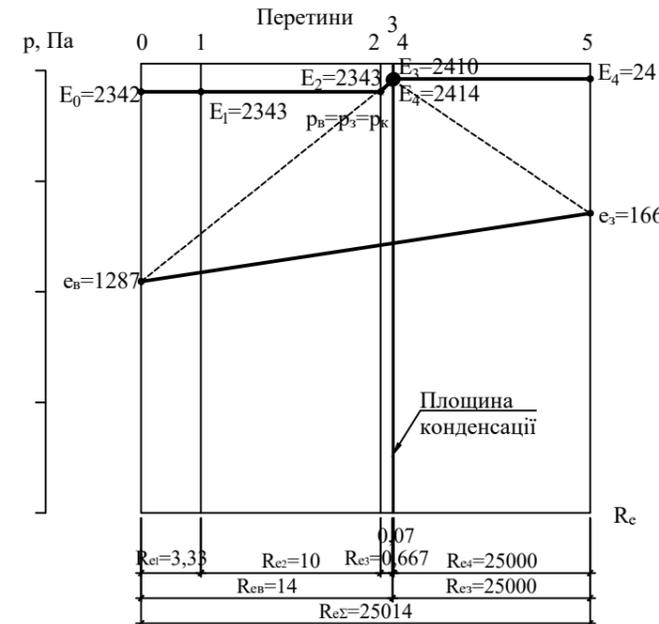
Травень



Червень



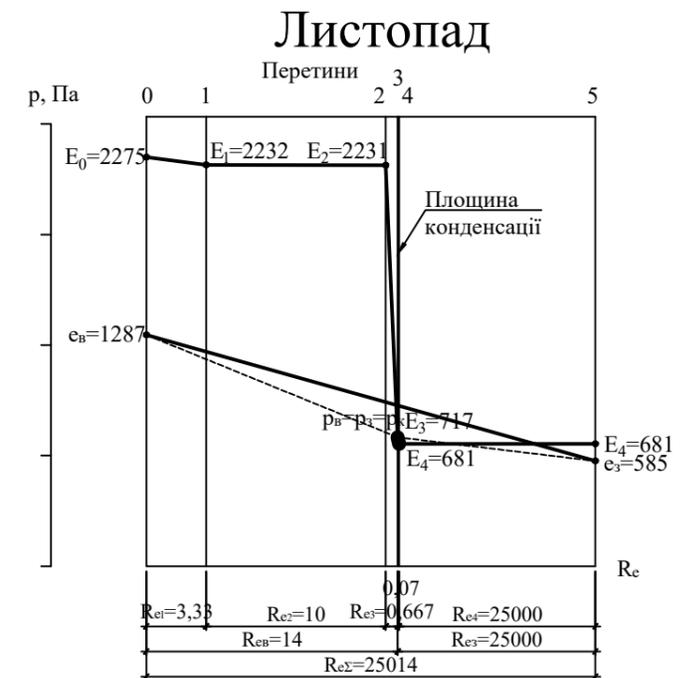
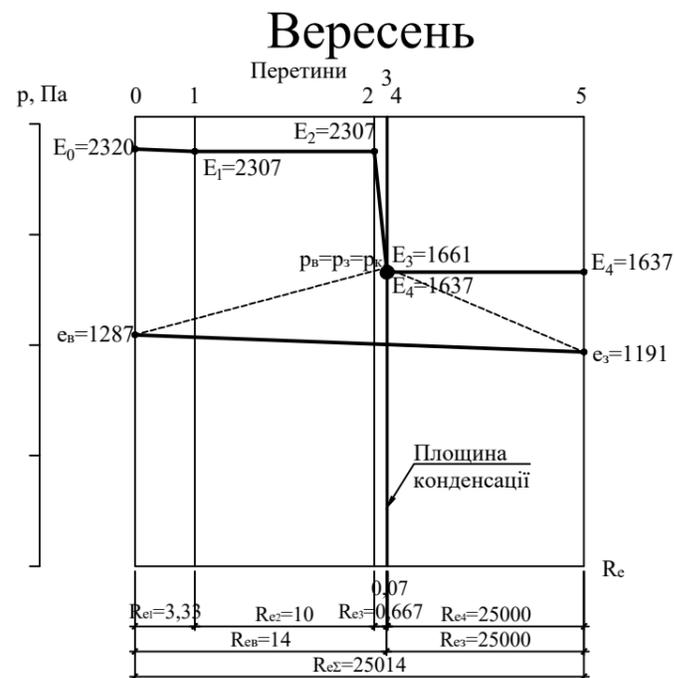
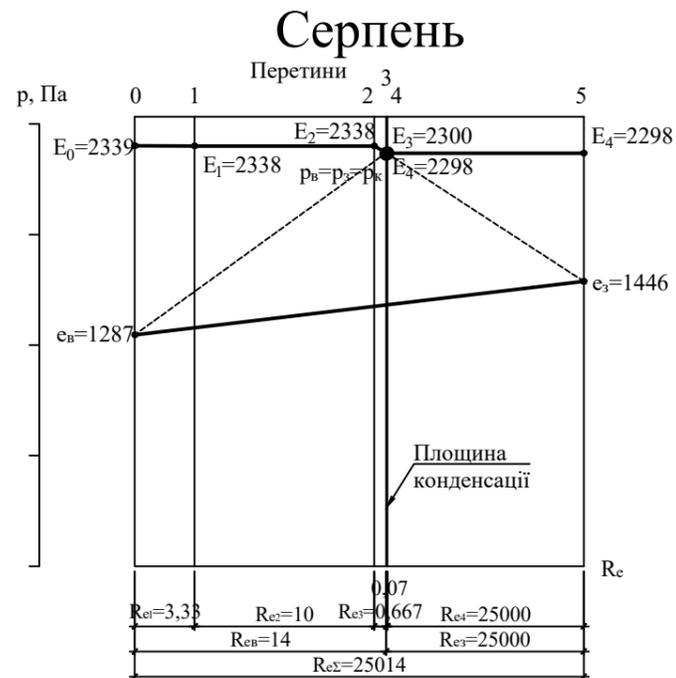
Липень



601-БП.11393964.МР					
Дослідження вологісного стану огорожувальних конструкцій тимчасових приміщень					
Розробив	Арх.	Док.	Підпис	Дата	Стадія
Керівник	Юрій О.І.				МР
Консультант	Юрій О.І.				7
Розрахунок вологісного стану на ділянці де утеплювач примикає до повітряного прошарку					НУПІП ім. Юрія Кодратюка
Зав. кафедрой Сельмо О.В.					Кафедра БраЦ

# РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ВОЛОГІСНОГО СТАНУ

## Розрахунок вологісного стану на ділянці де утеплювач примикає до сталевого листа

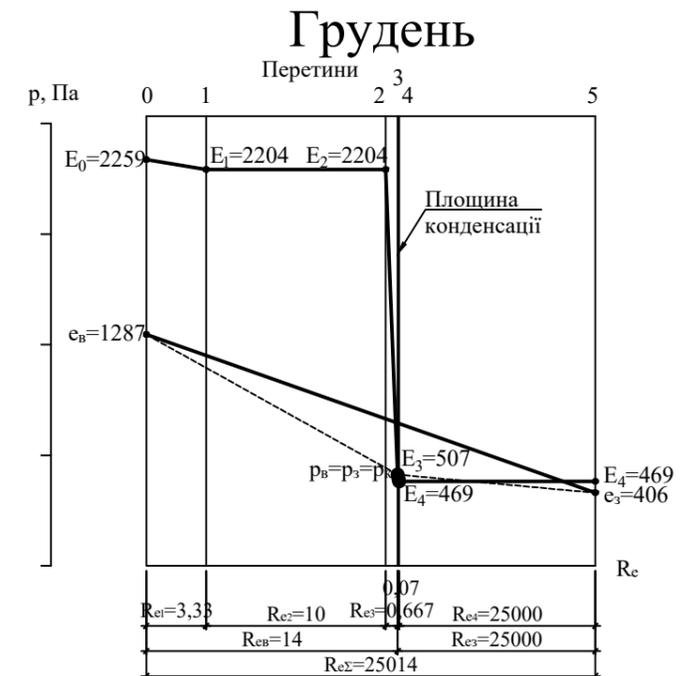


Кількості води, що накопичується у утеплювачі протягом року

№	Місяць року	Кількість води, що накопичується, кг/м <sup>2</sup> , W <sub>зп</sub>	Кількість води, що випаровується, кг/м <sup>2</sup> , W <sub>лп</sub>
1	Січень	0,045826	
2	Лютий	0,0441216	
3	Березень	0,0328013	
4	Квітень	0,0050817	
5	Травень		-0,0260373
6	Червень		-0,0467939
7	Липень		-0,0597403
8	Серпень		-0,0538361
9	Вересень		-0,0198843
10	Жовтень	0,0101656	
11	Листопад	0,0302943	
12	Грудень	0,0414622	
		<b>W<sub>зп</sub> = 0,2097527</b>	<b>W<sub>лп</sub> = -0,2062919</b>

Так як  $W_{зп} = 0,2097527 \text{ кг/м}^2 > W_{лп} = 0,2062919 \text{ кг/м}^2$  то друга вимога норм не виконується

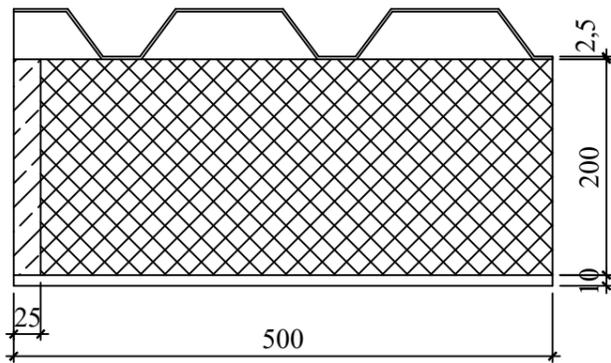
Так як  $\Delta w = 1,4 \% < \Delta w_{д} = 2,5 \%$  то перша вимога норм виконується



601-БП.11393964.МР					
Дослідження вологісного стану огорожувальних конструкцій тимчасових приміщень					
Зм.	Кільк.	Арх.	Док.	Підпис	Дата
Розробив	Юрій О.І.				
Керував	Юрій О.І.				
Консультант	Юрій О.І.				
Н.контр.	Юрій О.І.				
Зав.кафедри	Семко О.В.				
Дослідження вологісного стану				Стадія	Аркуш
				МР	8
Розрахунок вологісного стану на ділянці де утеплювач примикає до повітряного прошарку				НУПІ ім. Юрія Кодратюка	
				Кафедра БраЦ	

# РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ВОЛОГІСНОГО СТАНУ

## Розрахунок вологісного стану стіни із врахуванням її неоднорідності



$W_{зп} = 0,2097 \text{ кг/м}^2 > W_{лп} = 0,2062 \text{ кг/м}^2$  друга вимога норм не виконується

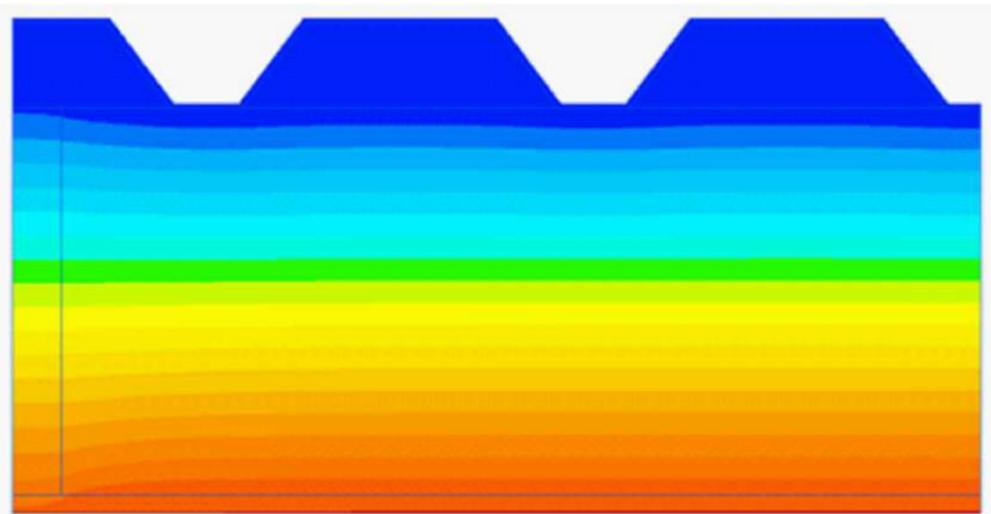
$\Delta w = 1,4 \% < \Delta w_d = 2,5 \%$  то перша вимога норм виконується

Кількості води, що накопичується у утеплювачі протягом року

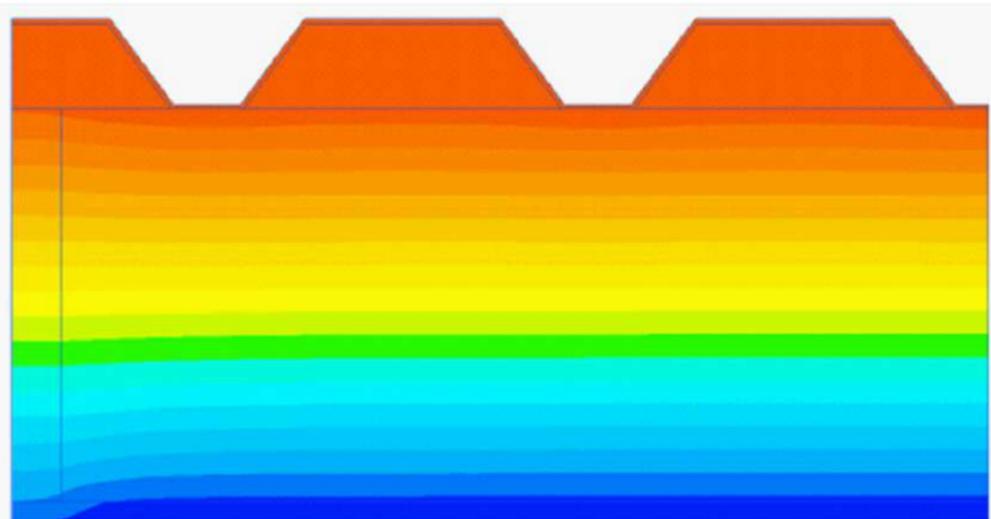
№	Місяць року	Кількість води, що накопичується, $\text{кг/м}^2, W_{зп}$	Кількість води, що випаровується, $\text{кг/м}^2, W_{лп}$
1	Січень	0,0472269	
2	Лютий	0,0455698	
3	Березень	0,0349603	
4	Квітень	0,0064837	
5	Травень		-0,0253
6	Червень		-0,0464
7	Липень		-0,0599
8	Серпень		-0,0538
9	Вересень		-0,019
10	Жовтень	0,0116027	
11	Листопад	0,0317352	
12	Грудень	0,0429688	
		$W_{зп} = 0,2205474$	$W_{лп} = -0,2042821$

### Поля парціального тиску

Січень



Липень



### ВИСНОВКИ ПО РОЗДІЛУ 2.

1. Конструкції стіни морського контейнеру переобладнаного під тимчасове житло не відповідає вимогам норм з вологісного стану.
2. Кількість води, що накопичується в стіни протягом періоду вологонакопичення більше вологості, що виходить зі стіни протягом періоду вологовіддачі.
3. В огороженні з рока в рік відбувається підвищення вологості утеплювача.
4. Якщо враховувати неоднорідність стіни то кількість води, що накопичується збільшується на 1% за рік.

						601-БП.11393964.МР		
						Дослідження вологісного стану огорожувальних конструкцій тимчасових приміщень		
Зм.	Кільк.	Арх.	Док.	Підпис	Дата	Дослідження вологісного стану		
Розробив	Юрій О.І.	Семько О.В.				Стадія	Аркуш	Аркушів
Керував	Юрій О.І.					МР	9	
Консультант	Юрій О.І.					Розрахунок вологісного стану стіни із врахуванням її неоднорідності		
Н. контроль	Юрій О.І.					НУПП ім. Юрія Кодратюка		
Зав. кафедр	Семько О.В.					Кафедра БраЦ		

# РОЗДІЛ 3. ЗАСТОСУВАННЯ ВЕНТИЛЬОВАНОГО ПОВІТРЯНОГО ПРОШАРКУ В СТІНІ ДЛЯ ПРИВЕДЕННЯ ВОЛОГІСНОГО СТАНУ СТІНИ ДО ВИМОГ НОРМ

## Визначення температури та швидкості руху повітря у вентилязованому прошарку

### Методика розрахунку

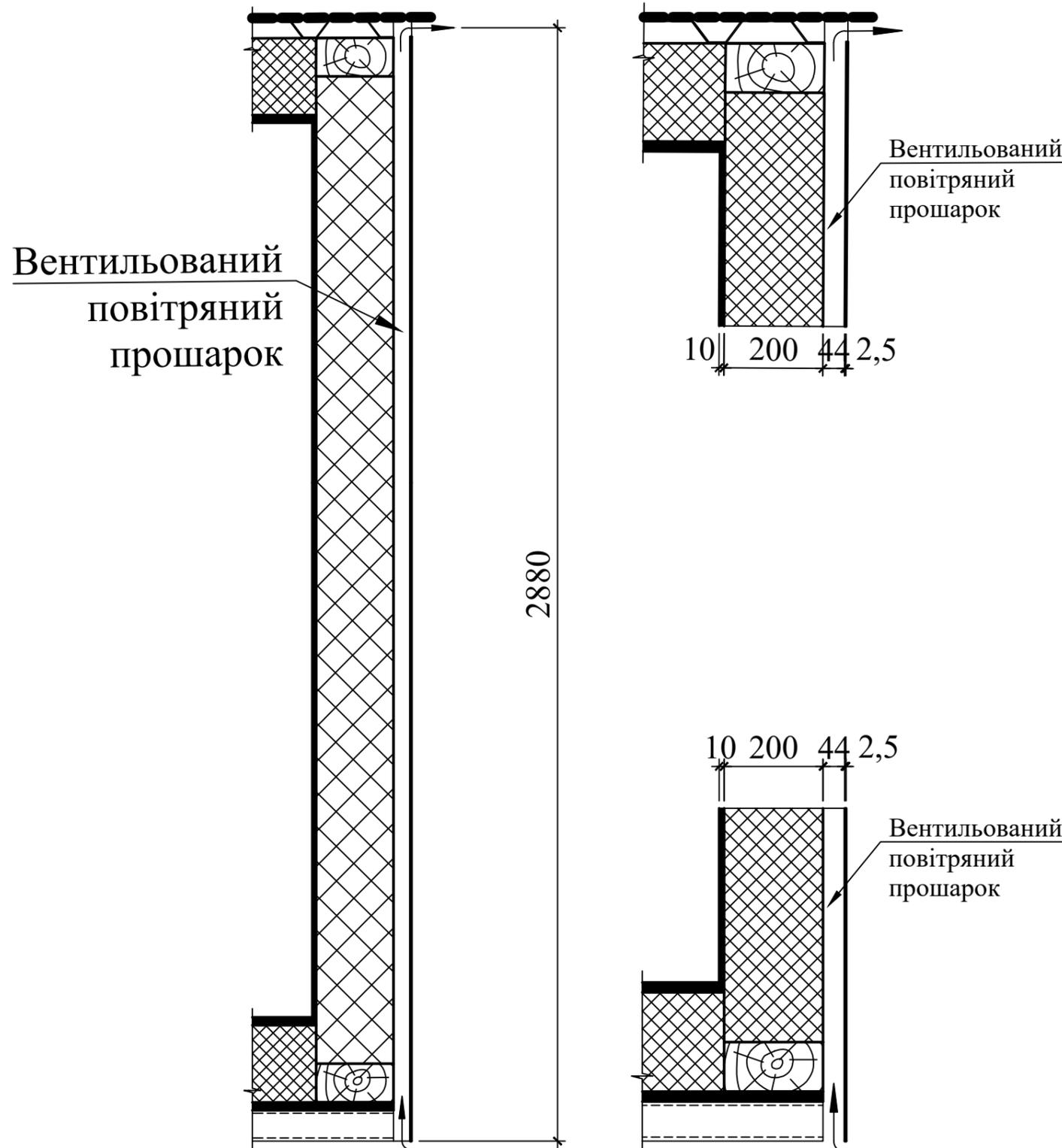
$$t_{\text{пр}} = t_0 - (t_0 - t_{\text{зв}}) \frac{x_0}{h} \left(1 - e^{-\frac{h}{x_0}}\right)$$

$$t_0 = \frac{\frac{t_{\text{в}}}{R_{\text{в.к}}} + \frac{t_{\text{зн}}}{R_{\text{зн.к}}}}{\frac{1}{R_{\text{в.к}}} + \frac{1}{R_{\text{зн.к}}}}$$

$$x_0 = \frac{c_{\text{пов}} \cdot V_{\text{пр}} \cdot \delta_{\text{пр}} \cdot \rho_{\text{пр}}}{\frac{1}{R_{\text{в.к}}} + \frac{1}{R_{\text{зн.к}}}}$$

$$\rho_{\text{пр}} = \frac{353}{273 + t_{\text{пр}}}$$

$$V_{\text{пр}} = \sqrt{\frac{0,08h(t_{\text{пр}} - t_{\text{зн}})}{\sum \xi}}$$



№	Місяць року	Середня температура повітря у прошарку	Швидкість повітря у прошарку
1	Січень	-5,15	0,17
2	Лютий	-4,27	0,168
3	Березень	0,66	0,154
4	Квітень	9,23	0,122
5	Травень	15,51	0,084
6	Червень	18,73	0,047
7	Липень	20,5	0
8	Серпень	19,7	0,023
9	Вересень	14,43	0,092
10	Жовтень	7,95	0,128
11	Листопад	1,65	0,151
12	Грудень	-2,99	0,165

						601-БП.11393964.МР		
						Дослідження вологісного стану огорожувальних конструкцій тимчасових приміщень		
Зм.	Кільк.	Арк.	Док.	Підпис	Дата	Застосування вентиляційного повітряного прошарку в стіні для приведення вологісного стану стіни до вимог норм		
Розробив	Юрій О.І.					Студія	Аркуш	Аркушів
Керівник	Юрій О.І.					МР	10	
Консультант	Юрій О.І.					Визначення температури та швидкості руху повітря у вентилязованому прошарку		
Н. контроль	Юрій О.І.					НУШП ім. Юрія Кодратюка		
Зав. кафедрой	Семько О.В.					Кафедра БраЦ		

# РОЗДІЛ 3. ЗАСТОСУВАННЯ ВЕНТИЛЬОВАНОГО ПОВІТРЯНОГО ПРОШАРКУ В СТІНІ ДЛЯ ПРИВЕДЕННЯ ВОЛОГІСНОГО ТАЛУ СТІНИ ДО ВИМОГ НОРМ

## Визначення середнього парціального тиску повітря у вентилязованому повітряному прошарку

Методика розрахунку

Результати розрахунку

$$e_{\text{пр}} = \frac{e_{\text{поч}} + e_{\text{кін}}}{2}$$

$$e_{\text{зН}} = E_{\text{зН}} * \varphi_{\text{зН}} * 0,01$$

$$e_{\text{кін}} = \frac{A_{\text{П}} + [e_{\text{зН}}(M_{\text{В}} + M_{\text{зН}}) - A_{\text{П}}]e^{-\frac{(M_{\text{В}} + M_{\text{зН}})h}{W*B}}}{M_{\text{В}} + M_{\text{зН}}}$$

$$A_{\text{П}} = M_{\text{В}} * e_{\text{В}} + M_{\text{зН}} * e_{\text{зН}}$$

$$M_{\text{В}} = \frac{1}{R_{\text{е.В}}}$$

$$W = 3600 * V_{\text{пр}} * \delta_{\text{пр}}$$

$$B = \frac{0,00794}{1 + \frac{t_{\text{пр}}}{273}}$$

№	Місяць року	Середньомісячна температура повітря у прошарку	Середньомісячний парціальний тиск водяної пари в повітрі прошарку
1	Січень	-5,15	325,5
2	Лютий	-4,27	343
3	Березень	0,66	500,4
4	Квітень	9,23	781
5	Травень	15,51	1101
6	Червень	18,73	1446
7	Липень	20,5	1665
8	Серпень	19,7	1584
9	Вересень	14,43	1191
10	Жовтень	7,95	809,3
11	Листопад	1,65	585,4
12	Грудень	-2,99	406,4

						601-БП.11393964.МР					
						Дослідження вологісного стану огорожувальних конструкцій тимчасових приміщень					
Зм.	Кільк.	Арк.	Док.	Підпис	Дата				Стадія	Аркуш	Аркуши
Розробив	Юрій О.І.					Застосування вентиляційного повітряного прошарку в стіні для приведення вологісного талу стіни до норм			МР	11	
Керував	Юрій О.І.					Визначення середнього парціального тиску повітря у вентилязованому повітряному прошарку			НУПІ ім. Юрія Кодратюка		
Н. контроль	Юрій О.І.								Кафедра БраЦ		
Зав. кафедр	Семко О.В.										

# РОЗДІЛ 3. ЗАСТОСУВАННЯ ВЕНТИЛЬОВАНОГО ПОВІТРЯНОГО ПРОШАРКУ В СТІНІ ДЛЯ ПРИВЕДЕННЯ ВОЛОГІСНОГО СТАНУ СТІНИ ДО ВИМОГ НОРМ

## Розрахунок вологісного стану стіни з вентиляльованим повітряним прошарком із врахуванням її неоднорідності

Температурні поля

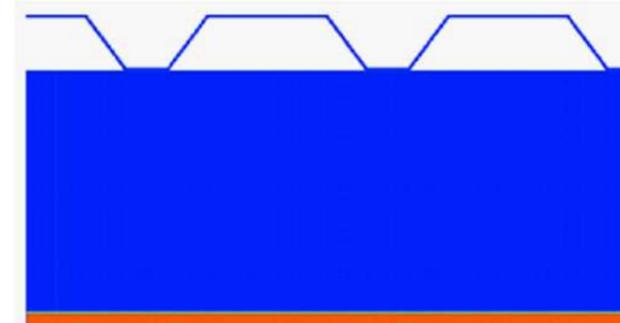
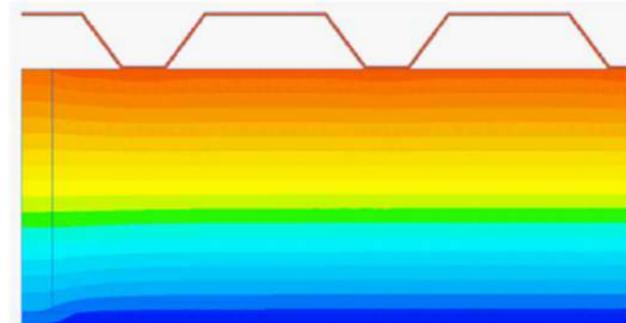
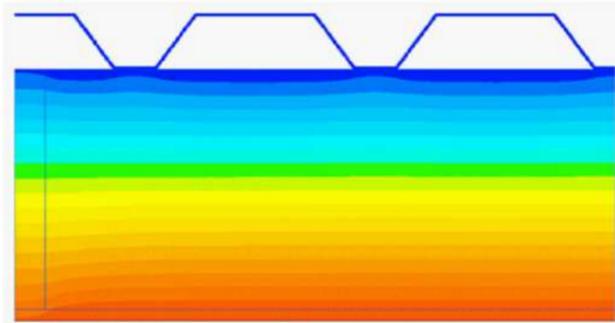
Поля парціальних тисків водяної пари

Січень

Липень

Січень

Липень



Кількості вологи, що накопичується у утеплювачі протягом року

№	Місяць року	Кількість вологи, що накопичується, кг/м <sup>2</sup> , W <sub>зп</sub>	Кількість вологи, що випаровується, кг/м <sup>2</sup> , W <sub>лп</sub>
1	Січень	0,04763	
2	Лютий	0,04561	
3	Березень	0,03437	
4	Квітень	0,00688	
5	Травень		0,0273
6	Червень		0,0463
7	Липень		0,0748
8	Серпень		0,0536
9	Вересень		0,0258
10	Жовтень	0,01208	
11	Листопад	0,03209	
12	Грудень	0,04322	
		<b>W<sub>зп</sub> = 0,22188</b>	<b>W<sub>лп</sub> = 0,2278</b>

$W_{зп} = 0,222 \text{ кг/м}^2 > W_{лп} = 0,228 \text{ кг/м}^2$  друга вимога норм не виконується

$\Delta w = 1,4 \% < \Delta w_D = 2,5 \%$  перша вимога норм виконується

### ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.

- У світовій практиці застосування морських контейнерів для будівництва будівель різного призначення є доволі поширеною практикою.
- В той же час питанням теплозахисту таких будівель та особливо вологісного стану огорожувальних конструкцій приділено мало уваги.
- Конструкцій стіни морського контейнеру переобладнаного під тимчасове житло не відповідає вимогам норм з вологісного стану.
- Кількість вологи, що накопичується в стіні протягом періоду вологонакопичення більше вологості, що виходить зі стіни протягом періоду вологовіддачі.
- В огороженні з рока в рік відбувається підвищення вологості утеплювача.
- Якщо враховувати неоднорідність стіни то кількість вологи, що накопичується в утеплювачі збільшується на 1% за рік.
- При застосуванні вентиляльованого повітряного прошарку, що утворюється профільованим сталевим листом вологісний стан утеплювача відповідає нормам.
- Кількості вологи, що накопичується у утеплювачі протягом періоду вологонакопичення менше кількості вологи, що виходить з утеплювача протягом періоду вологовіддачі.
- Збільшення вологи в утеплювачі протягом періоду вологонакопичення менше максимально допустимої.

601-БП.11393964.МР					
Дослідження вологісного стану огорожувальних конструкцій тимчасових приміщень					
Зм.	Кільк.	Арх.	Док.	Підпис	Дата
Розробник	Юрій О.І.	Спеціаліст	Юрій О.І.		
Керівник	Юрій О.І.	Спеціаліст	Юрій О.І.		
Консультант	Юрій О.І.	Спеціаліст	Юрій О.І.		
Н.контроль	Юрій О.І.	Спеціаліст	Юрій О.І.		
Зав.кафедри	Семко О.В.	Спеціаліст	Семко О.В.		
				Студія	Архуш
				МР	12
				НУПІ ім. Юрія Кодратюка	
				Кафедра БраЦ	

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Навчально-науковий інститут архітектури, будівництва та землеустрою

Кафедра будівництва та цивільної інженерії

## **Пояснювальна записка**

до дипломної роботи

магістра

на тему «Дослідження вологісного стану огорожувальних конструкцій тимчасових приміщень».

Виконав: студент 6 курсу, групи 601-БП

за спеціальністю

192 Будівництво та цивільна інженерія

Колісниченко К.В.

Керівник: Юрін О.І.

Полтава – 2024 року

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	4
<b>РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ ВИКОРИСТАННЯ МОРСЬКИХ КОНТЕЙНЕРІВ ПІД ЖИТЛО</b> .....	6
<b>ВИСНОВКИ ПО РОЗДІЛУ 1</b> .....	20
<b>РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ВОЛОГІСНОГО СТАНУ</b> .....	21
2.1 МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ТОВЩИНИ УТЕПЛЮВАЧА В СТІНІ КОНТЕЙНЕРА.....	22
2.2 ВИЗНАЧЕННЯ ТОВЩИНИ УТЕПЛЮВАЧА В СТІНІ.....	23
2.3 МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ПРИВЕДЕНОГО ОПОРУ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ СТІНИ.....	25
2.4 ВИЗНАЧЕННЯ ПРИВЕДЕНОГО ОПОРУ СТІНИ.....	26
2.5 МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ВОЛОГІСНОГО СТАНУ СТІНИ.....	29
2.6. РОЗРАХУНОК ВОЛОГІСНОГО СТАНУ СТІНИ (УТЕПЛЮВАЧ ПРИМИКАЄ ДО СТАЛЕВОГО ЛИСТА).....	32
2.7. РОЗРАХУНОК ВОЛОГІСНОГО СТАНУ СТІНИ (УТЕПЛЮВАЧ ПРИМИКАЄ ДО ПОВІТРЯНОГО ПРОШАРКУ).....	45
<b>ВИСНОВКИ ПО РОЗДІЛУ 2</b> .....	64
<b>РОЗДІЛ 3. ЗАСТОСУВАННЯ ВЕНТИЛЬОВАНОГО ПОВІТРЯНОГО ПРОШАРКУ В СТІНІ ДЛЯ ПРИВЕДЕННЯ ВОЛОГІСНОГО СТАНУ СТІНИ ДО ВИМОГ НОРМ</b> .....	65
3.1 МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ СЕРЕДНЬОЇ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ У ВЕНТИЛЬОВАНОМУ ПОВІТРЯНОМУ ПРОШАРКУ ТА ЙОГО ШВИДКІСТЬ.....	68
3.2 ВИЗНАЧЕННЯ СЕРЕДНЬОЇ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ У ВЕНТИЛЬОВАНОМУ ПОВІТРЯНОМУ ПРОШАРКУ ТА ЙОГО ШВИДКІСТЬ ПО МІСЯЦЯХ РОКУ.....	70
3.3 МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ СЕРЕДНЬОГО ПАРЦІАЛЬНОГО ТИСКУ ВОДЯНОЇ ПАРИ ПОВІТРЯ У ВЕНТИЛЬОВАНОМУ ПОВІТРЯНОМУ ПРОШАРКУ.....	76

					601-БП. 11393964.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Дослідження вологісного стану огорожувальних конструкцій тимчасових приміщень	Стадія	Арк.	Аркцшів
Розроб.	Колісниченко К						2	113
Перевір.	Юрін О.І.							
Консульт.	Юрін О.І.							
Н. Контр.	Юрін О.І.							
Затверд.	Семко О.В.					НУПП ім. Юрія Кондратюка Кафедра БтаЦІ		

<i>3.4 Визначення середнього парціального тиску повітря у вентилязованому повітряному прошарку .....</i>	<i>78</i>
<i>3.5 Розрахунок вологісного стану стіни із врахуванням її неоднорідності.....</i>	<i>81</i>
<b><i>Висновки по розділу 3.....</i></b>	<b><i>106</i></b>
<b><i>Загальні висновки. ....</i></b>	<b><i>107</i></b>
<b><i>Література .....</i></b>	<b><i>108</i></b>

					<b>601-БП. 10589022.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		3

## ВСТУП

### **Актуальність теми.**

В наш час у зв'язку з військовими діями в країні є велика кількість людей, що втратила житло. Тому виникла нагальна проблема у побудові нового житла. Спорудження капітального житла потребує значних коштів та часу на спорудження. Одним зі способів зменшення вартості та часу спорудження житла є використання морських контейнерів переобладнаних під тимчасове житло.

Наряду з цими перевагами це житло має ряд недоліків. Основним з яких є вологісний стан зовнішніх огорожувальних конструкцій. Пов'язано це з тим, що останнім зовнішнім шаром цих огорожень є металевий гофрований лист контейнеру який є перешкодою руху, в зимовий час, пароподібної вологи з приміщення назовні. Він сприяє підвищенню вологості утеплювача та втрати огороженням теплозахисних властивостей.

Тому дослідження вологісного стану огорожувальних конструкцій морського контейнеру застосованого під тимчасове житло є актуальною проблемою.

### **Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.**

Магістерська робота пов'язана з науковою роботою кафедри.

### **Мета роботи.**

- аналіз вологісного стану огорожень морського контейнеру переобладнаного під тимчасове житло
- розробити способи покращення вологісного стану огорожень морського контейнеру переобладнаного під тимчасове житло.

### **Задачі дослідження виконати:**

- Виконати аналіз досліджень з вологісного стану огорожень морського контейнеру переобладнаного під тимчасове житло виконаним вітчизняними та закордонними авторами.

					601-БП. 11393964.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		4

- Виконати розрахунок вологісного стану огорожень морського контейнеру переобладнаного під тимчасове житло та виявити їх відповідність сучасним нормам.
- Запропонувати способи покращення вологісного стану огорожувальних конструкцій морського контейнеру переобладнаного під тимчасове житло

**Об'єкт дослідження:**

Вологісний стан огорожувальних конструкцій морського контейнеру переобладнаного під тимчасове житло.

**Методи дослідження:**

- теплотехнічні розрахунки
- розрахунки вологісного стану
- розрахунки вологісних полів
- розрахунки зміни температури та парціального тиску повітря по довжині вентиляованого повітряного прошарку.

**Наукова новизна** полягає в дослідженні вологісного стану огорожувальних конструкцій морського контейнеру переобладнаного під тимчасове житло та у розробці методів його покращення.

**Обсяг та структура роботи.** Робота представлена на 12 плакатах, 113 сторінках, пояснювальної записки та має використаних літературних джерела. Пояснювальна записка має вступ, 3-и розділи та висновки.

					601-БП. 11393964.ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

# РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ ВИКОРИСТАННЯ МОРСЬКИХ КОНТЕЙНЕРІВ ПІД ЖИТЛО

					601-БП. 11393964.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		6

Застосуванню морських контейнерів для тимчасового житла та дослідженню проблем, що виникли при їх застосуванні присвячено багато робіт вітчизняних та закордонних авторів.

Соловій Л. С., Баб'як В. І., Попович Д. В. [1].

У статті автори розглядають основні проблеми застосування контейнерів для тимчасового житла. Показують економічну доцільність його використання. Наводять приклади застосування контейнерів в інших країнах.

Автори відзначають, що впровадження житла з використанням контейнерів в країні проводяться хоча у порівнянні з традиційним займають малу частку.

Автори наголошують, що у зв'язку з використанням морських контейнерів для тимчасового житла, на необхідності внесення у відповідні норми положень, які б регламентували його використання.

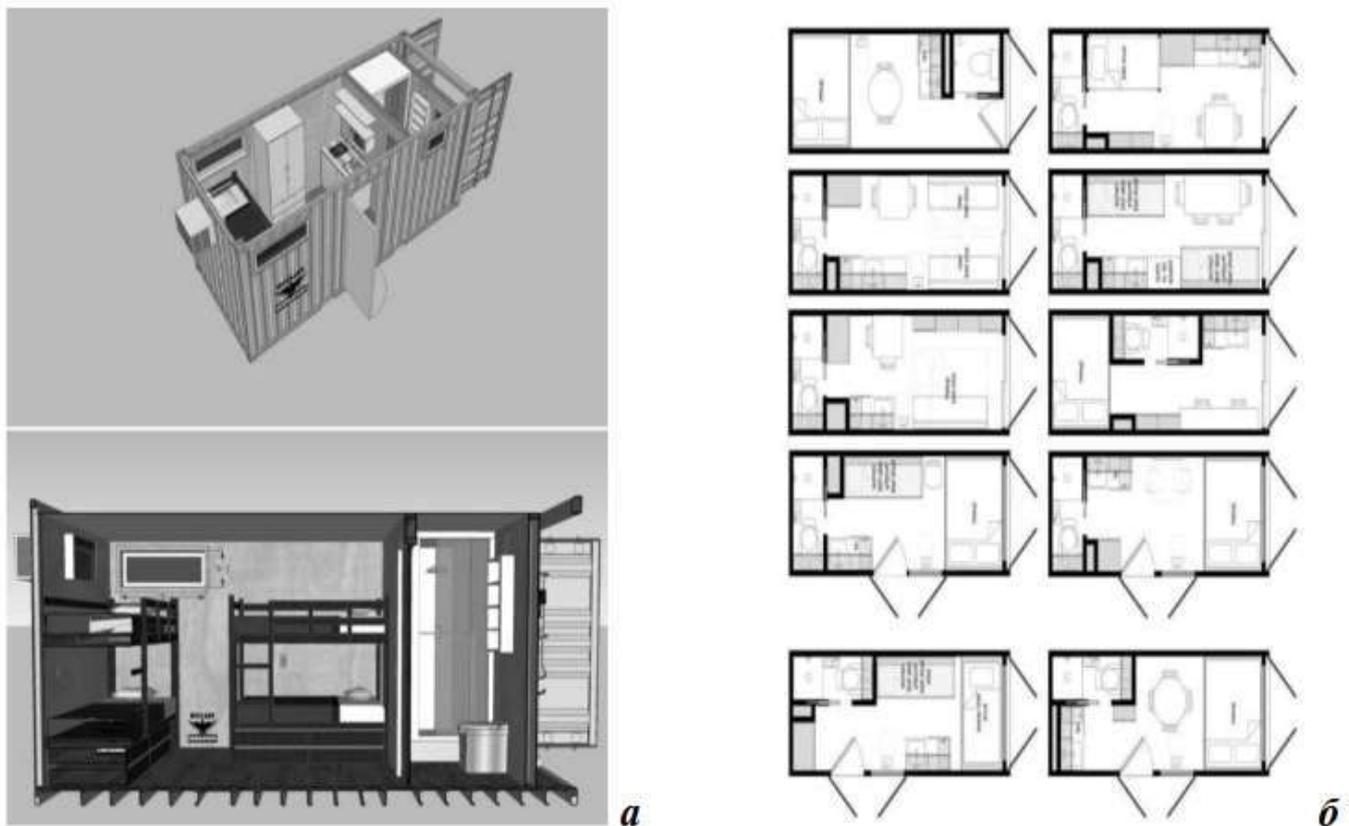


Рис. 1.1 – Тимчасове житло з сороко футового контейнеру. а) аксонометрія; б) планувальні рішення

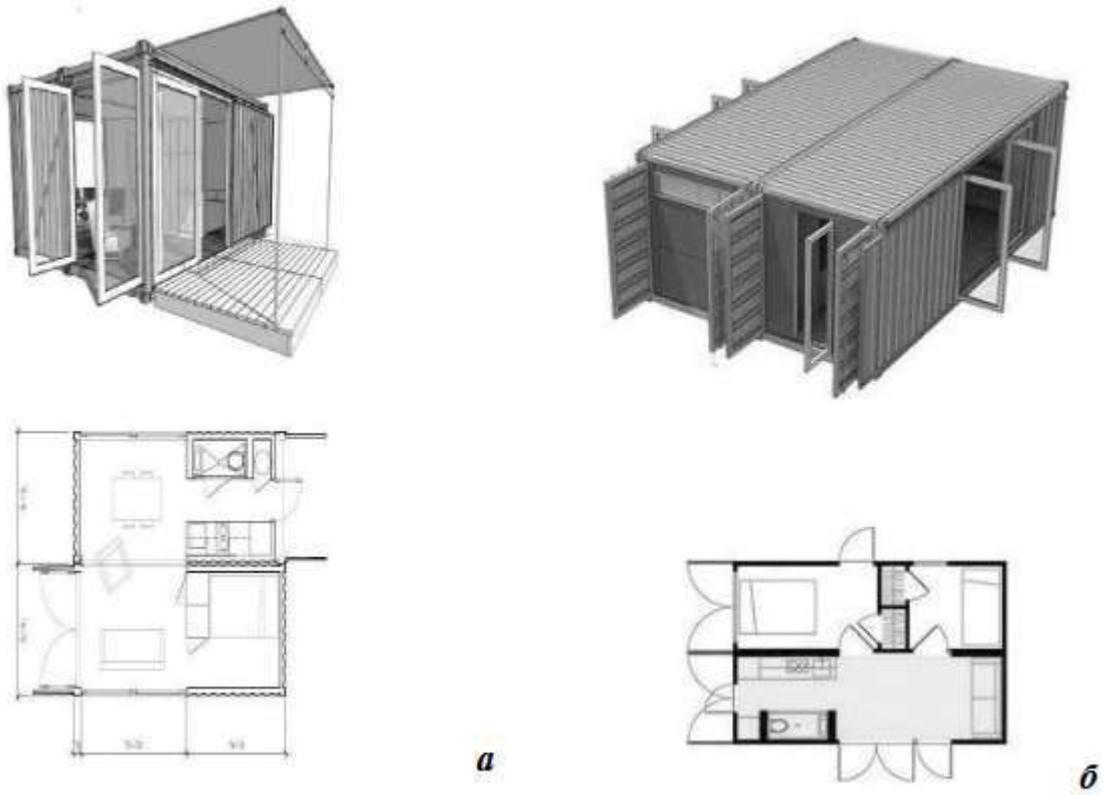


Рис. 1.2 – Тимчасове житло зі спарених контейнерів.



Рис. 1.3 – Розробка Браяна Файнокі

					601-БП. 11393964.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		8



Рис. 1.4 – Розробка університету Катару

TSYMBALOVA T. A. [2]

Автор зазначає, що морські контейнери зручно використовувати як тимчасове житло для вимушених переселенців внаслідок війни в Україні.

Також він зазначає, що можливості нашої промисловості у цій галузі дуже обмежені як у кількості виробів так і у їх номенклатурі.

Метою своєї роботи автор ставив вивчення світового досвіду з використання таких конструкцій.

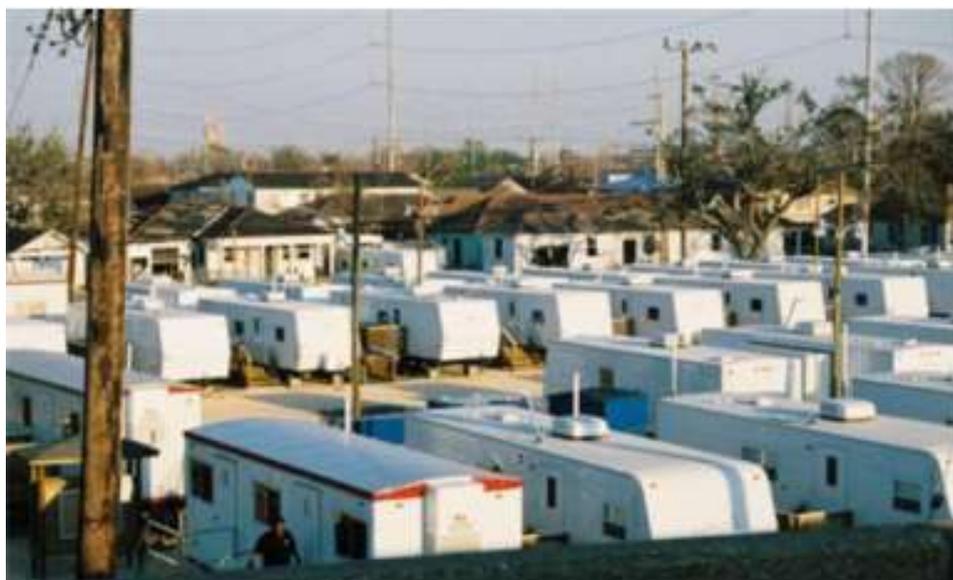


Рис. 1.5 – Парк з трейлерів

					601-БП. 11393964.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		9



Рис. 1.6 – Капсульний готель



Рис. 1.7 – Готель з контейнерів



Рис. 1.8 – Модульне селище біля м. Дніпро

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

601-БП. 11393964.ПЗ

Арк.

10

Корзаченко М. М., Браточкін В. О., Чікірісова К. І. [3]

Автори виділяють основні переваги використання морських контейнерів для тимчасового житла такі як

- стійкість до сейсмічних впливів;
- низька вартість;
- короткий термін будівництва;
- у більшості випадків відсутність фундаментів;

Також вони відмічають наступні недоліки:

- мала висота приміщення, особливо після утеплення стелі та підлоги;
- корозія металевої обшивки контейнеру;
- значний нагрів зовнішньої поверхні контейнеру у літній період.



Рис. 1.9 – Будинки з використанням контейнерів

					601-БП. 11393964.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		11

Baranovych A., Baranovych L., Famuliak Y. [4]

У статті автори розглядають проблему виміно переселених внаслідок бойових дій та можливі способи вирішення їх проблем за рахунок використання модульного житла.

Розглянуті варіанти модульного житла яка може задовольнити мінімальні потреби невеликих сімей.

Наведено позитивні та негативні сторони використання такого житла.

Надано рекомендацій із застосування тимчасового житла зведеного з використанням морських контейнерів

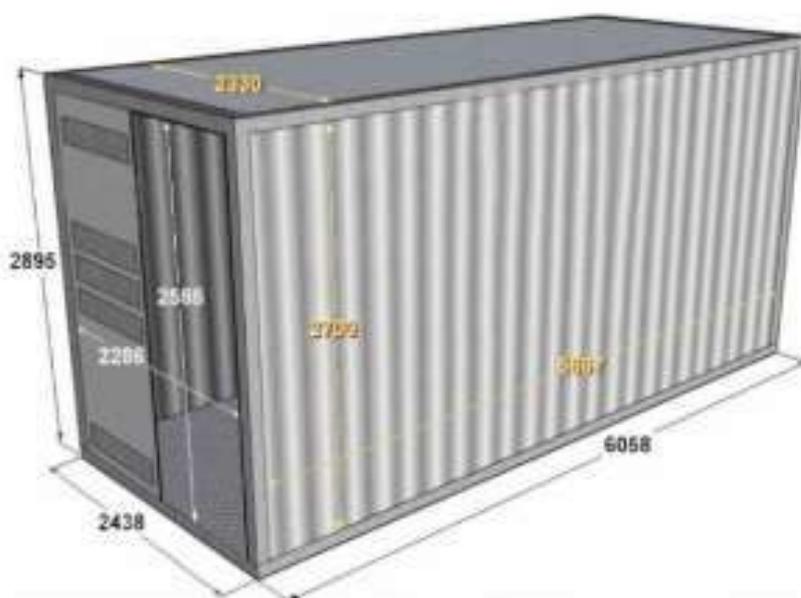


Рис. 1.10 – Розміри морського контейнеру



Рис. 1.11 – Будинок з морських контейнерів

					601-БП. 11393964.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		12

Ільчук Н. І., Олексин Х. А. [5]

Автори виконали аналіз можливостей використання портових контейнерів для житлових комплексів у різних країнах.

Показали напрямки перспективного використання цих конструкцій.

По результатам дослідження автори роблять висновки о широкому використанні портових контейнерів при будівництві будівель різного призначення у різних країнах світу.

Пояснюють вони це насамперед низькою вартістю, та екологічністю будівництва.



Рис. 1.12 – Використання контейнерів для офісу



Рис. 1.12 – Використання контейнерів для побудови кафе

					601-БП. 11393964.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		13



Рис. 1.12 – Будинок з двох контейнерів

Припоров Р. І., Ковальський В. П. [6]

Автори розглядають особливості використання будівельних матеріалів при зведенні будівель з морських контейнерів.

Вони пропонують перелік матеріалів для використання у модульному житлі та пояснюють як використання цих матеріалів покращить експлуатаційні якості цього житла.

Автори особливу увагу звертають на якість сталі для виготовлення контейнерів.

Також пропонують види покриття підлог, утеплювача в огорожувальних конструкціях та оздоблювальні матеріали.

Автори роблять висновок при використанні запропонованих матеріалів збільшиться тривалість використання будинку та покращитися умови проживання в ньому.

Оздоблювальні матеріали, за думкою авторів, повинні мати високу водонепроникність та зносостійкість.

					601-БП. 11393964.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		14

Цимбалова Т.А. [7]

У сучасному будівництві набуло великого розповсюдження використання мобільного житла виготовленого з морських контейнерів. Воно має значні межі використання та велике різноманіття планувальних рішень.

Пересувне житло використовується у вирішенні міграційних процесів, для туристичних цілей, здобуття освіти. Конструктивні особливості такого житла дозволяють використовувати їх на територіях зі складним рельєфом, при відсутності потужної будівельної бази, на неосвоєних територіях.

Автори розглянули особливості використання мобільного житла для студентів з використанням світового досвіду та можливості використання цього досвіду в Україні.

Автори роблять висновки о можливості поширення світового досвіду з використання морських контейнерів для житла студентів в Україні.



Рис. 1.13 – Житлові модулі для студентів у Нідерландах

У [8] наводяться рекомендації як запобігти утворенню конденсату на поверхнях морського контейнеру переобладнаному під тимчасове житло.

Вказується, що найбільш суттєвим способом у боротьбі з утворенням конденсату є застосування вентиляції.

					601-БП. 11393964.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		15

В [9] стверджується, що перевагою тимчасових будинків з морських контейнерів є їх дешевизна, та спрощення і прискорення їх будівництва.

Описуються етапи підготовки, будівництва та опорядження морського контейнеру, що використовується для модульного житла.

Контейнери встановлюються на рельєфі будь-якої складності та не потребують вирівнювання території. Немає необхідності виконувати земляні роботи для улаштування складних та трудомістких фундаментів. Зазвичай використовується стовпчастий фундамент. Можливо використання паль. Вибір виду фундаменту залежить від типу ґрунту та його несучої здатності.

У контейнерах в залежності від прийнятого планувального рішення прорізаються вікна, двері та технічні отвори.

Використовуючи дерев'яний каркас виконується утеплення зовнішніх огорожувальних конструкцій та опорядження на внутрішніх поверхнях.

Виконується посилення каркасу контейнеру за допомогою металевих труб прямокутного перерізу.

В статті стверджується, що будинки створені з використанням морських контейнерів суттєво не поступаються традиційним будівлям.



Рис. 1.14 – Будинок з морського контейнеру

					601-БП. 11393964.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		16



Рис. 1.15 – Будинок з морського контейнеру

В [10] показано плюси та мінуси будинків утворених з використанням морських контейнерів.

До позитивних сторін відносять:

1. Невеликі витрати на будівництво.
2. Надійний захист від впливів зовнішнього середовища.
3. Зведення та утеплення будинку займає мало часу.
4. Будинок не руйнується землетрусом.
5. Може використовуватися як тимчасове житло, та як постійний будинок.

До негативних сторін відносять:

1. Нанесений на зовнішню поверхню контейнерів токсичного матеріалу.
2. Контейнер швидко нагрівається та остигає.
3. Металеві конструкції стін піддаються корозії.

Надано рекомендації з утеплення огорожувальних конструкцій.

1. Необхідно виявити іржу та пошкодження.
2. Іржу потрібно зачистити наждачним папером.
3. Необхідно погрунтувати і пофарбувати стіни.

					601-БП. 11393964.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		17



Рис. 1.16 – Підготовка зовнішніх поверхонь контейнеру до утеплення

Послідовність утеплення.

1. Використовуючи саморізи до рами кріплять утеплювач.
2. Монтують теплоізоляцію та пароізоляційний шар.
3. Після утеплення стін переходять до стелі та підлоги.



Рис. 1.17 – Утеплення стін мінеральною ватою



Рис. 1.18 – Утеплення стін пінополістиролом

					601-БП. 11393964.ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 1.19 – Утеплення стін набризгом пінополіуретаном

У [11] наведені планувальні рішення будинків виготовлених з використання морських контейнерів.



Рис. 1.20 – Планувальне рішення при спарених контейнерах

					601-БП. 11393964.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		19



Рис. 1.21 – Планувальне рішення 2-о поверхового будинку з контейнерів

## ВИСНОВКИ ПО РОЗДІЛУ 1

1. У світовій практиці застосування морських контейнерів для будівництва будівель різного призначення є доволі поширеною практикою.
2. В той же час питанням теплозахисту таких будівель та особливо вологісного стану огороджувальних конструкцій приділено мало уваги.
3. Тому такі дослідження є актуальними.

					601-БП. 11393964.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		20

## РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ВОЛОГІСНОГО СТАНУ

					601-БП. 11393964.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		21

Розміри морського контейнеру наведені на рис. 2.1.



Рис. 2.1 – Розміри морського контейнеру

### ***2.1 Методика визначення товщини утеплювача в стіні контейнера***

За додатком А [55] знаходимо температурну зону.

За табл. 1 [55] знаходимо нормований опір теплопередачі.

За табл. Б.2 [55] знаходимо температуру в приміщенні .

За табл. Б.2 [55] знаходимо відносну вологість повітря в приміщенні.

За табл. Б.1 [55] знаходимо тепловологісний режим.

За табл. Б.3 [55] знаходимо вологісні умови експлуатації матеріалу в стіні.

За табл. Б [55] знаходимо коефіцієнти тепловіддачі стіни.

За табл. А.1 [56] знаходимо теплопровідність шарів стіни.

Товщину утеплювача знаходимо за формулою

$$\delta_{\text{ут}} = \lambda_{\text{ут},p} \left( R_{q \text{ min}} - \sum \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} - \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} - \frac{1}{\alpha_{\text{з}}} \right) =$$

де  $\delta_i$ , – товщина, м, шарів огорожувальної конструкції (без утеплювача);

Приймаємо уніфіковану товщину утеплювача.

Знаходимо опір теплопередачі огороження з уніфікованою товщиною утеплювача за формулою

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_B} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{\alpha_B} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_3}$$

Якщо  $R_{\Sigma} > R_{q \min}$  то товщина утеплювача знайдена вірно.

## 2.2 Визначення товщини утеплювача в стіні

Перетин стіни наведено на рис. 2.2.

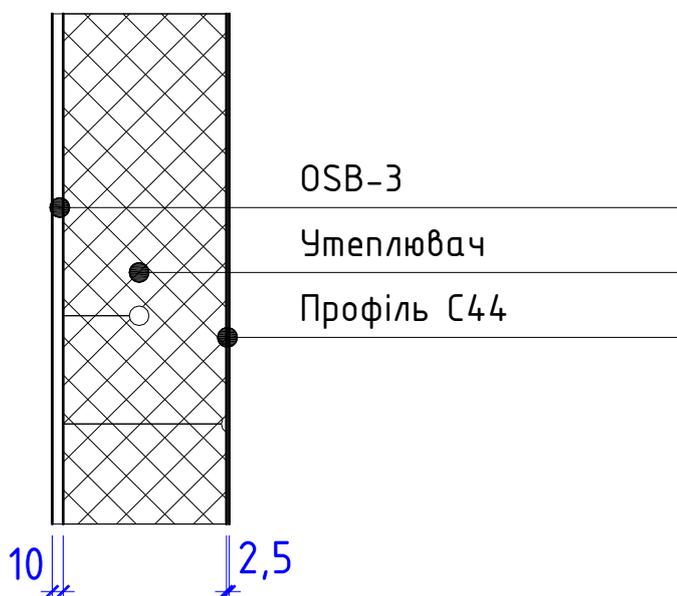


Рис. 2.2 – Перетин стіни

За додатком А [55] знаходимо температурну зону - І.

За табл. 1 [55] знаходимо нормований опір теплопередачі  $R_{q \min} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ .

За табл. Б.2 [55] знаходимо температуру в приміщенні –  $t_B = 20^\circ\text{C}$ .

За табл. Б.2 [55] знаходимо відносну вологість повітря в приміщенні –  $\varphi_B = 55\%$ .

За табл. Б.1 [55] знаходимо тепловологісний режим – нормальний;

За табл. Б.3 [55] знаходимо вологісні умови експлуатації матеріалу в стіні – Б;

					601-БП. 11393964.ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

За табл. Б [55] знаходимо коефіцієнти тепловіддачі стіни,  $\alpha_B = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ,  
 $\alpha_3 = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$

Характеристики шарів стіни, що знайдені за табл. А,1 наведені у табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Характеристики шарів стіни

№	Назва шарів	Теплопровідність, Вт/(м · К)
1	OSB-3	0,13
2	Утеплювач	0,047
3	Сталь	58

Товщину утеплювача знаходимо за формулою

$$\delta_{\text{ут}} = \lambda_{\text{ут.р}} \left( R_{q \text{ min}} - \sum \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} - \frac{1}{\alpha_B} - \frac{1}{\alpha_3} \right) = 0,047 \left( 4 - \frac{0,01}{0,13} - \frac{0,0025}{58} - \frac{1}{8,7} - \frac{1}{23} \right) = 0,177 \text{ м}$$

Приймаємо уніфіковану товщину утеплювача  $\delta_{\text{ут}} = 0,18 \text{ м}$ .

Знаходимо опір теплопередачі огороження з уніфікованою товщиною утеплювача за формулою

$$R_{\Sigma} = \sum \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_B} + \frac{1}{\alpha_3} = \frac{0,01}{0,13} + \frac{0,18}{0,047} + \frac{0,0025}{58} + \frac{1}{8,7} + \frac{1}{23} = 4,065 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

$R_{\Sigma} = 4,065 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт} > R_{q \text{ min}} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$  то товщина утеплювача знайдена вірно.

На рис. 2.3. наведено горизонтальний переріз стіни.

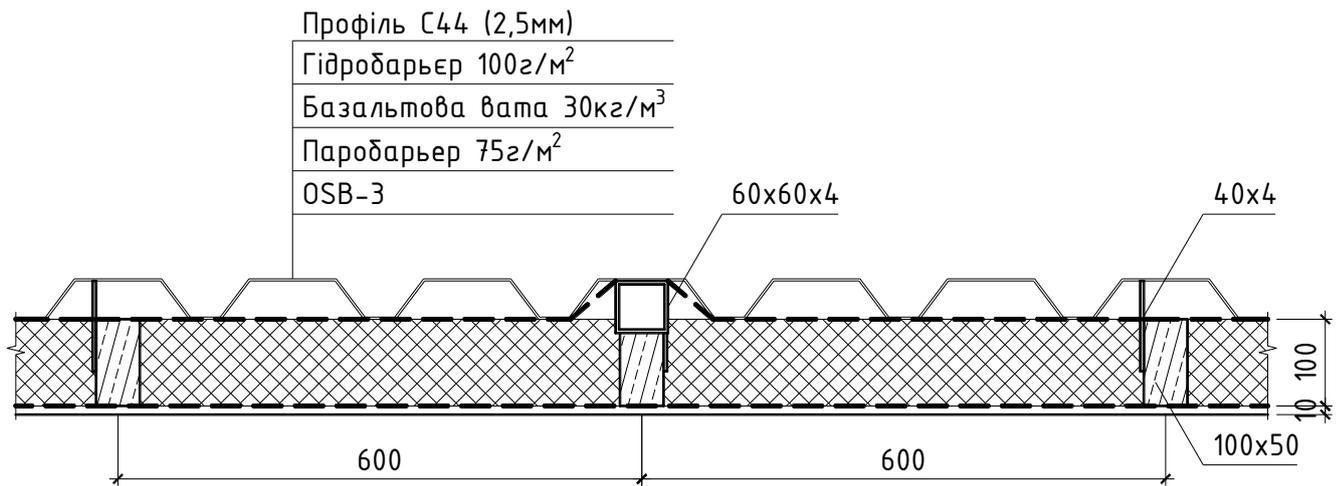


Рис. 2.3 – Горизонтальний переріз стіни

Як видно з рис. 2.3. стіна має теплопровідні включення. Це дерев'яні бруски, що перерізають утеплювач та замкнуті повітряні прошарки, що утворює профільований сталевий лист контейнеру.

Тому необхідно знайти приведений опір стіни. Опір знаходиться з використанням приведеної температури внутрішньої поверхні стіни який визначається розрахунком температурного поля.

### 2.3 Методика визначення приведенного опору теплопередачі стіни

Виконуємо розрахунок температурного поля стіни

Знаходимо приведений опір теплопередачі стіни за формулою

$$R_{\Sigma пр} = \frac{t_B - t_3}{\alpha_B (t_B - \tau_{B1})}$$

де  $t_B$  - температура повітря в приміщенні, знаходимо за табл. Б.2 [55];

$t_3$  - температура повітря назовні знаходимо за табл. Б.4 [55];

$\alpha_B$  - коефіцієнт тепловіддачі стіни на внутрішній поверхні знаходимо за табл. Б [55];

					601-БП. 11393964.ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$t_B$  – приведена температура на внутрішній поверхні стіни, знаходимо за розрахунком температурного поля.  $t_B = \text{°C}$ .

## 2.4 Визначення приведенного опору стіни

Схема стіни для розрахунку температурного поля показана на рис. 2.4.

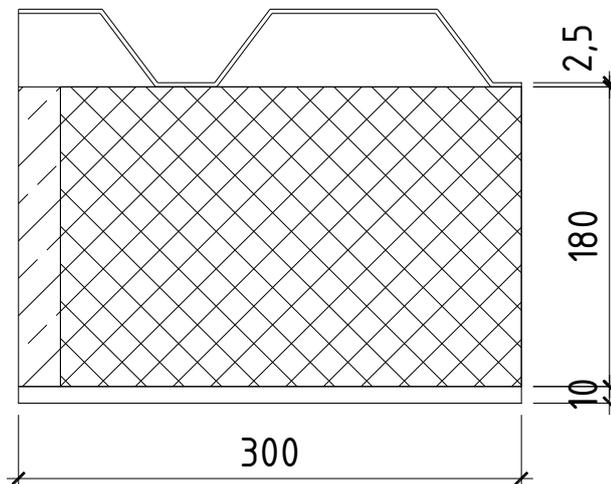


Рис. 2.4 – Схема стіни для розрахунку температурного поля

Температуру повітря в приміщенні, знаходимо за табл. Б.2 [55]  $t_B = 20\text{°C}$

Температуру повітря назовні знаходимо за табл. Б.4 [55];  $t_3 = -22\text{°C}$

Коефіцієнт тепловіддачі стіни на внутрішній поверхні знаходимо за табл. Б [55];  $\alpha_B = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ .

Характеристики шарів стіни, що знайдені за табл. А,1 наведені у табл. 2.2.

Таблиця 2.2

Характеристики шарів стіни

№	Назва шарів	Теплопровідність, Вт/(м · К)
1	OSB-3	0,13
2	Утеплювач	0,047
3	Сталь	58
4	Дерево	0,18
5	Повітря	0,267 / 0,722

Результати розрахунку температурного поля показані на рис. 2.5.

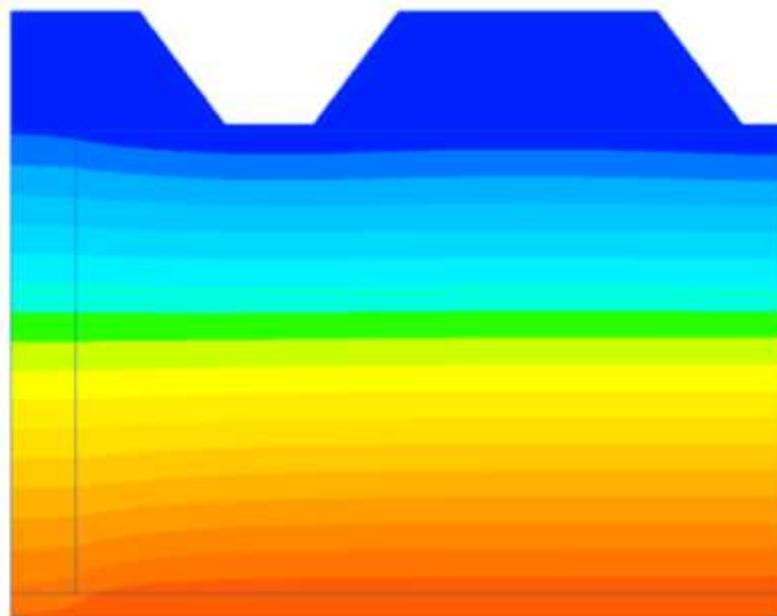


Рис. 2.5 – Температурне поле

За результатами розрахунку температурного поля приведена температура на внутрішній поверхні стіни становить  $t_{в} = 18,603 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Знаходимо приведений опір теплопередачі стіни за формулою

$$R_{\Sigma пр} = \frac{t_{в} - t_{з}}{\alpha_{в} (t_{в} - \tau_{в1})} = \frac{20 - (-22)}{8,7(20 - 18,603)} = 3,457 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

$R_{\Sigma пр} = 3,457 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} < R_{q \text{ min}} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$  тому прийнятої товщини утеплювача недостатньо.

Збільшуємо товщину утеплювача до 0,2 м та збільшуємо крок між дерев'яними брусками до 1 м.

Схема стіни для розрахунку температурного поля показана на рис. 2.7.

					601-БП. 11393964.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		27

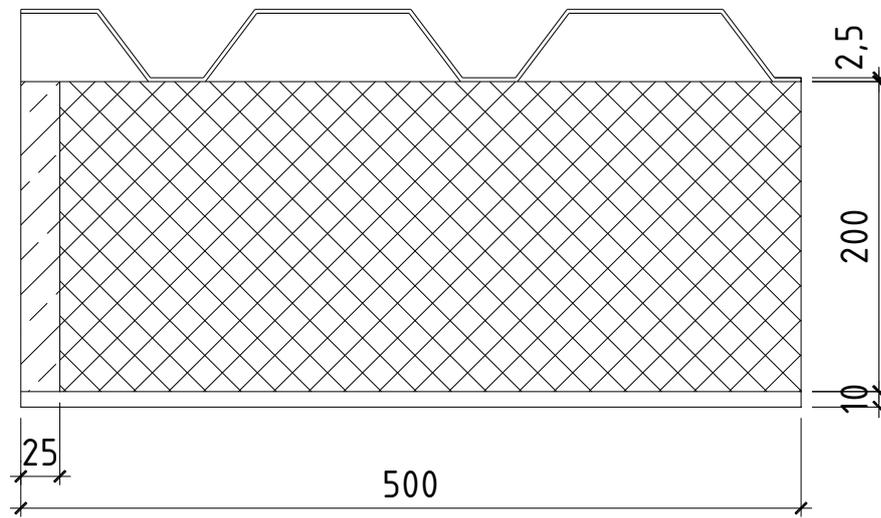


Рис. 2.7 – Схема стіни для розрахунку температурного поля

Результати розрахунку температурного поля показані на рис. 2.8.

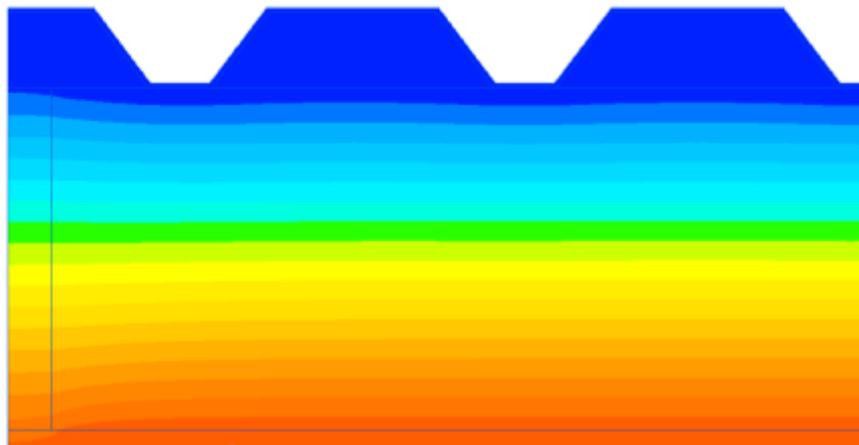


Рис. 2.8 – Температурне поле

За результатами розрахунку температурного поля приведена температура на внутрішній поверхні стіни становить  $t_B = 18,816 \text{ }^\circ\text{C}$

Знаходимо приведений опір теплопередачі стіни за формулою

$$R_{\Sigma\text{пр}} = \frac{t_B - t_3}{\alpha_B (t_B - \tau_{B1})} = \frac{20 - (-22)}{8,7(20 - 18,816)} = 4,077 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

$R_{\Sigma\text{пр}} = 4,077 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} < R_{q \text{ min}} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$  тому прийнятої товщини утеплювача достатньо.

					601-БП. 11393964.ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.5 Методика розрахунку вологісного стану стіни

Розрахунок вологісного стану огорожень виконується графоаналітичним методом. Розрахунок виконується при стаціонарних умовах руху водяної пари крізь огороження. При розрахунку враховуються наступні припущення:

- огороження плоске і без теплопровідних включень;
- опір паровіддачі на поверхнях огороження не враховується
- якщо в огороженні відбувається конденсація водяної пари, то зона конденсації буде товщиною всього шару.
- повітряний прошарок має опір паропроникності рівний нулю.

Розрахунок починають з найбільш холодного місяця року.

Знаходять опір паропроникненню окремих шарів та огороження в цілому за формулами:

$$R_{e\Sigma} = \sum_{j=1}^n \frac{\delta_j}{\mu_j},$$
$$R_{ex} = \sum_{j=1}^m \frac{\delta_j}{\mu_j} + \frac{x - \sum_{j=1}^m \delta_j}{\mu_{(m+1)}},$$

де  $n$  – кількість шарів в огороженні;

$m$  – кількість шарів до зони конденсації;

$\delta_j$  – товщина шарів;

$\mu_j$  – коефіцієнт паропроникності;

$\mu_{(m+1)}$  – коефіцієнт паропроникності шару, що прилягає до зони конденсації.

Знаходять температури по перетину огороження за формулою:

$$t(x) = t_B - \frac{t_B - t_3}{R_\Sigma} \left( \frac{1}{\alpha_B} + R_x \right),$$

де  $t_B$  – температура в приміщенні;

$t_3$  – температура повітря назовні;

					601-БП. 11393964.ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$R_{\Sigma}$  – опір теплопередачі огороження;

$\alpha_B$  – коефіцієнт тепловіддачі;

$R_x$  – опір теплопередачі шарів розташованих між внутрішньою поверхнею та місцем де визначається температура;

Використовуючи знайдені температури знаходять парціальний тиск насиченої водяної пари.

Креслять схему огороження відкладаючи по горизонталі величини опорів паропроникненню шарів огороження.

На перетині шарів огороження у вертикальному напрямку відкладають знайдені парціальні тиски насиченої водяної пари та з'єднують їх прямими лініями.

Знаходять парціальні тиски, на внутрішній та зовнішній поверхні огороження за формулами:

$$e_B = 0,01 \cdot \varphi_B \cdot E_B,$$

$$e_3 = 0,01 \cdot \varphi_3 \cdot E_3,$$

Ці значення відкладають на внутрішній та зовнішній поверхні огороження та з'єднують прямою лінією.

Якщо графік насиченої водяної пари перетинає отриману лінію то конденсації не буде.

Якщо графік насиченої водяної пари перетинає отриману лінію то в огороженні відбувається конденсація водяної пари.

У цьому випадку з'єднують точки парціального тиску на поверхнях огороження з графіком зміни насиченої водяної пари у його найнижчій точці.

Кількість вологи, що накопичилася в огороженні за місяць знаходять за формулами:

1. Кількість вологи, що надходить до зони конденсації:

$$i_B = \frac{e_B - p_B}{R_{eB}},$$

					601-БП. 11393964.ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Кількість вологи, що виходить із зони конденсації:

$$i_3 = \frac{p_3 - e_3}{R_{e3}},$$

3. Кількість вологи, що накопичується в огороженні за місяць:

$$W_i = \tau(i_B - i_3) \cdot 10^{-6},$$

Якщо у найбільш холодний місяць року в огороженні відбувається конденсація то аналогічні розрахунки виконують для всіх місяців року де відбувається конденсація.

Знаходять кількість накопиченої в огороженні вологі за всі ці місяці.

Знаходять на яку величину підвищилася вологість шару огороження який прилягає до зони конденсації за формулою

$$\Delta w = \frac{W}{\delta_k \cdot \rho_k} 100\%,$$

де  $\delta_k$  – товщина шару огороження який прилягає до зони конденсації;

$\rho_k$  – густина шару огороження який прилягає до зони конденсації.

Знаходять кількість вологи, що виходить з огороження у місяці року в яких відбувається вологовіддача.

Розрахункові формули для визначення кількості вологи, що випаровується за розрахунковий місяць періоду вологовіддачі за розрахунковою схемою 13.5:

1. Кількість вологи, що виходить з зони конденсації в напрямку приміщення дорівнює:

$$i_B = \frac{p_k - e_B}{R_{eB}},$$

2. Кількість вологи, що виходить з зони конденсації назовні дорівнює:

					601-БП. 11393964.ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$i_3 = \frac{p_k - e_3}{R_{e3}},$$

3. Кількість вологи, що виходить з зони конденсації за місяць дорівнює:

$$W_{лп} = \tau(i_B + i_3) \cdot 10^{-6},$$

Аналогічні розрахунки виконують для всіх місяців року у яких відбувається видалення вологи з огороження.

Визначають суму вологи, що виходить з огороження.

Якщо згідно з [58] будуть виконуватися наступні вимоги то вологісний стан огороження задовольняє нормам:

$$\Delta w \leq \Delta w_d,$$

де  $\Delta w$  – підвищення вологості в огороженні за холодний період року;

$\Delta w_d$  – допустиме за нормами збільшення вологості.

$$W_{зп} \leq W_{лп},$$

де  $W_{зп}$  – кількість накопиченої вологи, за період вологонакопичення;

$W_{лп}$  – кількість вологи, що випаровується з огороження за період вологовіддачі.

## 2.6. Розрахунок вологісного стану стіни (утеплювач примикає до сталевого листа)

Схема огороження наведена на рис. 2,8.

					601-БП. 11393964.ПЗ	Арк.
						32
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

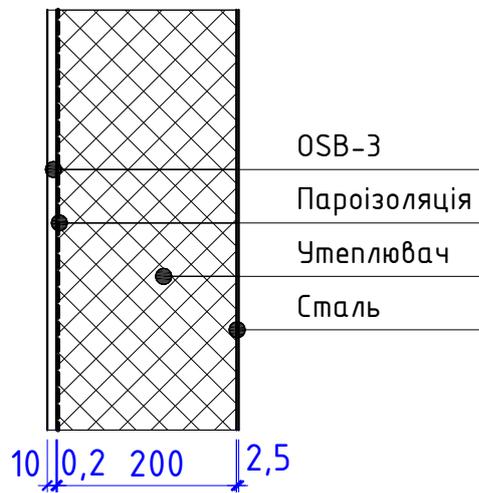


Рис. 2.8 - Схема огородження

За табл. Б.2 [55] знаходимо температуру в приміщенні –  $t_{в} = 20^{\circ}\text{C}$ .

За табл. Б.2 [55] знаходимо відносну вологість повітря в приміщенні –  $\varphi_{в} = 55\%$ .

За табл. Б.1 [55] знаходимо тепловологісний режим – нормальний;

За табл. Б.3 [55] знаходимо вологісні умови експлуатації матеріалу в стіні – Б;

За табл. Б [55] знаходимо коефіцієнти тепловіддачі стіни,  $\alpha_{в} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ,  $\alpha_{з} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$

Характеристики шарів стіни наведені у табл. 2.2.

Таблиця 2.2

Характеристики шарів стіни

№	Назва шарів	Щільність, кг/м <sup>3</sup>	Теплопровідність, Вт/(м · К)	Паропроникність, мг/(м · год · Па)
1	OSB-3	630	0,13	0,003
2	Пароізоляція	1600	0,3	0,00002
3	Утеплювач	75	0,047	0,3
4	Сталь	7850	58	0,0000001

За табл. 2 [57] знаходимо середньомісячні температури повітря назовні (табл. 2.3).

Таблиця 2.3

Температура зовнішнього повітря по місяцях року											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
-5,6	-4,7	0,3	9	15,4	18,7	20,5	19,7	14,3	7,7	1,3	-3,4

За табл. 24 [57] знаходимо середньомісячні відносні вологості повітря назовні (табл. 2.4).

Таблиця 2.4

Відносна вологість зовнішнього повітря у місяці року											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
85	83	80	68	63	67	69	69	73	79	87	88

Знаходимо опір паропроникненню шарів огороження, за формулами:

$$R_{e1} = \frac{\delta_1}{\mu_1} = \frac{0,01}{0,003} = 3,333 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}$$

$$R_{e2} = \frac{\delta_2}{\mu_2} = \frac{0,0002}{0,00002} = 10 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}$$

$$R_{e3} = \frac{\delta_3}{\mu_3} = \frac{0,2}{0,3} = 0,667 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}$$

$$R_{e4} = \frac{\delta_4}{\mu_4} = \frac{0,0025}{0,00001} = 25000 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}$$

де  $\delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta_4$  – товщина шарів огороження,

Знаходимо опір паропроникненню стіни за формулою:

$$R_{e\Sigma} = \frac{\delta_1}{\mu_1} + \frac{\delta_2}{\mu_2} + \frac{\delta_3}{\mu_3} + \frac{\delta_4}{\mu_4} = \frac{0,01}{0,003} + \frac{0,0002}{0,00002} + \frac{0,2}{0,3} + \frac{0,0025}{0,0000001} =$$

$$= 25014 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}$$

Знаходимо температуру у перетинах стіни за формулами

					601-БП. 11393964.ПЗ	Арк.
						34
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

0-й перетин

$$t_0 = t_B - \frac{t_B - t_3}{R_{\Sigma}} \left( \frac{1}{\alpha_B} \right) = 20 - \frac{20 - (-5,6)}{4,491} \left( \frac{1}{8,7} \right) = 19,3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

де  $t_3$  – температура назовні у січні.

$R_{\Sigma}$  – опір теплопередачі стіни визначаємо за формулою

$$\begin{aligned} R_{\Sigma} &= \frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{1}{\alpha_3} = \\ &= \frac{1}{8,7} + \frac{0,01}{0,13} + \frac{0,0002}{0,3} + \frac{0,2}{0,047} + \frac{0,0025}{58} + \frac{1}{23} = 4,491 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт} \end{aligned}$$

1-й перетин

$$t_1 = t_B - \frac{t_B - t_3}{R_{\Sigma}} \left( \frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} \right) = 20 - \frac{20 - (-5,6)}{4,491} \left( \frac{1}{8,7} + \frac{0,01}{0,13} \right) = 18,9 \text{ } ^\circ\text{C}$$

2-й перетин

$$t_2 = t_B - \frac{t_B - t_3}{R_{\Sigma}} \left( \frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} \right) = 20 - \frac{20 - (-5,6)}{4,491} \left( \frac{1}{8,7} + \frac{0,01}{0,13} + \frac{0,0002}{0,3} \right) = 18,9 \text{ } ^\circ\text{C}$$

3-й перетин

$$\begin{aligned} t_3 &= t_B - \frac{t_B - t_3}{R_{\Sigma}} \left( \frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} \right) = \\ &= 20 - \frac{20 - (-5,6)}{4,491} \left( \frac{1}{8,7} + \frac{0,01}{0,13} + \frac{0,0002}{0,3} + \frac{0,2}{0,047} \right) = -5,4 \text{ } ^\circ\text{C} \end{aligned}$$

4-й перетин

$$\begin{aligned} t_4 &= t_B - \frac{t_B - t_3}{R_{\Sigma}} \left( \frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} \right) = \\ &= 20 - \frac{20 - (-5,6)}{4,491} \left( \frac{1}{8,7} + \frac{0,01}{0,13} + \frac{0,0002}{0,3} + \frac{0,2}{0,047} + \frac{0,0025}{58} \right) = -5,4 \text{ } ^\circ\text{C} \end{aligned}$$

					601-БП. 11393964.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		35

Знаходимо парціальний тиск насиченої пари у перетинах стіни.

0-й перетин

$$E_0 = 2247 \text{ Па}$$

1-й перетин

$$E_1 = 2186 \text{ Па}$$

2-й перетин

$$E_2 = 2186 \text{ Па}$$

3-й перетин

$$E_3 = 390 \text{ Па}$$

4-й перетин

$$E_4 = 390 \text{ Па}$$

Знаходимо парціальний тиск повітря в приміщенні за формулою

$$e_B = E_B \times \varphi_B \times 0,01 = 2340 \times 55 \times 0,01 = 1287 \text{ Па}$$

де  $E_B$  – парціальний тиск насиченої пари, повітря в приміщенні  $E_B = 2340 \text{ Па}$

Визначаємо парціальний тиск пари назовні у січні за формулою

$$e_3 = E_3 \times \varphi_3 \times 0,01 = 382 \times 85 \times 0,01 = 325 \text{ Па}$$

де  $E_3$  – парціальний тиск насиченої пари назовні в січні  $E_3 = 382 \text{ Па}$

$\varphi_3$  – відносна вологість повітря назовні в січні  $\varphi_3 = 85 \%$ .

					601-БП. 11393964.ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Будуємо на перерізі стіни графіки зміни парціального тиску та парціального тиску насиченої пари по перетину стіни. Замість товщин шарів стіни по горизонталі відкладаємо їх опір паропроникненню (рис. 2.9).

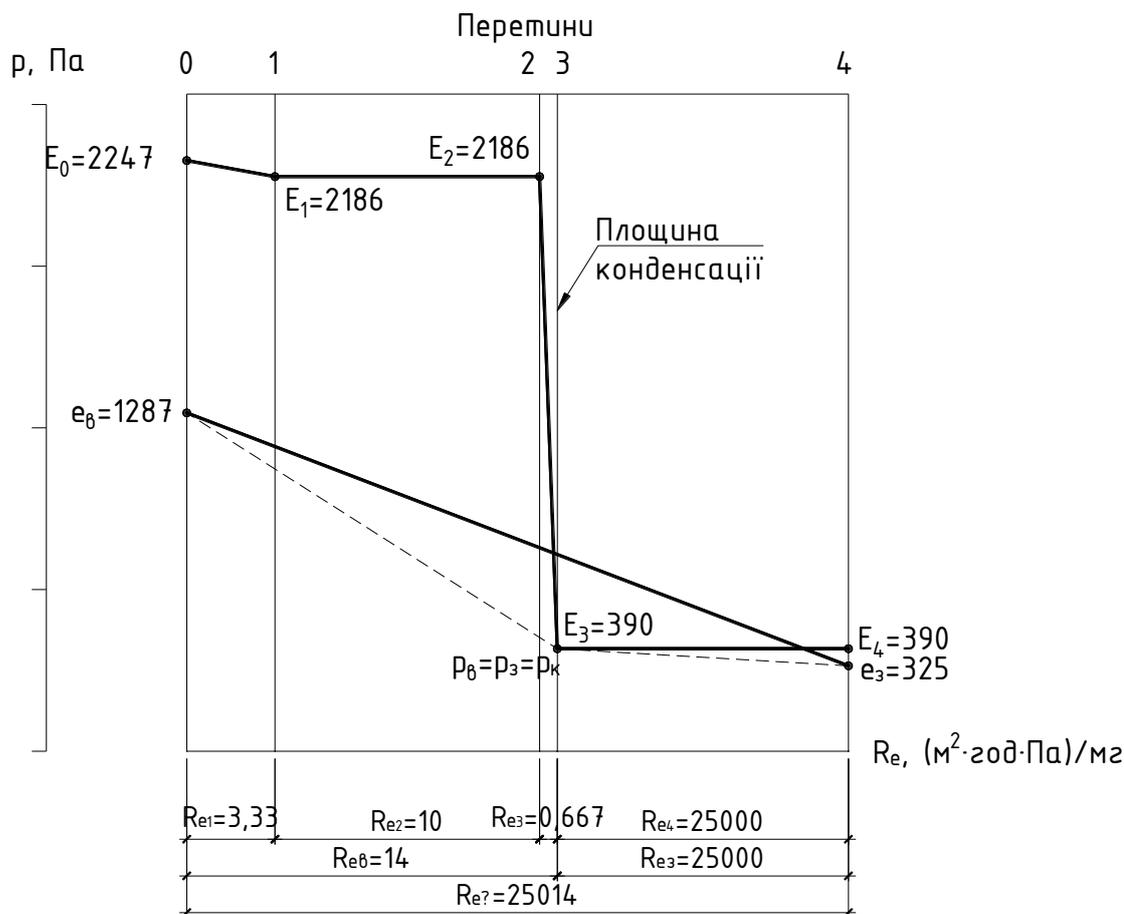


Рис. 2.9 - Графіки зміни парціального тиску та парціального тиску насиченої пари по перетину стіни

Графік  $E$  і  $e$  перетинаються значить у стіні відбувається конденсація водяної пари.

Знаходимо скільки водяної пари надходить до зони конденсації з боку приміщення за формулою

$$i_{B1} = \frac{e_B - p_k}{R_{eB}} = \frac{1287 - 390}{14} = 64,049 \text{ мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$$

де  $R_{eB}$  – опір паропроникненню, стіни між внутрішньою поверхнею та площиною конденсації визначаємо за формулою

$$R_{ев} = R_{e1} + R_{e2} + R_{e3} = 3,333 + 10 + 0,667 = 14 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}$$

Визначаємо кількість водяної пари,  $\text{мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$ , що виводиться назовні із зони конденсації за формулою

$$i_{з1} = \frac{p_k - e_3}{R_{e3}} = \frac{470 - 390}{25000} = 0,003 \text{ мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$$

де  $R_{e3}$  – опір паропроникненню стіни між площиною конденсації та зовнішньою поверхнею визначаємо за формулою

$$R_{e3} = R_{e4} = 25000 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}$$

Визначаємо кількість вологи,  $\text{кг}/\text{м}^2$ , що конденсується в конструкції за січень:

$$W_{зп1} = \tau(i_B - i_3) \cdot 10^{-6} = 744 \times (64,049 - 0,003) \times 10^{-6} = 0,0477 \text{ кг}/\text{м}^2$$

де  $\tau$  – кількість годин в січні визначаємо за формулою

$$\tau = 24 \times n = 24 \times 31 = 744 \text{ год.}$$

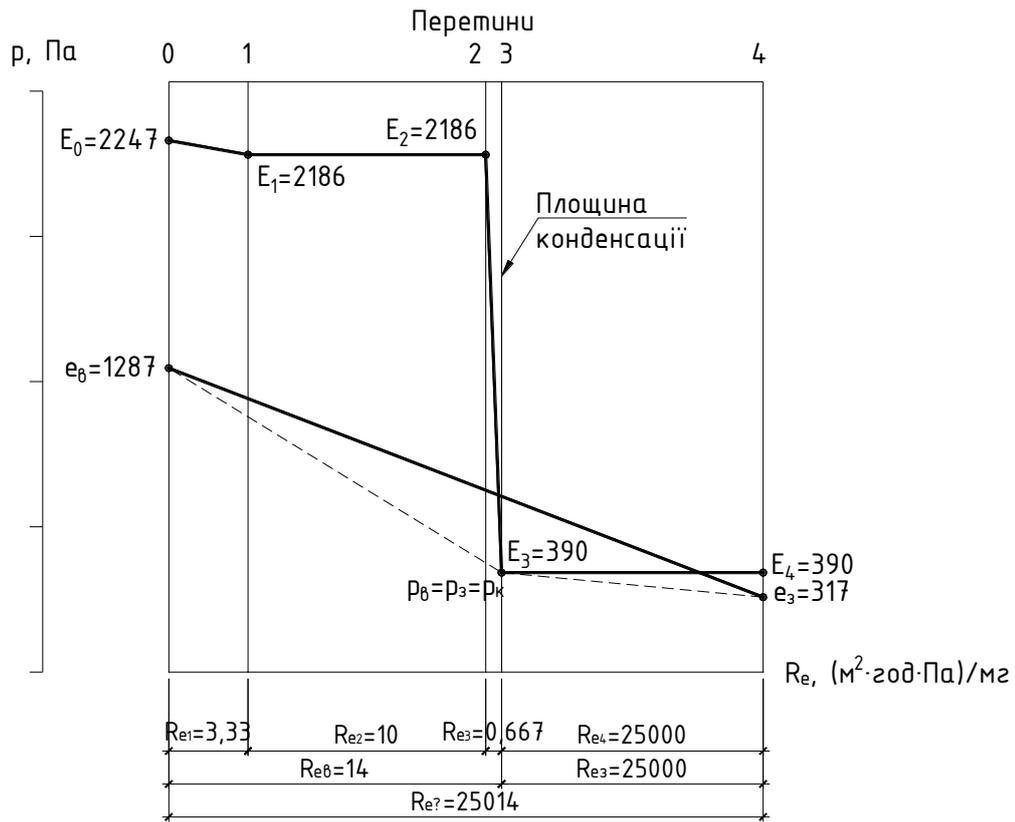
де 24 – кількість годин у добі;

$n$  – кількість днів у січні  $n = 31$  доб.

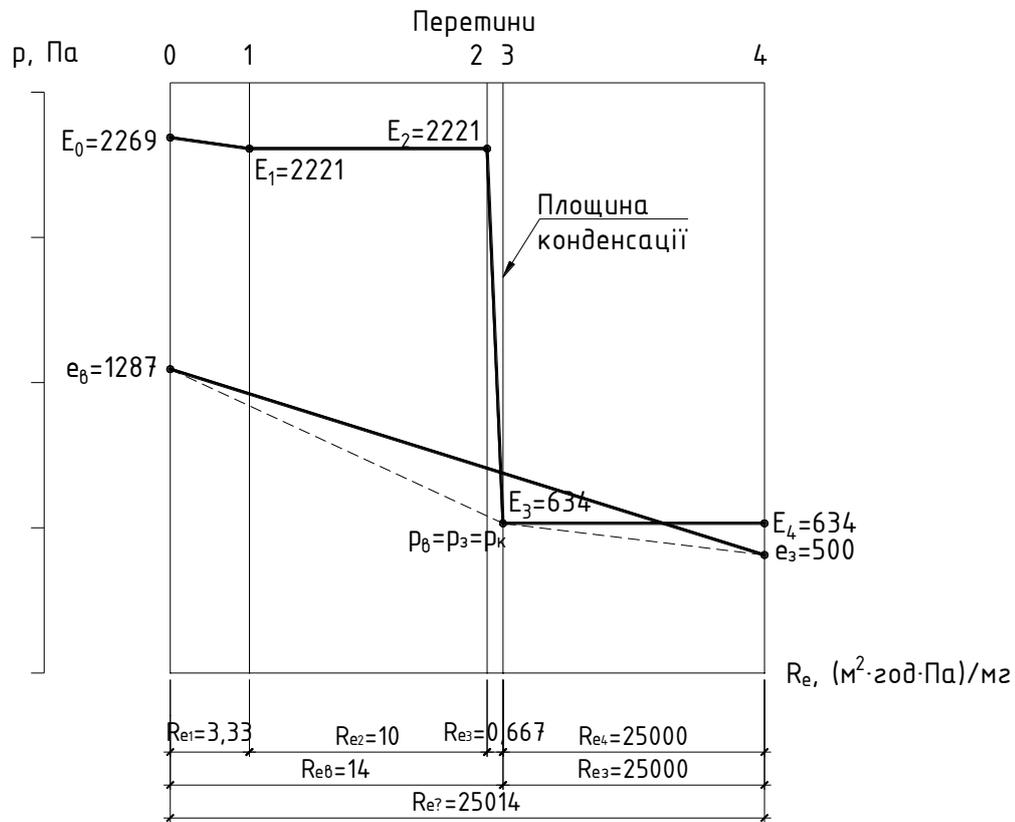
Будуємо на перерізі стіни графіки зміни парціального тиску та парціального тиску насиченої пари по перетину стіни в інші місяці року (рис. 2.10).

					601-БП. 11393964.ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

1)



2)



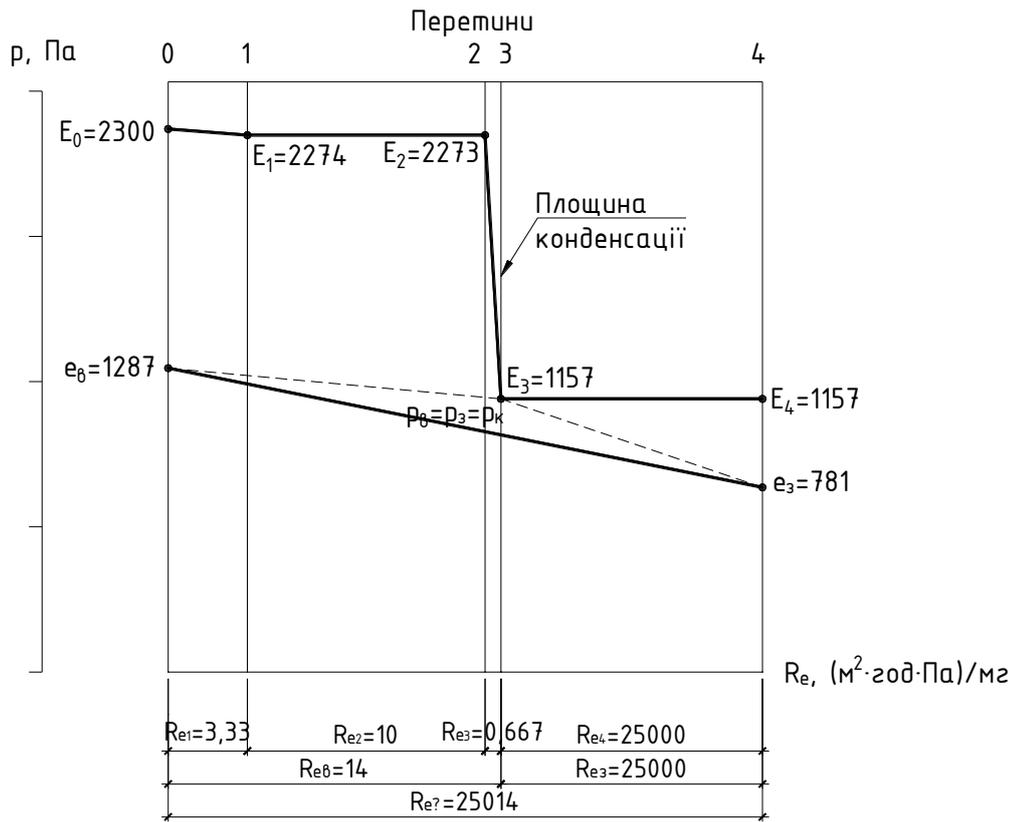
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

601-БП. 11393964.ПЗ

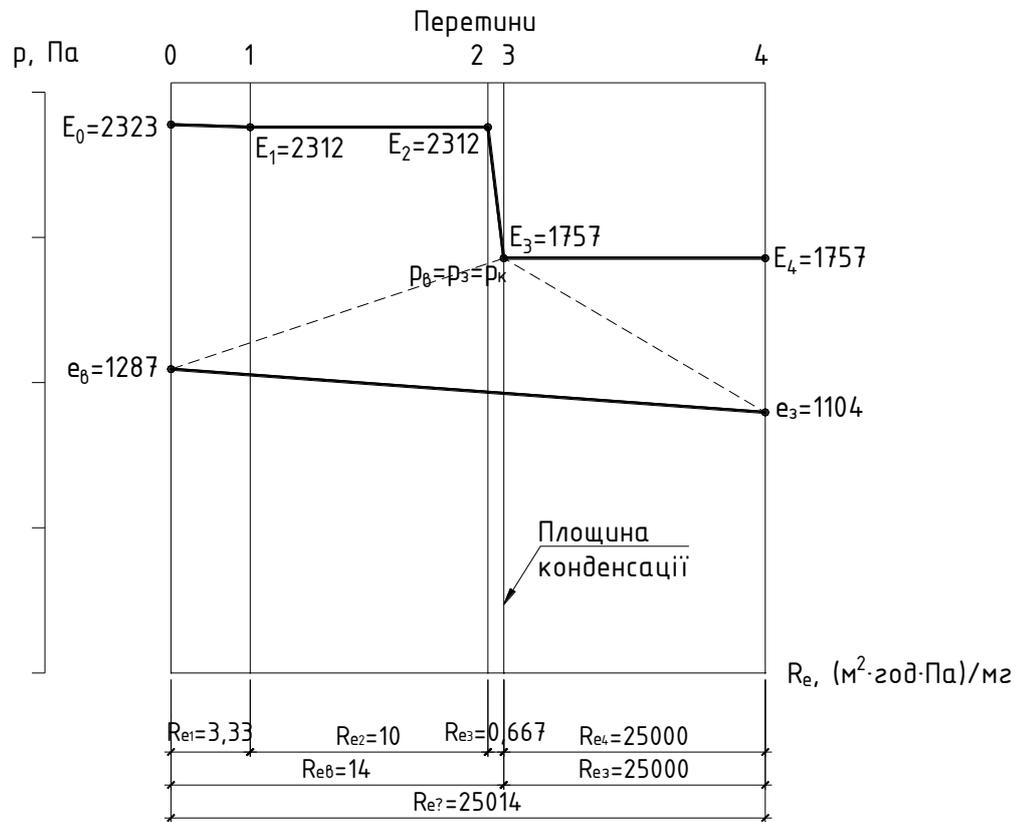
Арк.

39

3)



4)



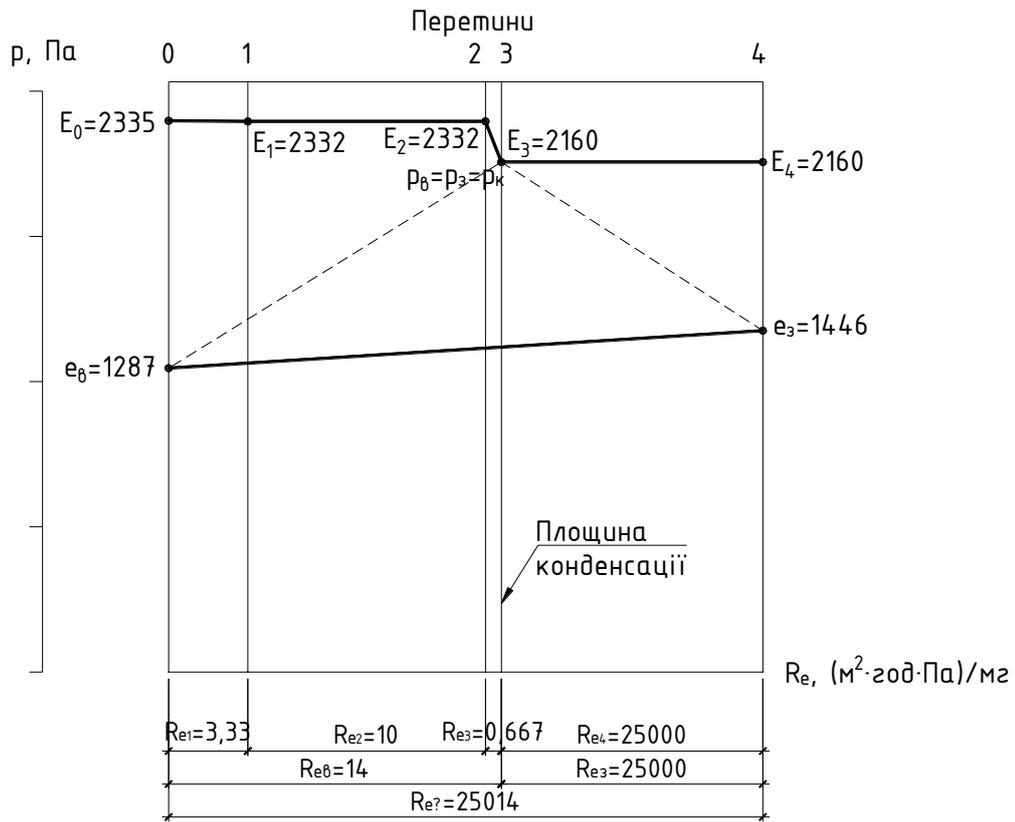
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

601-БП. 11393964.ПЗ

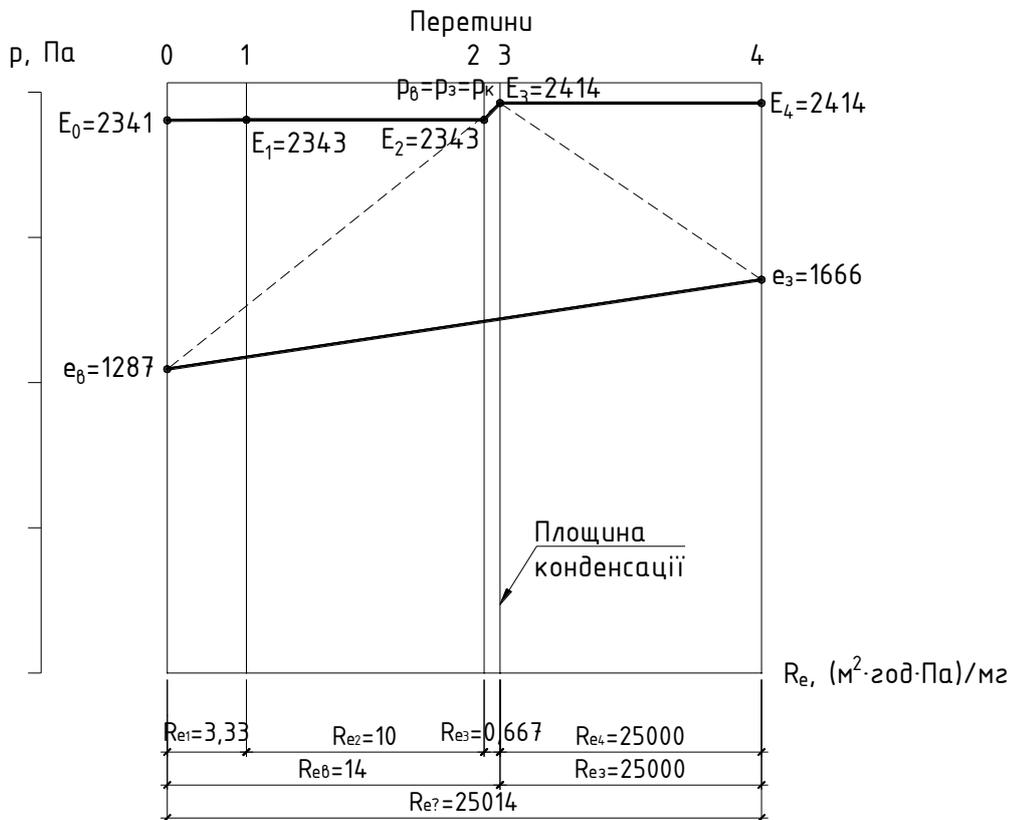
Арк.

40

5)



6)



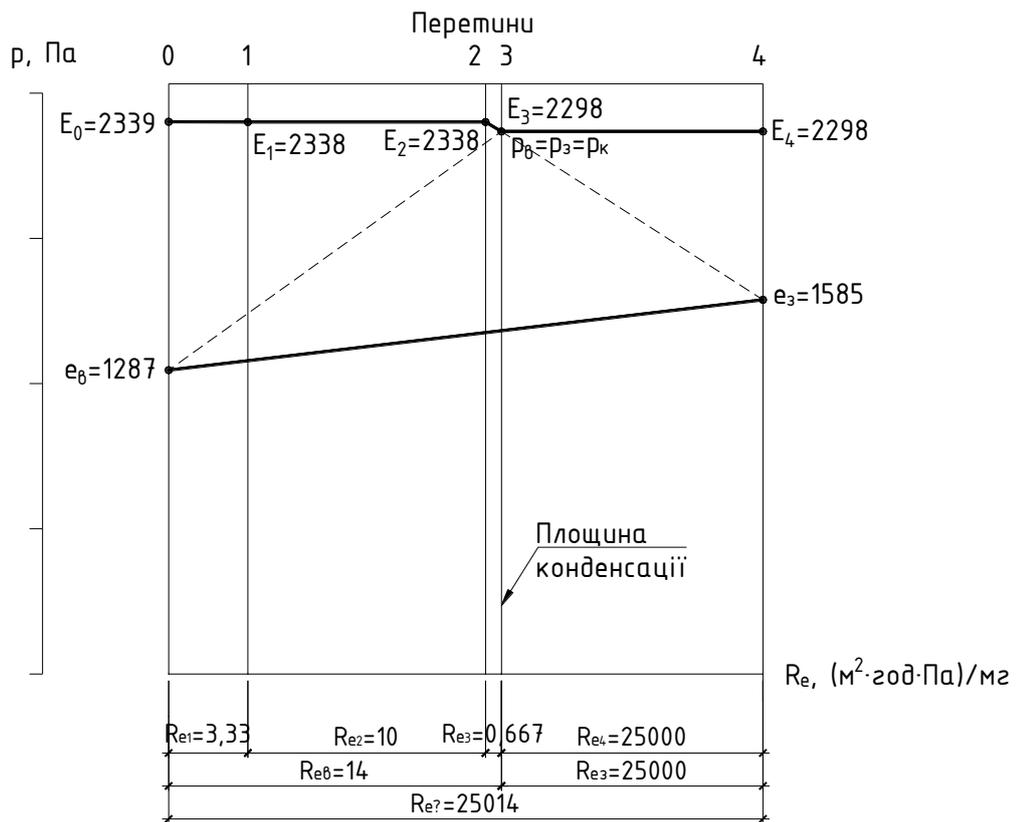
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

601-БП. 11393964.ПЗ

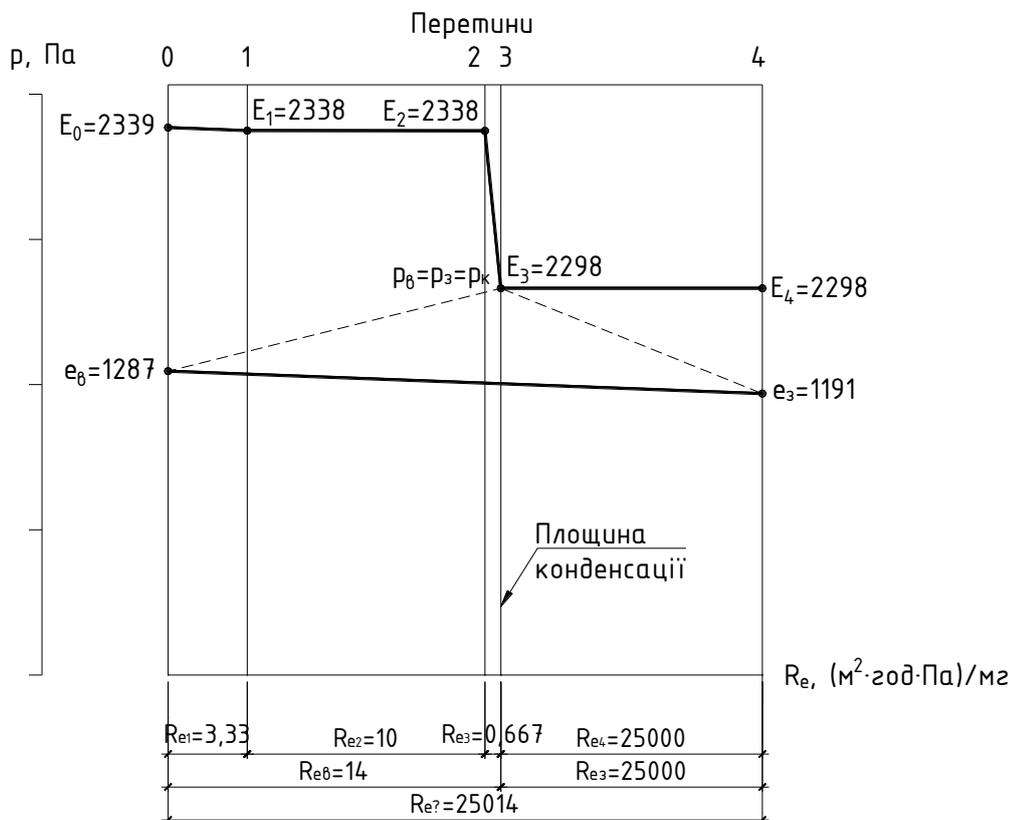
Арк.

41

7)



8)



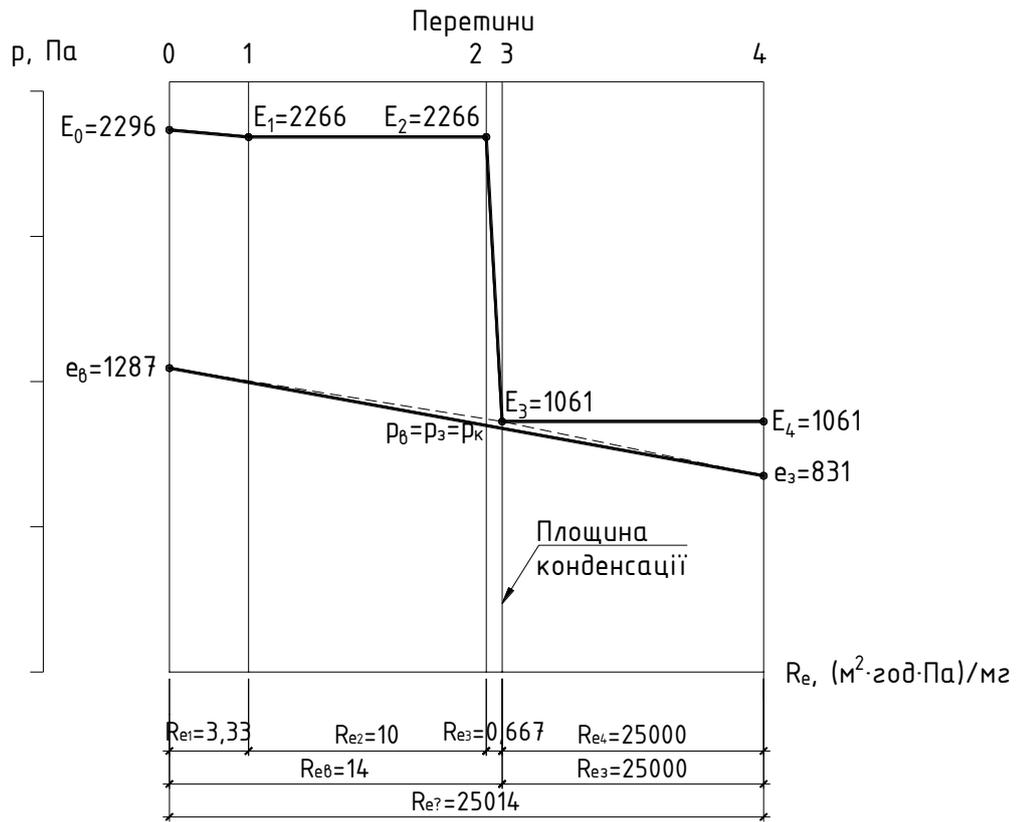
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

601-БП. 11393964.ПЗ

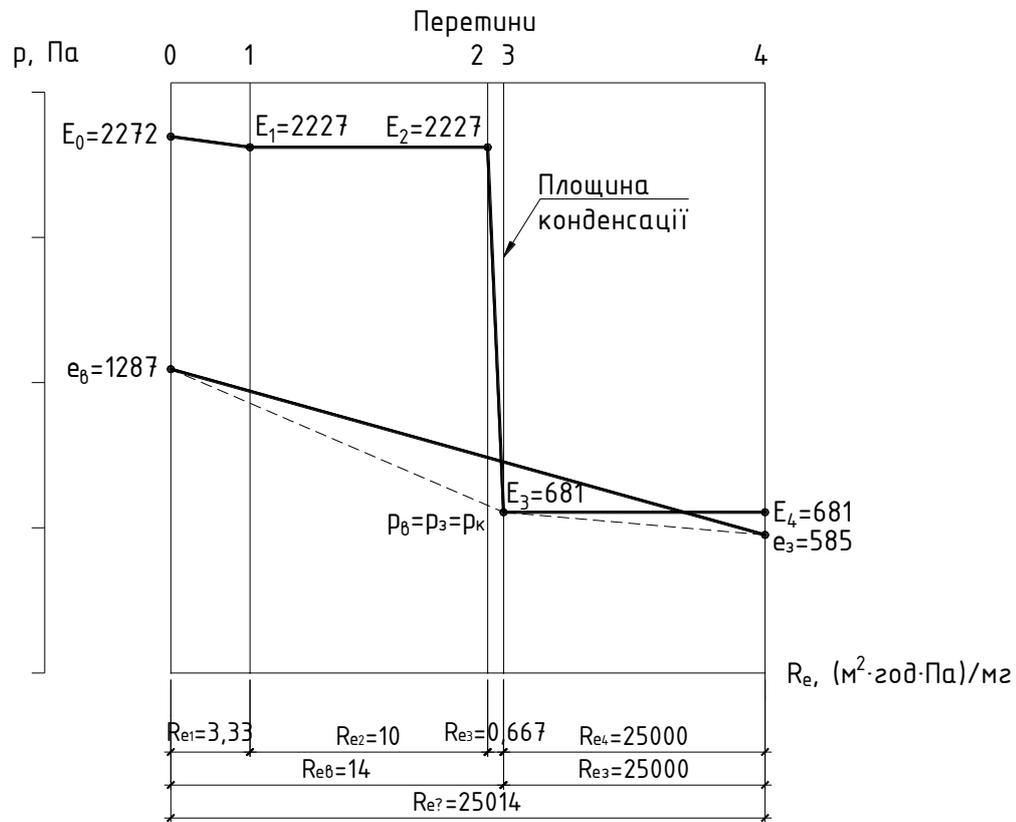
Арк.

42

9)



10)



Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

601-БП. 11393964.ПЗ

Арк.

43

11)

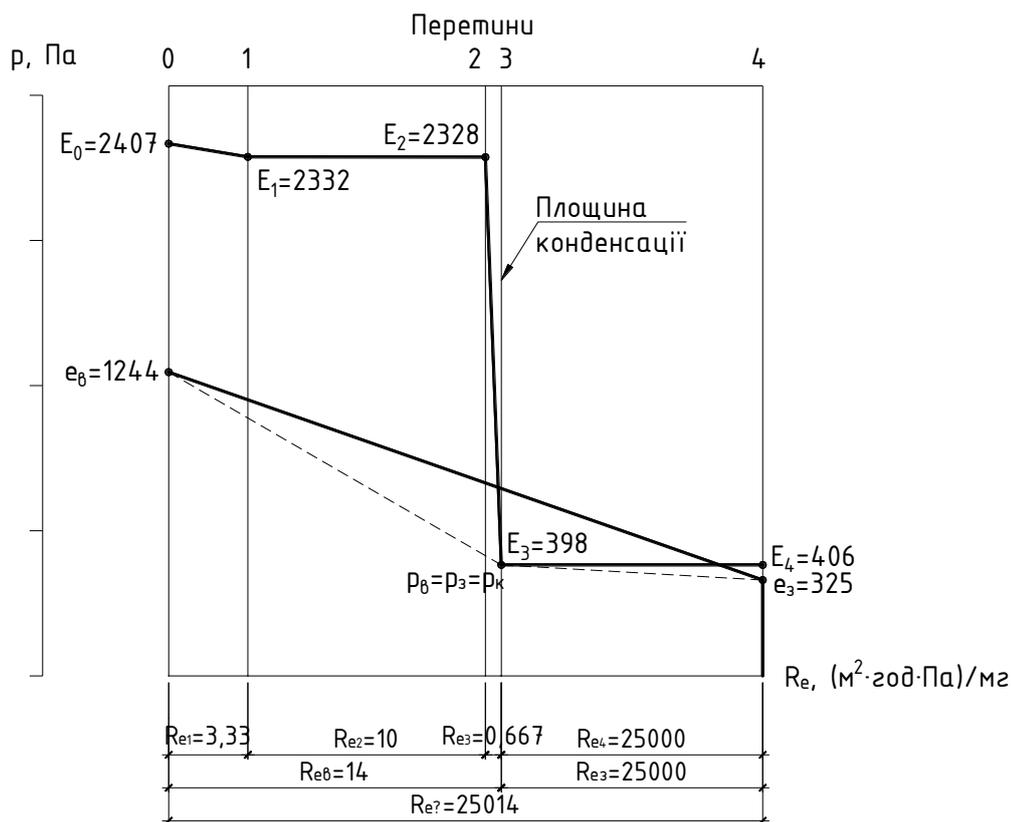


Рис. 2.10 - Графіки зміни парціального тиску та парціального тиску насиченої пари по перетину стіни: 1) січень; 2) лютий; 3) березень; 4) квітень; 5) травень; 6) червень; 7) липень; 8) серпень; 9) жовтень; 10) листопад; 11) грудень;

Кількості вологи, що накопичується у утеплювачі протягом року наведена у табл. 2.5.

Таблиця 2.5

Кількості вологи, що накопичується у утеплювачі протягом року

№	Місяць року	Кількість вологи, що накопичується, $кг/м^2, W_{зп}$	Кількість вологи, що випаровується, $кг/м^2, W_{лп}$
1	Січень	0,0476508	
2	Лютий	0,0460071	
3	Березень	0,0346921	
4	Квітень	0,0068831	
5	Травень		-0,0249738

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

601-БП. 11393964.ПЗ

Арк.

44

6	Червень		-0,046439
7	Липень		-0,0598986
8	Серпень		-0,0537461
9	Вересень		-0,0186723
10	Жовтень	0,0120211	
11	Листопад	0,0322006	
12	Грудень	0,0434352	
		$W_{зп} = 0,22289$	$W_{лп} = 0,20373$

Так як  $W_{зп} = 0,22289 \text{ кг/м}^2 > W_{лп} = 0,20373 \text{ кг/м}^2$  то друга вимога норм не виконується.

Знаходимо збільшення вологи в утеплювачі за формулою:

$$\Delta w_1 = \frac{W_{зп}}{\delta_k \cdot \rho_k} 100\% = \frac{0,22289}{0,2 \times 75} 100 = 1,49 \%$$

де  $\delta_k$  – товщина утеплювача;

$\rho_k$  – густина утеплювача.

Максимальний приріст вологості в утеплювачі за нормами становить  $\Delta w_d = 2,5 \%$

Так як  $\Delta w = 1,49 \% < \Delta w_d = 2,5 \%$  то перша вимога норм виконується.

## 2.7. Розрахунок вологісного стану стіни (утеплювач примикає до повітряного прошарку)

Схема огороження наведена на рис. 2.11.

					601-БП. 11393964.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		45

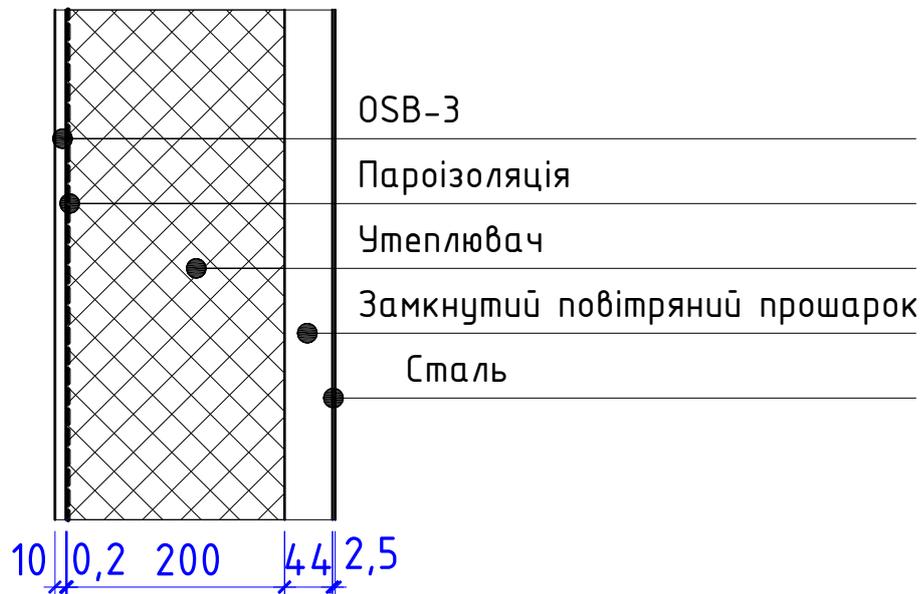


Рис. 2.11 - Схема огороження

Таблиця 2.2

Характеристики шарів стіни

№	Назва шарів	Щільність, кг/м <sup>3</sup>	Теплопровідність, Вт/(м · К)	Паропроникність, мг/(м · год · Па)
1	OSB-3	630	0,13	0,003
2	Пароізоляція	1600	0,3	0,00002
3	Утеплювач	75	0,047	0,3
4	Замкнутий повітряний прошарок	1,2	0,242	0,625
5	Сталь	7850	58	0,0000001

Знаходимо опір паропроникненню шарів огороження, за формулами:

$$R_{e1} = \frac{\delta_1}{\mu_1} = \frac{0,01}{0,003} = 3,333 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}$$

$$R_{e2} = \frac{\delta_2}{\mu_2} = \frac{0,0002}{0,00002} = 10 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}$$

$$R_{e3} = \frac{\delta_3}{\mu_3} = \frac{0,2}{0,3} = 0,667 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}$$

$$R_{e4} = \frac{\delta_4}{\mu_4} = \frac{0,044}{0,625} = 0,07 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}$$

$$R_{e5} = \frac{\delta_5}{\mu_5} = \frac{0,0025}{0,00001} = 25000 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}$$

де  $\delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta_4, \delta_5$  – товщина шарів огороження

Знаходимо опір паропроникненню стіни за формулою:

$$R_{e\Sigma} = \frac{\delta_1}{\mu_1} + \frac{\delta_2}{\mu_2} + \frac{\delta_3}{\mu_3} + \frac{\delta_4}{\mu_4} + \frac{\delta_5}{\mu_5} = \frac{0,01}{0,003} + \frac{0,0002}{0,00002} + \frac{0,2}{0,3} + \frac{0,044}{0,242} + \frac{0,0025}{0,0000001} =$$

$$= 25014 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}$$

Знаходимо температуру у перетинах стіни за формулами

0-й перетин

$$t_0 = t_B - \frac{t_B - t_3}{R_\Sigma} \left( \frac{1}{\alpha_B} \right) = 20 - \frac{20 - (-5,6)}{4,673} \left( \frac{1}{8,7} \right) = 19,4 \text{ }^\circ\text{C}$$

де  $t_3$  – температура назовні у січні.

$R_\Sigma$  – опір теплопередачі стіни визначаємо за формулою

$$R_\Sigma = \frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{\delta_5}{\lambda_5} + \frac{1}{\alpha_3} =$$

$$= \frac{1}{8,7} + \frac{0,01}{0,13} + \frac{0,0002}{0,3} + \frac{0,2}{0,047} + \frac{0,044}{0,242} + \frac{0,0025}{58} + \frac{1}{23} = 4,673 \text{ (м}^2 \cdot \text{K)/Вт}$$

1-й перетин

$$t_1 = t_B - \frac{t_B - t_3}{R_\Sigma} \left( \frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} \right) = 20 - \frac{20 - (-5,6)}{4,673} \left( \frac{1}{8,7} + \frac{0,01}{0,13} \right) = 18,9 \text{ }^\circ\text{C}$$

2-й перетин

$$t_2 = t_B - \frac{t_B - t_3}{R_\Sigma} \left( \frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} \right) = 20 - \frac{20 - (-5,6)}{4,673} \left( \frac{1}{8,7} + \frac{0,01}{0,13} + \frac{0,0002}{0,3} \right) = 18,9 \text{ }^\circ\text{C}$$

					601-БП. 11393964.ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

3-й перетин

$$t_3 = t_B - \frac{t_B - t_3}{R_{\Sigma}} \left( \frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} \right) =$$
$$= 20 - \frac{20 - (-5,6)}{4,673} \left( \frac{1}{8,7} + \frac{0,01}{0,13} + \frac{0,0002}{0,3} + \frac{0,2}{0,047} \right) = -4,4 \text{ } ^\circ\text{C}$$

4-й перетин

$$t_4 = t_B - \frac{t_B - t_3}{R_{\Sigma}} \left( \frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} \right) =$$
$$= 20 - \frac{20 - (-5,6)}{4,673} \left( \frac{1}{8,7} + \frac{0,01}{0,13} + \frac{0,0002}{0,3} + \frac{0,2}{0,047} + \frac{0,0025}{58} \right) = -5,4 \text{ } ^\circ\text{C}$$

5-й перетин

$$t_4 = t_B - \frac{t_B - t_3}{R_{\Sigma}} \left( \frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} \right) =$$
$$= 20 - \frac{20 - (-5,6)}{4,673} \left( \frac{1}{8,7} + \frac{0,01}{0,13} + \frac{0,0002}{0,3} + \frac{0,2}{0,047} + \frac{0,0025}{58} \right) = -5,4 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Знаходимо парціальний тиск насиченої пари у перетинах стіни.

0-й перетин

$$E_0 = 2251 \text{ Па}$$

1-й перетин

$$E_1 = 2192 \text{ Па}$$

2-й перетин

$$E_2 = 2192 \text{ Па}$$

3-й перетин

$$E_3 = 425 \text{ Па}$$

4-й перетин

$$E_4 = 390 \text{ Па}$$

5-й перетин

$$E_5 = 390 \text{ Па}$$

					601-БП. 11393964.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		48

Знаходимо парціальний тиск повітря в приміщенні за формулою

$$e_B = E_B \times \varphi_B \times 0,01 = 2340 \times 55 \times 0,01 = 1287 \text{ Па}$$

де  $E_B$  – парціальний тиск насиченої пари, повітря в приміщенні  $E_B = 2340 \text{ Па}$

Визначаємо парціальний тиск пари назовні у січні за формулою

$$e_3 = E_3 \times \varphi_3 \times 0,01 = 382 \times 85 \times 0,01 = 325 \text{ Па}$$

де  $E_3$  – парціальний тиск насиченої пари назовні в січні  $E_3 = 382 \text{ Па}$

$\varphi_3$  – відносна вологість повітря назовні в січні  $\varphi_3 = 85 \%$ .

Будуємо на перерізі стіни графіки зміни парціального тиску та парціального тиску насиченої пари по перетину стіни. Замість товщин шарів стіни по горизонталі відкладаємо їх опір паропроникненню (рис. 2.12).

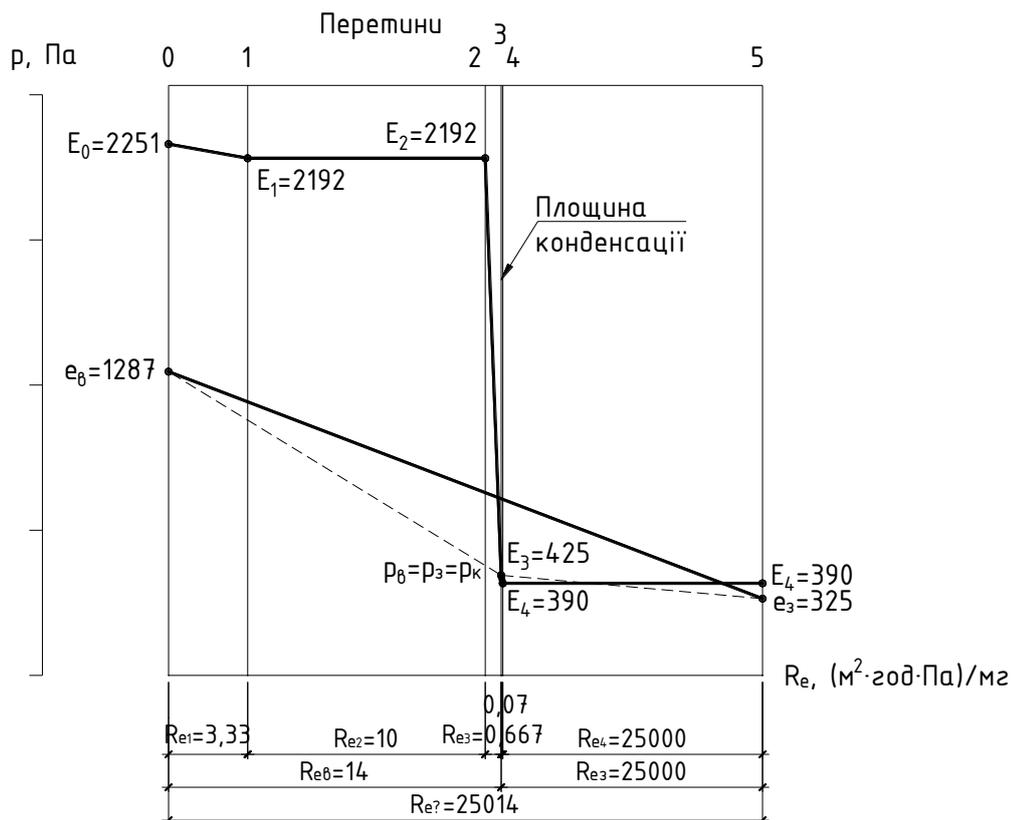


Рис. 2.12 - Графіки зміни парціального тиску та парціального тиску насиченої пари по перетину стіни

Графік  $E$  і  $e$  перетинаються значить у стіні відбувається конденсація водяної пари.

Знаходимо скільки водяної пари надходить до зони конденсації з боку приміщення за формулою

$$i_{в1} = \frac{e_{в} - p_{к}}{R_{ев}} = \frac{1287 - 425}{14} = 61,598 \text{ мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$$

де  $R_{ев}$  – опір паропроникненню, стіни між внутрішньою поверхнею та площиною конденсації визначаємо за формулою

$$R_{ев} = R_{e1} + R_{e2} + R_{e3} = 3,333 + 10 + 0,667 = 14 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}$$

Визначаємо кількість водяної пари,  $\text{мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$ , що виводиться назовні із зони конденсації за формулою

$$i_{з1} = \frac{p_{к} - e_{з}}{R_{ез}} = \frac{425 - 390}{25000} = 0,004 \text{ мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$$

де  $R_{ез}$  – опір паропроникненню стіни між площиною конденсації та зовнішньою поверхнею визначаємо за формулою

$$R_{ез} = R_{e4} = 25000 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}$$

Визначаємо кількість вологи,  $\text{кг}/\text{м}^2$ , що конденсується в конструкції за січень:

$$W_{зп1} = \tau(i_{в} - i_{з}) \cdot 10^{-6} = 744 \times (61,598 - 0,004) \times 10^{-6} = 0,0458 \text{ кг}/\text{м}^2$$

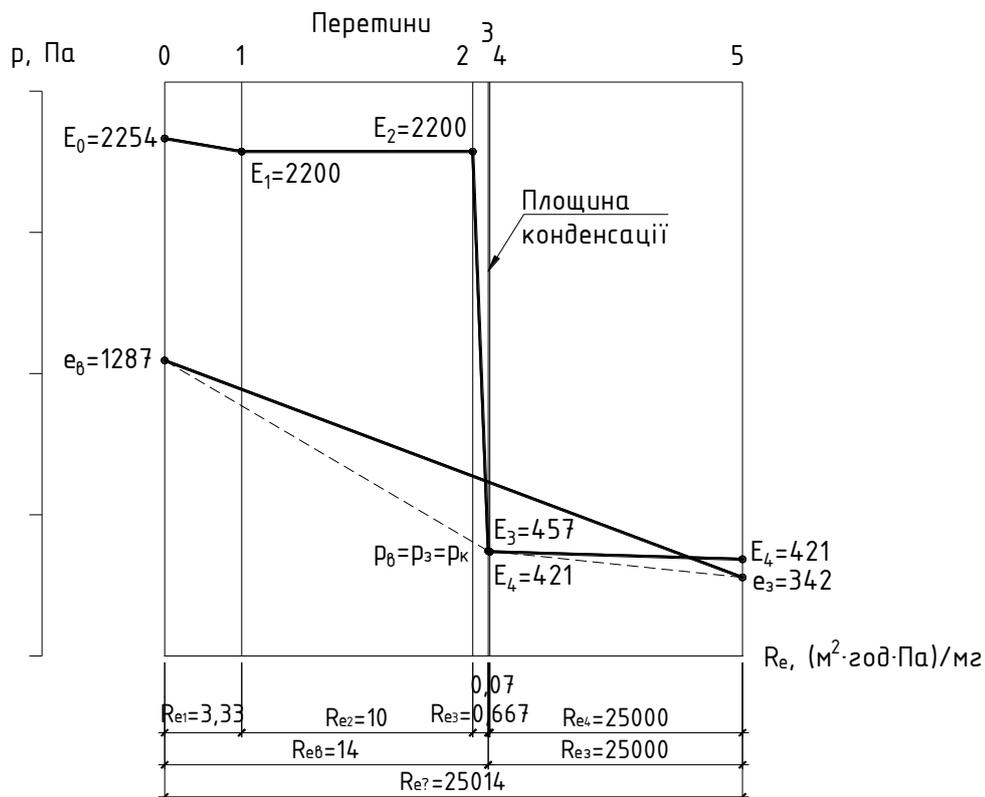
де  $\tau$  – кількість годин в січні визначаємо за формулою

$$\tau = 24 \times n = 24 \times 31 = 744 \text{ год.}$$

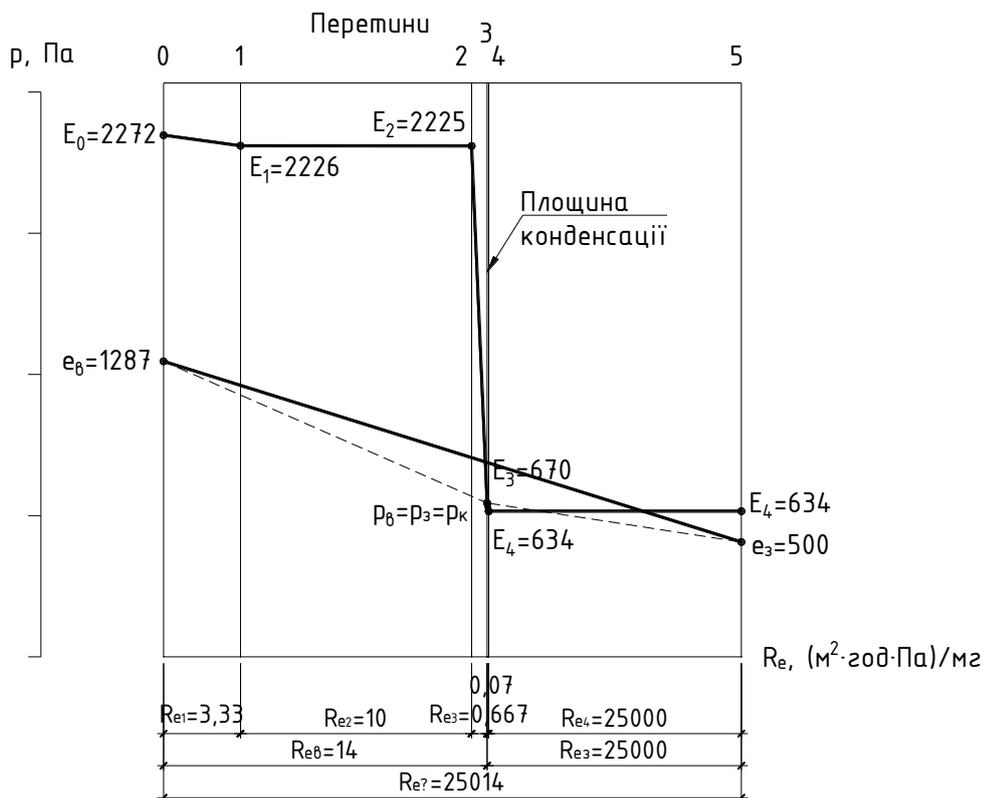
					601-БП. 11393964.ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Будуємо на перерізі стіни графіки зміни парціального тиску та парціального тиску насиченої пари по перетину стіни в інші місяці року (рис. 2.13).

1)

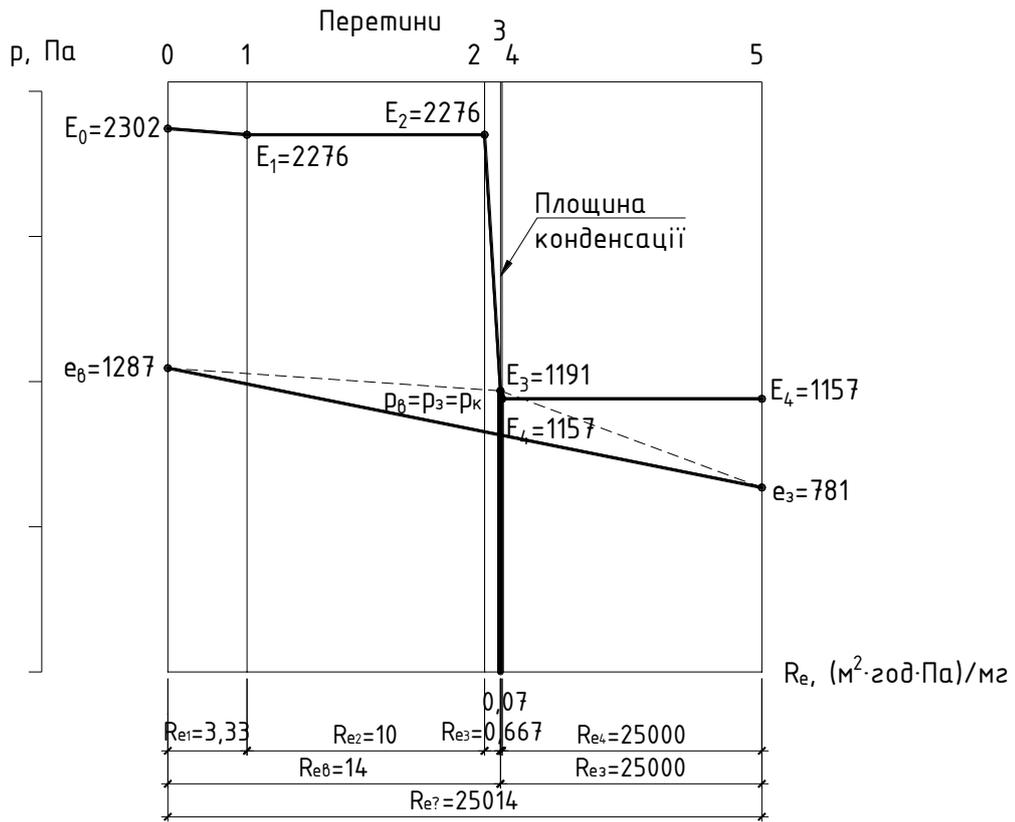


2)

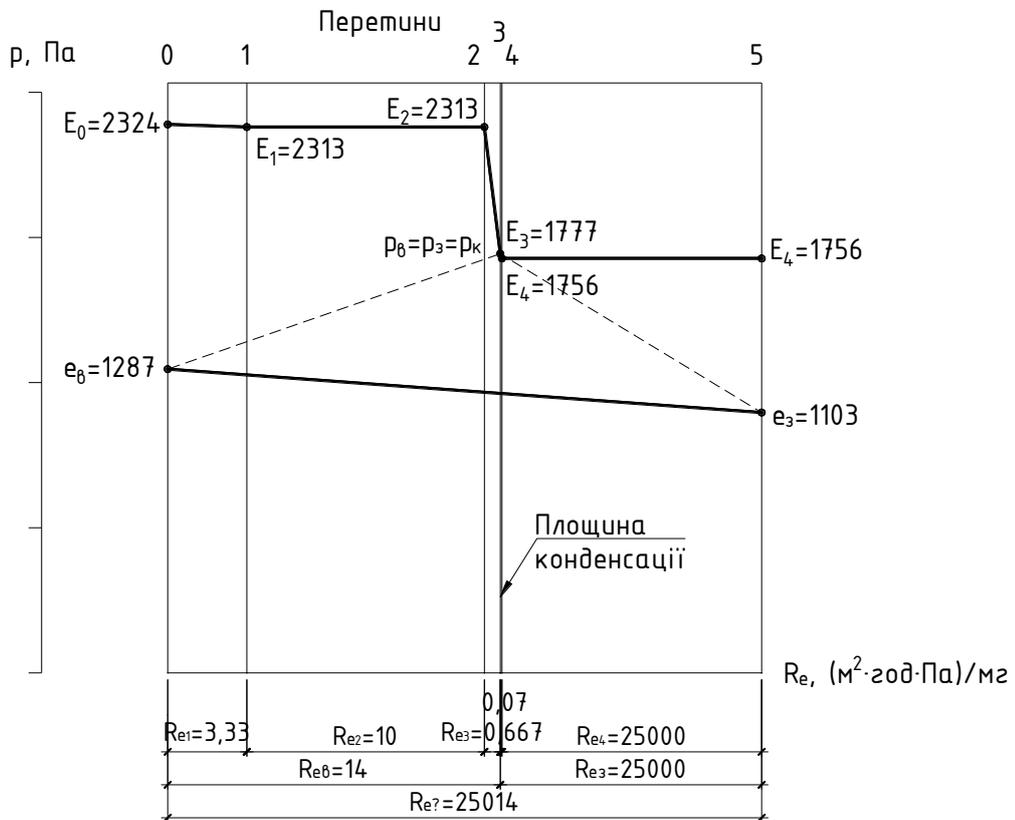


Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

3)



4)



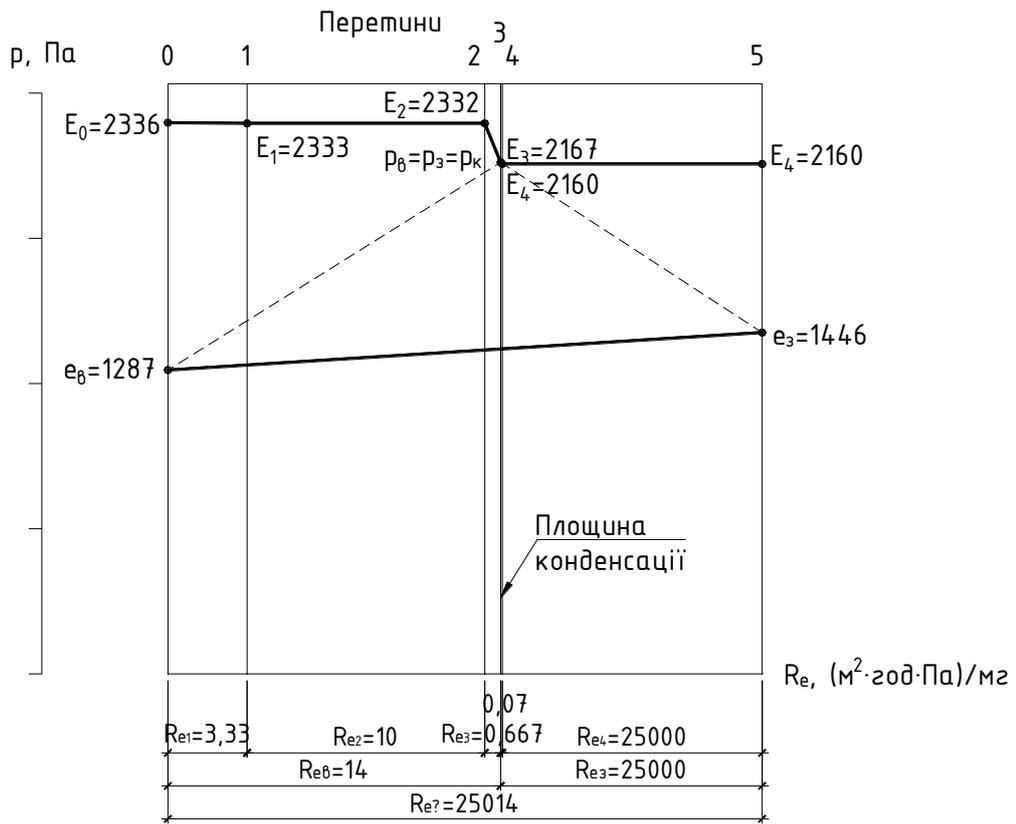
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

601-БП. 11393964.ПЗ

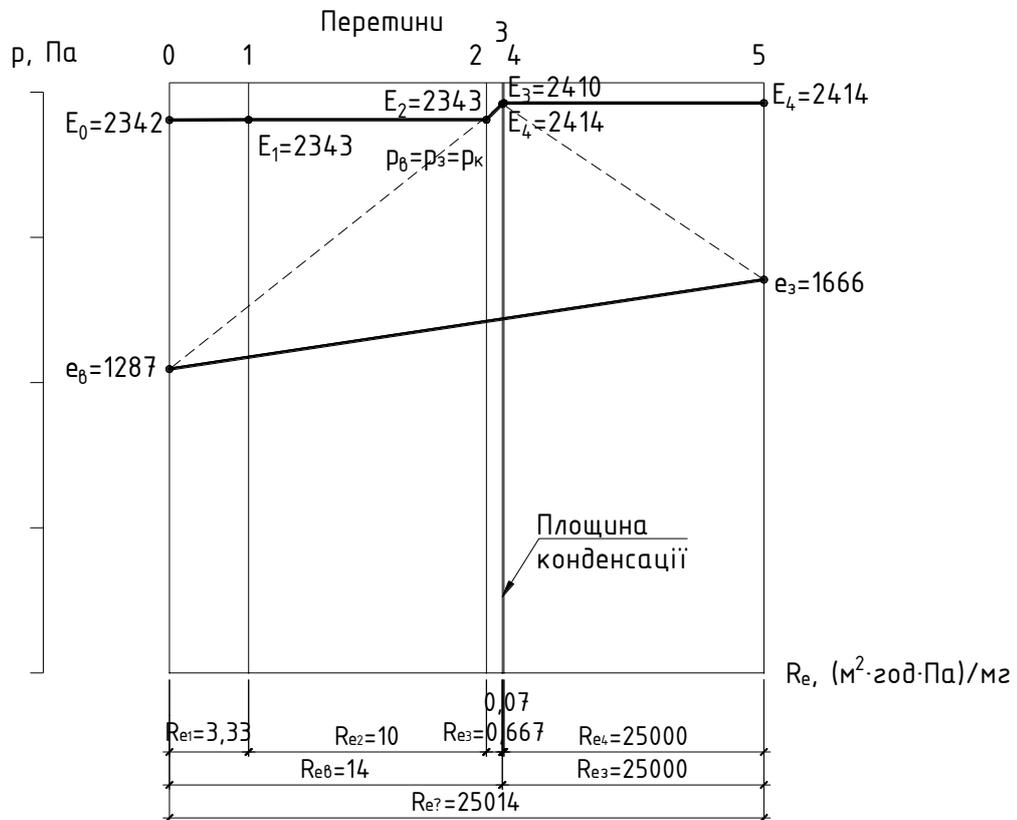
Арк.

52

5)



6)



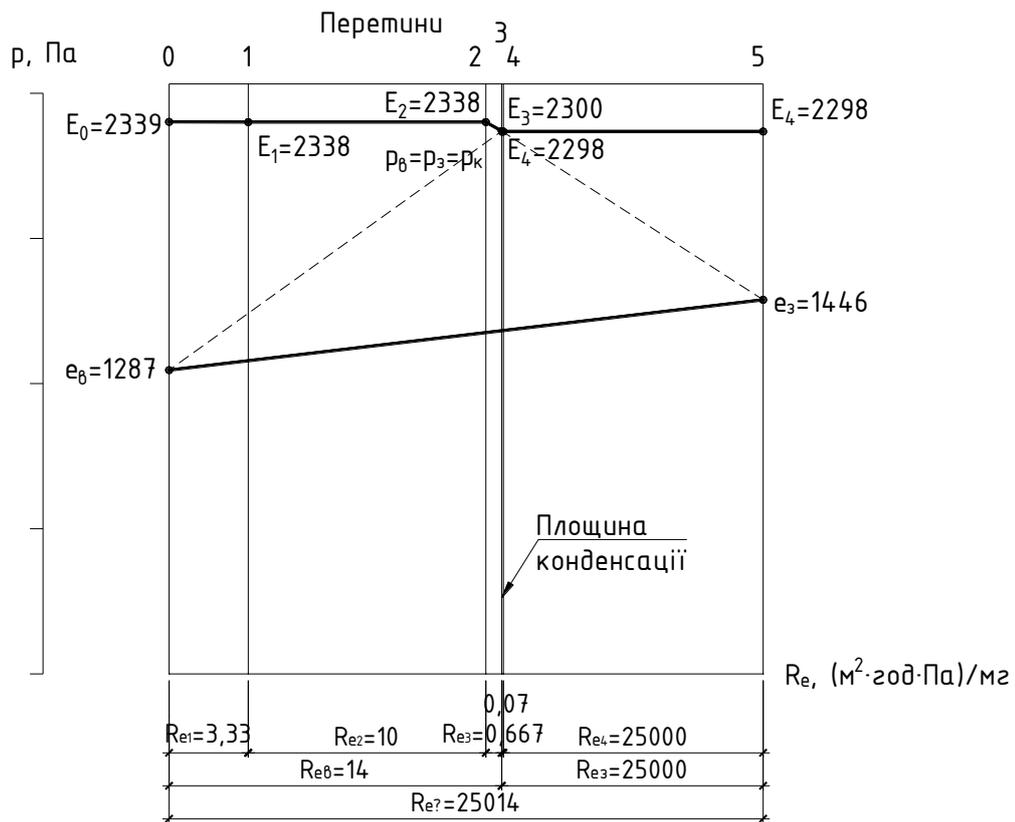
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

601-БП. 11393964.ПЗ

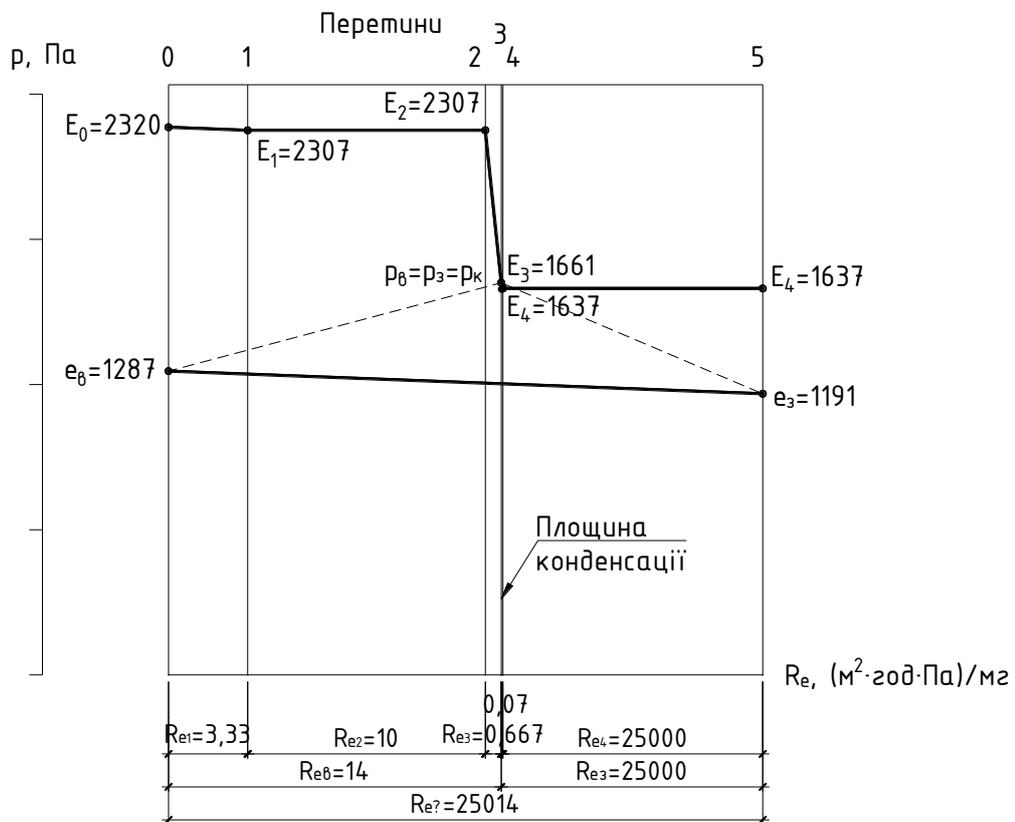
Арк.

53

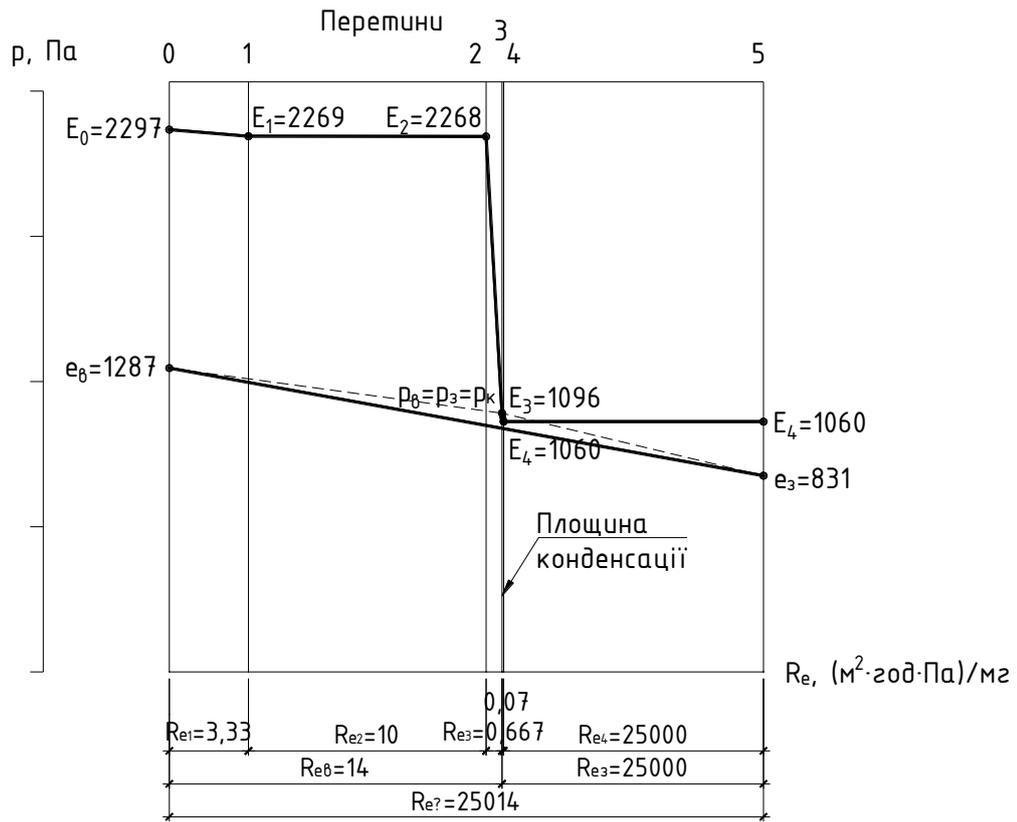
7)



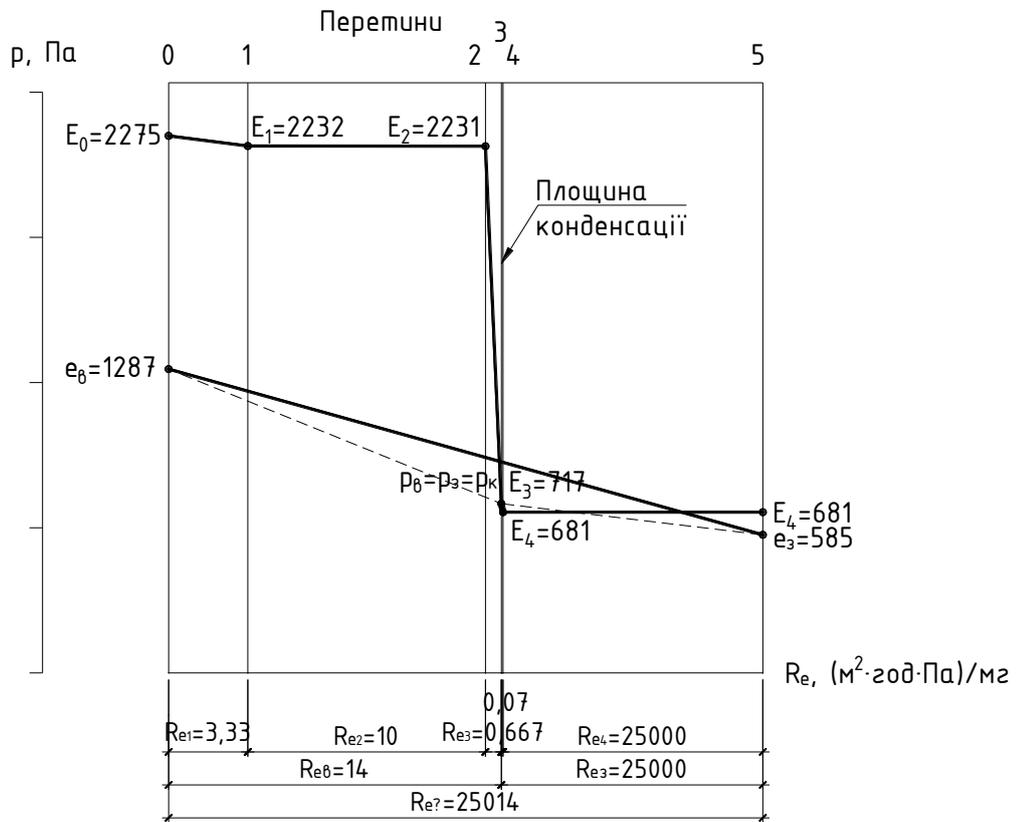
8)



9)



10)



Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

601-БП. 11393964.ПЗ

Арк.

55

11)

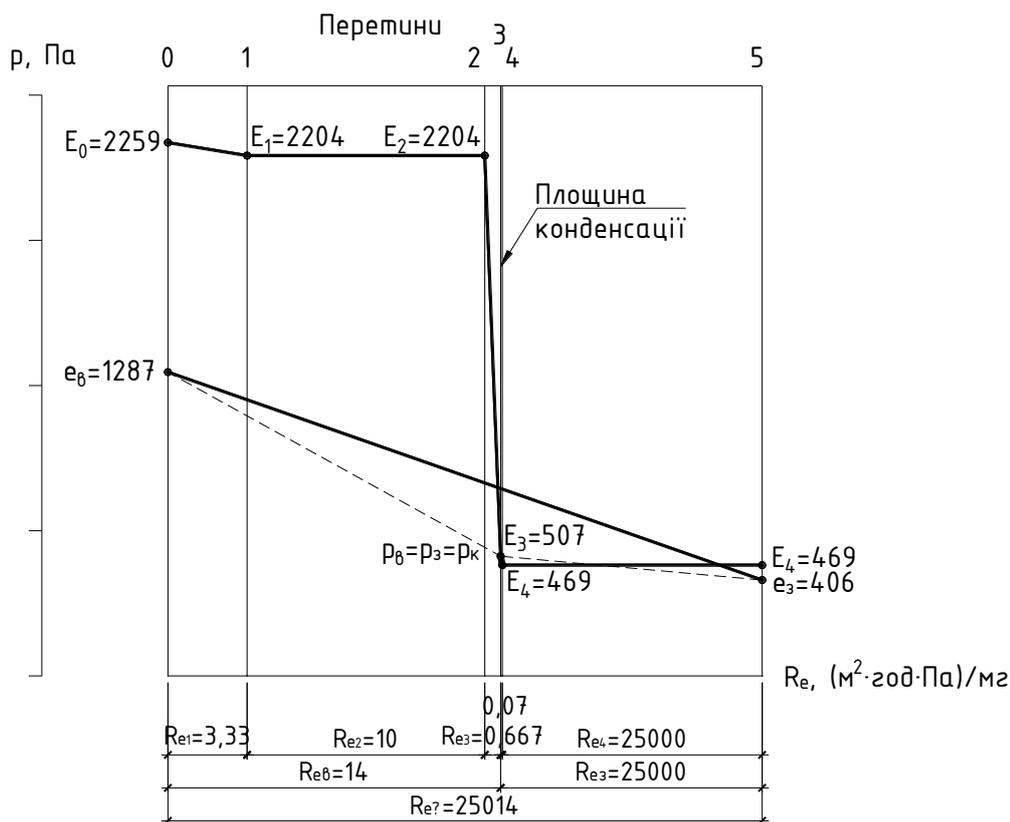


Рис. 2.13 - Графіки зміни парціального тиску та парціального тиску насиченої пари по перетину стіни: 1) січень; 2) лютий; 3) березень; 4) квітень; 5) травень; 6) червень; 7) липень; 8) серпень; 9) вересень; 10) жовтень; 11 листопад;

Кількості вологи, що накопичується у утеплювачі протягом року наведена у табл. 2.5.

Таблиця 2.5

Кількості вологи, що накопичується у утеплювачі протягом року

№	Місяць року	Кількість вологи, що накопичується, кг/м <sup>2</sup> , $W_{зп}$	Кількість вологи, що випаровується, кг/м <sup>2</sup> , $W_{лп}$
1	Січень	0,045826	
2	Лютий	0,0441216	
3	Березень	0,0328013	
4	Квітень	0,0050817	
5	Травень		-0,0260373
6	Червень		-0,0467939

7	Липень		-0,0597403
8	Серпень		-0,0538361
9	Вересень		-0,0198843
10	Жовтень	0,0101656	
11	Листопад	0,0302943	
12	Грудень	0,0414622	
		$W_{зп} = 0,2097527$	$W_{лп} = -0,2062919$

Так як  $W_{зп} = 0,2097527 \text{ кг/м}^2 > W_{лп} = 0,2062919 \text{ кг/м}^2$  то друга вимога норм не виконується.

Знаходимо збільшення вологи в утеплювачі за формулою:

$$\Delta w_2 = \frac{W_{зп}}{\delta_k \cdot \rho_k} 100\% = \frac{0,2097527}{0,2 \times 75} 100 = 1,4 \%$$

Так як  $\Delta w = 1,4 \% < \Delta w_d = 2,5 \%$  то перша вимога норм виконується.

Визначаємо середньозважене підвищення вологості утеплювача за формулою

$$\Delta w_{ср} = \frac{\Delta w_1 \times l_1 + \Delta w_2 \times l_2}{l_1 + l_2} = \frac{1,49 \times 37 + 1,9 \times 165}{37 + 165} = 1,42 \%$$

де  $l_1, l_2$  – відстань де утеплювач стикається зі сталевим листом та повітряним прошарком (рис. 2.14).

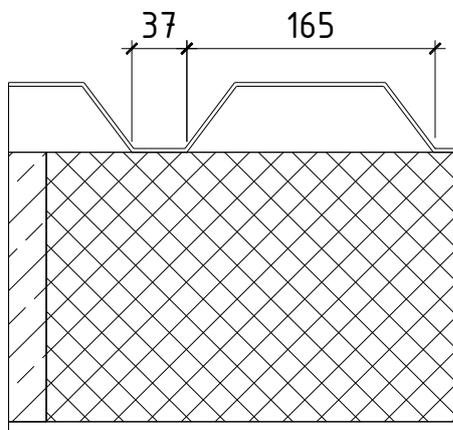


Рис. 2.1 - Відстань де утеплювач стикається зі сталевим листом та повітряним прошарком

					601-БП. 11393964.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		57

## 2.4 Розрахунок вологісного стану стіни із врахуванням її неоднорідності

Схема стіни для розрахунку вологісного поля наведена на рис. 2.15.

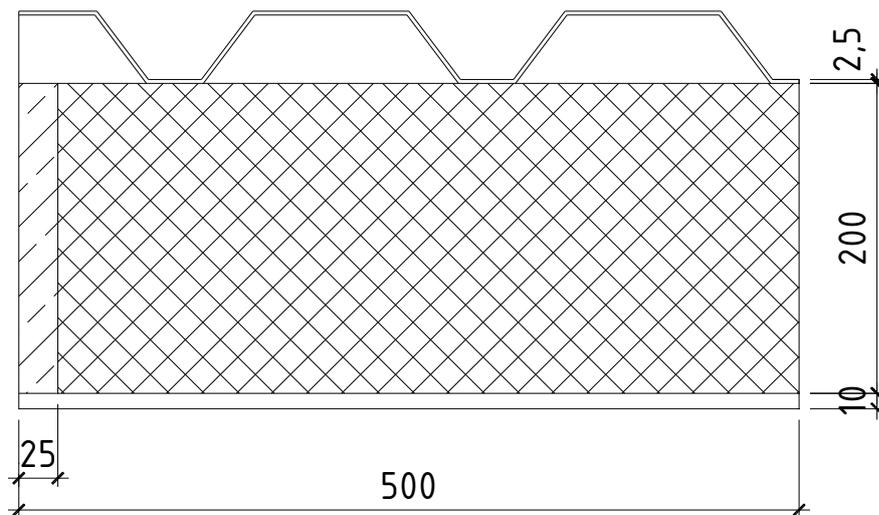


Рис. 2.15 – Схема стіни для розрахунку вологісного поля

Виконуємо розрахунок температурного поля у січні.

Результати розрахунку температурного поля наведені на рис. 2,16.

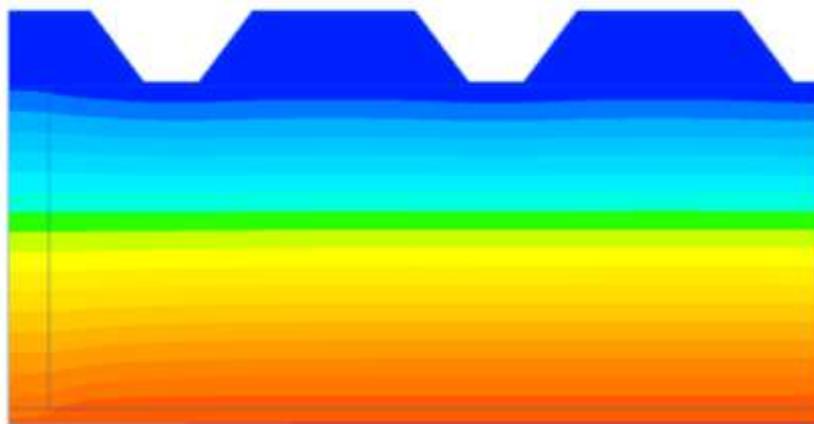


Рис. 2.16 – Температурне поле

За розрахунком температурного поля середня температура на зовнішній поверхні утеплювача становить  $t_{cp} = -5,11^{\circ}\text{C}$ .

Цій температурі відповідає максимальна пружність водяної пари  $E_{cp} = 398 \text{ Па}$

Знаходимо скільки водяної пари, що надходить до зони конденсації з боку приміщення за формулою

					601-БП. 11393964.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		58

$$i_{в1} = \frac{e_{в} - E_{ср}}{R_{ев}} = \frac{1287 - 398}{14} = 63,5 \text{ мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$$

Визначаємо кількість водяної пари, що виводиться назовні із зони конденсації за формулою

$$i_{з1} = \frac{E_{ср} - e_{з}}{R_{ез}} = \frac{398 - 325}{25000} = 0,003 \text{ мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$$

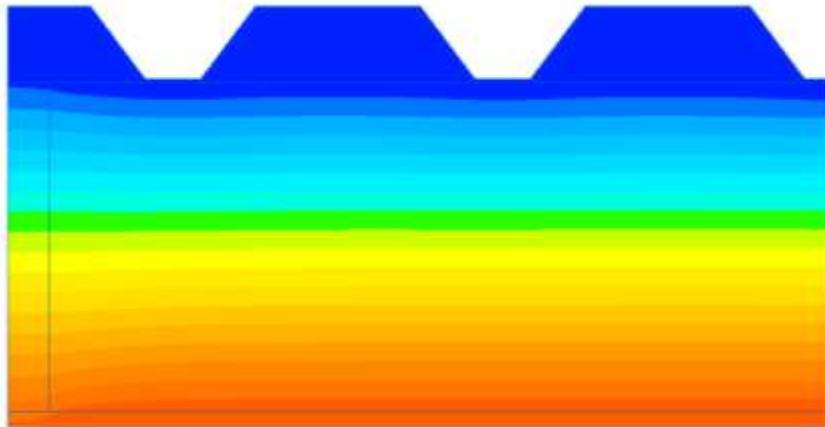
Визначаємо кількість вологи, що конденсується в конструкції за січень:

$$W_{зп1} = \tau(i_{в} - i_{з}) \cdot 10^{-6} = 744 \times (63,5 - 0,003) \times 10^{-6} = 0,0472 \text{ кг}/\text{м}^2$$

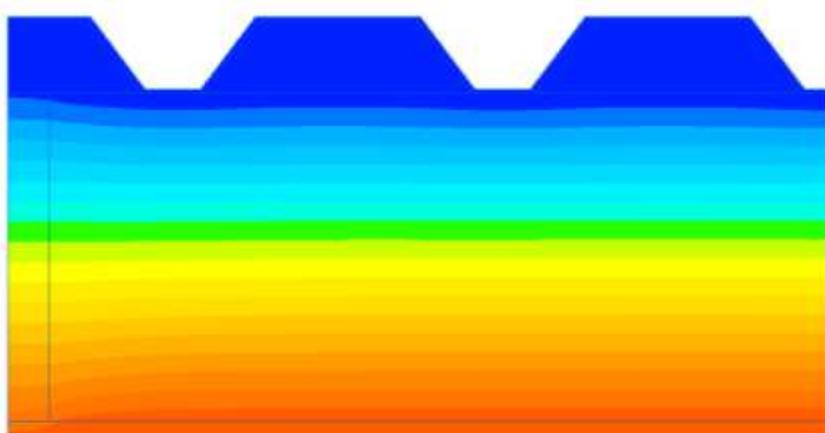
Аналогічні розрахунки виконуємо для інших місяців року

Температурні поля у різні місяці року наведені на рис. 2.17.

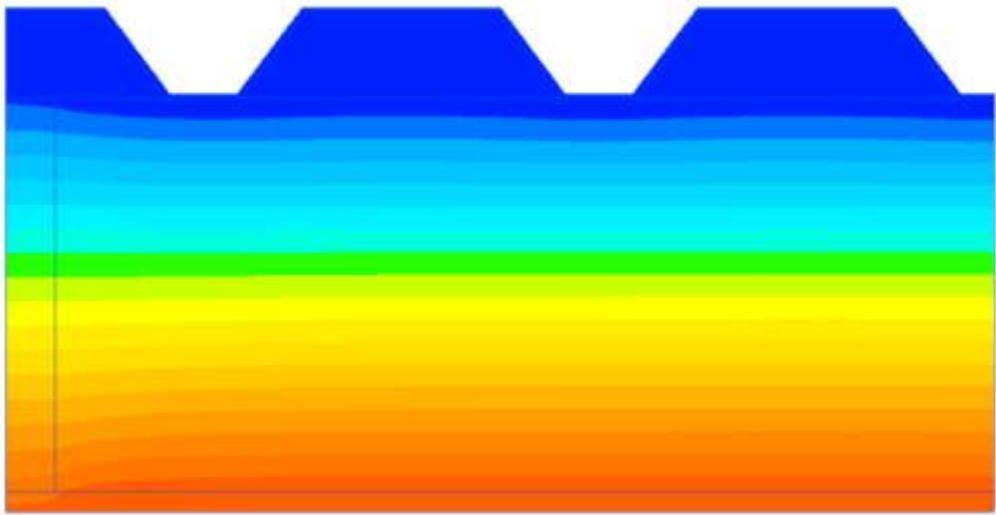
1)



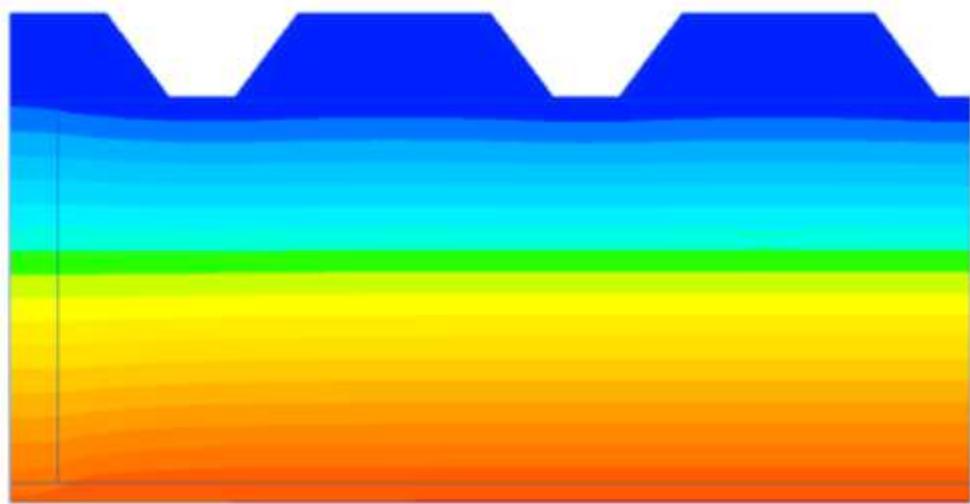
2)



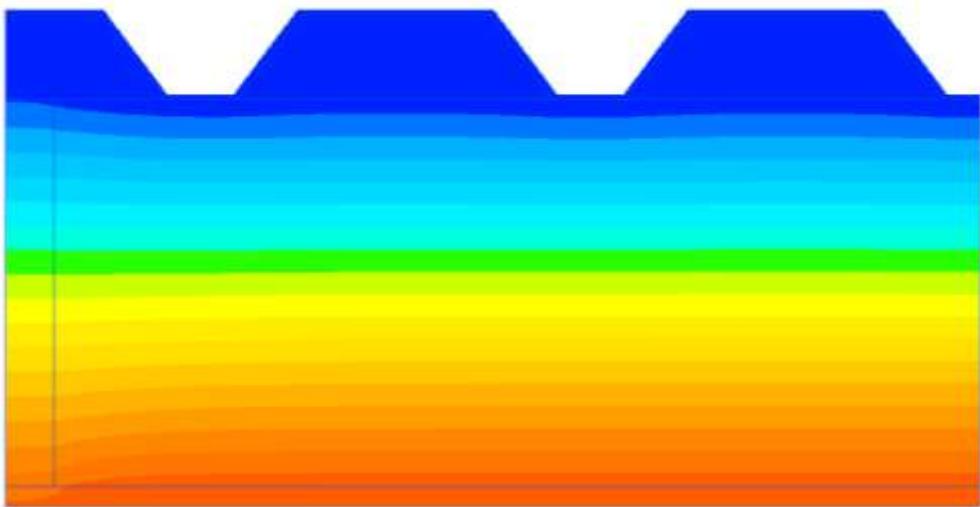
3)



4)



5)



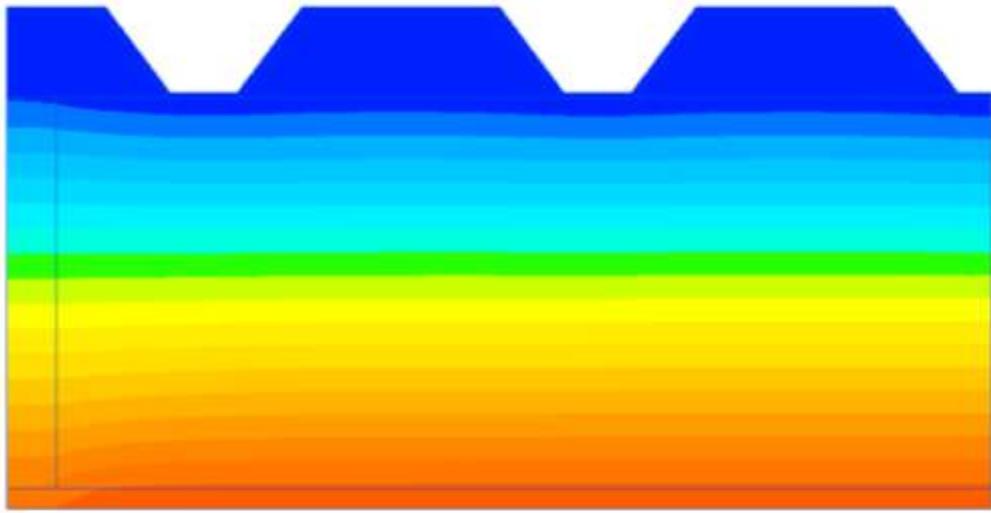
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

601-БП. 11393964.ПЗ

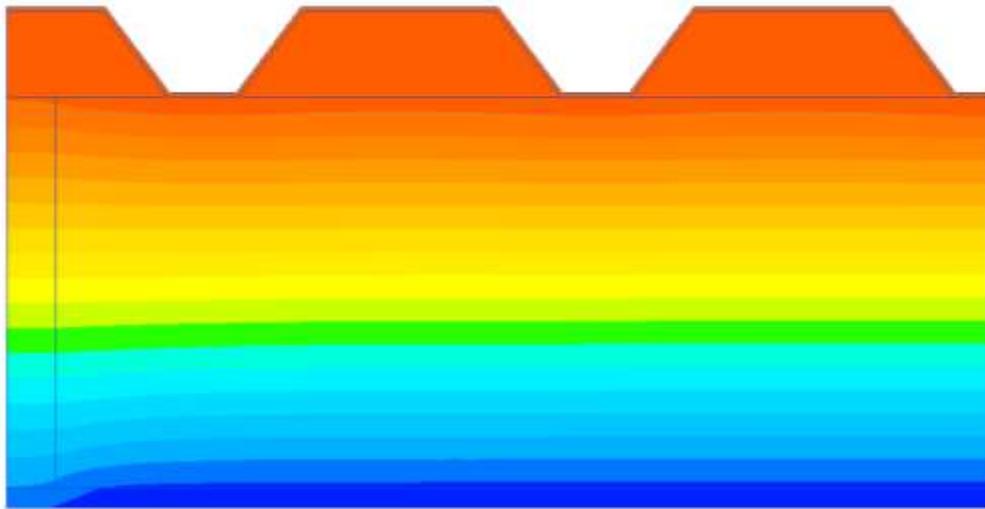
Арк.

60

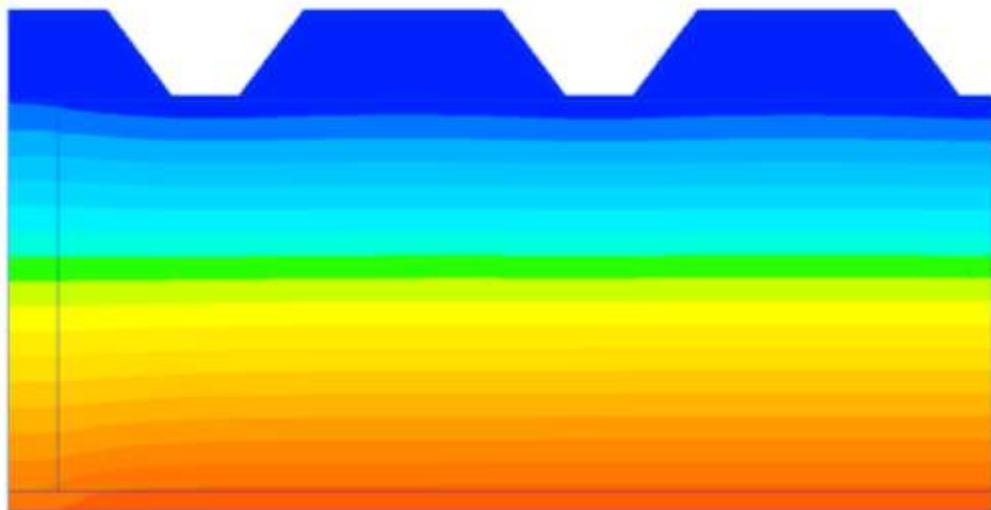
6)



7)



8)



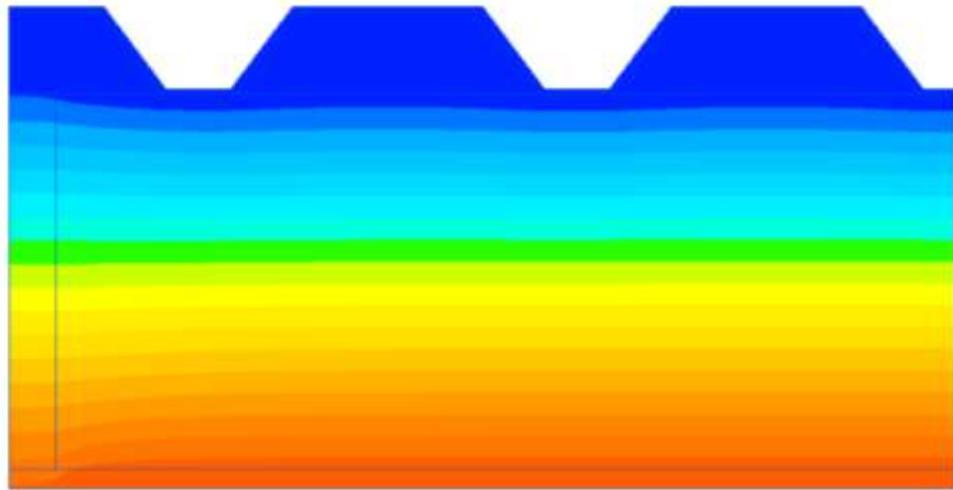
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

601-БП. 11393964.ПЗ

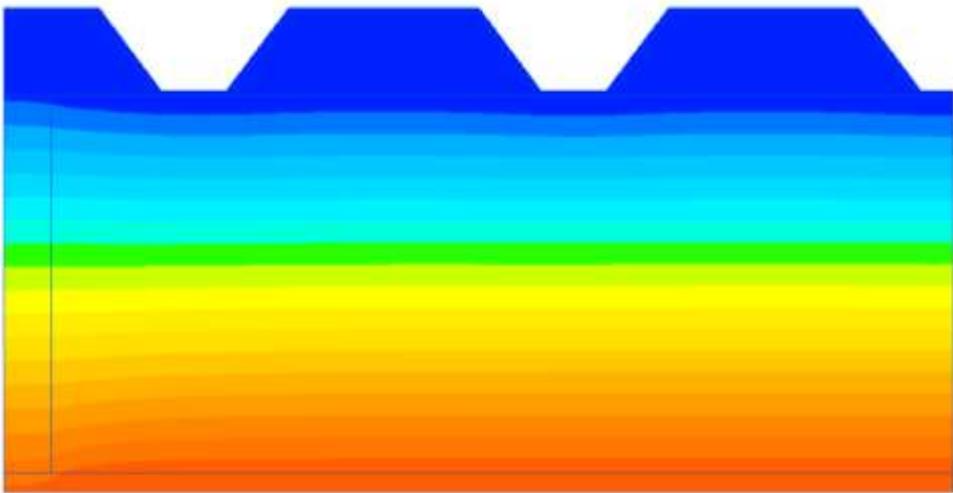
Арк.

61

9)



10)



11)

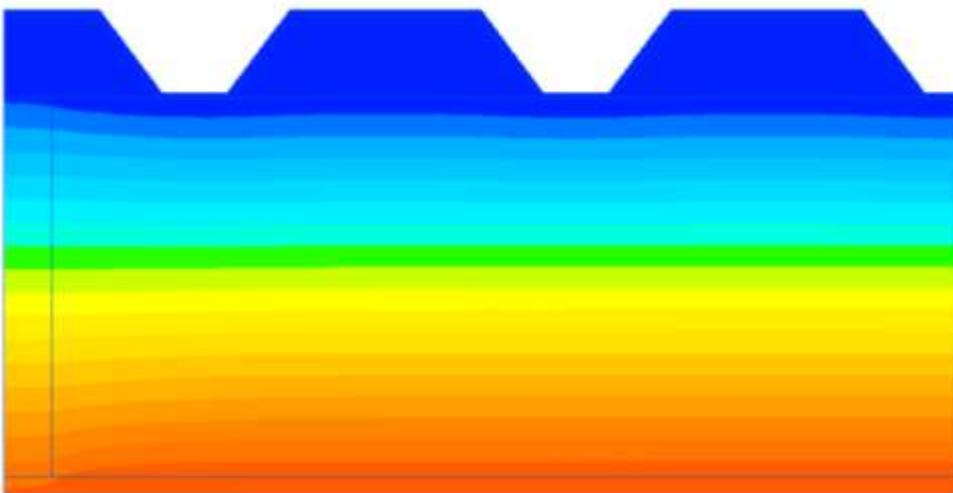


Рис. 2.17 - Температурні поля: 1) січень; 2) лютий; 3) березень; 4) квітень; 5) травень; 6) червень; 7) липень; 8) серпень; 9) вересень; 10) жовтень; 11 листопад;

Кількості вологи, що накопичується у утеплювачі протягом року наведена у табл. 2.6.

Таблиця 2.6

Кількості вологи, що накопичується у утеплювачі протягом року

№	Місяць року	Кількість вологи, що накопичується, кг/м <sup>2</sup> , $W_{зп}$	Кількість вологи, що випаровується, кг/м <sup>2</sup> , $W_{лп}$
1	Січень	0,0472269	
2	Лютий	0,0455698	
3	Березень	0,0349603	
4	Квітень	0,0064837	
5	Травень		-0,0253
6	Червень		-0,0464
7	Липень		-0,0599
8	Серпень		-0,0538
9	Вересень		-0,019
10	Жовтень	0,0116027	
11	Листопад	0,0317352	
12	Грудень	0,0429688	
		$W_{зп} = 0,2205474$	$W_{лп} = -0,2042821$

Так як  $W_{зп} = 0,2205474 \text{ кг/м}^2 > W_{лп} = 0,2042821 \text{ кг/м}^2$  то друга вимога норм не виконується.

Знаходимо збільшення вологи в утеплювачі за формулою:

$$\Delta w_2 = \frac{W_{зп}}{\delta_k \cdot \rho_k} 100\% = \frac{0,2205474}{0,2 \times 75} 100 = 1,47 \%$$

Так як  $\Delta w = 1,47 \% < \Delta w_d = 2,5 \%$  то перша вимога норм виконується.

					601-БП. 11393964.ПЗ	Арк.
						63
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ ПО РОЗДІЛУ 2.

1. Конструкцій стіни морського контейнеру переобладнаного під тимчасове житло не відповідає вимогам норм з вологісного стану.

2. Кількість вологи, що накопичується в стіни протягом періоду вологонакопичення більше вологості, що виходить зі стіни протягом періоду вологовіддачі.

3. В огороженні з рока в рік відбувається підвищення вологості утеплювача.

4. Якщо враховувати неоднорідність стіни то кількість вологи, що накопичується в утеплювачі збільшується на 1% за рік.

					601-БП. 11393964.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		64

**РОЗДІЛ. 3. ЗАСТОСУВАННЯ ВЕНТИЛЬОВАНОГО  
ПОВІТРЯНОГО ПРОШАРКУ В СТІНІ ДЛЯ  
ПРИВЕДЕННЯ ВОЛОГІСНОГО ТАНУ СТІНИ ДО  
ВИМОГ НОРМ.**

					601-БП. 11393964.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		65

Для покращення вологісного стану стіни пропонується застосування вентиляваних повітряних прошарків в стіні.

Прошарки улаштувати між утеплювачем та сталевим профільованим настилом. Вентилювати прошарок зовнішнім повітрям.

Схема розташування вентиляваного повітряного прошарку в стіні наведена на рис. 3.1.

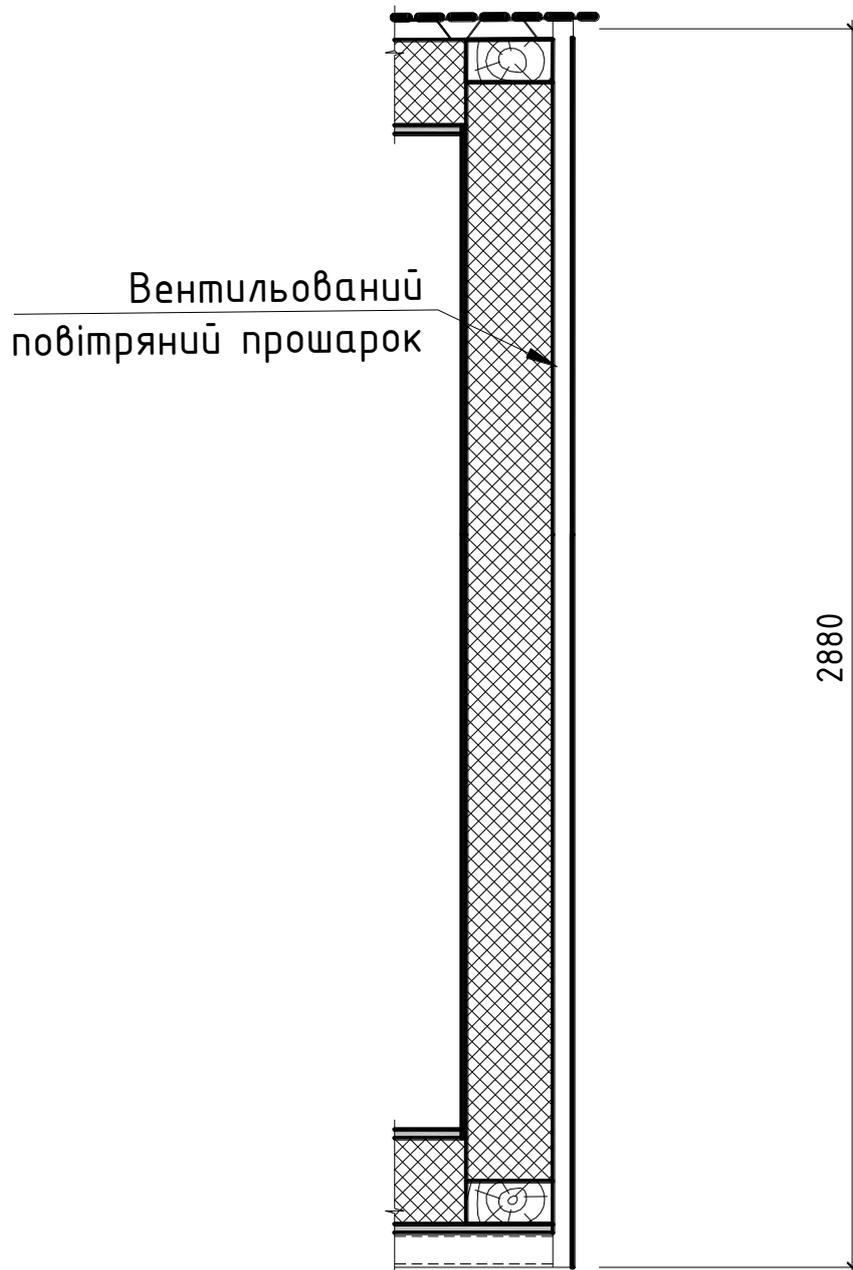


Рис. 3.1 - Схема розташування вентиляваного повітряного прошарку в стіні

Вузол входу повітря у вентиляваний прошарок наведено на рис. 3.2.

					601-БП. 11393964.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		66

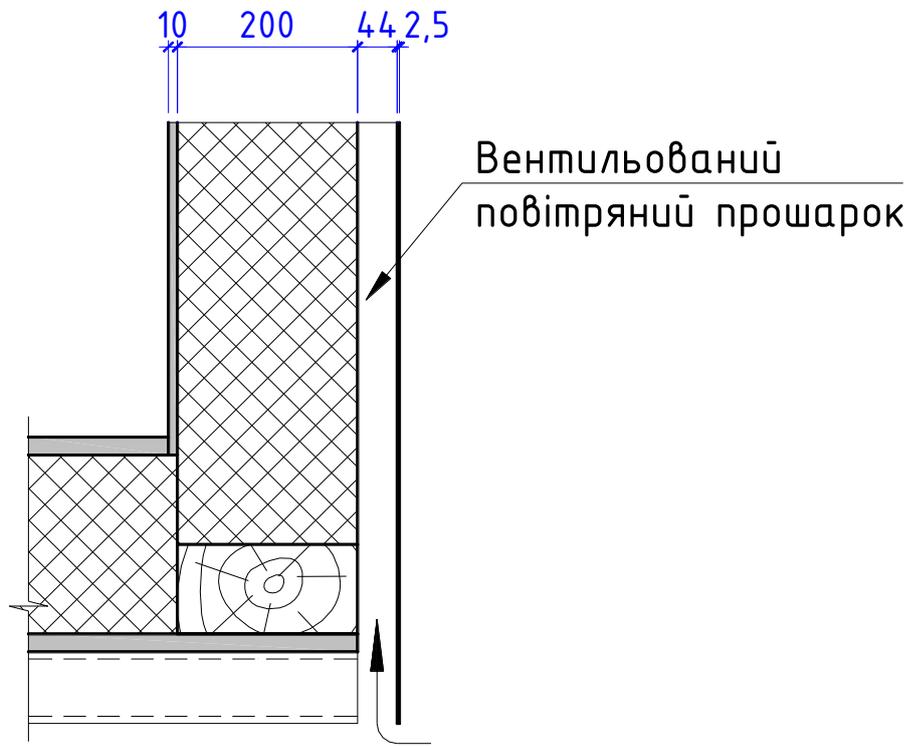


Рис. 3.2 - Вузол входу повітря у вентильований прошарок

Вузол виходу повітря з вентильованого прошарку наведено на рис. 3.3.

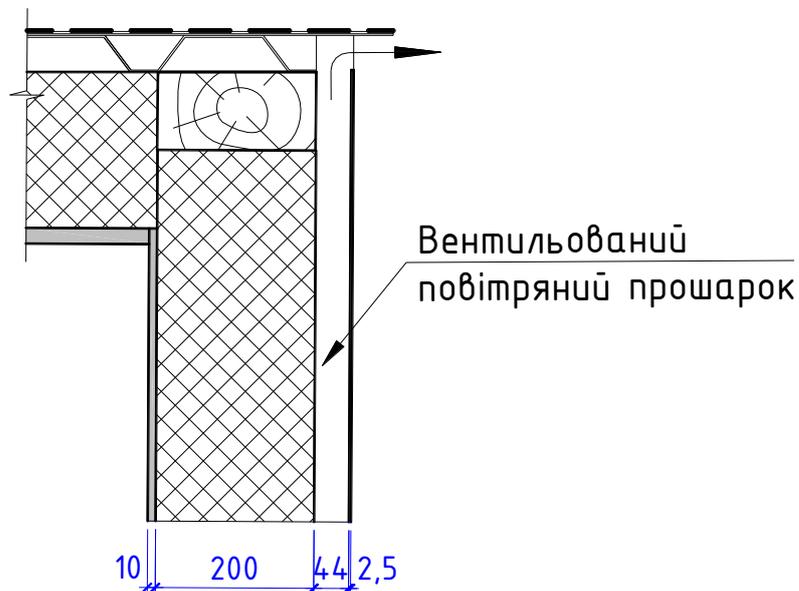


Рис. 3.3 - Вузол виходу повітря з вентильованого прошарку

Для розрахунку накопичення вологи в утеплювачі необхідно знайти середню температуру повітря та середню пружність водяної пари повітря у вентильованому повітряному прошарку для кожного місяця року.

					601-БП. 11393964.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		67

### 3.1 Методика визначення середньої температури повітря у вентилярованому повітряному прошарку та його швидкість

Середня температура повітря у вентилярованому прошарку визначається згідно [60] за формулою

$$t_{\text{пр}} = t_0 - (t_0 - t_{\text{зв}}) \frac{x_0}{h} \left( 1 - e^{-\frac{h}{x_0}} \right)$$

де  $t_0$  – гранична температура повітря в прошарку визначаємо за формулою

$$t_0 = \frac{\frac{t_{\text{в}}}{R_{\text{в.к}}} + \frac{t_{\text{зв}}}{R_{\text{зв.к}}}}{\frac{1}{R_{\text{в.к}}} + \frac{1}{R_{\text{зв.к}}}}$$

де  $t_{\text{в}}$ ,  $t_{\text{зв}}$  -температура внутрішнього та зовнішнього повітря.  $t_{\text{в}} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$

$R_{\text{в.к}}$  – опір теплопередачі стіни від внутрішньої поверхні до вентиляваного повітряного прошарку визначаємо за формулою

$$R_{\text{в.к}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_{\text{пр}}}$$

де  $\alpha_{\text{в}}$  -коефіцієнт теплообміну на внутрішній поверхні стіни  
 $\alpha_{\text{в}} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$

$\delta_1$   $\delta_2$  – товщина OSB та утеплювача.  $\delta_1 = 0,01 \text{ м}$ ,  $\delta_2 = 0,2 \text{ м}$

$\lambda_1$ ,  $\lambda_2$  – теплопровідність OSB та утеплювача.  $\lambda_1 = 0,13 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ ,  
 $\lambda_2 = 0,047 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$

$\alpha_{\text{пр}}$  – коефіцієнт теплообміну на поверхнях прошарку, за [60]  $\alpha_{\text{пр}} = 10,8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$

$R_{\text{зв.к}}$  - опір теплопередачі стіни від вентиляваного повітряного прошарку до зовнішньої поверхні визначаємо за формулою

					601-БП. 11393964.ПЗ	Арк.
						68
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R_{\text{зн.к}} = \frac{1}{\alpha_{\text{пр}}} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_{\text{зв}}}$$

де  $\delta_3$  – товщина профільованого листа.  $\delta_3 = 0,0025$  м

$\lambda_3$  – теплопровідність профільованого листа  $\lambda_3 = 58$  Вт/(м · К)

$\alpha_{\text{зв}}$  – коефіцієнт теплообміну на зовнішній поверхні стіни  $\alpha_{\text{зв}} = 23$  Вт/(м<sup>2</sup> · К)

$t_{\text{зв}}$  – середня температура зовнішнього повітря по місяцях року

$x_0$  – умовна висота визначаємо за формулою

$$x_0 = \frac{c_{\text{пов}} \cdot V_{\text{пр}} \cdot \delta_{\text{пр}} \cdot \rho_{\text{пр}}}{\frac{1}{R_{\text{в.к}}} + \frac{1}{R_{\text{зн.к}}}}$$

де  $c_{\text{пов}}$  – питома теплоємність повітря, за [60]  $c_{\text{в}} = 1005$  Дж/кг.

$V_{\text{пр}}$  – швидкість повітря у прошарку, визначаємо за формулою

$$V_{\text{пр}} = \sqrt{\frac{0,08h(t_{\text{пр}} - t_{\text{зн}})}{\sum \xi}}$$

де  $h$  - відстань від входу повітря у прошарок до виходу з прошарку.  $h = 2,88$  м

$t_{\text{пр}}$  – середня температура повітря у прошарку

$\sum \xi$  – сума коефіцієнтів місцевих опорів.  $\sum \xi = 3,5$

$\delta_{\text{пр}}$  – товщина прошарку.  $\delta_{\text{пр}} = 0,044$  м

$\rho_{\text{пр}}$  – середня густина повітря у прошарку визначаємо за формулою

$$\rho_{\text{пр}} = \frac{353}{273 + t_{\text{пр}}}$$

					601-БП. 11393964.ПЗ	Арк.
						69
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.2 Визначення середньої температури повітря у вентилязованому повітряному прошарку та його швидкість по місяцях року

Розрахунок виконуємо для січня.

#### Перший розрахунок.

Приймаємо швидкість повітря у прошарку  $V_{\text{пр}} = 1 \text{ м/с}$

На початку розрахунку середню температуру повітря у прошарку знаходимо за формулою

$$t_{\text{пр}} = 0,95t_{\text{зн}} = 0,95 * (-5,6) = 5,32 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Знаходимо середню густина повітря у прошарку за формулою

$$\rho_{\text{пр}} = \frac{353}{273 + t_{\text{пр}}} = \frac{353}{273 + (-5,32)} = 1,319 \text{ кг/м}^3$$

Знаходимо опір теплопередачі стіни від внутрішньої поверхні до вентилязованого повітряного прошарку за формулою

$$R_{\text{в.к}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_{\text{пр}}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,01}{0,13} + \frac{0,2}{0,047} + \frac{1}{10,8} = 4,54 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Знаходимо опір теплопередачі стіни від вентилязованого повітряного прошарку до зовнішньої поверхні за формулою

$$R_{\text{зн.к}} = \frac{1}{\alpha_{\text{пр}}} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_{\text{зв}}} = \frac{1}{10,8} + \frac{0,0025}{58} + \frac{1}{23} = 0,136 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Знаходимо граничну температуру повітря в прошарку за формулою

					601-БП. 11393964.ПЗ	Арк.
						70
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$t_0 = \frac{\frac{t_B}{R_{B.K}} + \frac{t_{3H}}{R_{3H.K}}}{\frac{1}{R_{B.K}} + \frac{1}{R_{3H.K}}} = \frac{\frac{20}{4,54} + \frac{-5,6}{0,136}}{\frac{1}{4,54} + \frac{1}{0,136}} = -4,85 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Знаходимо умовну висоту за формулою

$$x_0 = \frac{c_{\text{пов}} \cdot V_{\text{пр}} \cdot \delta_{\text{пр}} \cdot \rho_{\text{пр}}}{\frac{1}{R_{B.K}} + \frac{1}{R_{3H.K}}} = \frac{1005 * 1 * 0,044 * 1,319}{\frac{1}{4,54} + \frac{1}{0,136}} = 7,706$$

Знаходимо середню температуру повітря у прошарку за формулою

$$t_{\text{пр}} = t_0 - (t_0 - t_{3B}) \frac{x_0}{h} \left( 1 - e^{-\frac{h}{x_0}} \right) =$$

$$= -4,85 - (-4,85 - (-5,6)) * \frac{7,706}{2,88} * \left( 1 - e^{\frac{2,88}{7,706}} \right) = -5,48 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Знаходимо швидкість повітря у прошарку, за формулою

$$V_{\text{пр}} = \sqrt{\frac{0,08h(t_{\text{пр}} - t_{3H})}{\sum \xi}} = \sqrt{\frac{0,08 * 2,88(-5,32 - 5,6)}{3,5}} = 0,136 \text{ м/с}$$

Як видно з першого розрахунку температура повітря у прошарку та його швидкість значно відрізняються від прийнятих на початку розрахунку. Тому повторюємо розрахунок використовуючи знайдені величини  $t_{\text{пр}}$  та  $V_{\text{пр}}$ .

### Другий розрахунок

Знаходимо середню густину повітря у прошарку за формулою

$$\rho_{\text{пр}} = \frac{353}{273 + t_{\text{пр}}} = \frac{353}{273 + (-5,48)} = 1,32 \text{ кг/м}^3$$

					601-БП. 11393964.ПЗ	Арк.
						71
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Знаходимо умовну висоту за формулою

$$x_0 = \frac{c_{\text{пов}} \cdot V_{\text{пр}} \cdot \delta_{\text{пр}} \cdot \rho_{\text{пр}}}{\frac{1}{R_{\text{в.к}}} + \frac{1}{R_{\text{зн.к}}}} = \frac{1005 * 0,136 * 0,044 * 1,32}{\frac{1}{4,54} + \frac{1}{0,136}} = 1,047$$

Знаходимо середню температуру повітря у прошарку за формулою

$$t_{\text{пр}} = t_0 - (t_0 - t_{\text{зв}}) \frac{x_0}{h} \left( 1 - e^{-\frac{h}{x_0}} \right) =$$
$$= -4,85 - (-4,85 - (-5,6)) * \frac{1,047}{2,88} * \left( 1 - e^{-\frac{2,88}{1,047}} \right) = -5,11 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Знаходимо швидкість повітря у прошарку, за формулою

$$V_{\text{пр}} = \sqrt{\frac{0,08h(t_{\text{пр}} - t_{\text{зн}})}{\sum \xi}} = \sqrt{\frac{0,08 * 2,88(-5,11 - 5,6)}{3,5}} = 0,18 \text{ м/с}$$

Як видно з другого розрахунку температура повітря у прошарку та його швидкість значно відрізняються від визначених у першому розрахунку. Тому повторюємо розрахунок використовуючи знайдені величини  $t_{\text{пр}}$  та  $V_{\text{пр}}$ .

### Третій розрахунок

Знаходимо середню густина повітря у прошарку за формулою

$$\rho_{\text{пр}} = \frac{353}{273 + t_{\text{пр}}} = \frac{353}{273 + (-5,11)} = 1,318 \text{ кг/м}^3$$

Знаходимо умовну висоту за формулою

					601-БП. 11393964.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		72

$$x_0 = \frac{c_{\text{пов}} \cdot V_{\text{пр}} \cdot \delta_{\text{пр}} \cdot \rho_{\text{пр}}}{\frac{1}{R_{\text{в.к}}} + \frac{1}{R_{\text{зн.к}}}} = \frac{1005 * 0,18 * 0,044 * 1,318}{\frac{1}{4,54} + \frac{1}{0,136}} = 1,385$$

Знаходимо середню температуру повітря у прошарку за формулою

$$t_{\text{пр}} = t_0 - (t_0 - t_{\text{зв}}) \frac{x_0}{h} \left( 1 - e^{-\frac{h}{x_0}} \right) =$$

$$= -4,85 - (-4,85 - (-5,6)) * \frac{1,385}{2,88} * \left( 1 - e^{-\frac{2,88}{1,385}} \right) = -5,17 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Знаходимо швидкість повітря у прошарку, за формулою

$$V_{\text{пр}} = \sqrt{\frac{0,08h(t_{\text{пр}} - t_{\text{зн}})}{\sum \xi}} = \sqrt{\frac{0,08 * 2,88(-5,17 - 5,6)}{3,5}} = 0,169 \text{ м/с}$$

Як видно з другого розрахунку швидкість повітря у прошарку значно відрізняються від прийнятих на початку розрахунку. Тому повторюємо розрахунок використовуючи знайдені величини  $t_{\text{пр}}$  та  $V_{\text{пр}}$ .

#### Четвертий розрахунок

Знаходимо середню густина повітря у прошарку за формулою

$$\rho_{\text{пр}} = \frac{353}{273 + t_{\text{пр}}} = \frac{353}{273 + (-5,17)} = 1,318 \text{ кг/м}^3$$

Знаходимо умовну висоту за формулою

$$x_0 = \frac{c_{\text{пов}} \cdot V_{\text{пр}} \cdot \delta_{\text{пр}} \cdot \rho_{\text{пр}}}{\frac{1}{R_{\text{в.к}}} + \frac{1}{R_{\text{зн.к}}}} = \frac{1005 * 0,169 * 0,044 * 1,318}{\frac{1}{4,54} + \frac{1}{0,136}} = 1,298$$

					601-БП. 11393964.ПЗ	Арк.
						73
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Знаходимо середню температуру повітря у прошарку за формулою

$$t_{\text{пр}} = t_0 - (t_0 - t_{\text{зв}}) \frac{x_0}{h} \left(1 - e^{-\frac{h}{x_0}}\right) =$$
$$= -4,85 - (-4,85 - (-5,6)) * \frac{1,298}{2,88} * \left(1 - e^{-\frac{2,88}{1,298}}\right) = -5,15 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Знаходимо швидкість повітря у прошарку, за формулою

$$V_{\text{пр}} = \sqrt{\frac{0,08h(t_{\text{пр}} - t_{\text{зв}})}{\sum \xi}} = \sqrt{\frac{0,08 * 2,88(-5,15 - 5,6)}{3,5}} = 0,171 \text{ м/с}$$

Як видно з другого розрахунку швидкість повітря у прошарку значно відрізняються від прийнятих на початку розрахунку. Тому повторюємо розрахунок використовуючи знайдені величини  $t_{\text{пр}}$  та  $V_{\text{пр}}$ .

### П'ятий розрахунок

Знаходимо середню густина повітря у прошарку за формулою

$$\rho_{\text{пр}} = \frac{353}{273 + t_{\text{пр}}} = \frac{353}{273 + (-5,15)} = 1,318 \text{ кг/м}^3$$

Знаходимо умовну висоту за формулою

$$x_0 = \frac{c_{\text{пов}} \cdot V_{\text{пр}} \cdot \delta_{\text{пр}} \cdot \rho_{\text{пр}}}{\frac{1}{R_{\text{в.к}}} + \frac{1}{R_{\text{зн.к}}}} = \frac{1005 * 0,171 * 0,044 * 1,318}{\frac{1}{4,54} + \frac{1}{0,136}} = 1,319$$

Знаходимо середню температуру повітря у прошарку за формулою

					601-БП. 11393964.ПЗ	Арк.
						74
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$t_{\text{пр}} = t_0 - (t_0 - t_{\text{зв}}) \frac{x_0}{h} \left( 1 - e^{-\frac{h}{x_0}} \right) =$$

$$= -4,85 - (-4,85 - (-5,6)) * \frac{1,319}{2,88} * \left( 1 - e^{-\frac{2,88}{1,319}} \right) = -5,16 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Знаходимо швидкість повітря у прошарку, за формулою

$$V_{\text{пр}} = \sqrt{\frac{0,08h(t_{\text{пр}} - t_{\text{зв}})}{\sum \xi}} = \sqrt{\frac{0,08 * 2,88(-5,16 - 5,6)}{3,5}} = 0,17 \text{ м/с}$$

Середня температура повітря у прошарку та швидкість руху повітря у прошарку у четвертому розрахунку становить

$$t_{\text{пр}} = -5,15 \text{ } ^\circ\text{C}, \text{ та } V_{\text{пр}} = 0,171 \text{ м/с}$$

а у п'ятому розрахунку

$$t_{\text{пр}} = -5,16 \text{ } ^\circ\text{C}, \text{ та } V_{\text{пр}} = 0,17 \text{ м/с}$$

Розходження між цими величинами незначне тому подальші розрахунки не виконуємо.

Аналогічні розрахунки виконуємо для інших місяців року (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

№	Місяць року	Середня температура повітря у прошарку	Швидкість повітря у прошарк
1	Січень	-5,15	0,17
2	Лютий	-4,27	0,168
3	Березень	0,66	0,154
4	Квітень	9,23	0,122
5	Травень	15,51	0,084
6	Червень	18,73	0,047
7	Липень	20,5	0
8	Серпень	19,7	0,023
9	Вересень	14,43	0,092
10	Жовтень	7,95	0,128

11	Листопад	1,65	0,151
12	Грудень	-2,99	0,165

### 3.3 Методика визначення середнього парціального тиску водяної пари повітря у вентилярованому повітряному прошарку

Середню пружність водяної пари у вентилярованому повітряному прошарку визначаємо за формулою

$$e_{\text{пр}} = \frac{e_{\text{поч}} + e_{\text{кін}}}{2}$$

де  $e_{\text{поч}}$  – парціальний тиск водяної пари на вході повітря у прошарок.  $e_{\text{поч}} = e_{\text{зн}}$   
 $e_{\text{зн}}$  – середньомісячний парціальний тиск водяної пари зовнішнього повітря знаходимо за формулою

$$e_{\text{зн}} = E_{\text{зн}} * \varphi_{\text{зн}} * 0,01$$

де  $E_{\text{зн}}$  – парціальний тиск насиченої водяної пари зовнішнього повітря знаходимо за середньомісячною температурою зовнішнього повітря

$\varphi_{\text{зн}}$  – середньомісячна відносна вологість зовнішнього повітря

$e_{\text{кін}}$  - парціальний тиск водяної пари на виході з прошарку визначаємо за формулою

$$e_{\text{кін}} = \frac{A_{\text{п}} + [e_{\text{зн}}(M_{\text{в}} + M_{\text{зн}}) - A_{\text{п}}]e^{-\frac{(M_{\text{в}} + M_{\text{зн}})h}{W*B}}}{M_{\text{в}} + M_{\text{зн}}}$$

де  $A_{\text{п}}$  – знаходимо за формулою

$$A_{\text{п}} = M_{\text{в}} * e_{\text{в}} + M_{\text{зн}} * e_{\text{зн}}$$

де  $M_{\text{в}}$  визначаємо за формулою

					601-БП. 11393964.ПЗ	Арк.
						76
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M_B = \frac{1}{R_{e.B}}$$

де  $R_{e.B}$  – опір паропроникненню стіни розташованої між внутрішньою поверхнею та вентиляваним прошарком знаходимо за формулою

$$R_{e.B} = \frac{\delta_1}{\mu_1} + \frac{\delta_2}{\mu_2} + \frac{\delta_3}{\mu_3}$$

де  $\delta_1$ ,  $\delta_2$ ,  $\delta_3$  – товщина OSB, пароізоляції та утеплювача.  $\delta_1 = 0,01$  м,  $\delta_2 = 0,0002$  м,  $\delta_3 = 0,2$  м

$\mu_1$ ,  $\mu_2$ ,  $\mu_3$  – коефіцієнт паропроникності OSB, пароізоляції та утеплювача.  $\mu_1 = 0,003 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$ ,  $\mu_2 = 0,00002 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$ ,  $\mu_3 = 0,3 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$   
де  $M_{зв}$  визначаємо за формулою

$$M_{зв} = \frac{1}{R_{e.зв}}$$

де  $R_{e.зв}$  – опір паропроникненню профільованого листа знаходимо за формулою

$$R_{e.зв} = \frac{\delta_4}{\mu_4}$$

де  $\delta_4$  – товщина профільованого листа.  $\delta_4 = 0,0025$  м

$\mu_4$  – коефіцієнт паропроникності профільованого листа  
 $\mu_4 = 0,0000001 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$

$e_B$  – парціальний тиск внутрішнього повітря знаходимо за формулою

$$e_B = E_B * \varphi_B * 0,01$$

де  $E_B$  – парціальний тиск насиченої пари знаходимо по температурі внутрішнього повітря  $E_B = 2340$  Па

					601-БП. 11393964.ПЗ	Арк.
						77
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$\varphi_B$  – відносна вологість внутрішнього повітря.  $\varphi_B = 55 \%$

де  $h$  - відстань від входу повітря у прошарок до виходу з прошарку.  $h = 2,88$  м

$W$  – обсяг повітря, що проходить по прошарку за годину знаходимо за формулою

$$W = 3600 * V_{\text{пр}} * \delta_{\text{пр}}$$

де  $V_{\text{пр}}$  - швидкість повітря у прошарку приймаємо з попереднього розрахунку

$\delta_{\text{пр}}$  – товщина прошарку.  $\delta_{\text{пр}} = 0,044$  м

$B$  – знаходимо за формулою

$$B = \frac{0,00794}{1 + \frac{t_{\text{пр}}}{273}}$$

### 3.4 Визначення середнього парціального тиску повітря у вентиляваному повітряному прошарку

Розрахунок виконуємо для січня.

Знаходимо значення  $B$  за формулою

$$B = \frac{0,00794}{1 + \frac{t_{\text{пр}}}{273}} = \frac{0,00794}{1 + \frac{-5,6}{273}} = 0,008093 \text{ г}/(\text{м}^3 \cdot \text{Па})$$

$W$  – обсяг повітря, що проходить по прошарку за годину знаходимо за формулою

$$W = 3600 * V_{\text{пр}} * \delta_{\text{пр}} = 3600 * 0,171 * 0,044 = 27 \text{ м}^3/\text{год.}$$

					601-БП. 11393964.ПЗ	Арк.
						78
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Знаходимо парціальний тиск внутрішнього повітря за формулою

$$e_B = E_B * \varphi_B * 0,01 = 2340 * 55 * 0,01 = 1287 \text{ Па}$$

Знаходимо парціальний тиск зовнішнього повітря в січні за формулою

$$e_{зв} = E_{зв} * \varphi_{зв} * 0,01 = 382 * 85 * 0,01 = 325 \text{ Па}$$

Знаходимо  $M_B$  за формулою

$$M_B = \frac{1}{R_{e.B}} = \frac{1}{14} = 0,0714 \text{ мг/м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па} = 0,0000714 \text{ г/м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}$$

де  $R_{e.B}$  – опір паропроникненню стіни розташованої між внутрішньою поверхнею та вентильованим прошарком знаходимо за формулою

$$R_{e.B} = \frac{\delta_1}{\mu_1} + \frac{\delta_2}{\mu_2} + \frac{\delta_3}{\mu_3} = \frac{0,01}{0,003} + \frac{0,0002}{0,00002} + \frac{0,2}{0,3} = 14 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

Знаходимо  $M_{зв}$  за формулою

$$M_{зв} = \frac{1}{R_{e.зв}} = \frac{1}{25000} = 0,00004 \text{ мг/м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па} = 0,00000004 \text{ г/м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}$$

де  $R_{e.зв}$  – опір паропроникненню профільованого листа знаходимо за формулою

$$R_{e.зв} = \frac{\delta_4}{\mu_4} = \frac{0,0025}{0,0000001} = 25000 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

Знаходимо  $A_{п}$  за формулою

					601-БП. 11393964.ПЗ	Арк.
						79
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$A_{\Pi} = M_B * e_B + M_{\text{ЗН}} * e_{\text{ЗН}} = 0,0714 * 1287 + 0,00004 * 325 = 0,0919 \text{ г/м}^2 \cdot \text{год.}$$

Знаходимо парціальний тиск водяної пари на виході з прошарку

$$e_{\text{кін}} = \frac{A_{\Pi} + [e_{\text{ЗН}}(M_B + M_{\text{ЗН}}) - A_{\Pi}]e^{-\frac{(M_B + M_{\text{ЗН}})h}{W * B}}}{M_B + M_{\text{ЗН}}}$$

$$= \frac{0,0919 + [325(0,0000714 + 0,00000004) - 0,0919]e^{-\frac{(0,0000714 + 0,00000004)2,88}{27 * 0,008093}}}{0,0000714 + 0,00000004}$$

$$= 325,9 \text{ Па}$$

Знаходимо середній парціальний тиск водяної пари в повітрі вентиляваного прошарку за формулою

$$e_{\text{пр}} = \frac{e_{\text{поч}} + e_{\text{кін}}}{2} = \frac{325 + 325,9}{2} = 325,5 \text{ Па}$$

Аналогічні розрахунки виконуємо для інших місяців року. Результати розрахунку наведені у табл. 3.

Таблиця 3.1

№	Місяць року	Середньомісячна температура повітря у прошарку	Середньомісячний парціальний тиск водяної пари в повітрі прошарку
1	Січень	-5,15	325,5
2	Лютий	-4,27	343
3	Березень	0,66	500,4
4	Квітень	9,23	781
5	Травень	15,51	1101
6	Червень	18,73	1446
7	Липень	20,5	1665
8	Серпень	19,7	1584

9	Вересень	14,43	1191
10	Жовтень	7,95	809,3
11	Листопад	1,65	585,4
12	Грудень	-2,99	406,4

### 3.5 Розрахунок вологісного стану стіни із врахуванням її неоднорідності

#### Виконуємо розрахунок температурного поля у січні.

За результатами попередніх розрахунків температура повітря у повітряному прошарку становить  $t_{пр} = -5,15 \text{ }^\circ\text{C}$ , а парціальний тиск водяної пари  $e_{пр} = 325,5 \text{ Па}$ .

Результати розрахунку температурного поля наведені на рис. 3.4.

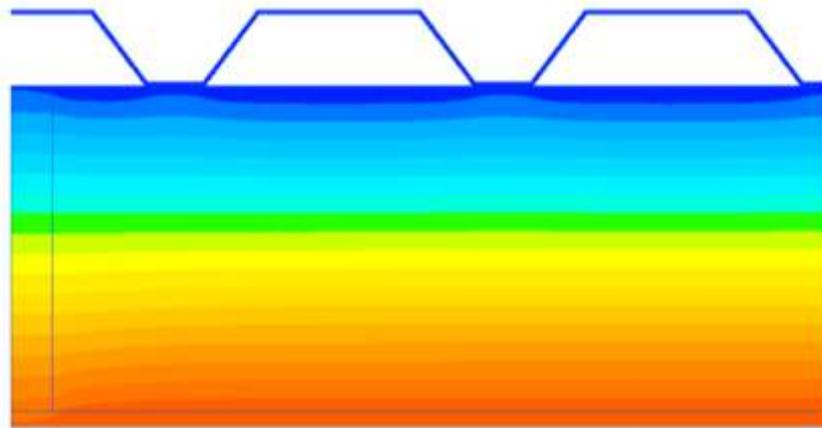


Рис. 3.4 – Температурне поле

За розрахунком температурного поля середня температура на зовнішній поверхні утеплювача у місці де він стикається з повітрям прошарку становить  $t_{ср} = -4,62 \text{ }^\circ\text{C}$ . Цій температурі відповідає парціальний тиск насиченої водяної пари  $E_{ср} = 416 \text{ Па}$ .

Результати розрахунку поля парціальних тисків наведені на рис. 3.5.

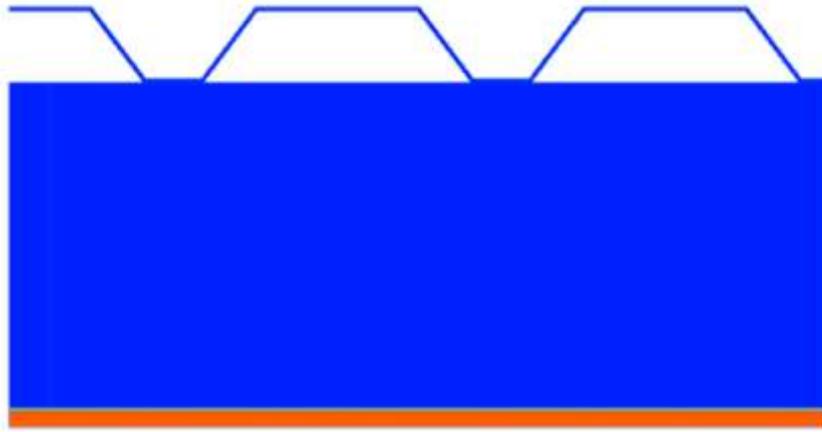


Рис. 3.5 – Температурне поле

За розрахунком поля парціальних тисків середній парціальний тиск на зовнішній поверхні утеплювача у місті де він стикається з повітрям прошарку становить  $e_{cp} = 326$  Па.

Так як  $E_{cp} = 416$  Па  $>$   $e_{cp} = 326$  Па то конденсації водяної пари на ділянці де утеплювач стикається з повітрям прошарку відбуватися не буде.  $W_{зп1} = 0$  кг/м<sup>2</sup>

За розрахунком температурного поля середня температура на поверхні утеплювача у місті де він стикається зі сталевим листом становить  $t_{cp} = -5,39$  °С. Цій температурі відповідає парціальний тиск насиченої водяної пари  $E_{cp} = 389$  Па.

За розрахунком поля парціальних тисків середній парціальний тиск на зовнішній поверхні утеплювача у місті де він стикається зі сталевим листом становить  $e_{cp} = 1286$  Па.

Так як  $E_{cp} = 389$  Па  $<$   $e_{cp} = 1286$  Па то на ділянці де утеплювач стикається зі сталевим листом відбувається конденсації водяної пари.

Знаходимо скільки водяної пари, що надходить до зони конденсації з боку приміщення за формулою

$$i_B = \frac{e_B - E_{cp}}{R_{ев}} = \frac{1287 - 389}{14,0267} = 64,021 \text{ мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$$

Знаходимо кількість водяної пари, що виводиться назовні із зони конденсації на ділянці де утеплювач стикається зі сталевим листом за формулою

					601-БП. 11393964.ПЗ	Арк.
						82
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$i_{\text{зн}} = \frac{E_{\text{ср}} - e_{\text{пр}}}{R_{\text{езн1}}} = \frac{389 - 325}{25000} = 0,0026 \text{ мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$$

Знаходимо кількість вологи, що конденсується в конструкції за січень за формулою

$$W_{\text{зн2}} = \tau(i_{\text{в}} - i_{\text{зн}}) \cdot 10^{-6} = 744 \times (64,021 - 0,0026) \times 10^{-6} = 0,0476 \text{ кг}/\text{м}^2$$

Знаходимо середньозважену кількість вологи, що конденсується в конструкції за січень за формулою

$$W_{\text{зн.ср}} = \frac{W_{\text{зн1}} * l_1 + W_{\text{зн2}} * l_2}{l_1 + l_2} = \frac{0 * 49,3 + 0,00476 * 8,4}{49,3 + 8,4} = 0,00069 \text{ кг}/\text{м}^2$$

де  $l_1, l_2$  – довжина ділянок де утеплювач стикується з вентиляльованим прошарком та сталевим листом.  $l_1 = 49,3$  мм,  $l_2 = 8,4$  мм

### Виконуємо розрахунок температурного поля у лютому.

За результатами попередніх розрахунків температура повітря у повітряному прошарку становить  $t_{\text{пр}} = -4,27$  °С, а парціальний тиск водяної пари  $e_{\text{пр}} = 343$  Па.

Результати розрахунку температурного поля наведені на рис. 3.6.

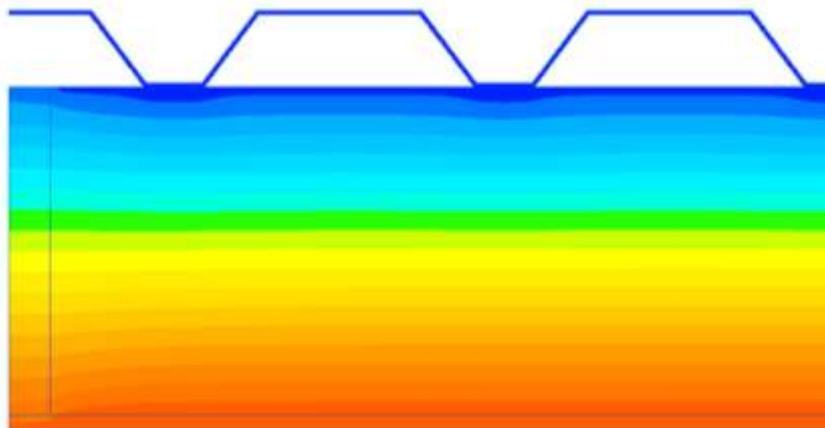


Рис. 3.6 – Температурне поле

					601-БП. 11393964.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		83

За розрахунком температурного поля середня температура на зовнішній поверхні утеплювача у місті де він стикується з повітрям прошарку становить  $t_{cp} = -3,7^{\circ}\text{C}$ . Цій температурі відповідає парціальний тиск насиченої водяної пари  $E_{cp} = 449 \text{ Па}$ .

Результати розрахунку поля парціальних тисків наведені на рис. 3.7.

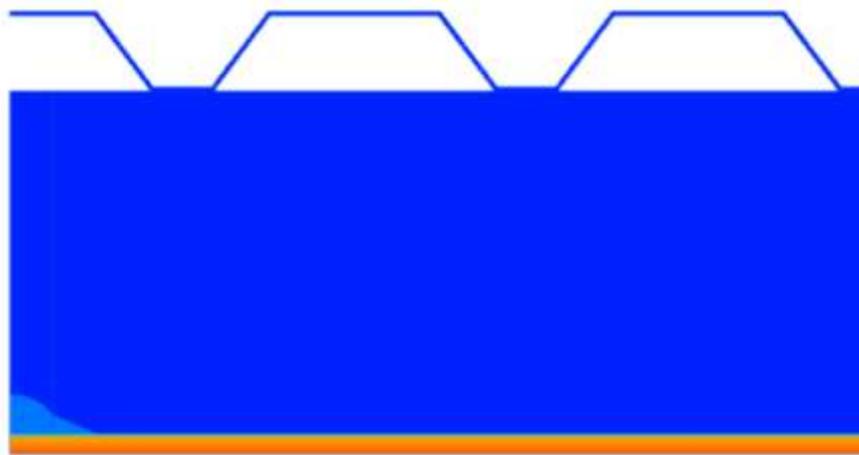


Рис. 3.7 – Температурне поле

За розрахунком поля парціальних тисків середній парціальний тиск на зовнішній поверхні утеплювача у місті де він стикується з повітрям прошарку становить  $e_{cp} = 343 \text{ Па}$ .

Так як  $E_{cp} = 449 \text{ Па} > e_{cp} = 343 \text{ Па}$  то конденсації водяної пари на ділянці де утеплювач стикується з повітрям прошарку відбуватися не буде.  $W_{зп1} = 0 \text{ кг/м}^2$

За розрахунком температурного поля середня температура на поверхні утеплювача у місті де він стикується зі сталевим листом становить  $t_{cp} = -4,3^{\circ}\text{C}$ . Цій температурі відповідає парціальний тиск насиченої водяної пари  $E_{cp} = 427 \text{ Па}$ .

За розрахунком поля парціальних тисків середній парціальний тиск на зовнішній поверхні утеплювача у місті де він стикується зі сталевим листом становить  $e_{cp} = 1287 \text{ Па}$ .

Так як  $E_{cp} = 427 \text{ Па} < e_{cp} = 1287 \text{ Па}$  то на ділянці де утеплювач стикується зі сталевим листом відбувається конденсації водяної пари.

Знаходимо скільки водяної пари, що надходить до зони конденсації з боку приміщення за формулою

$$i_{\text{в}} = \frac{e_{\text{в}} - E_{\text{ср}}}{R_{\text{ев}}} = \frac{1287 - 427}{14,0267} = 61,31 \text{ мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$$

Знаходимо кількість водяної пари, що виводиться назовні із зони конденсації на ділянці де утеплювач стикується зі сталевим листом за формулою

$$i_{\text{зн}} = \frac{E_{\text{ср}} - e_{\text{пр}}}{R_{\text{езн1}}} = \frac{427 - 343}{25000} = 0,0034 \text{ мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$$

Знаходимо кількість вологи, що конденсується в конструкції за січень за формулою

$$W_{\text{зп2}} = \tau(i_{\text{в}} - i_{\text{зн}}) \cdot 10^{-6} = 744 \times (61,31 - 0,0034) \times 10^{-6} = 0,0456 \text{ кг}/\text{м}^2$$

### **Виконуємо розрахунок температурного поля у березні.**

За результатами попередніх розрахунків температура повітря у повітряному прошарку становить  $t_{\text{пр}} = 0,66 \text{ }^\circ\text{C}$ , а парціальний тиск водяної пари  $e_{\text{пр}} = 500 \text{ Па}$ .

Результати розрахунку температурного поля наведені на рис. 3.8.

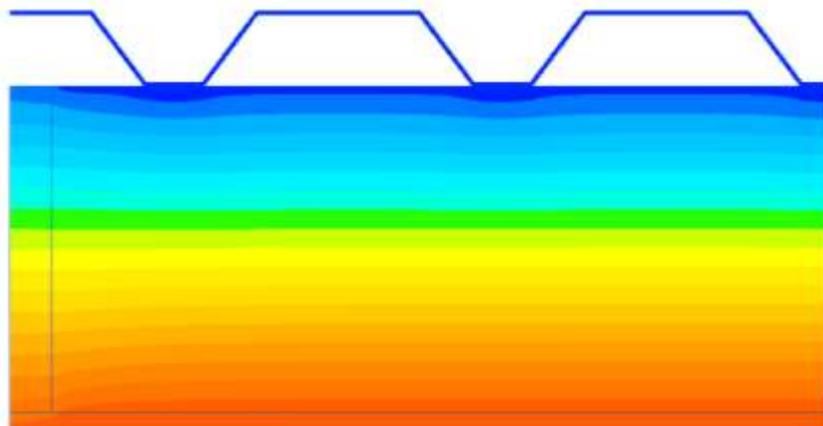


Рис. 3.8 – Температурне поле

За розрахунком температурного поля середня температура на зовнішній поверхні утеплювача у місті де він стикується з повітрям прошарку становить

					601-БП. 11393964.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		85

$t_{cp} = 1,1 \text{ }^\circ\text{C}$ . Цій температурі відповідає парціальний тиск насиченої водяної пари  $E_{cp} = 662 \text{ Па}$ .

Результати розрахунку поля парціальних тисків наведені на рис. 3.9.

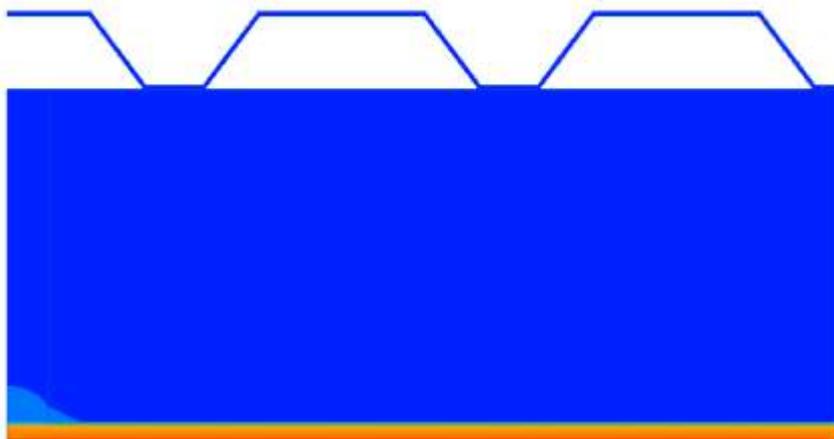


Рис. 3.9 – Температурне поле

За розрахунком поля парціальних тисків середній парціальний тиск на зовнішній поверхні утеплювача у місті де він стикається з повітрям прошарку становить  $e_{cp} = 500,8 \text{ Па}$ .

Так як  $E_{cp} = 662 \text{ Па} > e_{cp} = 500,8 \text{ Па}$  то конденсації водяної пари на ділянці де утеплювач стикається з повітрям прошарку відбуватися не буде.  $W_{зп1} = 0 \text{ кг/м}^2$

За розрахунком температурного поля середня температура на поверхні утеплювача у місті де він стикається зі сталевим листом становить  $t_{cp} = 0,6 \text{ }^\circ\text{C}$ . Цій температурі відповідає парціальний тиск насиченої водяної пари  $E_{cp} = 639 \text{ Па}$ .

За розрахунком поля парціальних тисків середній парціальний тиск на зовнішній поверхні утеплювача у місті де він стикається зі сталевим листом становить  $e_{cp} = 1287 \text{ Па}$ .

Так як  $E_{cp} = 639 \text{ Па} < e_{cp} = 1287 \text{ Па}$  то на ділянці де утеплювач стикається зі сталевим листом відбувається конденсації водяної пари.

Знаходимо скільки водяної пари, що надходить до зони конденсації з боку приміщення за формулою

$$i_B = \frac{e_B - E_{cp}}{R_{ев}} = \frac{1287 - 639}{14,0267} = 46,2 \text{ мг/(м}^2 \cdot \text{год)}$$

					601-БП. 11393964.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		86

Знаходимо кількість водяної пари, що виводиться назовні із зони конденсації на ділянці де утеплювач стикується зі сталевим листом за формулою

$$i_{\text{зн}} = \frac{E_{\text{ср}} - e_{\text{пр}}}{R_{\text{езн1}}} = \frac{639 - 500}{25000} = 0,0056 \text{ мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$$

Знаходимо кількість вологи, що конденсується в конструкції за січень за формулою

$$W_{\text{зп2}} = \tau(i_{\text{в}} - i_{\text{зн}}) \cdot 10^{-6} = 744 \times (46,2 - 0,0056) \times 10^{-6} = 0,0344 \text{ кг}/\text{м}^2$$

### Виконуємо розрахунок температурного поля у Квітні.

За результатами попередніх розрахунків температура повітря у повітряному прошарку становить  $t_{\text{пр}} = 9,23 \text{ }^\circ\text{C}$ , а парціальний тиск водяної пари  $e_{\text{пр}} = 781 \text{ Па}$ .

Результати розрахунку температурного поля наведені на рис. 3.10.

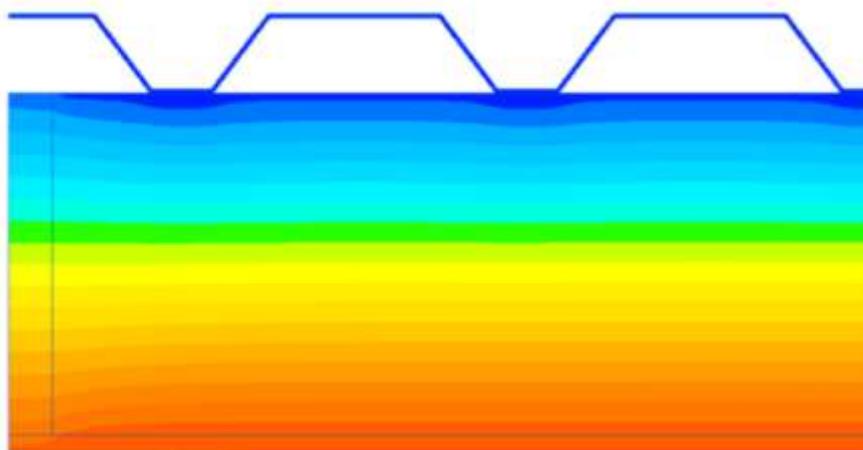


Рис. 3.10 – Температурне поле

За розрахунком температурного поля середня температура на зовнішній поверхні утеплювача у місті де він стикується з повітрям прошарку становить  $t_{\text{ср}} = 9,5 \text{ }^\circ\text{C}$ . Цій температурі відповідає парціальний тиск насиченої водяної пари  $E_{\text{ср}} = 1189 \text{ Па}$ .

Результати розрахунку поля парціальних тисків наведені на рис. 3.11.

					601-БП. 11393964.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		87

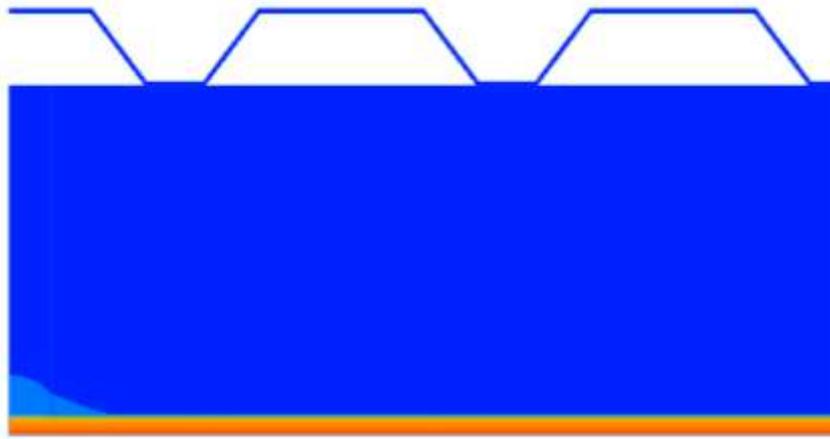


Рис. 3.11 – Температурне поле

За розрахунком поля парціальних тисків середній парціальний тиск на зовнішній поверхні утеплювача у місті де він стикається з повітрям прошарку становить  $e_{cp} = 781,3$  Па.

Так як  $E_{cp} = 1189$  Па  $>$   $e_{cp} = 781,3$  Па то конденсації водяної пари на ділянці де утеплювач стикається з повітрям прошарку відбуватися не буде.  $W_{зп1} = 0$  кг/м<sup>2</sup>

За розрахунком температурного поля середня температура на поверхні утеплювача у місті де він стикається зі сталевим листом становить  $t_{cp} = 9,1$  °С. Цій температурі відповідає парціальний тиск насиченої водяної пари  $E_{cp} = 1157$  Па.

За розрахунком поля парціальних тисків середній парціальний тиск на зовнішній поверхні утеплювача у місті де він стикається зі сталевим листом становить  $e_{cp} = 1287$  Па.

Так як  $E_{cp} = 1157$  Па  $<$   $e_{cp} = 1287$  Па то на ділянці де утеплювач стикається зі сталевим листом відбувається конденсації водяної пари.

Знаходимо скільки водяної пари, що надходить до зони конденсації з боку приміщення за формулою

$$i_B = \frac{e_B - E_{cp}}{R_{ев}} = \frac{1287 - 1157}{14,0267} = 9,268 \text{ мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$$

Знаходимо кількість водяної пари, що виводиться назовні із зони конденсації на ділянці де утеплювач стикається зі сталевим листом за формулою

					601-БП. 11393964.ПЗ	Арк.
						88
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$i_{\text{зн}} = \frac{E_{\text{ср}} - e_{\text{пр}}}{R_{\text{езн1}}} = \frac{1157 - 781}{25000} = 0,015 \text{ мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$$

Знаходимо кількість вологи, що конденсується в конструкції за січень за формулою

$$W_{\text{зп2}} = \tau(i_{\text{в}} - i_{\text{зн}}) \cdot 10^{-6} = 744 \times (9,268 - 0,015) \times 10^{-6} = 0,0069 \text{ кг}/\text{м}^2$$

### Виконуємо розрахунок температурного поля у травні.

За результатами попередніх розрахунків температура повітря у повітряному прошарку становить  $t_{\text{пр}} = 15,51 \text{ }^\circ\text{C}$ , а парціальний тиск водяної пари  $e_{\text{пр}} = 1101 \text{ Па}$ .

Результати розрахунку температурного поля наведені на рис. 3.12.

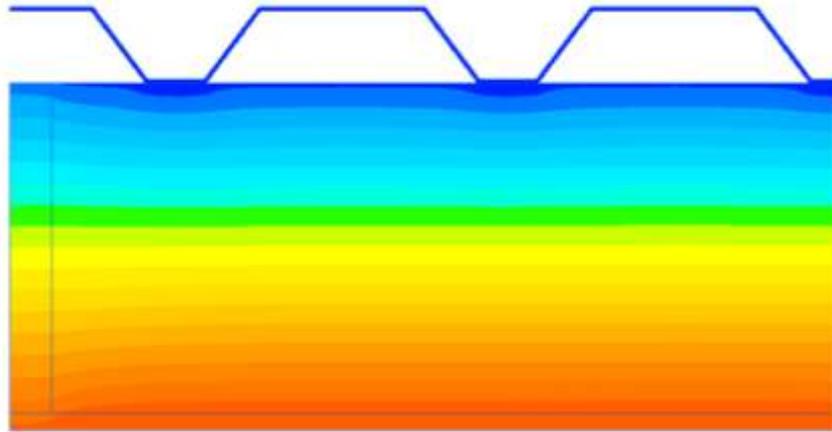


Рис. 3.12 – Температурне поле

За розрахунком температурного поля середня температура на зовнішній поверхні утеплювача у місці де він стикується з повітрям прошарку становить  $t_{\text{ср}} = 15,6 \text{ }^\circ\text{C}$ . Цій температурі відповідає парціальний тиск насиченої водяної пари  $E_{\text{ср}} = 17,74 \text{ Па}$ .

Результати розрахунку поля парціальних тисків наведені на рис. 3.13.

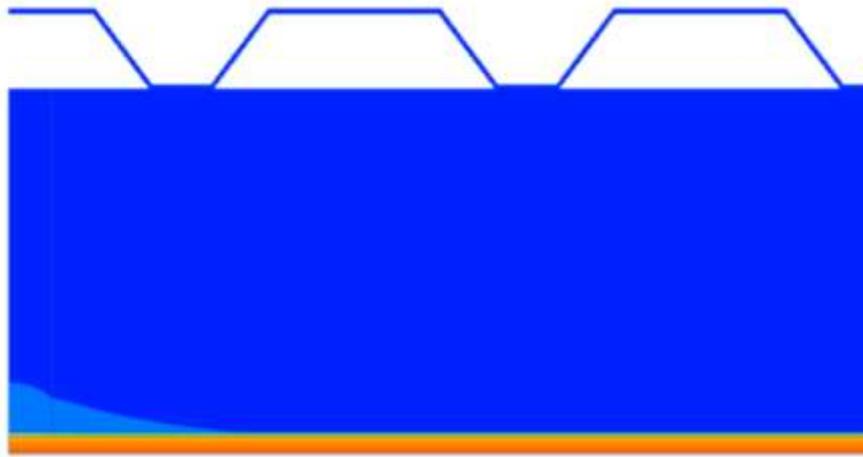


Рис. 3.13 – Температурне поле

За розрахунком поля парціальних тисків середній парціальний тиск на зовнішній поверхні утеплювача у місті де він стикається з повітрям прошарку становить  $e_{cp} = 1101$  Па.

Так як  $E_{cp} = 1774$  Па  $>$   $e_{cp} = 1101$  Па то конденсації водяної пари на ділянці де утеплювач стикається з повітрям прошарку відбуватися не буде.  $W_{зп1} = 0$  кг/м<sup>2</sup>

За розрахунком температурного поля середня температура на поверхні утеплювача у місті де він стикається зі сталевим листом становить  $t_{cp} = 15,5$  °С. Цій температурі відповідає парціальний тиск насиченої водяної пари  $E_{cp} = 1763$  Па.

За розрахунком поля парціальних тисків середній парціальний тиск на зовнішній поверхні утеплювача у місті де він стикається зі сталевим листом становить  $e_{cp} = 1101,7$  Па.

Так як  $E_{cp} = 1763$  Па  $>$   $e_{cp} = 1101,7$  Па то на ділянці де утеплювач стикається зі сталевим листом відбувається видалення вологи.

Знаходимо скільки водяної пари, що надходить до зони конденсації з боку приміщення за формулою

$$i_B = \frac{e_B - E_{cp}}{R_{ев}} = \frac{1287 - 1763}{14,0267} = -33,94 \text{ мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$$

Знаходимо кількість водяної пари, що виводиться назовні із зони конденсації на ділянці де утеплювач стикається зі сталевим листом за формулою

					601-БП. 11393964.ПЗ	Арк.
						90
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$i_{\text{зн}} = \frac{E_{\text{ср}} - e_{\text{пр}}}{R_{\text{езн1}}} = \frac{1763 - 1101}{25000} = 0,046 \text{ мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$$

Знаходимо кількість вологи, що конденсується в конструкції за січень за формулою

$$W_{\text{зп2}} = \tau(i_{\text{в}} - i_{\text{зн}}) \cdot 10^{-6} = 744 \times (-33,94 - 0,046) \times 10^{-6} = -0,0253 \text{ кг}/\text{м}^2$$

### Виконуємо розрахунок температурного поля у червні.

За результатами попередніх розрахунків температура повітря у повітряному прошарку становить  $t_{\text{пр}} = 18,73 \text{ }^\circ\text{C}$ , а парціальний тиск водяної пари  $e_{\text{пр}} = 1446 \text{ Па}$ .

Результати розрахунку температурного поля наведені на рис. 3.14.

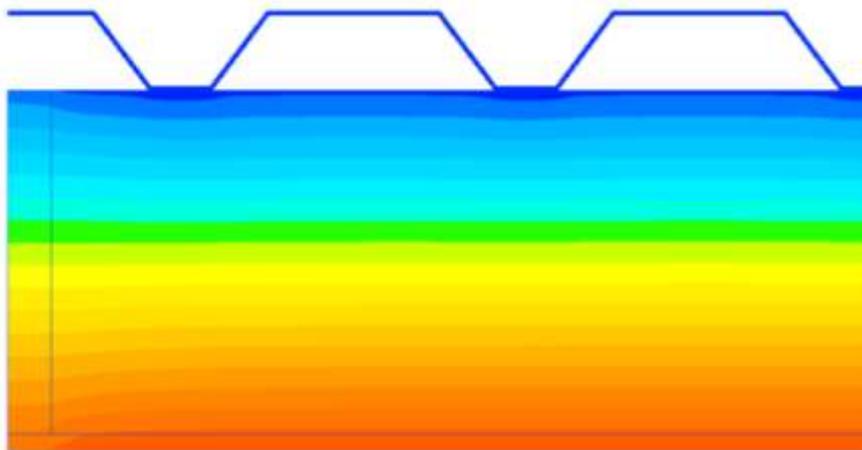


Рис. 3.14 – Температурне поле

За розрахунком температурного поля середня температура на зовнішній поверхні утеплювача у місці де він стикується з повітрям прошарку становить  $t_{\text{ср1}} = 18,8 \text{ }^\circ\text{C}$ . Цій температурі відповідає парціальний тиск насиченої водяної пари  $E_{\text{ср1}} = 2172 \text{ Па}$ .

Результати розрахунку поля парціальних тисків наведені на рис. 3.15.

					601-БП. 11393964.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		91

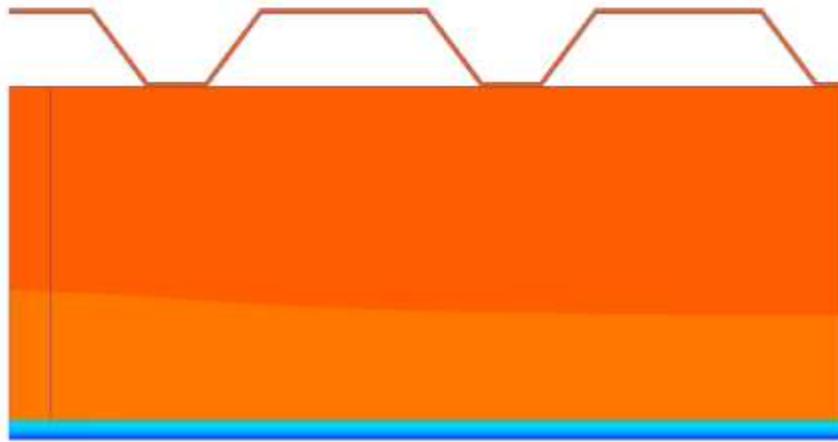


Рис. 3.15 – Температурне поле

За розрахунком поля парціальних тисків середній парціальний тиск на зовнішній поверхні утеплювача у місті де він стикається з повітрям прошарку становить  $e_{cp1} = 1445,9$  Па.

Так як  $E_{cp1} = 2172$  Па  $>$   $e_{cp1} = 1445,9$  Па то конденсації водяної пари на ділянці де утеплювач стикається з повітрям прошарку відбуватися не буде.

$$W_{зп1} = 0 \text{ кг/м}^2$$

За розрахунком температурного поля середня температура на поверхні утеплювача у місті де він стикається зі сталевим листом становить  $t_{cp2} = 18,7$  °С. Цій температурі відповідає парціальний тиск насиченої водяної пари  $E_{cp2} = 2159$  Па.

За розрахунком поля парціальних тисків середній парціальний тиск на зовнішній поверхні утеплювача у місті де він стикається зі сталевим листом становить  $e_{cp2} = 1287$  Па.

Так як  $E_{cp2} = 2159$  Па  $>$   $e_{cp} = 1287$  Па то на ділянці де утеплювач стикається зі сталевим листом відбувається видалення вологи.

Знаходимо скільки водяної пари, що надходить до зони конденсації з боку приміщення за формулою

$$i_v = \frac{e_v - E_{cp2}}{R_{ев}} = \frac{1287 - 2159}{14,0267} = -62,17 \text{ мг/(м}^2 \cdot \text{год)}$$

					601-БП. 11393964.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		92

Знаходимо кількість водяної пари, що виводиться назовні із зони конденсації на ділянці де утеплювач стикується зі сталевим листом за формулою

$$i_{\text{зн}} = \frac{E_{\text{ср2}} - e_{\text{пр}}}{R_{\text{езн1}}} = \frac{2159 - 1446}{25000} = 0,029 \text{ мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$$

Знаходимо кількість вологи, що конденсується в конструкції за січень за формулою

$$W_{\text{зп2}} = \tau(i_{\text{в}} - i_{\text{зн}}) \cdot 10^{-6} = 744 \times (-62,17 - 0,029) \times 10^{-6} = -0,0463 \text{ кг}/\text{м}^2$$

### Виконуємо розрахунок температурного поля у липні.

За результатами попередніх розрахунків температура повітря у повітряному прошарку становить  $t_{\text{пр}} = 20,5 \text{ }^\circ\text{C}$ , а парціальний тиск водяної пари  $e_{\text{пр}} = 1665 \text{ Па}$ .

Результати розрахунку температурного поля наведені на рис. 3.16.

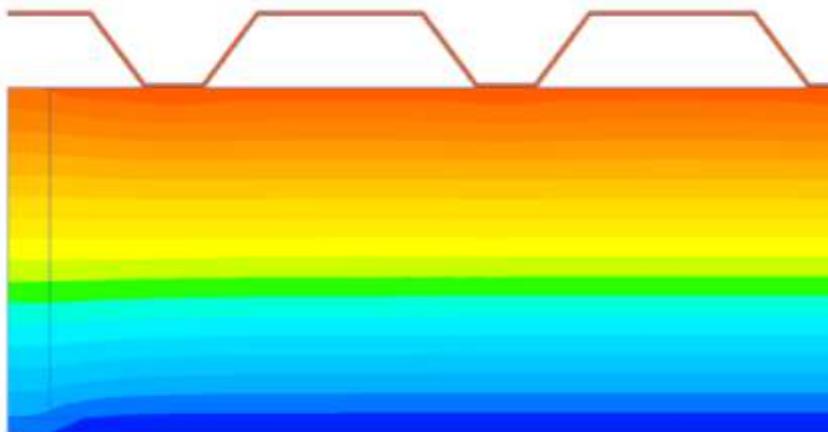


Рис. 3.16 – Температурне поле

За розрахунком температурного поля середня температура на зовнішній поверхні утеплювача у місті де він стикується з повітрям прошарку становить  $t_{\text{ср1}} = 20,5 \text{ }^\circ\text{C}$ . Цій температурі відповідає парціальний тиск насиченої водяної пари  $E_{\text{ср1}} = 2414 \text{ Па}$ .

Результати розрахунку поля парціальних тисків наведені на рис. 3.17.

					601-БП. 11393964.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		93

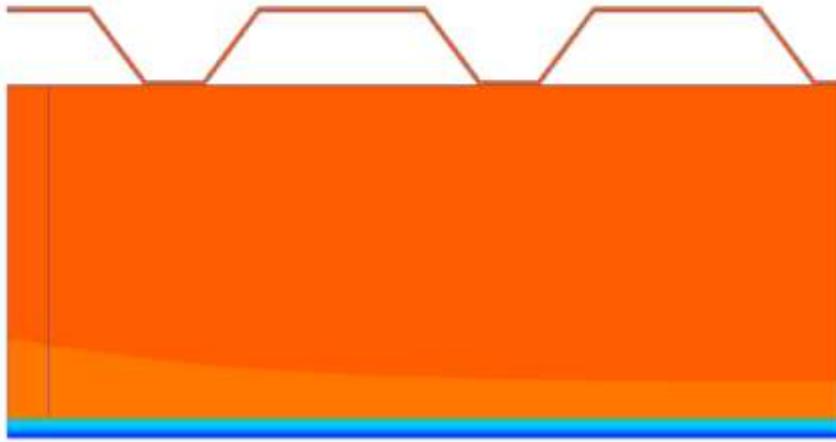


Рис. 3.17 – Температурне поле

За розрахунком поля парціальних тисків середній парціальний тиск на зовнішній поверхні утеплювача у місті де він стикається з повітрям прошарку становить  $e_{cp1} = 1665$  Па.

Так як  $E_{cp1} = 2414$  Па  $>$   $e_{cp1} = 1665$  Па то конденсації водяної пари на ділянці де утеплювач стикається з повітрям прошарку відбуватися не буде.  $W_{зп1} = 0$  кг/м<sup>2</sup>

За розрахунком температурного поля середня температура на поверхні утеплювача у місті де він стикається зі сталевим листом становить  $t_{cp2} = 20,5$  °С. Цій температурі відповідає парціальний тиск насиченої водяної пари  $E_{cp2} = 2414$  Па.

За розрахунком поля парціальних тисків середній парціальний тиск на зовнішній поверхні утеплювача у місті де він стикається зі сталевим листом становить  $e_{cp2} = 1287$  Па.

Так як  $E_{cp2} = 2414$  Па  $>$   $e_{cp2} = 1287$  Па то на ділянці де утеплювач стикається зі сталевим листом відбувається видалення вологи.

Знаходимо скільки водяної пари, що надходить до зони конденсації з боку приміщення за формулою

$$i_B = \frac{e_B - E_{cp2}}{R_{ев}} = \frac{1287 - 2414}{14,0267} = -80,347 \text{ мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$$

Знаходимо кількість водяної пари, що виводиться назовні із зони конденсації на ділянці де утеплювач стикається зі сталевим листом за формулою

					601-БП. 11393964.ПЗ	Арк.
						94
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$i_{\text{зн}} = \frac{E_{\text{ср2}} - e_{\text{пр}}}{R_{\text{езн1}}} = \frac{2414 - 1446}{25000} = 0,039 \text{ мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$$

Знаходимо кількість вологи, що конденсується в конструкції за січень за формулою

$$W_{\text{зп2}} = \tau(i_{\text{в}} - i_{\text{зн}}) \cdot 10^{-6} = 744 \times (-80,347 - 0,039) \times 10^{-6} = -0,0598 \text{ кг}/\text{м}^2$$

### Виконуємо розрахунок температурного поля у серпні.

За результатами попередніх розрахунків температура повітря у повітряному прошарку становить  $t_{\text{пр}} = 19,7 \text{ }^\circ\text{C}$ , а парціальний тиск водяної пари  $e_{\text{пр}} = 1584 \text{ Па}$ .

Результати розрахунку температурного поля наведені на рис. 3.18.

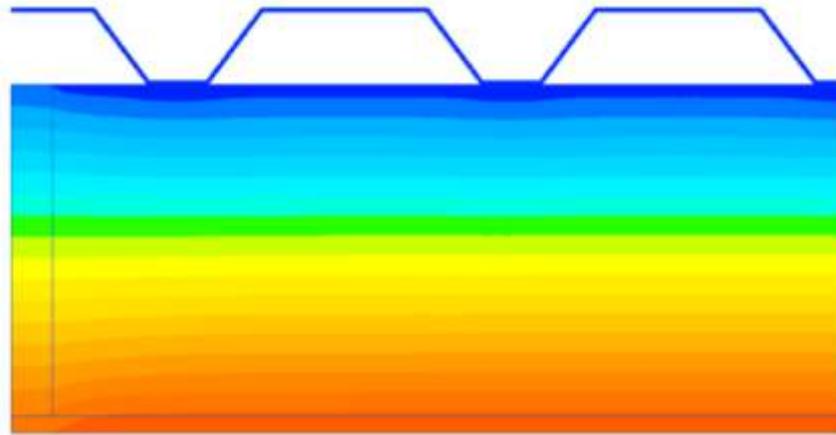


Рис. 3.18 – Температурне поле

За розрахунком температурного поля середня температура на зовнішній поверхні утеплювача у місці де він стикається з повітрям прошарку становить  $t_{\text{ср1}} = 19,7 \text{ }^\circ\text{C}$ . Цій температурі відповідає парціальний тиск насиченої водяної пари  $E_{\text{ср1}} = 2298 \text{ Па}$ .

Результати розрахунку поля парціальних тисків наведені на рис. 3.19.

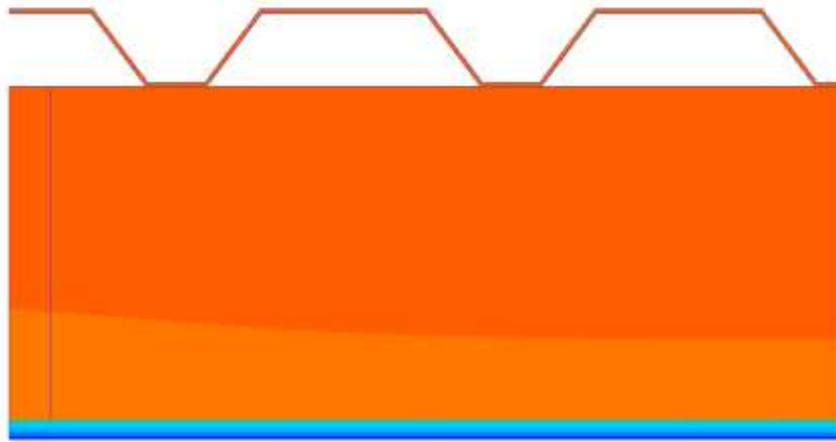


Рис. 3.19 – Температурне поле

За розрахунком поля парціальних тисків середній парціальний тиск на зовнішній поверхні утеплювача у місті де він стикається з повітрям прошарку становить  $e_{cp1} = 1584$  Па.

Так як  $E_{cp1} = 2298$  Па  $>$   $e_{cp1} = 1584$  Па то конденсації водяної пари на ділянці де утеплювач стикається з повітрям прошарку відбуватися не буде.  $W_{зп1} = 0$  кг/м<sup>2</sup>

За розрахунком температурного поля середня температура на поверхні утеплювача у місті де він стикається зі сталевим листом становить  $t_{cp2} = 19,7$  °С. Цій температурі відповідає парціальний тиск насиченої водяної пари  $E_{cp2} = 2298$ Па.

За розрахунком поля парціальних тисків середній парціальний тиск на зовнішній поверхні утеплювача у місті де він стикається зі сталевим листом становить  $e_{cp2} = 1287$  Па.

Так як  $E_{cp2} = 2298$  Па  $>$   $e_{cp2} = 1287$  Па то на ділянці де утеплювач стикається зі сталевим листом відбувається видалення вологи.

Знаходимо скільки водяної пари, що надходить до зони конденсації з боку приміщення за формулою

$$i_B = \frac{e_B - E_{cp2}}{R_{ев}} = \frac{1287 - 2298}{14,0267} = -72,077 \text{ мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$$

Знаходимо кількість водяної пари, що виводиться назовні із зони конденсації на ділянці де утеплювач стикається зі сталевим листом за формулою

					601-БП. 11393964.ПЗ	Арк.
						96
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$i_{\text{зн}} = \frac{E_{\text{ср2}} - e_{\text{пр}}}{R_{\text{езн1}}} = \frac{2298 - 1584}{25000} = 0,028 \text{ мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$$

Знаходимо кількість вологи, що конденсується в конструкції за січень за формулою

$$W_{\text{зп2}} = \tau(i_{\text{в}} - i_{\text{зн}}) \cdot 10^{-6} = 744 \times (-72,077 - 0,028) \times 10^{-6} = -0,0536 \text{ кг}/\text{м}^2$$

### Виконуємо розрахунок температурного поля у вересні.

За результатами попередніх розрахунків температура повітря у повітряному прошарку становить  $t_{\text{пр}} = 14,43 \text{ }^\circ\text{C}$ , а парціальний тиск водяної пари  $e_{\text{пр}} = 1191 \text{ Па}$ .

Результати розрахунку температурного поля наведені на рис. 3.20.

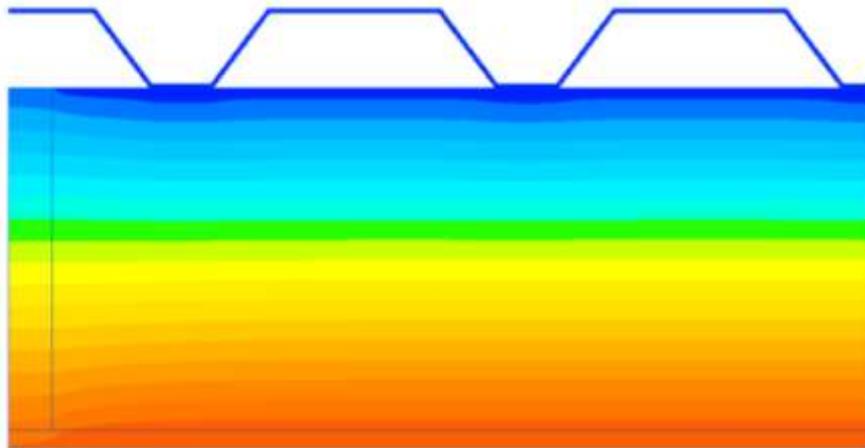


Рис. 3.20 – Температурне поле

За розрахунком температурного поля середня температура на зовнішній поверхні утеплювача у місті де він стикується з повітрям прошарку становить  $t_{\text{ср1}} = 14,5 \text{ }^\circ\text{C}$ . Цій температурі відповідає парціальний тиск насиченої водяної пари  $E_{\text{ср1}} = 1653 \text{ Па}$ .

Результати розрахунку поля парціальних тисків наведені на рис. 3.21.

					601-БП. 11393964.ПЗ	Арк.
						97
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

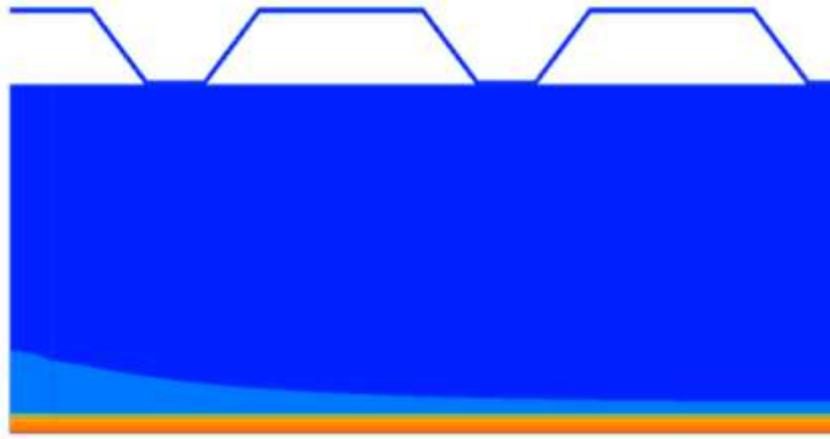


Рис. 3.21 – Температурне поле

За розрахунком поля парціальних тисків середній парціальний тиск на зовнішній поверхні утеплювача у місті де він стикається з повітрям прошарку становить  $e_{cp1} = 1191$  Па.

Так як  $E_{cp1} = 1653$  Па  $>$   $e_{cp1} = 1191$  Па то конденсації водяної пари на ділянці де утеплювач стикається з повітрям прошарку відбуватися не буде.  $W_{зп1} = 0$  кг/м<sup>2</sup>

За розрахунком температурного поля середня температура на поверхні утеплювача у місті де він стикається зі сталевим листом становить  $t_{cp2} = 14,4$  °С. Цій температурі відповідає парціальний тиск насиченої водяної пари  $E_{cp2} = 1642$ Па.

За розрахунком поля парціальних тисків середній парціальний тиск на зовнішній поверхні утеплювача у місті де він стикається зі сталевим листом становить  $e_{cp2} = 1287$  Па.

Так як  $E_{cp2} = 1642$  Па  $>$   $e_{cp2} = 1287$  Па то на ділянці де утеплювач стикається зі сталевим листом відбувається видалення вологи.

Знаходимо скільки водяної пари, що надходить до зони конденсації з боку приміщення за формулою

$$i_B = \frac{e_B - E_{cp2}}{R_{eB}} = \frac{1287 - 1642}{14,0267} = -25,309 \text{ мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$$

Знаходимо кількість водяної пари, що виводиться назовні із зони конденсації на ділянці де утеплювач стикається зі сталевим листом за формулою

					601-БП. 11393964.ПЗ	Арк.
						98
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$i_{\text{зн}} = \frac{E_{\text{ср2}} - e_{\text{пр}}}{R_{\text{езн1}}} = \frac{1642 - 1191}{25000} = 0,018 \text{ мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$$

Знаходимо кількість вологи, що конденсується в конструкції за січень за формулою

$$W_{\text{зп2}} = \tau(i_{\text{в}} - i_{\text{зн}}) \cdot 10^{-6} = 744 \times (-25,309 - 0,018) \times 10^{-6} = -0,0188 \text{ кг}/\text{м}^2$$

### Виконуємо розрахунок температурного поля у жовтні.

За результатами попередніх розрахунків температура повітря у повітряному прошарку становить  $t_{\text{пр}} = 7,95 \text{ }^\circ\text{C}$ , а парціальний тиск водяної пари  $e_{\text{пр}} = 809,3 \text{ Па}$ .

Результати розрахунку температурного поля наведені на рис. 3.21.

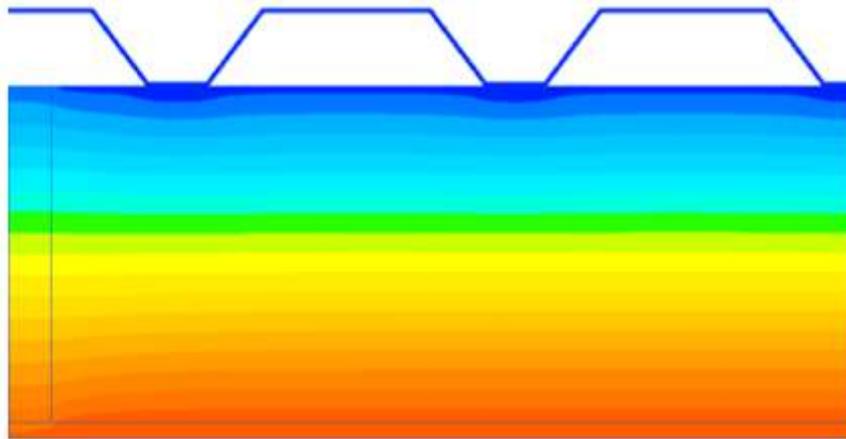


Рис. 3.21 – Температурне поле

За розрахунком температурного поля середня температура на зовнішній поверхні утеплювача у місці де він стикується з повітрям прошарку становить  $t_{\text{ср1}} = 8,2 \text{ }^\circ\text{C}$ . Цій температурі відповідає парціальний тиск насиченої водяної пари  $E_{\text{ср1}} = 1089 \text{ Па}$ .

Результати розрахунку поля парціальних тисків наведені на рис. 3.22.

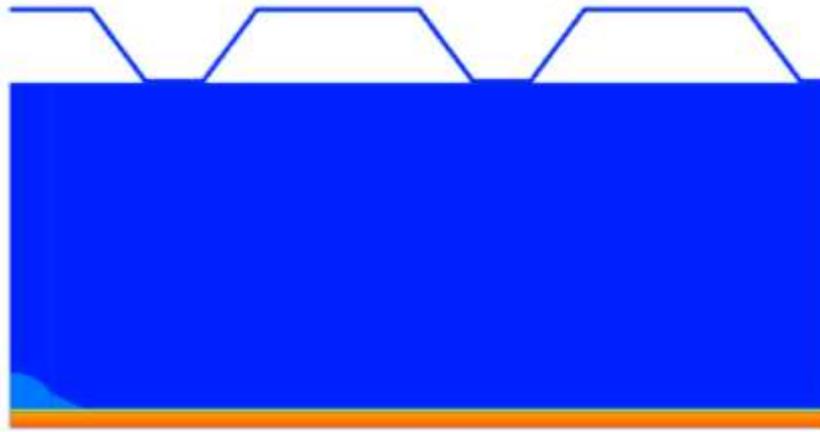


Рис. 3.22 – Температурне поле

За розрахунком поля парціальних тисків середній парціальний тиск на зовнішній поверхні утеплювача у місті де він стикається з повітрям прошарку становить  $e_{cp1} = 809,5$  Па.

Так як  $E_{cp1} = 1089$  Па  $>$   $e_{cp1} = 809,5$  Па то конденсації водяної пари на ділянці де утеплювач стикається з повітрям прошарку відбуватися не буде.  $W_{зп1} = 0$  кг/м<sup>2</sup>

За розрахунком температурного поля середня температура на поверхні утеплювача у місті де він стикається зі сталевим листом становить  $t_{cp2} = 7,8$  °С. Цій температурі відповідає парціальний тиск насиченої водяної пари  $E_{cp2} = 1059$ Па.

За розрахунком поля парціальних тисків середній парціальний тиск на зовнішній поверхні утеплювача у місті де він стикається зі сталевим листом становить  $e_{cp2} = 1287$  Па.

Так як  $E_{cp2} = 1059$  Па  $<$   $e_{cp2} = 1287$  Па то на ділянці де утеплювач стикається зі сталевим листом відбувається конденсація водяної пари.

Знаходимо скільки водяної пари, що надходить до зони конденсації з боку приміщення за формулою

$$i_B = \frac{e_B - E_{cp2}}{R_{ев}} = \frac{1287 - 1059}{14,0267} = 16,25 \text{ мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$$

					601-БП. 11393964.ПЗ	Арк.
						100
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Знаходимо кількість водяної пари, що виводиться назовні із зони конденсації на ділянці де утеплювач стикується зі сталевим листом за формулою

$$i_{зн} = \frac{E_{ср2} - e_{пр}}{R_{езн1}} = \frac{1059 - 809,3}{25000} = 0,01 \text{ мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$$

Знаходимо кількість вологи, що конденсується в конструкції за січень за формулою

$$W_{зп2} = \tau(i_{в} - i_{зн}) \cdot 10^{-6} = 744 \times (16,25 - 0,01) \times 10^{-6} = 0,012 \text{ кг}/\text{м}^2$$

### Виконуємо розрахунок температурного поля у листопад.

За результатами попередніх розрахунків температура повітря у повітряному прошарку становить  $t_{пр} = 1,65 \text{ }^\circ\text{C}$ , а парціальний тиск водяної пари  $e_{пр} = 585,4 \text{ Па}$ .

Результати розрахунку температурного поля наведені на рис. 3.21.

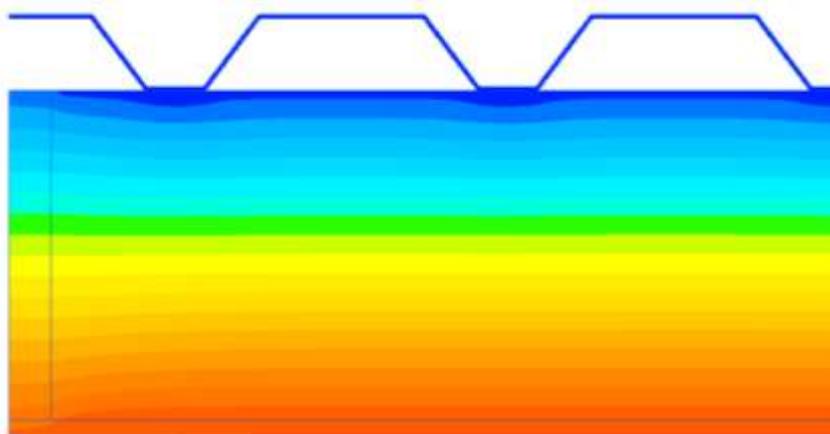


Рис. 3.21 – Температурне поле

За розрахунком температурного поля середня температура на зовнішній поверхні утеплювача у місті де він стикується з повітрям прошарку становить  $t_{ср1} = 2 \text{ }^\circ\text{C}$ . Цій температурі відповідає парціальний тиск насиченої водяної пари  $E_{ср1} = 706 \text{ Па}$ .

Результати розрахунку поля парціальних тисків наведені на рис. 3.22.

					601-БП. 11393964.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		101

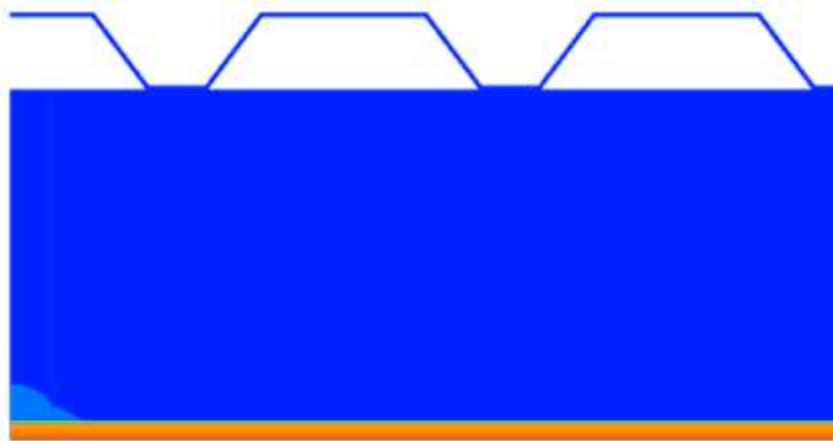


Рис. 3.22 – Температурне поле

За розрахунком поля парціальних тисків середній парціальний тиск на зовнішній поверхні утеплювача у місті де він стикається з повітрям прошарку становить  $e_{cp1} = 585,8$  Па.

Так як  $E_{cp1} = 706$  Па  $>$   $e_{cp1} = 585,8$  Па то конденсації водяної пари на ділянці де утеплювач стикається з повітрям прошарку відбуватися не буде.  $W_{зп1} = 0$  кг/м<sup>2</sup>

За розрахунком температурного поля середня температура на поверхні утеплювача у місті де він стикається зі сталевим листом становить  $t_{cp2} = 1,5$  °С. Цій температурі відповідає парціальний тиск насиченої водяної пари  $E_{cp2} = 682$ Па.

За розрахунком поля парціальних тисків середній парціальний тиск на зовнішній поверхні утеплювача у місті де він стикається зі сталевим листом становить  $e_{cp2} = 1287$  Па.

Так як  $E_{cp2} = 682$  Па  $<$   $e_{cp2} = 1287$  Па то на ділянці де утеплювач стикається зі сталевим листом відбувається конденсація водяної пари.

Знаходимо скільки водяної пари, що надходить до зони конденсації з боку приміщення за формулою

$$i_B = \frac{e_B - E_{cp2}}{R_{ев}} = \frac{1287 - 682}{14,0267} = 43,132 \text{ мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$$

Знаходимо кількість водяної пари, що виводиться назовні із зони конденсації на ділянці де утеплювач стикається зі сталевим листом за формулою

					601-БП. 11393964.ПЗ	Арк.
						102
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$i_{зн} = \frac{E_{ср2} - e_{пр}}{R_{езн1}} = \frac{682 - 585,4}{25000} = 0,004 \text{ мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$$

Знаходимо кількість вологи, що конденсується в конструкції за січень за формулою

$$W_{зп2} = \tau(i_{в} - i_{зн}) \cdot 10^{-6} = 744 \times (43,132 - 0,004) \times 10^{-6} = 0,012 \text{ кг}/\text{м}^2$$

### Виконуємо розрахунок температурного поля у грудні.

За результатами попередніх розрахунків температура повітря у повітряному прошарку становить  $t_{пр} = -2,99 \text{ }^\circ\text{C}$ , а парціальний тиск водяної пари  $e_{пр} = 406,4 \text{ Па}$ .

Результати розрахунку температурного поля наведені на рис. 3.23.

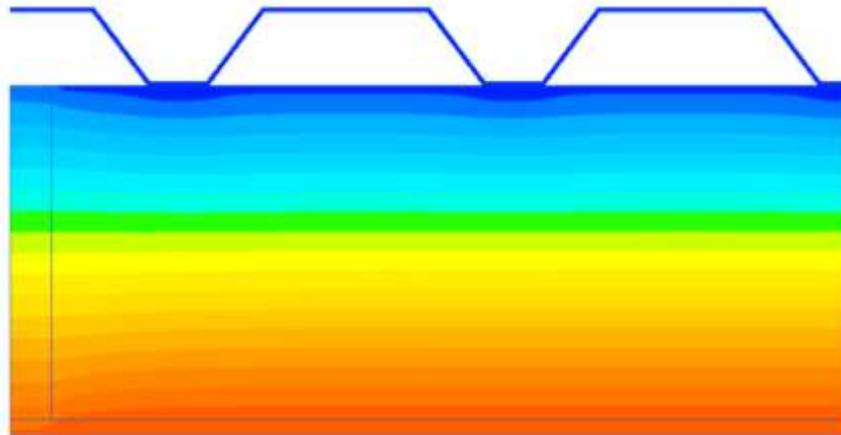


Рис. 3.23 – Температурне поле

За розрахунком температурного поля середня температура на зовнішній поверхні утеплювача у місці де він стикується з повітрям прошарку становить  $t_{ср1} = -2,5 \text{ }^\circ\text{C}$ . Цій температурі відповідає парціальний тиск насиченої водяної пари  $E_{ср1} = 497 \text{ Па}$ .

Результати розрахунку поля парціальних тисків наведені на рис. 3.24.

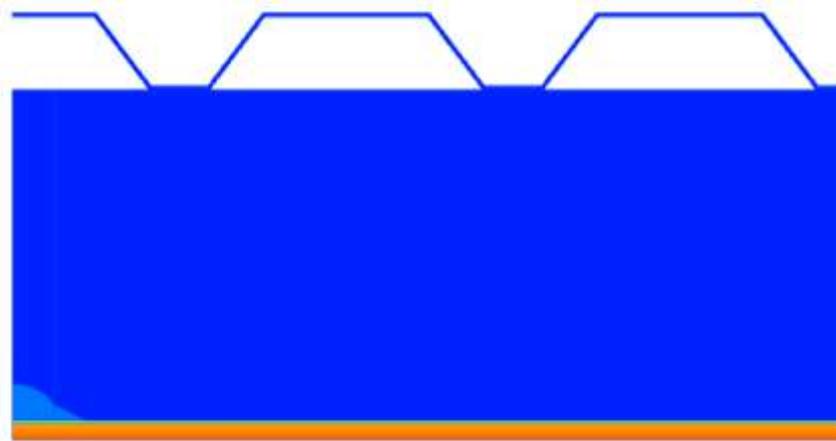


Рис. 3.24 – Температурне поле

За розрахунком поля парціальних тисків середній парціальний тиск на зовнішній поверхні утеплювача у місті де він стикається з повітрям прошарку становить  $e_{cp1} = 406,8$  Па.

Так як  $E_{cp1} = 497$  Па  $>$   $e_{cp1} = 406,8$  Па то конденсації водяної пари на ділянці де утеплювач стикається з повітрям прошарку відбуватися не буде.  $W_{зп1} = 0$  кг/м<sup>2</sup>

За розрахунком температурного поля середня температура на поверхні утеплювача у місті де він стикається зі сталевим листом становить  $t_{cp2} = -3,1$  °С. Цій температурі відповідає парціальний тиск насиченої водяної пари  $E_{cp2} = 472$ Па.

За розрахунком поля парціальних тисків середній парціальний тиск на зовнішній поверхні утеплювача у місті де він стикається зі сталевим листом становить  $e_{cp2} = 1287$  Па.

Так як  $E_{cp2} = 472$  Па  $<$   $e_{cp2} = 1287$  Па то на ділянці де утеплювач стикається зі сталевим листом відбувається конденсація водяної пари.

Знаходимо скільки водяної пари, що надходить до зони конденсації з боку приміщення за формулою

$$i_B = \frac{e_B - E_{cp2}}{R_{eB}} = \frac{1287 - 472}{14,0267} = 58,1 \text{ мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$$

Знаходимо кількість водяної пари, що виводиться назовні із зони конденсації на ділянці де утеплювач стикається зі сталевим листом за формулою

					601-БП. 11393964.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		104

$$i_{\text{зн}} = \frac{E_{\text{ср2}} - e_{\text{пр}}}{R_{\text{езн1}}} = \frac{472 - 406,4}{25000} = 0,003 \text{ мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$$

Знаходимо кількість вологи, що конденсується в конструкції за січень за формулою

$$W_{\text{зн2}} = \tau(i_{\text{в}} - i_{\text{зн}}) \cdot 10^{-6} = 744 \times (58,1 - 0,003) \times 10^{-6} = 0,043 \text{ кг}/\text{м}^2$$

Кількості вологи, що накопичується у утеплювачі протягом року наведена у табл. 2.6.

Таблиця 2.6

Кількості вологи, що накопичується у утеплювачі протягом року

№	Місяць року	Кількість вологи, що накопичується, кг/м <sup>2</sup> , $W_{\text{зн}}$	Кількість вологи, що випаровується, кг/м <sup>2</sup> , $W_{\text{лп}}$
1	Січень	0,04763	
2	Лютий	0,04561	
3	Березень	0,03437	
4	Квітень	0,00688	
5	Травень		0,0273
6	Червень		0,0463
7	Липень		0,0748
8	Серпень		0,0536
9	Вересень		0,0258
10	Жовтень	0,01208	
11	Листопад	0,03209	
12	Грудень	0,04322	
		$W_{\text{зн}} = 0,22188$	$W_{\text{лп}} = 0,2278$

Так як  $W_{\text{зн}} = 0,22188 \text{ кг}/\text{м}^2 < W_{\text{лп}} = 0,2278 \text{ кг}/\text{м}^2$  то друга вимога норм виконується.

					601-БП. 11393964.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		105

Знаходимо збільшення вологи в утеплювачі за формулою:

$$\Delta w_2 = \frac{W_{зп}}{\delta_k \cdot \rho_k} 100\% = \frac{0,22188}{0,2 * 75} 100 = 1,48 \%$$

Так як  $\Delta w = 1,48 \% < \Delta w_d = 2,5 \%$  то перша вимога норм виконується.

### **ВИСНОВКИ ПО РОЗДІЛУ 3.**

1. При застосуванні вентиляваного повітряного прошарку , що утворюється профільованим сталевим листом вологісний стан утеплювача відповідає нормам .

2. Кількості вологи, що накопичується у утеплювачі протягом періоду вологонакопичення менше кількості вологи, що виходить з утеплювача протягом періоду вологовіддачі.

3. Збільшення вологи в утеплювачі протягом періоду вологонакопичення становить 1,48 %, що менше максимально допустимої яка дорівнює 2,5 %.

					601-БП. 11393964.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		106

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.

1. У світовій практиці застосування морських контейнерів для будівництва будівель різного призначення є доволі поширеною практикою.
2. В той же час питанням теплозахисту таких будівель та особливо вологісного стану огороджувальних конструкцій приділено мало уваги.
3. Конструкцій стіни морського контейнеру переобладнаного під тимчасове житло не відповідає вимогам норм з вологісного стану.
4. Кількість вологи, що накопичується в стіни протягом періоду вологонакопичення більше вологості, що виходить зі стіни протягом періоду вологовіддачі.
5. В огороженні з рока в рік відбувається підвищення вологості утеплювача.
6. Якщо враховувати неоднорідність стіни то кількість вологи, що накопичується в утеплювачі збільшується на 1% за рік.
7. При застосуванні вентиляваного повітряного прошарку , що утворюється профільованим сталевим листом вологісний стан утеплювача відповідає нормам .
8. Кількості вологи, що накопичується у утеплювачі протягом періоду вологонакопичення менше кількості вологи, що виходить з утеплювача протягом періоду вологовіддачі.
9. Збільшення вологи в утеплювачі протягом періоду вологонакопичення менше максимально допустимої.

					601-БП. 11393964.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		107

## ЛІТЕРАТУРА

1. Соловій Л. С., Баб'як В. І., Попович Д. В. Житлові будинки з морських контейнерів, основні тенденції та перспективи їх реалізації //Сучасні проблеми архітектури та містобудування. – 2018. – №. 51. – С. 507-516.
2. TSYMBALOVA Т. А. Особливості проектування мобільного житла у сучасних умовах //Physical Metallurgy and Heat Treatment of Metals. – 2022. – Т. 1. – №. 1 (96). – С. 50-56.
3. Корзаченко М. М., Браточкін В. О., Чікірісова К. І. Економічні будинки на основі вантажних контейнерів. – 2020.
4. Varanovych A., Varanovych L., Famuliak Y. МОДУЛЬНИЙ БУДИНОК ЯК ВИБІР МАСОВОГО ІНДИВІДУАЛЬНОГО БУДІВНИЦТВА В УМОВАХ ВИМУШЕНОЇ ВНУТРІШНЬОЇ МАСОВОЇ МІГРАЦІЇ НАСЕЛЕННЯ //Bulletin of Lviv National Environmental University. Series Architecture and Construction. – 2022. – №. 23. – С. 98-103.
5. Ільчук Н. І., Олексин Х. А. Можливості використання портових контейнерів у сучасному міському середовищі //Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві. – 2019. – №. 12. – С. 59-66.
6. Припоров Р. І., Ковальський В. П. Особливості використання будівельних матеріалів в модульних будівлях : дис. – ВНТУ, 2023.
7. Цимбалова Т.А. МОБІЛЬНЕ ЖИТЛО ДЛЯ СТУДЕНТІВ // Вісник ПДАБА. 2020. №4 (267-268). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mobilne-zhitlo-dlya-studentiv>
8. Як запобігти утворенню конденсата в морських контейнерах. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://uk.container-trade.net/kak-ne-dopustit-obrazovanie-kondensata-v-morskih-kontejnerah/>
9. Етапи створення будинку з морських контейнерів. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.vagonchuk.com/ua/blog/etapy-stroitelstva-doma-iz-morskih-kontejnerov.html>
10. Утеплення контейнера для житла — поради експертів. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://horodom.cx.ua/975-uteplennja-kontejnera-dlja-zhitla-poradi-ekspertiv.html>

					601-БП. 11393964.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		108

11. Дачні будинки з контейнерів. Проекти. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://remontu.com.ua/dachni-budinki-z-kontejneriv-proekti>
12. ГНЕСЬ і.п. Типологія житлових одиниць. // Багатоквартирне житло. Тенденції еволюції. / - Львів. Видавництво Лбвівська політехніка, 2013. – С. 171-181.
13. Будинок з морських контейнерів [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://postroy-sam.com/dom-iz-morskix-kontejnerov.html>.
14. Будівництво [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://dimcad.in.ua/будинок-з-морських-контейнерів-проект/>.
15. Будинки з блок-контейнерів [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <http://budtech.in.ua/budynky-z-blok-kontejneriv-varianty-dlya-postijnogo-prozhivannya.html>.
16. Бар'як В.І. Архітектурна складова у вирішенні проблеми соціалізації мігрантів / Володимир Іванович Бар'як // Вісник Львівського національного аграрного університету.
17. Avdeeva M.S. and Kaplina A.B. Osoblivosti formuvannya zhitla dlya vimushenih pereselenciv zoni АТО [Features of housing formation for IDPs in the АТО zone]. Suchasni problemi arhitekturi ta mistobuduvannya [Modern Problems of Architecture and Urban Planning]. 2015, no. 38, pp. 187–193. (in Ukrainian).
18. Bessonova S.S. O skifskih povozkah [About Scythian carts]. Drevnosti stepnoj Skifii [Antiquities of steppe Scythia]. Kyiv, 1982, pp. 102–117.
19. Vorob'ev V.V. and Kozak Ya.D. Kinematicheskie prostranstvennye struktury v gradostroitel'stve [Kinematic spatial structures in urban planning]. Visnik PDABA [Bulletin of Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture]. 2010, no 12, pp. 38–43.
20. Danilenko V.M. Kam'yana Mogila [Stone Grave]. Kyiv : Nauka Publ., 1986, 151 p. (in Ukrainian).
21. Kinder G., Hilgeman V. and Manfred G. Vsesvitnya IstorIya [World History]. Kyiv : Znannya-Pres, 2007, 663 p. (in Ukrainian).
22. Kozhin P.M. O probleme proiskhozhdeniya kolesnogo transporta [On the problem of the origin of wheeled transport]. Drevnosti stepnoj Skifii [Antiquities of Steppe Scythia]. Kyiv : Naukova Dumka, 1982, pp. 248–258.

					601-БП. 11393964.ПЗ	Арк.
						109
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

23. Masson V.M. Nomady i drevnie civilizacii: dinamika i tipologiya vzaimodejstvij [Nomads and ancient civilizations: dynamics and typology of interactions]. Alma-Ata : Nauka Kazah. SSR Publ., 1989, 463 p.

24. Popova V. V Dnepropetrovske stroyat doma dlya pereselencev [In Dnepropetrovsk, houses are being built for migrants]. Novosti goroda i regiona [City and Region News]. 2014, 9th of December.

25. Tkach D.I. Sistemnaya nachertatel'naya geometriya [System descriptive geometry]. Dnipropetrovsk, 2011, 356 p.

26. Tsymbalova T.A. Mobil'ne zhitlo yak funkcional'no-tipologichnij riznovid suchasnogo zhitlovogo budivnictva [Mobile housing as a functional and typological type of modern housing construction]. Abstract... Cand. Sc. (Arch.) : 18.00.02, Kharkiv, 2019, 22 p. (in Ukrainian).

27. Chelnokov A.V. and Kornienko D.A. Metod formoobrazovaniya v digital'noj arhitekture [Forming method in digital architecture]. Visnik PDABA [Bulletin of Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture]. 2013, no 6, pp. 25–29.

28. Chmihov M.O. Davnya kul'tura [Ancient Culture]. Kyiv : Libid' Publ., 1984, 254 p. (in Ukrainian).

29. Chornij R.S. Novi vikliki ta zagrozi vnutrishn'oï migracijnoï aktivnosti naselennya v Ukraïni [New challenges and threats of internal migration activity of the population in Ukraine]. Ekonomika ta derzhava [Economy and State]. 2015, no 6, pp. 6–10. (in Ukrainian).

30. Evarnickij D.I. Doklad professora Evarnickogo o proizvedennyh im raskopkah kurganov i istoricheskikh izsledovaniyah [Professor Evarnitsky's report on his excavations of mounds and historical research]. Yekaterinoslav : Tipografiya Gubern. Zemstva, 1904, 24p.

31. Авдеева М. С. Узагальнення досвіду формування нового житлового середовища в сільській місцевості під час переселення постраждалих внаслідок Чорнобильської катастрофи. Сучасні проблеми архітектури та містобудування: наук.-техн. зб. / відпов. ред. М. М. Дьомін. Київ: КНУБА, 2012. Вип. 29. С. 204–209.

32. Житловий модульний будинок: що це таке? URL: <https://www.0522.ua/list/256083>

					601-БП. 11393964.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		110

33. Модульне будівництво і вимога сучасного життя чи скороминучий тренд?  
URL: <https://tkstandart.com.ua/novyny/modulne-budivnictvo-vimoga-suchasnogo-zhittja-chi-skorominuchij-trend>

34. Тут сіли лелеки. Огляд будівництва для компактного переселення за Чорнобильською будівельною програмою / В. Я. Пінчук та ін.; під. ред. В. Я. Пінчука. Київ: Чорнобильінтерінформ, 1997. 227 с.

35. Шимко В. А., Онькова Г. В. Сучасний розвиток індустріальних методів зведення малоповерхового житла різних категорій. Гірничий вісник. 2020. № 107. С. 154–162.

36. Офіційний сайт «ФУТ КОНТЕЙНЕР» – Режим доступу: <https://foot-container.ru/about/>

37. Офіційний сайт «ексКОНТЕЙНЕР» – Режим доступу: [https://www.excontainer.com.ua/cafe\\_evrokoleso/](https://www.excontainer.com.ua/cafe_evrokoleso/)

38. «Superdom» – Режим доступу: <https://superdom.ua/view/kafe-iz-morskih-kontejnerov.html>

39. Containex – фірма-дистриб'ютор контейнерів в Україні  
<http://www.containex.ua/uk/produkty/ofisnyj-blok-kontejner>

40. Модульні будівлі: минуле, сучасність, і найближче майбутнє. URL: [https://dahfasad.top/?page\\_id=397](https://dahfasad.top/?page_id=397)

41. Kalafat, K., L. Vakhitova, and V. Drizhd. "Technical research and development." International Science Group. – Boston : Primedia eLaunch, 616 p. (2021).

42. Абрамович В. С. Можливості зведення енергоефективних панельних будинків [Текст] / В. С. Абрамович, В. П. Ковальський, А. В. Бондар // Збірник матеріалів Міжнародної науково-технічної конференції "Інноваційні технології в будівництві (2018)", 13-15 листопада 2018 р. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – С. 199-201.

43. Kazachiner, O., et al. Theoretical and scientific foundations of pedagogy and education. Vol. 1. International Science Group, 2022

44. Ковальський В. П. Аналіз існуючих стінових панелей та розробка власного конструктивного рішення для зведення енергоефективних багатопверхових будинків [Текст] / В. П. Ковальський, В. С. Абрамович // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – 2019. – №2. – С. 46-51.

					601-БП. 11393964.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		111

45. Ковальський В. П. Дизайн міського середовища [Текст] / В. П. Ковальський, М. О. Постолатій, І.М. Вознюк // Стратегія розвитку міст: молодь і майбутнє (інноваційний ліфт) : Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (15-16 квітня 2020 року). – Харків : Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, 2020. – С. 317-322.

46. Юзькова, Є. П., В. П. Очеретний, and В. П. Ковальський. Аналіз різних видів утеплювачів по термічним та економічним показникам. ВНТУ, 2020.

47. Ковальський В. П. Особливості проектування громадських будівель [Електронний ресурс] / В.П. Ковальський, А. І. Куртак // Матеріали XLVI науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 22-24 березня 2017 р. - Електрон. текст. дані. - 2017. - Режим доступу : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2017/paper/view/2406> .

48. What is Modular Construction?|. [URL:https://www.modular.org/what-is-modular-construction/](https://www.modular.org/what-is-modular-construction/)

49. Shpilevsky I. (Eds.). Vnesennya zmin do heneral'noho planu rozvytku mista Dnipro. Rozdil «Okhorona navkolyshn'oho pryrodnoho seredovyscha. Zvit pro stratehichnu ekolohichnu otsinku» [Making changes to the general development plan of the city of Dnipro. Section “Environmental protection. Strategic Environmental Assessment Report”]. Kyiv : DIPROMISTO named after Yu.M. Bilokon, 2019, 64 p. (in Ukrainian).

50. Chvyliya I.K. Osobennosti formirovaniya mobil'nogo rekreatsionnogo zhilishcha (MRZH) dlya usloviy Ukrainy [Features of the formation of a mobile recreational home for the conditions of Ukraine].

51. Tsymbalova T.A. Mobil'ne zhytlo yak funktsional'no-typolohichnyy riznovyd suchasnoho zhytlovoho budivnytstva [Mobile housing as a functional-typological variety of the industry of modern building]. Extended abstract of candidate's architecture thesis. Kharkov, 2019, 22 p. (in Ukrainian).

52. O2 student village. 2015. URL: <http://www.microcompacthome.com/projects>

53. Spacebox – Holland Composites. URL: <https://www.spaceboxusa.com/#/locations>

54. The Keetwonen project is for sale now. 2014. URL: <https://www.keetwonenforsale.com>

					601-БП. 11393964.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		112

55. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція будівель та енергоефективність будівель [Чинні від 2022-09-01]. – К.: Мінрегіон України, 2022. – 23 с.

56. ДСТУ 9191:2022. Теплоізоляція будівель. Метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. [Чинні від 2023-03-01]. – К.: Мінрегіон України, 2023. – 60 с.

57. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Захист від небезпечних геологічних процесів шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 123 с.

58. ДСТУ-Н Б В.2.6-192:2013 Настанова з розрахункової оцінки тепловологісного стану огорожувальних конструкцій. - К.: Мінрегіон України, 2014.– 37 с.

59. Теплопровідні включення в будівельних конструкція. Обчислення теплового потоку та поверхневої температури Частина 1. Загальні методи: ДСТУ ISO 10211-1:2005. – [Чинні від 2008-03-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2008. – 47 с. (Національний стандарт України).

60. Приклад теплотехнічного розрахунку зовнішніх стін вентиляваним повітряним прошарком – Режим доступу: <https://будкомплект/doc/sp-50.13330.2012.pdf>

					601-БП. 11393964.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		113