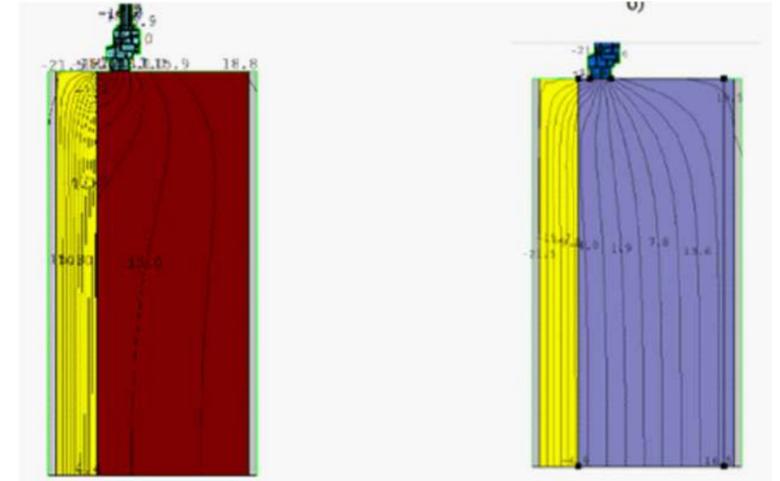


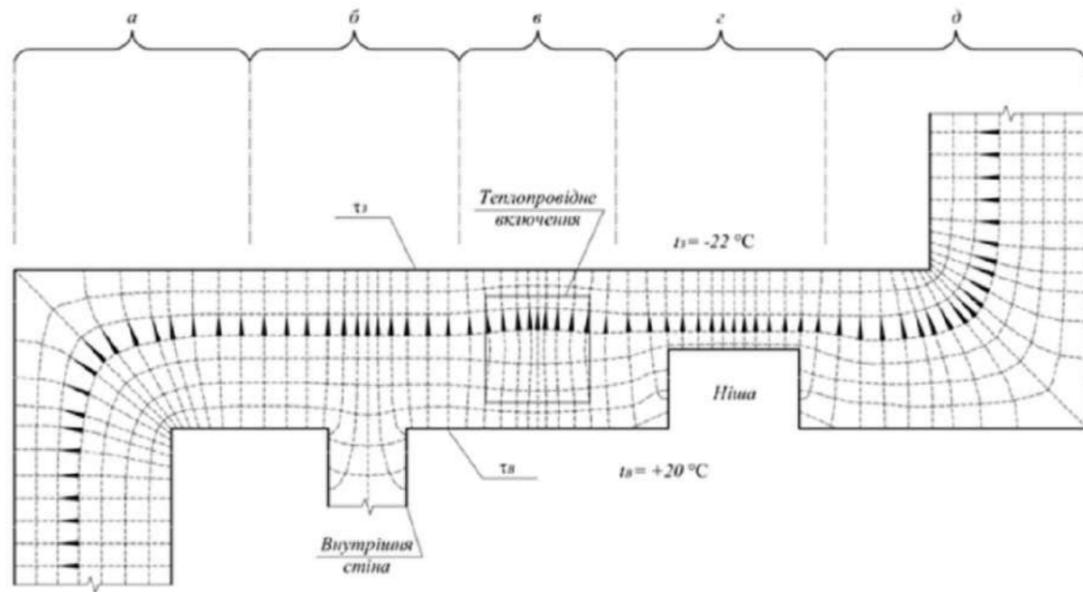
РОЗДІЛ 1. Аналіз досліджень, що виконувалися по тематиці магістерської роботи у країні та світі

Якусевич С. Г.,
Плоский В.О.

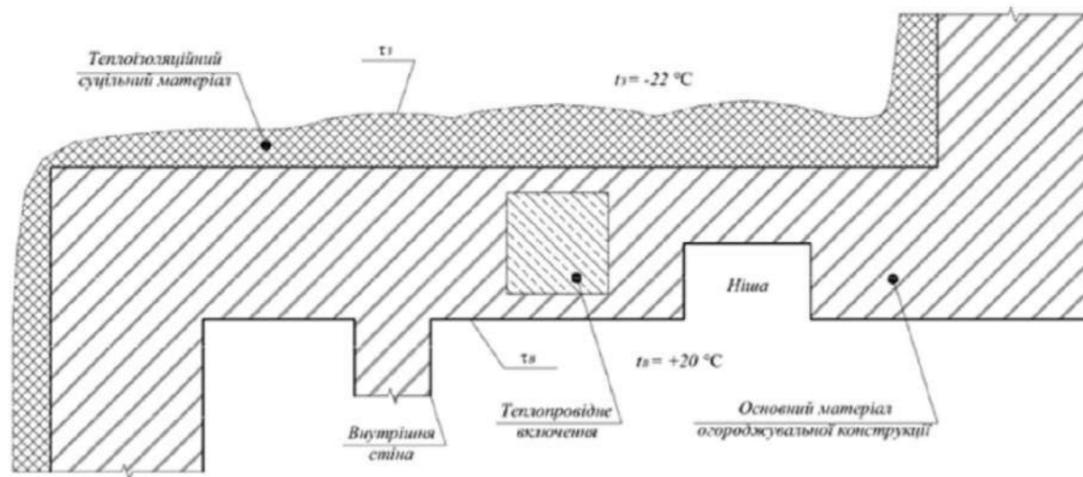
В.І. Дешко,
І.Ю. Білоус,
С.О. Крамаренко



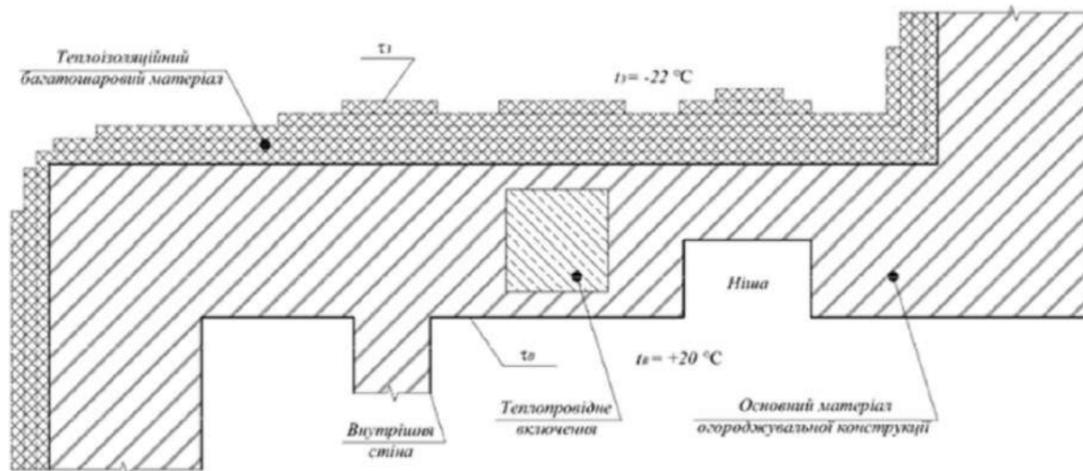
Ізотерми



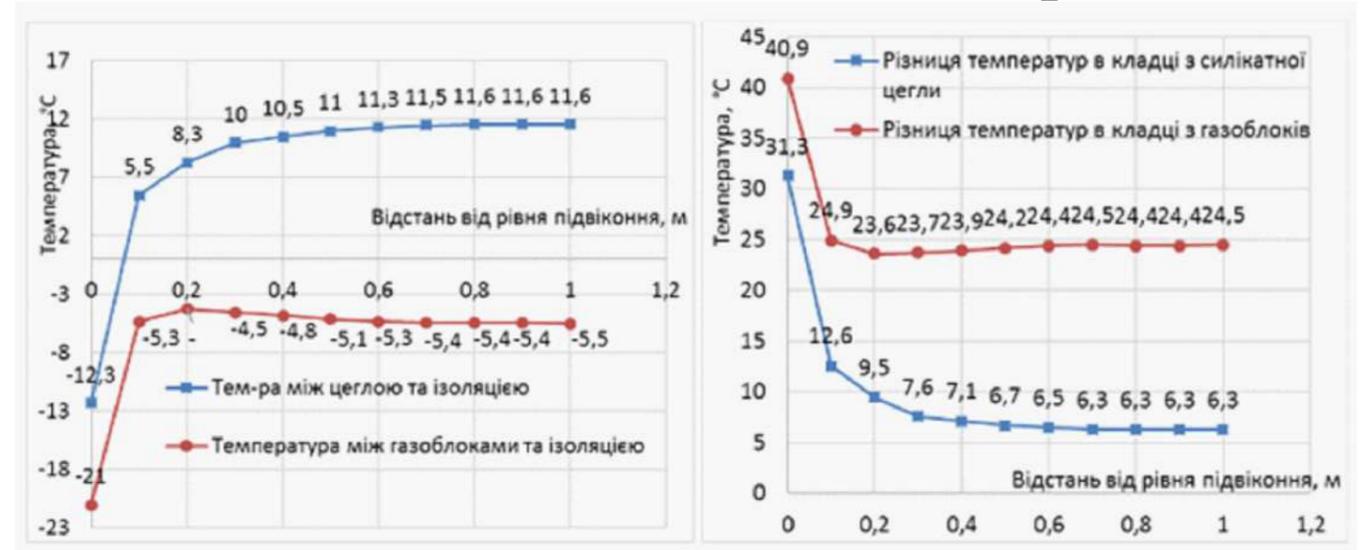
Ізотерми теплового потоку



Утеплення стін шляхом наплення



Багатошарове утеплення



Температура та температурний перепад на внутрішній поверхні стіни

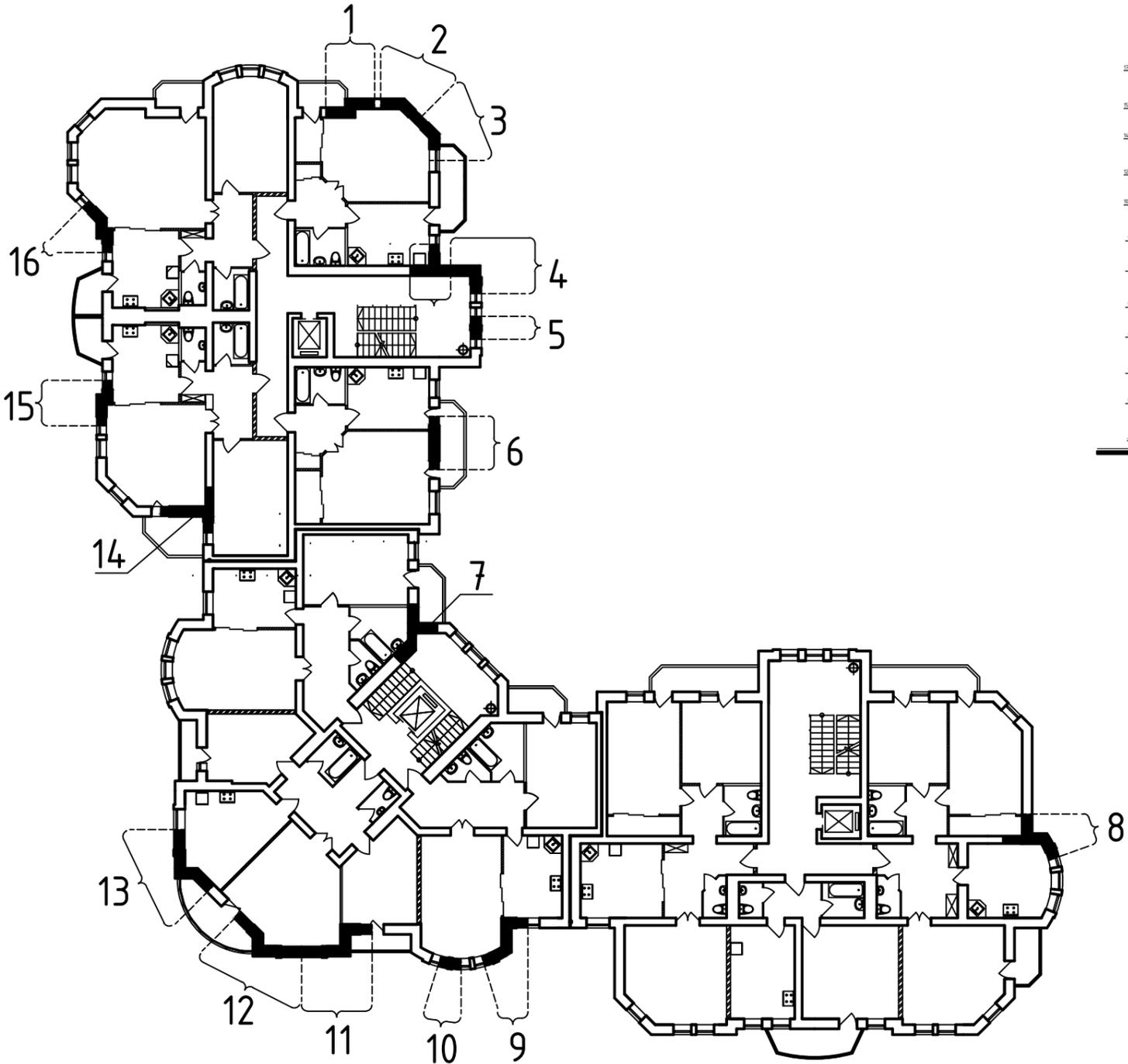


Температурне поле та напрямок руху теплового потоку

						601-БП.11394037.МР		
Зм.	Кільк.	Арк.	Док.	Підпис	Дата	Дослідження теплозахисних властивостей вілянок завінішніх стін з теплопровідними вклученнями		
Виконав	Керівник	Консульта.	Н.контрл.	Замб.	Арк. 01	Арк. 01	Арк. 01	Арк. 01
						Розділ 1. Аналіз досліджень, що виконувалися по тематиці магістерської роботи у країні та світі	Стадія	Аркуші
						Ізотерми теплового потоку	МР	2
						Утеплення стін шляхом наплення. Багатословове утеплення. Ізотерми. Температурна та температурний перепад на внутрішній поверхні стіни.	НУПІ ім. Ю. Кондратюка Кафедра БмалЦі	

РОЗДІЛ 2. Дослідження впливу теплопровідних включень на теплозахисні властивості огороження у місцях складної їх форми

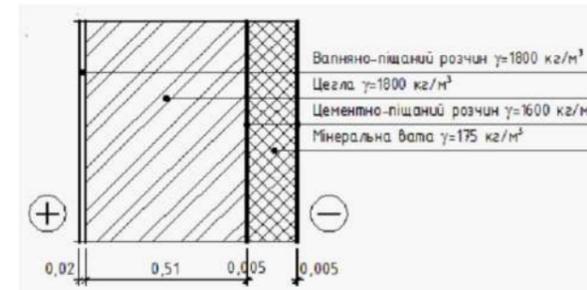
Схема розташування розрахункових ділянок



Фасад в осях 1*-23



Теплотехнічний розрахунок



№	Найменування	Теплопровідність
1	Розчин вапняно-піщаний	0,93
2	Цегла	0,81
3	Розчин цементно-піщаний	0,81
4	Мінеральна вата	0,054
5	Розчин цементно-піщаний	0,81

Приймаємо товщину утеплювача 0,18 м

$$R_{\Sigma} = 4,154 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} > R_{q \text{ min}} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Вимоги теплозахисту

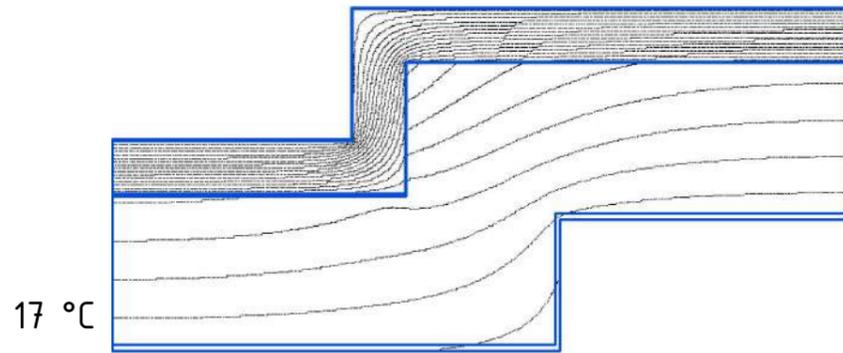
- Вимога 1 $R_{\Sigma \text{пр}} > R_{q \text{ min}} = 3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$
- Вимога 2 $\Delta t_{\text{пр}} < \Delta t_{\text{с2}} = 4 \text{ }^\circ\text{C}$
- Вимога 3 $\tau_{\text{в min}} > \tau_{\text{р}} = 10,7 \text{ }^\circ\text{C}$

						601-БП.11394.037.МР			
Зм.	Кільк.	Арк.	Док.	Підпис	Дата	Дослідження теплозахисних властивостей ділянок зовнішніх стін з теплопровідними включеннями			
Виконав	Керівник	Консульт.	Арх. 01.	Арх. 01.		Розділ 2. Дослідження впливу теплопровідних включень на теплозахисні властивості огороження у місцях складної їх форми	Стандія	Аркшш	Аркшш
Н.контрл.	Замб.	Арх. 01.	Сенко О.В.			Схема розташування розрахункових ділянок. Вимоги теплозахисту. Фасад. теплотехнічний розрахунок.	МР	3	
						НУП ім. Ю. Кондратюка Кафедра БмалЦ			

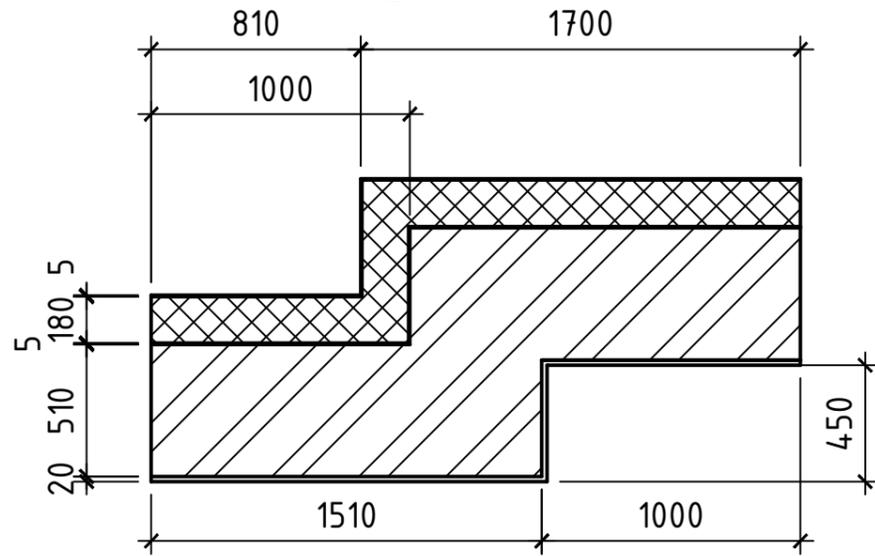
РОЗДІЛ 2. Дослідження впливу теплопровідних включень на теплозахисні властивості огороження у місцях складної їх форми

Ділянка 1

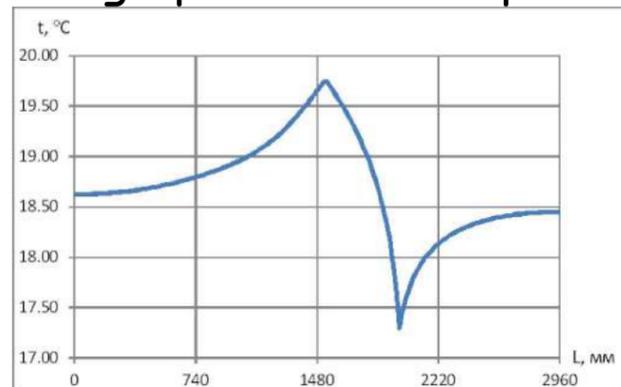
Температурне поле



Розрахункова схема



Температура на внутрішній поверхні



$$R_{\Sigma пр} = 4,433 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт} > R_{q, \text{min}} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$$

Вимога 1 виконується.

$$\Delta t_{пр} = 1,3^\circ\text{C} < \Delta t_{сг} = 4^\circ\text{C}$$

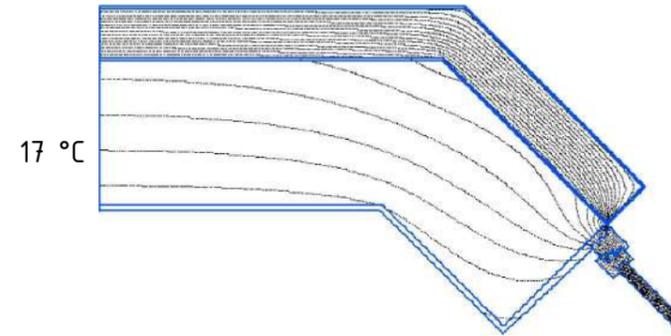
Вимога 2 виконується.

$$\tau_{\theta, \text{min}} = 17,3^\circ\text{C} > \tau_p = 10,7^\circ\text{C}$$

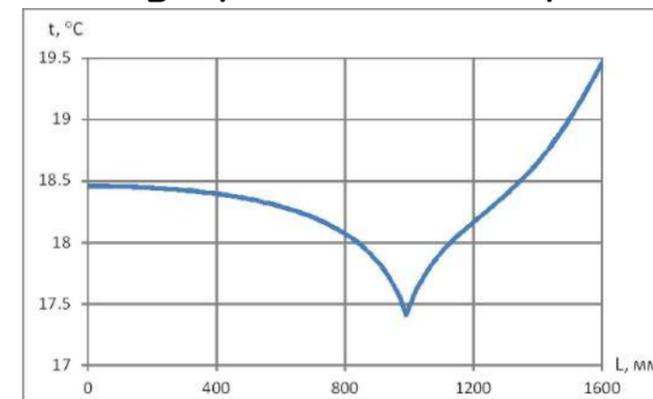
Вимога 3 виконується.

Ділянка 2

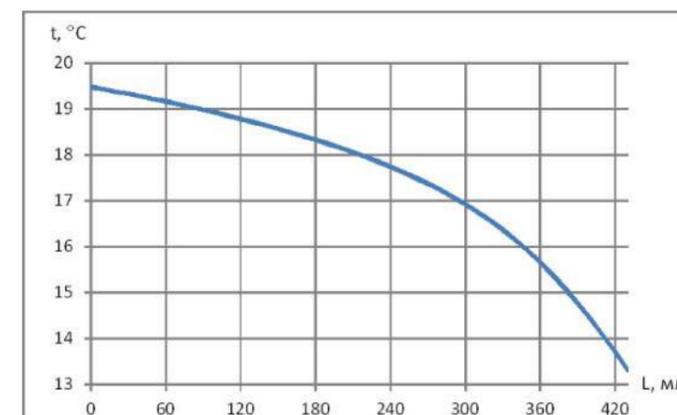
Температурне поле



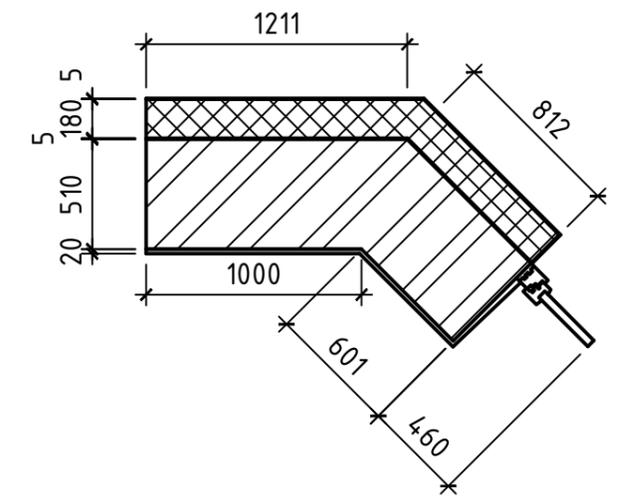
Температура на внутрішній поверхні



Температура на поверхні відкоса



Розрахункова схема



$$R_{\Sigma пр} = 3,608 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт} < R_{q, \text{min}} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$$

Вимога 1 не виконується.

$$\Delta t_{пр} = 1,7^\circ\text{C} < \Delta t_{сг} = 4^\circ\text{C}$$

Вимога 2 виконується.

$$\tau_{\theta, \text{min}} = 13,3^\circ\text{C} > \tau_p = 10,7^\circ\text{C}$$

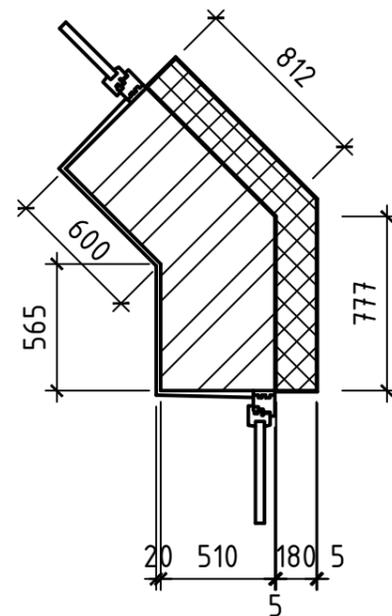
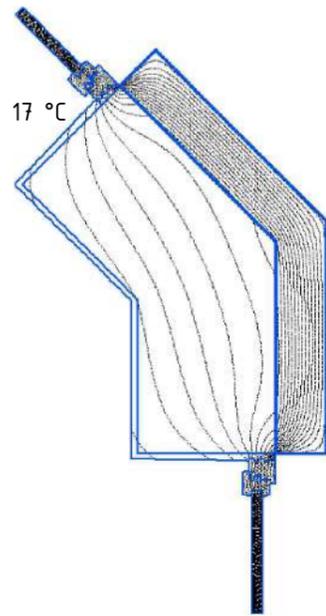
Вимога 3 виконується.

						601-БП.11394037.МР		
						Дослідження теплозахисних властивостей ділянок зовнішніх стін з теплопровідними включеннями		
Зм.	Кільк.	Арк.	Док.	Підпис	Дата	РОЗДІЛ 2. Дослідження впливу теплопровідних включень на теплозахисні властивості огороження у місцях складної їх форми		
Виконав	Аверьянов ІВ					Сталія	Аркуші	Аркуші
Керівник	Врн 01					МР	4	
Консульт.	Врн 01					Ділянка 1 Ділянка 2		
Н.контрл.	Врн 01					НУПІ ім. Ю. Кондратюка		
Замб.	Єсенко О.В.					Кафедра БмалЦі		

РОЗДІЛ 2. Дослідження впливу теплопровідних включень на теплозахисні властивості огороження у місцях складної їх форми

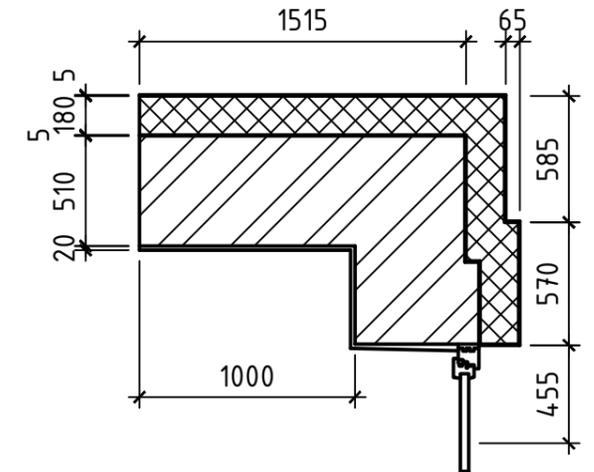
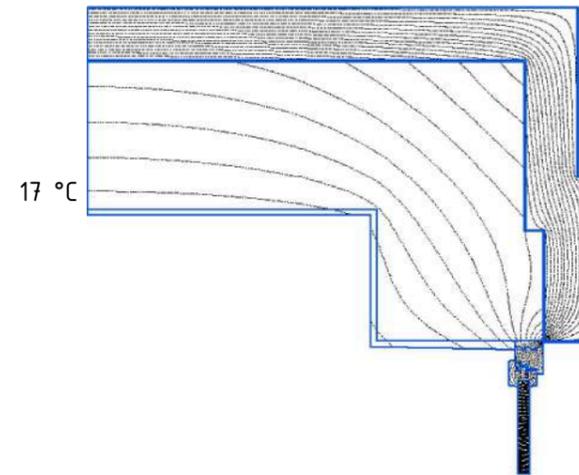
Ділянка 3

Температурне поле Розрахункова схема

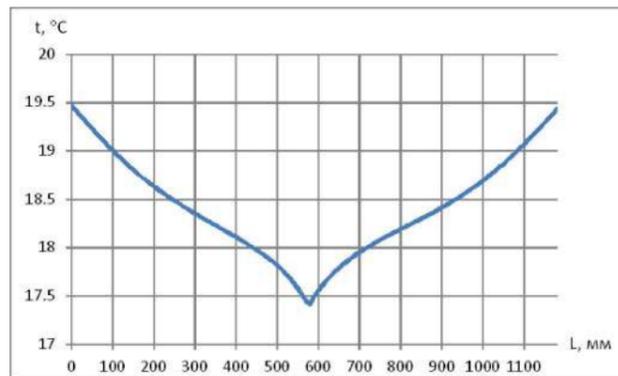


Ділянка 4

Температурне поле Розрахункова схема



Температура на внутрішній поверхні

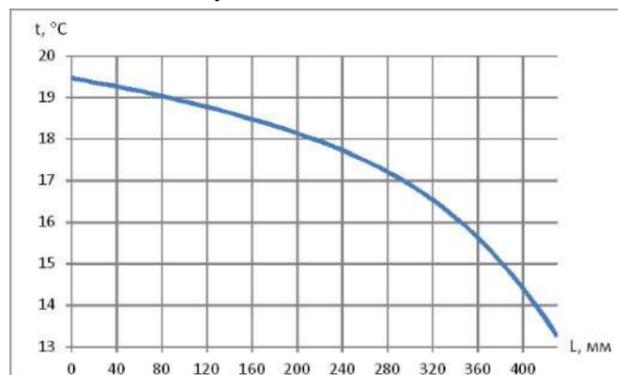


$R_{\Sigma пр} = 3,451 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт} < R_{q, \text{min}} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$
Вимога 1 не виконується.

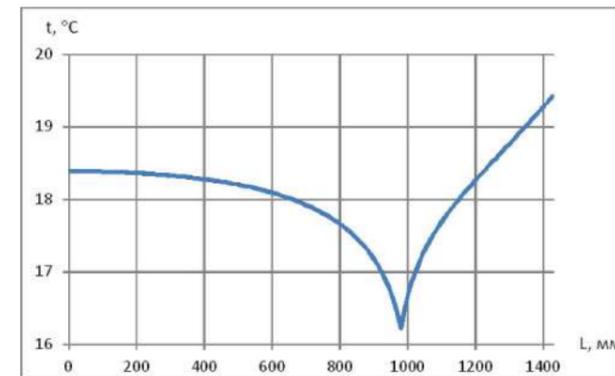
$\Delta t_{пр} = 1,6^\circ\text{C} < \Delta t_{с2} = 4^\circ\text{C}$
Вимога 2 виконується.

$\tau_{в, \text{min}} = 13,3^\circ\text{C} > \tau_{р} = 10,7^\circ\text{C}$
Вимога 3 виконується.

Температура на поверхні відкоса



Температура на внутрішній поверхні

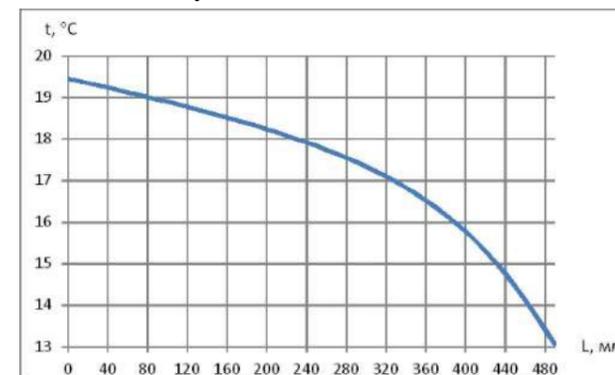


$R_{\Sigma пр} = 3,663 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт} < R_{q, \text{min}} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$
Вимога 1 не виконується.

$\Delta t_{пр} = 1,9^\circ\text{C} < \Delta t_{с2} = 4^\circ\text{C}$
Вимога 2 виконується.

$\tau_{в, \text{min}} = 13,1^\circ\text{C} > \tau_{р} = 10,7^\circ\text{C}$
Вимога 3 виконується.

Температура на поверхні відкоса



						601-БП.11394.037.МР		
						Дослідження теплозахисних властивостей ділянок зовнішніх стін з теплопровідними включеннями		
Зм.	Кільк.	Арк.	Док.	Підпис	Дата	РОЗДІЛ 2. Дослідження впливу теплопровідних включень на теплозахисні властивості огороження у місцях складної їх форми		
Виконав	Керівник	Консульт.	Арх.	Арх.	Арх.	Старий	Арх.	Арх.
Замб.	Сенко О.В.					МР	5	
Ділянка 3. Ділянка 4.						НУП ім. Ю. Кондратюка Кафедра БмалЦі		

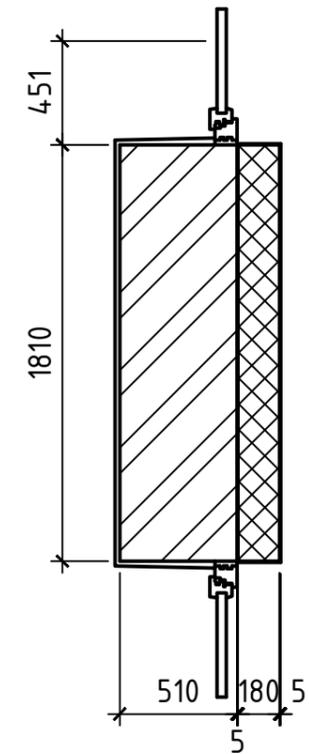
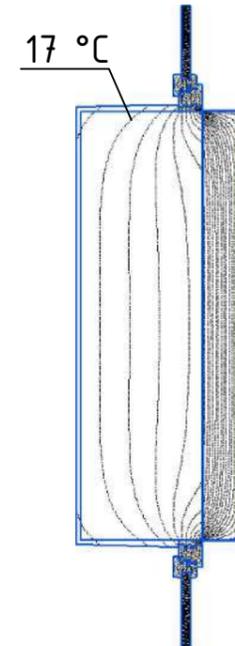
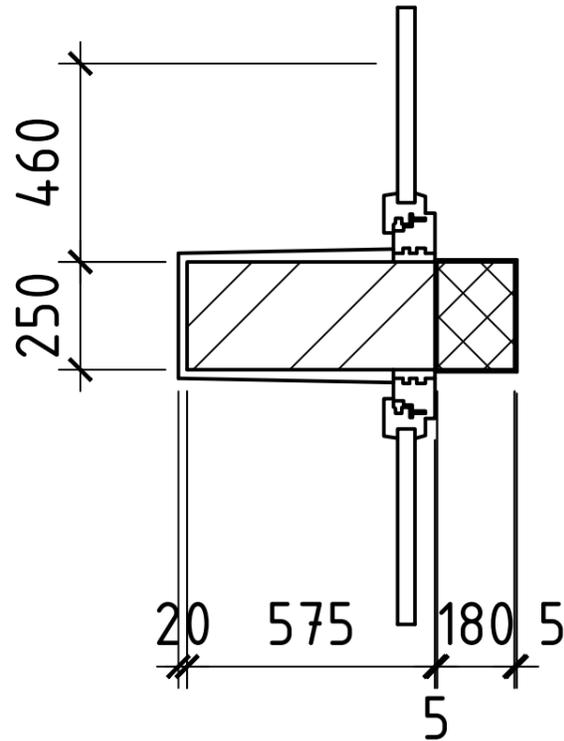
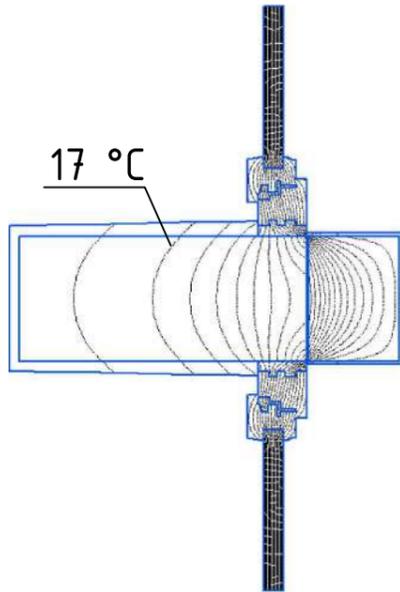
РОЗДІЛ 2. Дослідження впливу теплопровідних включень на теплозахисні властивості огороження у місцях складної їх форми

Ділянка 5

Ділянка 6

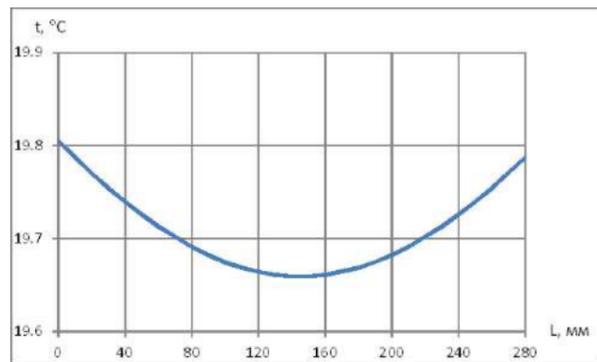
Температурне поле Розрахункова схема

Температурне поле Розрахункова схема



Температура на внутрішній поверхні

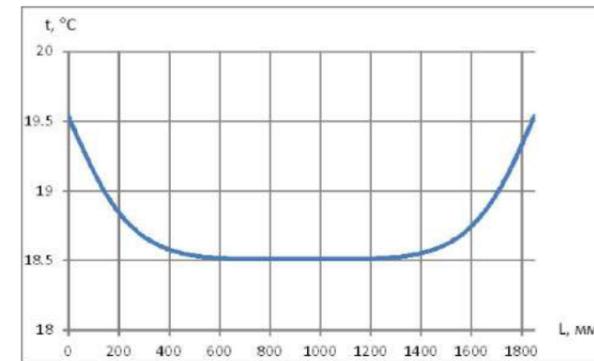
Температура на внутрішній поверхні



$R_{\Sigma np} = 3,312 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт} < R_{q, \text{min}} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$
Вимога 1 не виконується.

$\Delta t_{np} = 0,3^\circ\text{C} < \Delta t_{cz} = 4^\circ\text{C}$
Вимога 2 виконується.

$\tau_{\text{в. min}} = 13,3^\circ\text{C} > \tau_p = 10,7^\circ\text{C}$
Вимога 3 виконується.



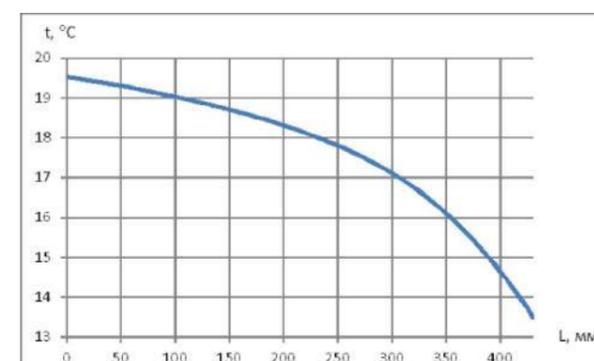
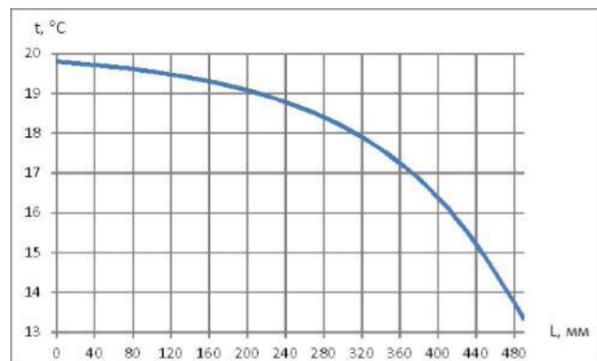
$R_{\Sigma np} = 3,54 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт} < R_{q, \text{min}} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$
Вимога 1 не виконується.

$\Delta t_{np} = 1,3^\circ\text{C} < \Delta t_{cz} = 4^\circ\text{C}$
Вимога 2 виконується.

$\tau_{\text{в. min}} = 13,3^\circ\text{C} > \tau_p = 10,7^\circ\text{C}$
Вимога 3 виконується.

Температура на поверхні відкоса

Температура на поверхні відкоса

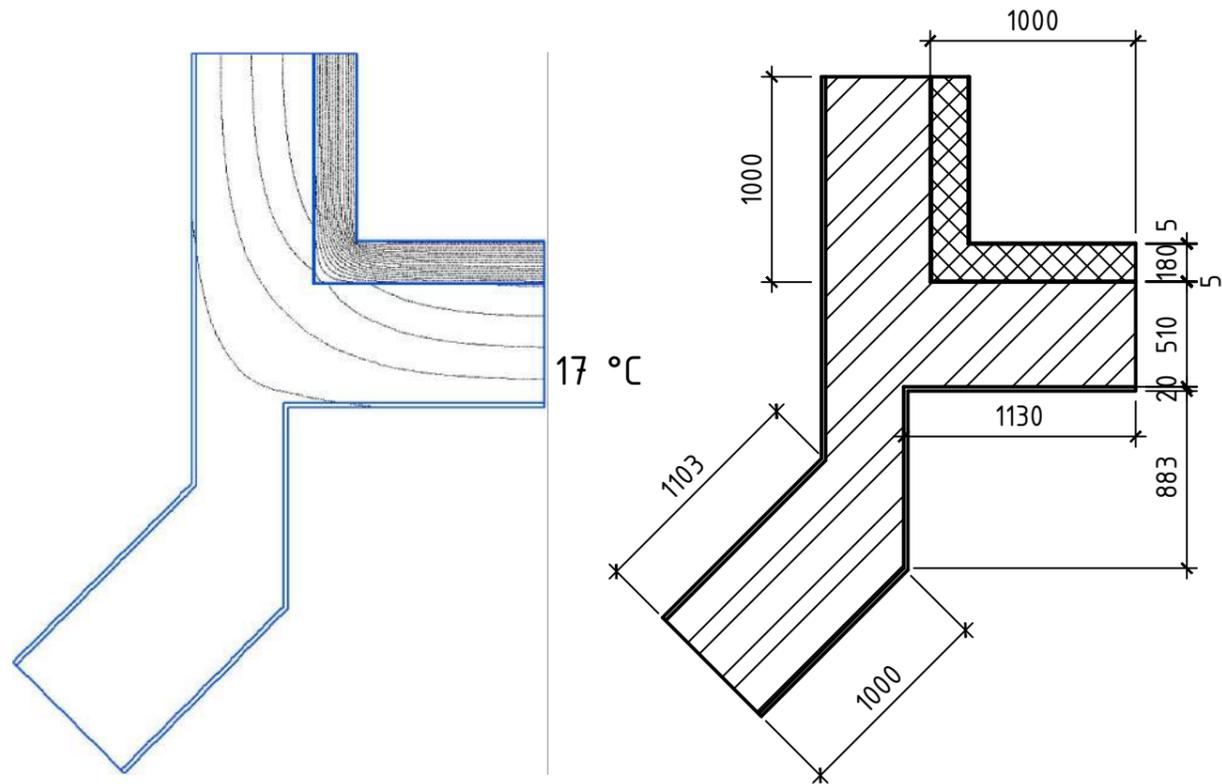


601-БП.11394.037.МР					
Дослідження теплозахисних властивостей ділянок зовнішніх стін з теплопровідними включеннями					
Зм.	Кільк.	Арк.	Док.	Підпис	Дата
Виконав	Аверьянов ІВ				
Керівник	Врн 01				
Консульт.	Врн 01				
Н.контрл.	Врн 01				
Замб.	Єсенко О.В.				
Ділянка 5. Ділянка 6.				МР	6
				НУП ім. Ю. Кондратюка Кафедра БмалЦ	

РОЗДІЛ 2. Дослідження впливу теплопровідних включень на теплозахисні властивості огороження у місцях складної їх форми

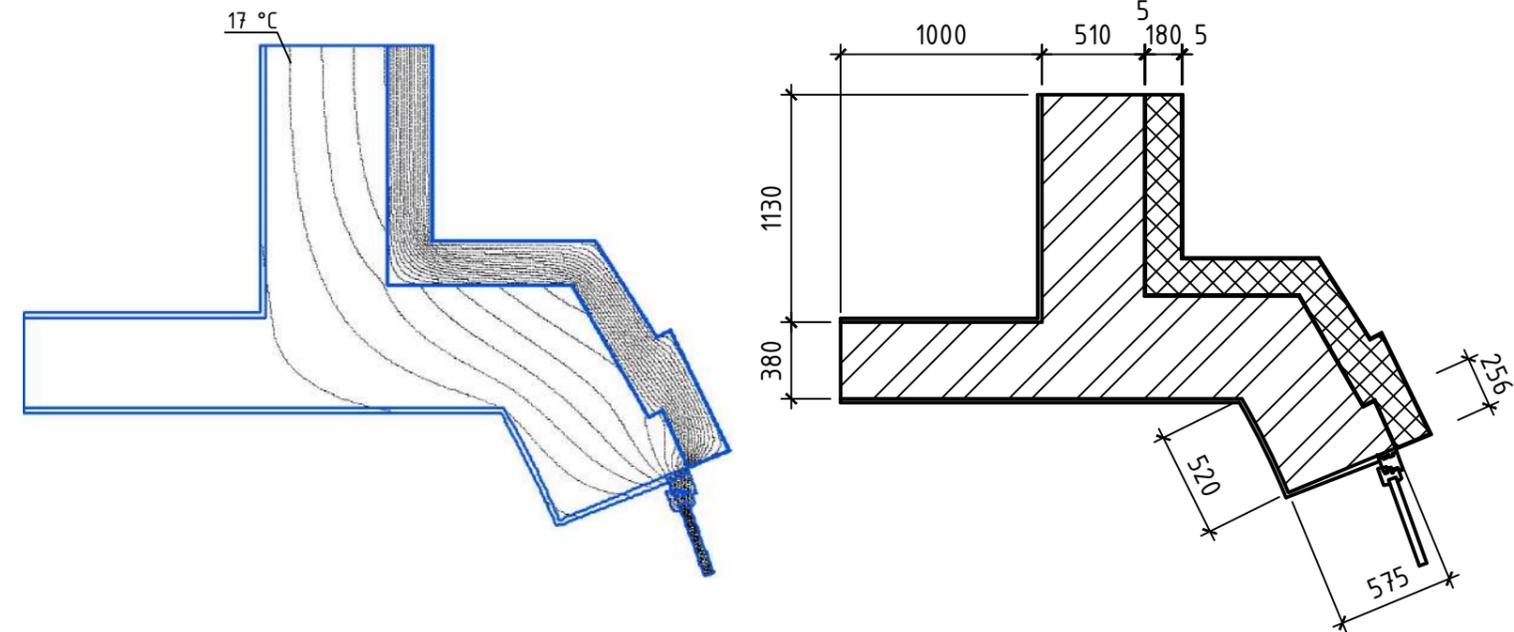
Ділянка 7

Температурне поле Розрахункова схема

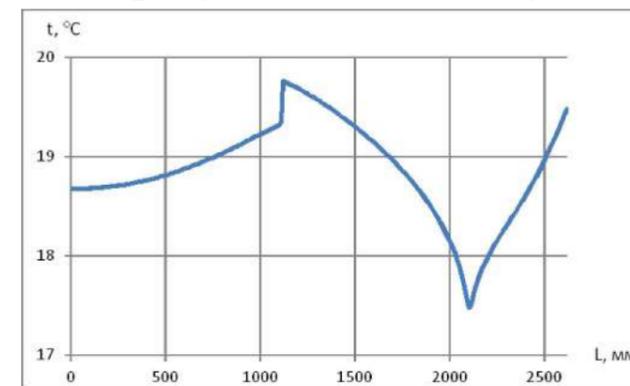


Ділянка 8

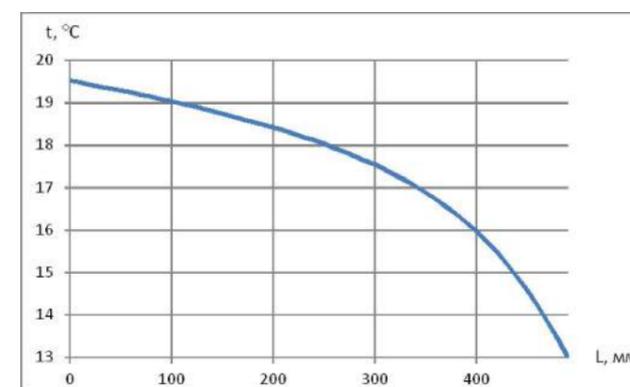
Температурне поле Розрахункова схема



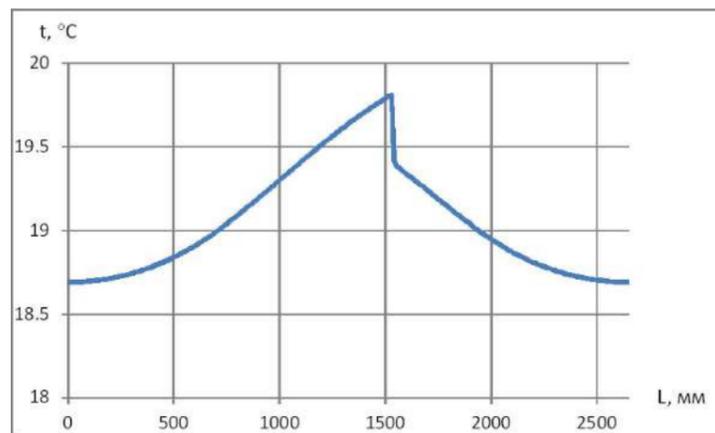
Температура на внутрішній поверхні



Температура на поверхні відкоса



Температура на внутрішній поверхні



$R_{\Sigma np} = 4,701 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт} > R_{q.min} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$
Вимога 1 виконується.

$\Delta t_{np} = 1,5^\circ\text{C} < \Delta t_{tс2} = 4^\circ\text{C}$
Вимога 2 виконується.

$\tau_{в.min} = 18,7^\circ\text{C} > \tau_p = 10,7^\circ\text{C}$
Вимога 3 виконується.

$R_{\Sigma np} = 4,546 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт} > R_{q.min} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$
Вимога 1 виконується.

$\Delta t_{np} = 1,1^\circ\text{C} < \Delta t_{tс2} = 4^\circ\text{C}$
Вимога 2 виконується.

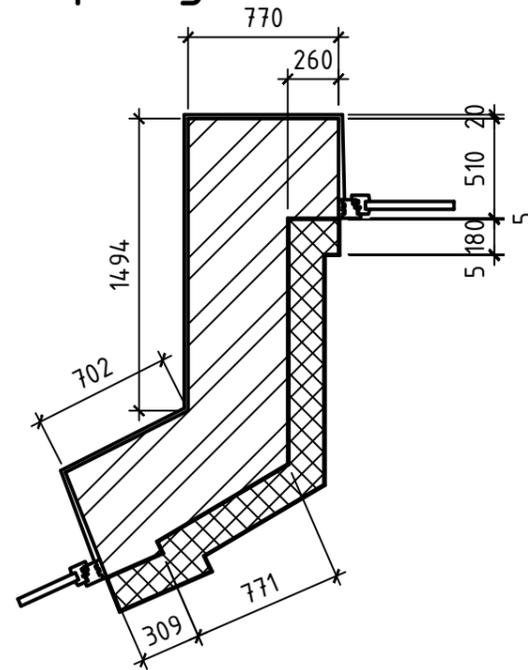
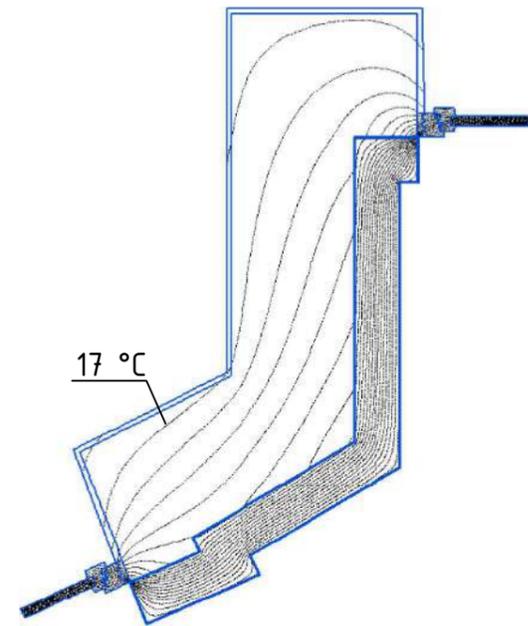
$\tau_{в.min} = 13^\circ\text{C} > \tau_p = 10,7^\circ\text{C}$
Вимога 3 виконується.

						601-БП.11394.037.МР		
						Дослідження теплозахисних властивостей ділянок зовнішніх стін з теплопровідними включеннями		
Зм.	Кільк.	Арк.	Док.	Підпис	Дата	РОЗДІЛ 2. Дослідження впливу теплопровідних включень на теплозахисні властивості огороження у місцях складної їх форми		
Виконав	Керівник	Консульт.	Н.контрл.	Замб.	Сенко О.В.	Стеця	Аркуш	Аркушів
						МР	7	
						Ділянка 7. Ділянка 8.		
						НУП ім. Ю. Кондратюка Кафедра БмалЦі		

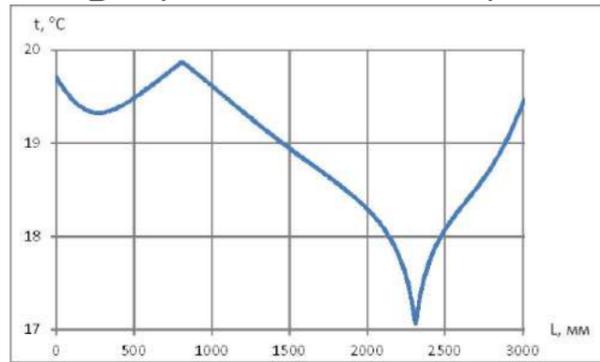
РОЗДІЛ 2. Дослідження впливу теплопровідних включень на теплозахисні властивості огороження у місцях складної їх форми

Ділянка 9

Температурне поле Розрахункова схема



Температура на внутрішній поверхні



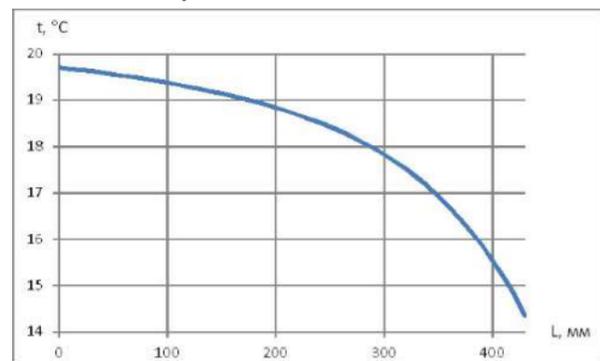
$R_{\Sigma np} = 4,05 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт} < R_{q, \text{min}} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$
Вимога 1 виконується.

$\Delta t_{np} = 1,1^\circ\text{C} < \Delta t_{cz} = 4^\circ\text{C}$
Вимога 2 виконується.

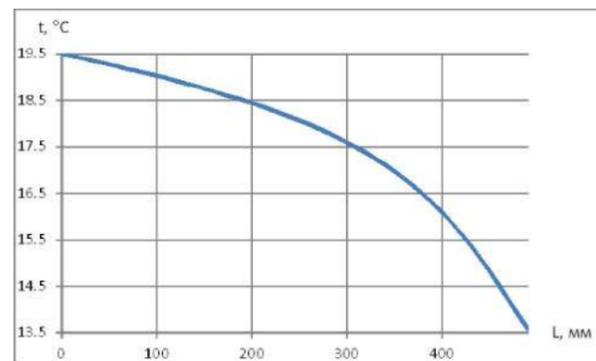
$\tau_{\text{в. min}} = 18,7^\circ\text{C} > \tau_p = 10,7^\circ\text{C}$
Вимога 3 виконується.

$\tau_{\text{в. min}} = 13,6^\circ\text{C} > \tau_p = 10,7^\circ\text{C}$
Вимога 3 виконується.

Температура на поверхні відкоса

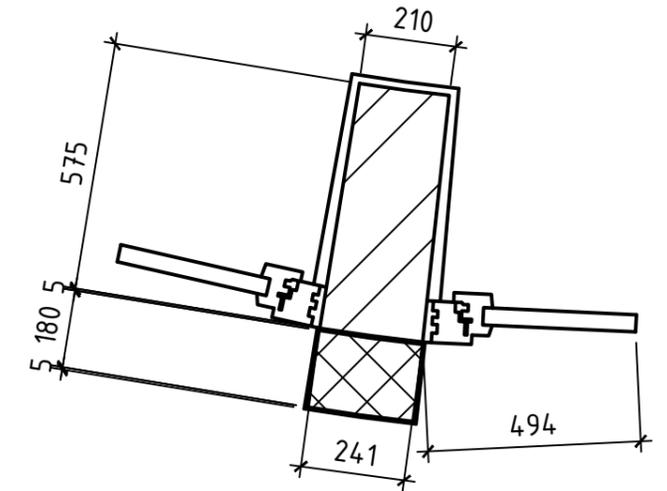
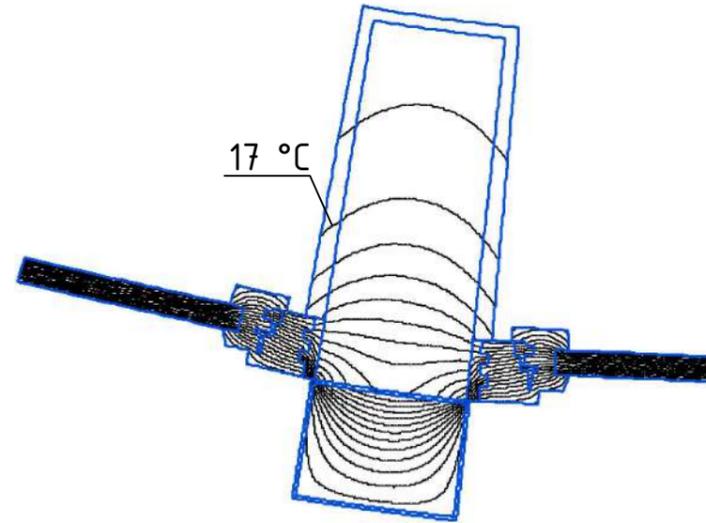


Температура на поверхні відкоса

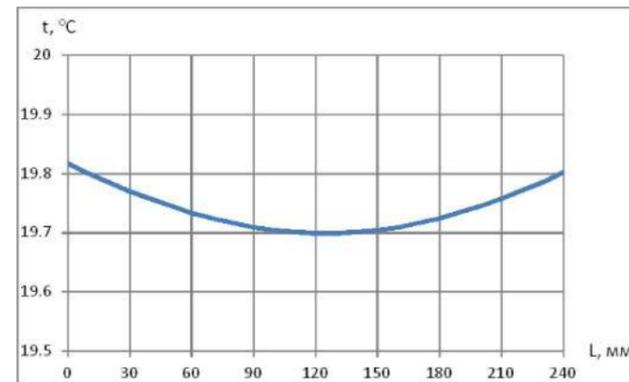


Ділянка 10

Температурне поле Розрахункова схема



Температура на внутрішній поверхні

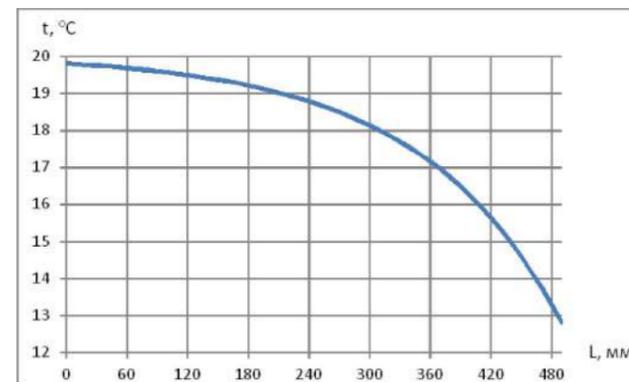


$R_{\Sigma np} = 3,11 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт} < R_{q, \text{min}} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$
Вимога 1 виконується.

$\Delta t_{np} = 0,3^\circ\text{C} < \Delta t_{cz} = 4^\circ\text{C}$
Вимога 2 виконується.

$\tau_{\text{в. min}} = 12,8^\circ\text{C} > \tau_p = 10,7^\circ\text{C}$
Вимога 3 виконується.

Температура на поверхні відкоса

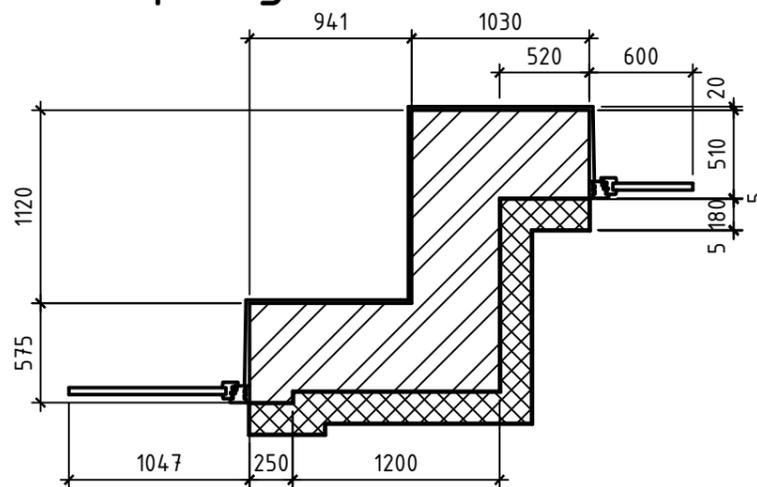
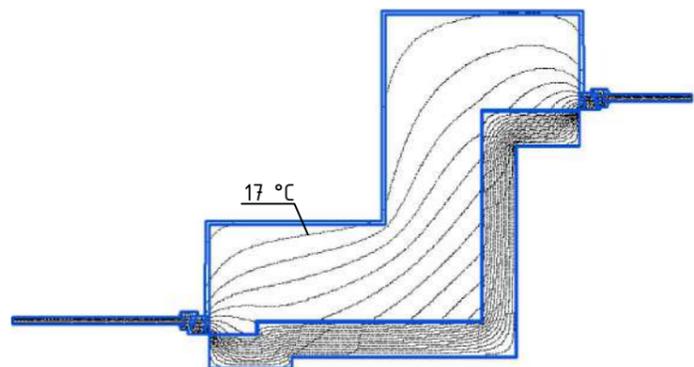


						601-БП.11394.037.МР		
						Дослідження теплозахисних властивостей ділянок зовнішніх стін з теплопровідними включеннями		
Зм.	Кільк.	Арк.	Док.	Підпис	Дата	РОЗДІЛ 2. Дослідження впливу теплопровідних включень на теплозахисні властивості огороження у місцях складної їх форми		
Виконав	Аверьянов ІВ					Сталія	Аркуш	Аркушів
Керівник	Врім О.І.					МР	8	
Консульт.	Врім О.І.					Ділянка 9. Ділянка 10.		
Н.контрл.	Врім О.І.					НУП ім. Ю. Кондратюка		
Замб.	Сенко О.В.					Кафедра БмалЦі		

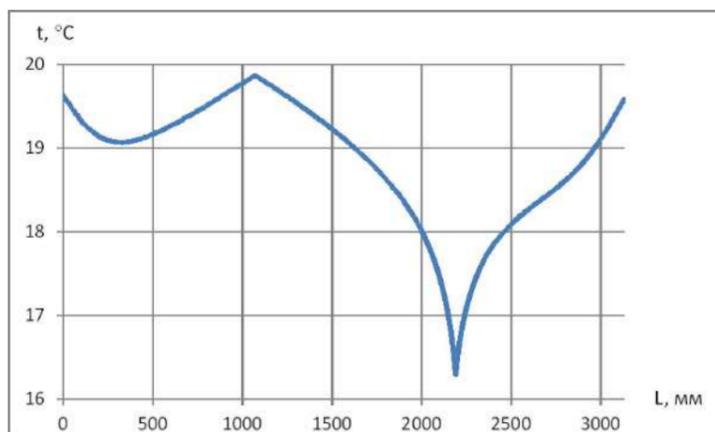
РОЗДІЛ 2. Дослідження впливу теплопровідних включень на теплозахисні властивості огороження у місцях складної їх форми

Ділянка 11

Температурне поле Розрахункова схема



Температура на внутрішній поверхні



$$R_{\Sigma np} = 4,152 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт} > R_{q, \text{min}} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$$

Вимога 1 виконується.

$$\Delta t_{np} = 1,1^\circ\text{C} < \Delta t_{cz} = 4^\circ\text{C}$$

Вимога 2 виконується.

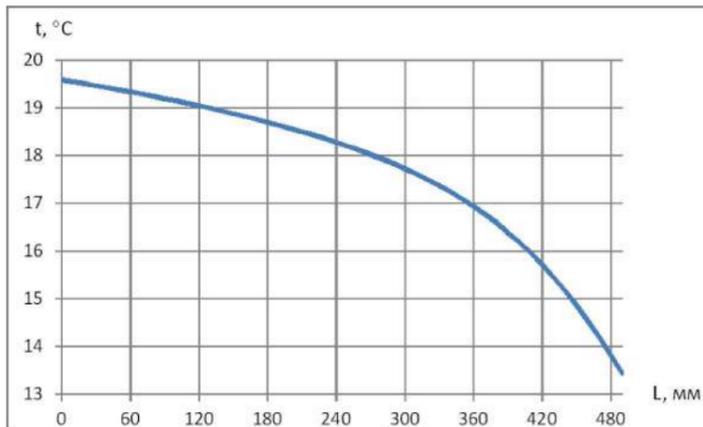
$$\tau_{\text{в. min}} = 13,9^\circ\text{C} > \tau_p = 10,7^\circ\text{C}$$

Вимога 3 виконується.

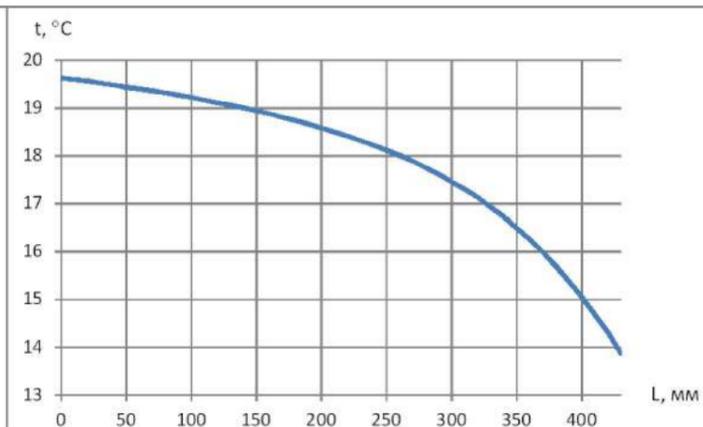
$$\tau_{\text{в. min}} = 13,9^\circ\text{C} > \tau_p = 10,7^\circ\text{C}$$

Вимога 3 виконується.

Температура на поверхні відкоса

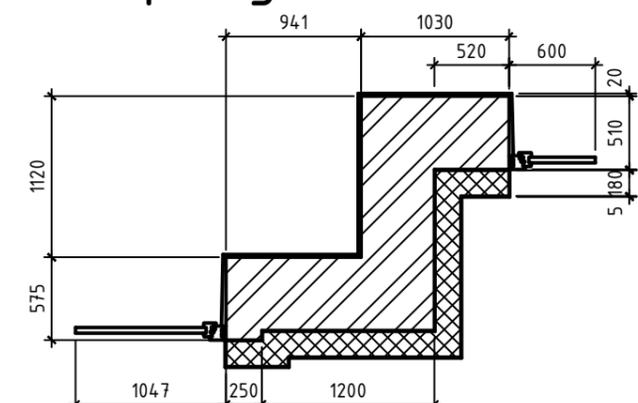
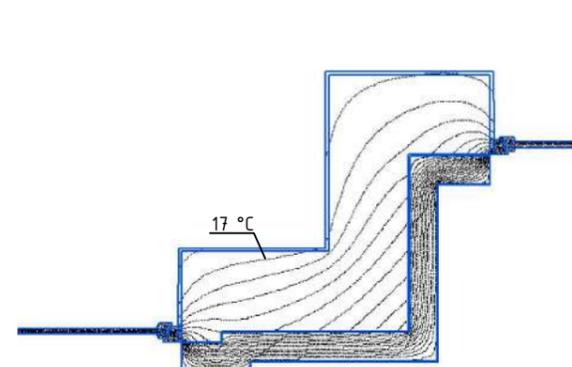


Температура на поверхні відкоса

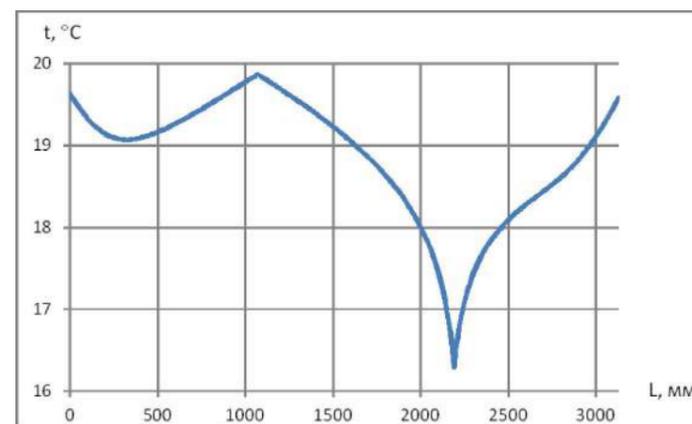


Ділянка 12

Температурне поле Розрахункова схема



Температура на внутрішній поверхні



$$R_{\Sigma np} = 4,502 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт} > R_{q, \text{min}} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$$

Вимога 1 виконується.

$$\Delta t_{np} = 1,1^\circ\text{C} < \Delta t_{cz} = 4^\circ\text{C}$$

Вимога 2 виконується.

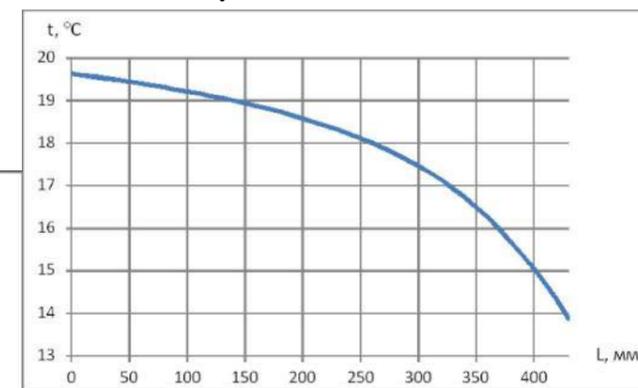
$$\tau_{\text{в. min}} = 13,9^\circ\text{C} > \tau_p = 10,7^\circ\text{C}$$

Вимога 3 виконується.

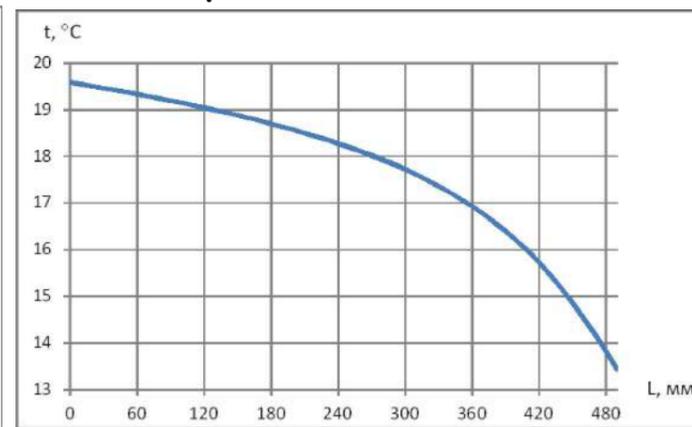
$$\tau_{\text{в. min}} = 13,9^\circ\text{C} > \tau_p = 10,7^\circ\text{C}$$

Вимога 3 виконується.

Температура на поверхні відкоса



Температура на поверхні відкоса

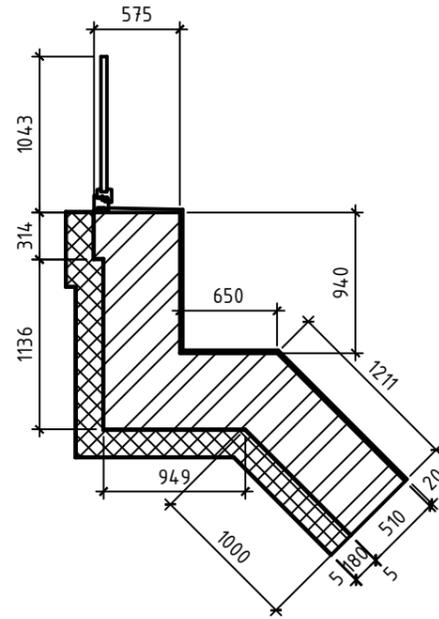
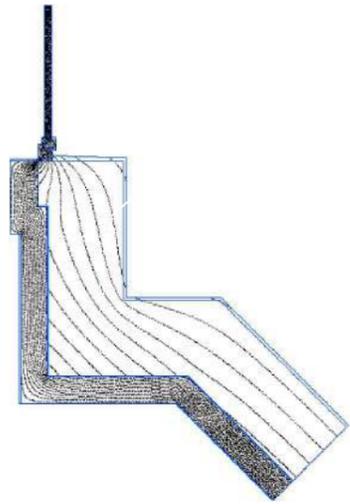


						601-БП.11394.037.МР		
						Дослідження теплозахисних властивостей ділянок зовнішніх стін з теплопровідними включеннями		
Зм.	Кільк.	Арк.	Док.	Підпис	Дата	РОЗДІЛ 2. Дослідження впливу теплопровідних включень на теплозахисні властивості огороження у місцях складної їх форми		
Виконав	В.В.В.В.В.	В.В.В.В.В.	В.В.В.В.В.	В.В.В.В.В.	В.В.В.В.В.	Старий	Архив	Архив
Керівник	В.В.В.В.В.	В.В.В.В.В.	В.В.В.В.В.	В.В.В.В.В.	В.В.В.В.В.	МР	9	
Консульт.	В.В.В.В.В.	В.В.В.В.В.	В.В.В.В.В.	В.В.В.В.В.	В.В.В.В.В.	Ділянка 11. Ділянка 12.		
Н.контрл.	В.В.В.В.В.	В.В.В.В.В.	В.В.В.В.В.	В.В.В.В.В.	В.В.В.В.В.	НУП ім. Ю. Кондратюка		
Замб.	Сенко О.В.	Кафедра БмалЦ						

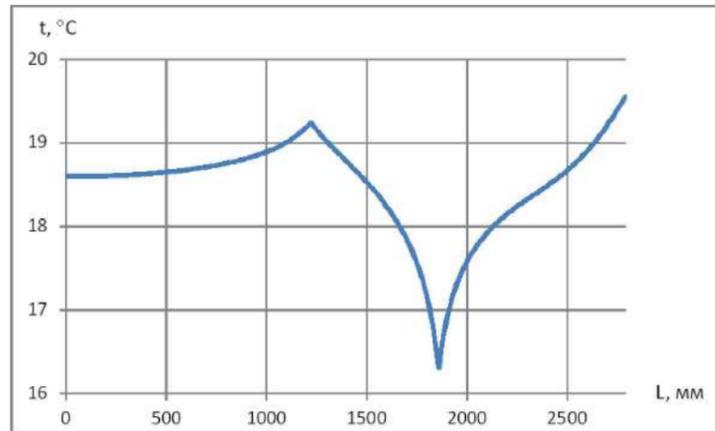
РОЗДІЛ 2. Дослідження впливу теплопровідних включень на теплозахисні властивості огороження у місцях складної їх форми

Ділянка 13

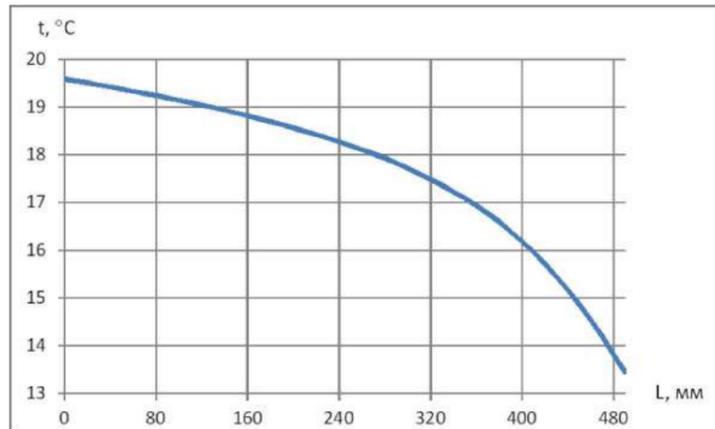
Температурне поле Розрахункова схема



Температура на внутрішній поверхні



Температура на поверхні відкоса



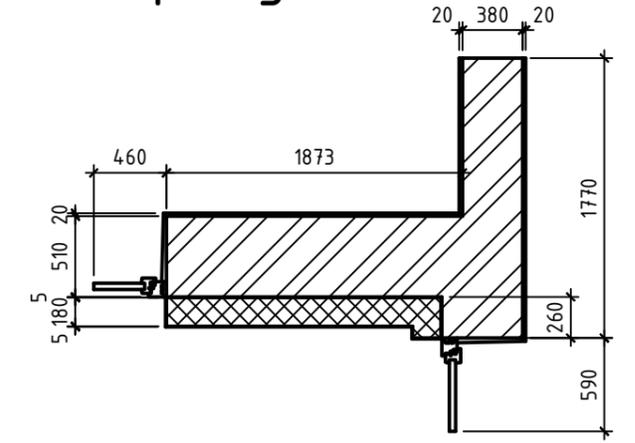
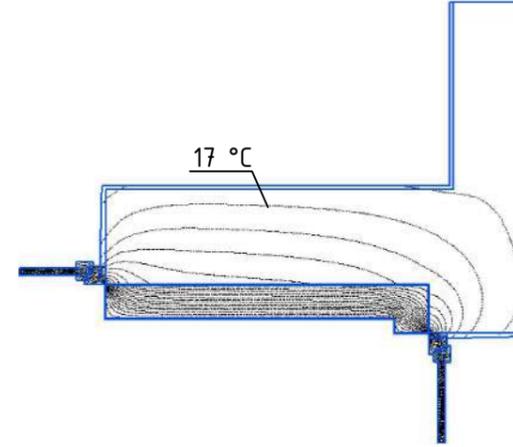
$R_{\Sigma np} = 3,95 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт} < R_{q, \text{min}} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$
Вимога 1 не виконується.

$\Delta t_{np} = 1,5^\circ\text{C} < \Delta t_{t_{c2}} = 4^\circ\text{C}$
Вимога 2 виконується.

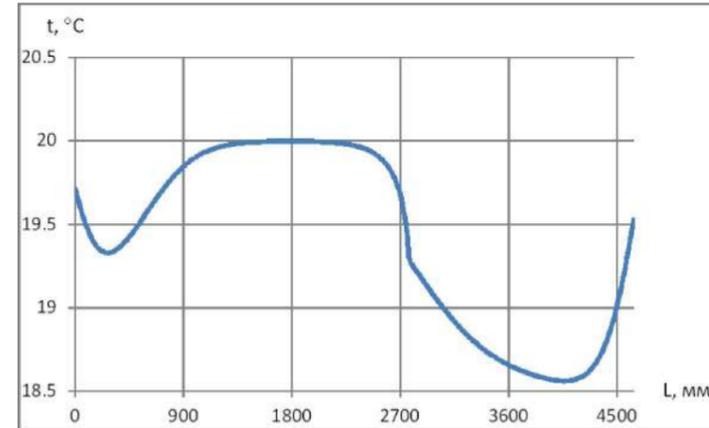
$\tau_{\theta, \text{min}} = 13,5^\circ\text{C} > \tau_p = 10,7^\circ\text{C}$
Вимога 3 виконується.

Ділянка 14

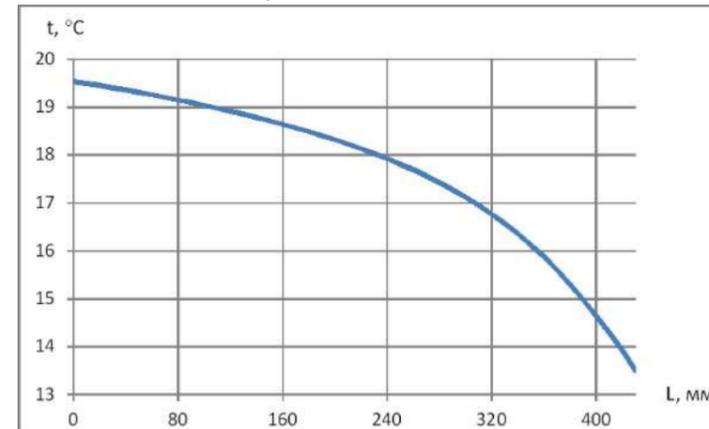
Температурне поле Розрахункова схема



Температура на внутрішній поверхні



Температура на поверхні відкоса



$R_{\Sigma np} = 4,781 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт} > R_{q, \text{min}} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$

Вимога 1 виконується.

$\Delta t_{np} = 0,5^\circ\text{C} < \Delta t_{t_{c2}} = 4^\circ\text{C}$

Вимога 2 виконується.

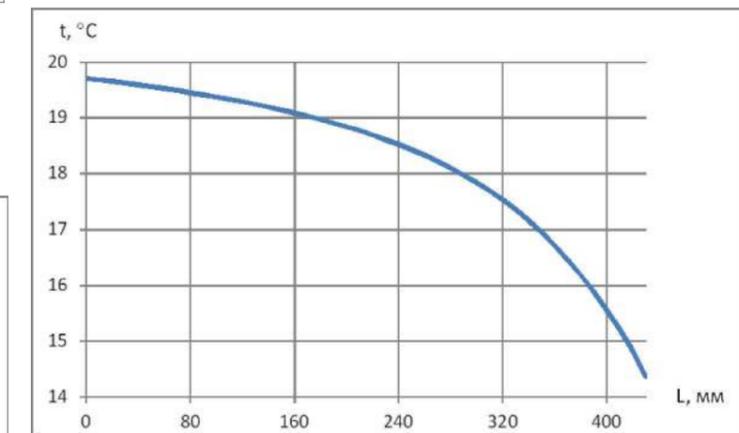
$\tau_{\theta, \text{min}} = 13,5^\circ\text{C} > \tau_p = 10,7^\circ\text{C}$

Вимога 3 виконується.

$\tau_{\theta, \text{min}} = 14,4^\circ\text{C} > \tau_p = 10,7^\circ\text{C}$

Вимога 3 виконується.

Температура на поверхні відкоса

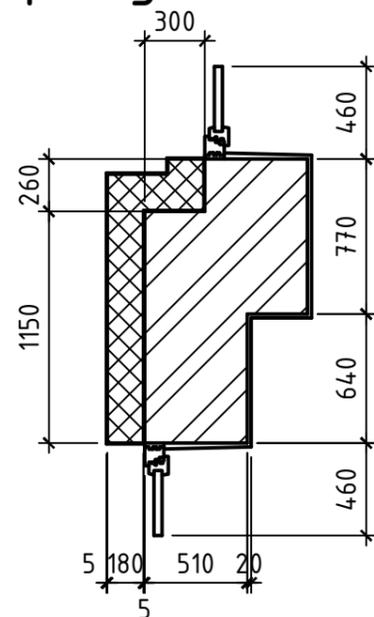
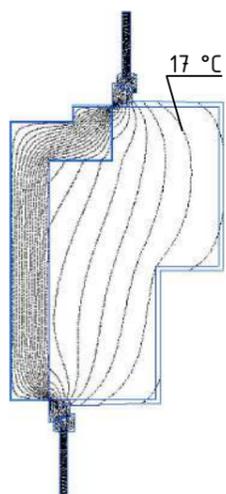


						601-БП.11394.037.МР		
						Дослідження теплозахисних властивостей вілянок завісних стін з теплопровідними включеннями		
Зм.	Кільк.	Арк.	Док.	Підпис	Дата	РОЗДІЛ 2. Дослідження впливу теплопровідних включень на теплозахисні властивості огороження у місцях складної їх форми		
Виконав	Керівник	Консульт.	Н.контрл.	Замб.	Вірн. 01.	Вірн. 01.	Вірн. 01.	Вірн. 01.
Стеця	Аркуш	Аркушів				МР	10	
						Ділянка 13. Ділянка 14.		
						НУП ім. Ю. Кондратюка Кафедра БмалЦі		

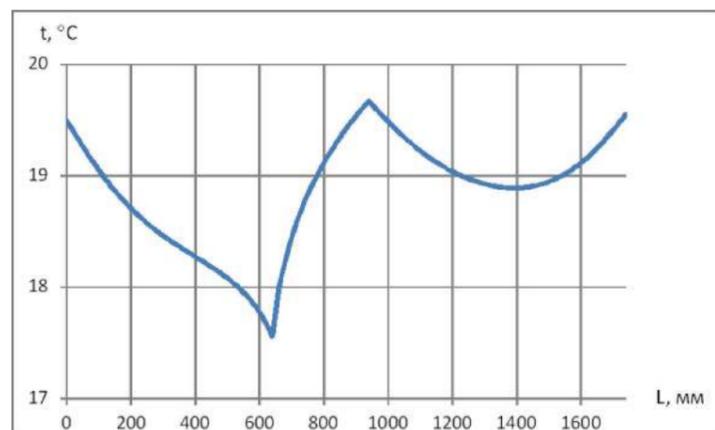
РОЗДІЛ 2. Дослідження впливу теплопровідних включень на теплозахисні властивості огороження у місцях складної їх форми

Ділянка 15

Температурне поле Розрахункова схема

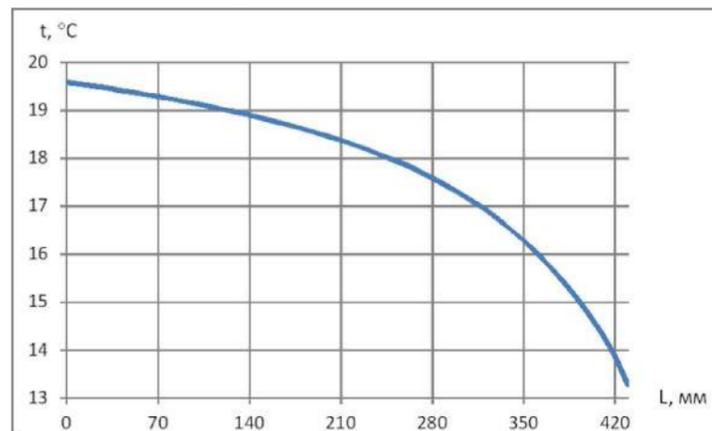


Температура на внутрішній поверхні

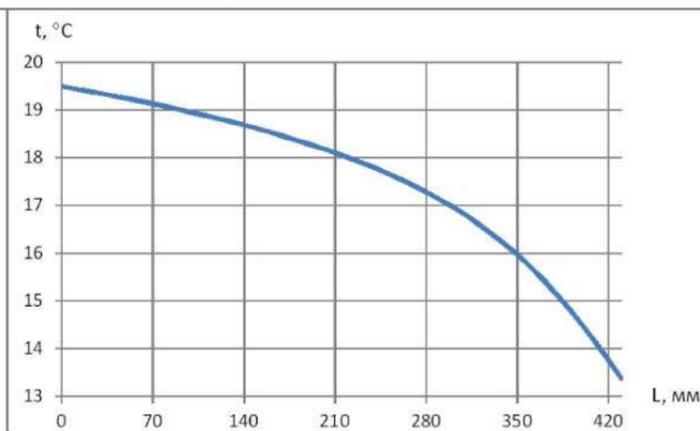


$R_{\Sigma np} = 3,762 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт} < R_{q, \text{min}} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$
 Вимога 1 не виконується.
 $\Delta t_{np} = 1,1 \text{ °C} < \Delta t_{ca} = 4 \text{ °C}$
 Вимога 2 виконується.
 $\tau_{\theta, \text{min}} = 13,3 \text{ °C} > \tau_p = 10,7 \text{ °C}$
 Вимога 3 виконується.
 $\tau_{\theta, \text{min}} = 13,4 \text{ °C} > \tau_p = 10,7 \text{ °C}$
 Вимога 3 виконується.

Температура на поверхні відкоса

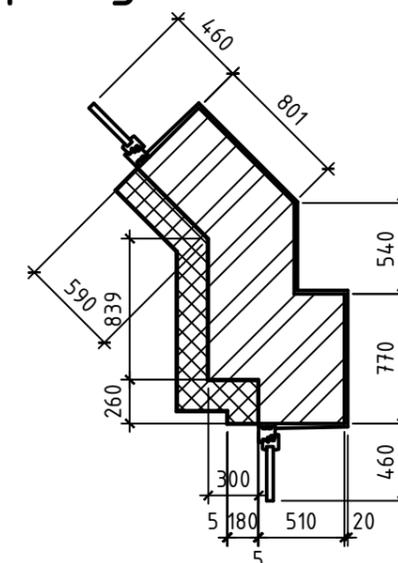
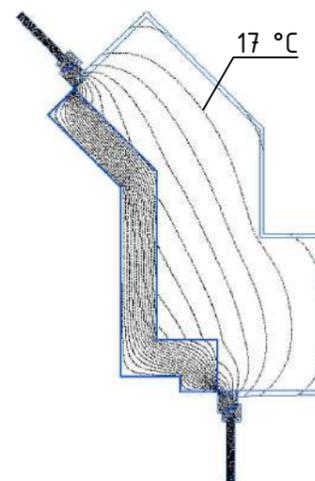


Температура на поверхні відкоса

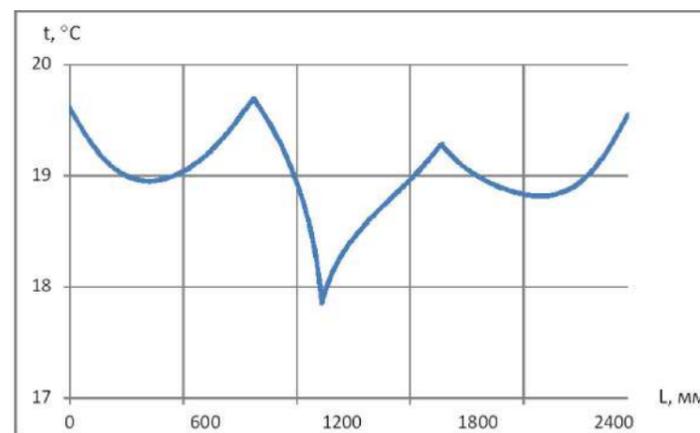


Ділянка 16

Температурне поле Розрахункова схема

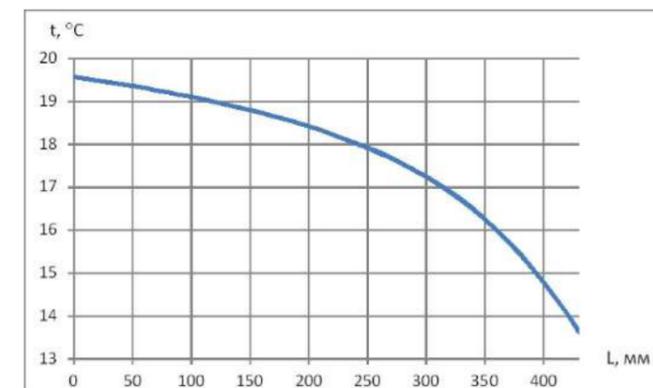


Температура на внутрішній поверхні



$R_{\Sigma np} = 3,785 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт} < R_{q, \text{min}} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$
 Вимога 1 не виконується.
 $\Delta t_{np} = 1 \text{ °C} < \Delta t_{ca} = 4 \text{ °C}$
 Вимога 2 виконується.
 $\tau_{\theta, \text{min}} = 13,9 \text{ °C} > \tau_p = 10,7 \text{ °C}$
 Вимога 3 виконується.
 $\tau_{\theta, \text{min}} = 13,6 \text{ °C} > \tau_p = 10,7 \text{ °C}$
 Вимога 3 виконується.

Температура на поверхні відкоса



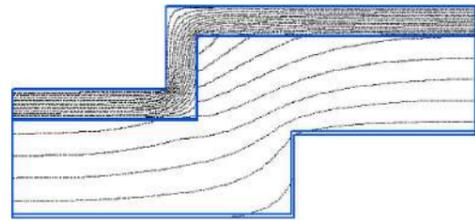
					601-БП.11394.037.МР		
					Дослідження теплозахисних властивостей ділянок завісних стін з теплопровідними включеннями		
Зм.	Кільк.	Арк.	Док.	Підпис	Дата		
Виконав	Керівник	Консульт.	Арх. 01	Арх. 01		Розділ 2. Дослідження впливу теплопровідних включень на теплозахисні властивості огороження у місцях складної їх форми	Стадія
							Аркшів
							МР
							11
					Ділянка 15. Ділянка 16.		
					НУП ім. Ю. Кондратюка		
					Кафедра БМАЦІ		

РОЗДІЛ 3. Пропозиції по покращенню теплозахисту ділянок складної форми

Ділянка 1

Зменшення товщини утеплювача на 2 см.

Температурне поле



$$R_{\Sigma пр} = 4,112 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт} > R_{q, \text{min}} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$$

Вимога 1 виконується.

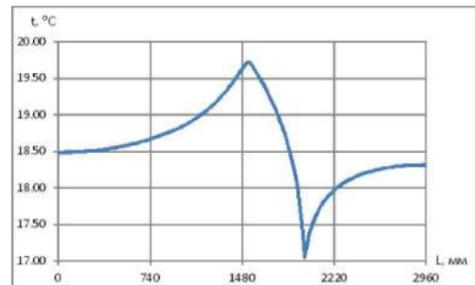
$$\Delta t_{пр} = 1,4 \text{ } ^\circ\text{C} < \Delta t_{с2} = 4 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Вимога 2 виконується.

$$\tau_{в, \text{min}} = 17,1 \text{ } ^\circ\text{C} > \tau_{р} = 10,7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Вимога 3 виконується.

Температура на внутрішній поверхні

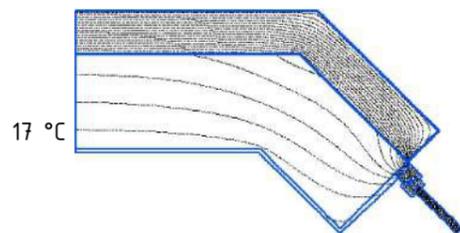


Величина зменшення об'єму утеплювача

$$V_{-ут} = 0,159 \text{ м}^3$$

Ділянка 2

Зменшення товщини утеплювача на 5 см.

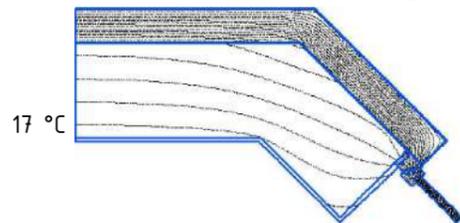


$$R_{\Sigma пр} = 3,344 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт} > R_{q, \text{min}} = 3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$$

Вимога 1 виконується.

$$V_{-ут} = 0,331 \text{ м}^3$$

Утеплення відкосу з зовнішньої сторони товщиною 11 см.

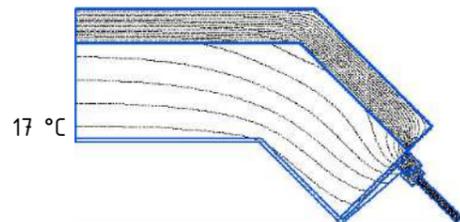


$$R_{\Sigma пр} = 3,328 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт} > R_{q, \text{min}} = 3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$$

Вимога 1 виконується.

$$V_{+ут} = 0,03 \text{ м}^3$$

Утеплення відкосу з внутрішньої сторони товщиною 2 см.



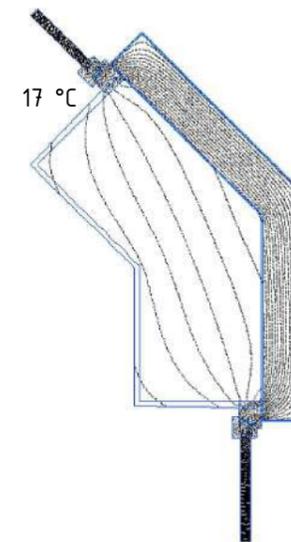
$$R_{\Sigma пр} = 2,946 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт} < R_{q, \text{min}} = 3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$$

Вимога 1 не виконується.

Ділянка 3

Утеплення відкосу з зовнішньої сторони вікна шаром товщиною 8 см.

Температурне поле



$$R_{\Sigma пр} = 4,005 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт} >$$

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

Вимога 1 виконується.

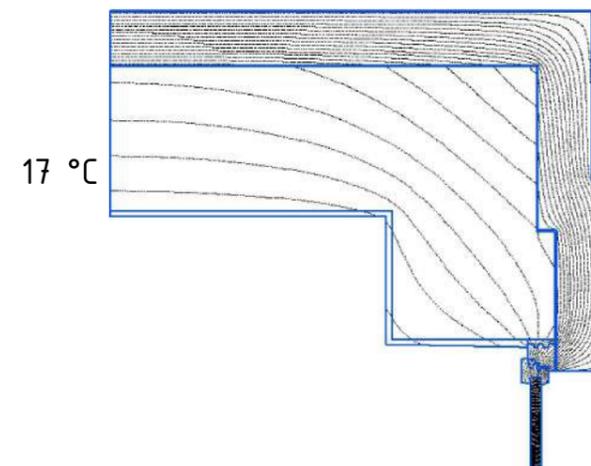
Величина збільшення об'єму утеплювача

$$V_{+ут} = 0,043 \text{ м}^3$$

Ділянка 4

Утеплення відкосу з зовнішньої сторони вікна шаром товщиною 11 см. та збільшення загальної товщини утеплювача на 1 см.

Температурне поле



$$R_{\Sigma пр} = 4,052 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт} >$$

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

Вимога 1 виконується.

Величина збільшення об'єму утеплювача

$$V_{+ут} = 0,113 \text{ м}^3$$

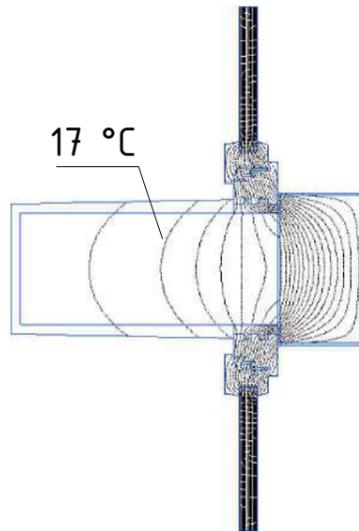
						601-БП.11394.037.МР		
						Дослідження теплозахисних властивостей ділянок зовнішніх стін з теплопровідними вклученнями		
Зм.	Кільк.	Арк.	Док.	Підпис	Дата	РОЗДІЛ 3. Пропозиції по покращенню теплозахисту ділянок складної форми		
Виконав	Аверьянов ІВ					Смадя	Архив	Архив
Керівник	Ван ОІ					МР	12	
Консульт.	Ван ОІ					Ділянка 1. Ділянка 2. Ділянка 3. Ділянка 4.		
Н.контрл.	Ван ОІ					НУПП ім. Ю. Кондратюка		
Затв.	Семко О.В.					Кафедра БМАШ		

РОЗДІЛ 3. Пропозиції по покращенню теплозахисту ділянок складної форми

Ділянка 5

Утеплення відкосу з зовнішньої сторони вікна шаром товщиною 3 см.

Температурне поле



$$R_{\Sigma пр} = 4,055 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} >$$

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

Вимога 1 виконується.

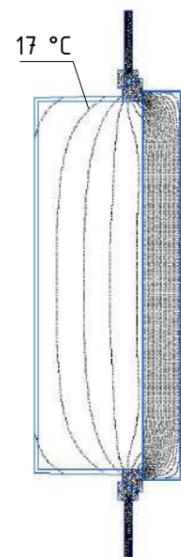
Величина збільшення об'єму утеплювача

$$V_{+ут} = 0,016 \text{ м}^3$$

Ділянка 6

Утеплення відкосу з зовнішньої сторони вікна шаром товщиною 5 см.

Температурне поле



$$R_{\Sigma пр} = 4,037 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} >$$

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

Вимога 1 виконується.

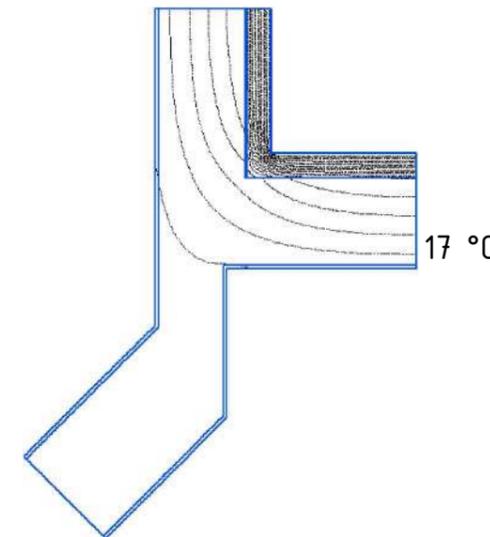
Величина збільшення об'єму утеплювача

$$V_{+ут} = 0,027 \text{ м}^3$$

Ділянка 7

Зменшення товщини утеплювача на 4 см.

Температурне поле



$$R_{\Sigma пр} = 4,101 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} >$$

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

Вимога 1 виконується.

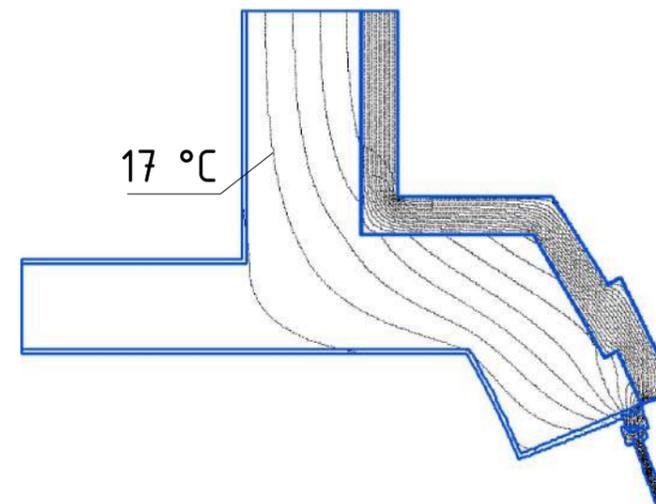
Величина зменшення об'єму утеплювача

$$V_{-ут} = 0,148 \text{ м}^3$$

Ділянка 8

Зменшення товщини утеплювача на 2 см.

Температурне поле



$$R_{\Sigma пр} = 4,01 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} >$$

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

Вимога 1 виконується.

Величина зменшення об'єму утеплювача

$$V_{-ут} = 0,099 \text{ м}^3$$

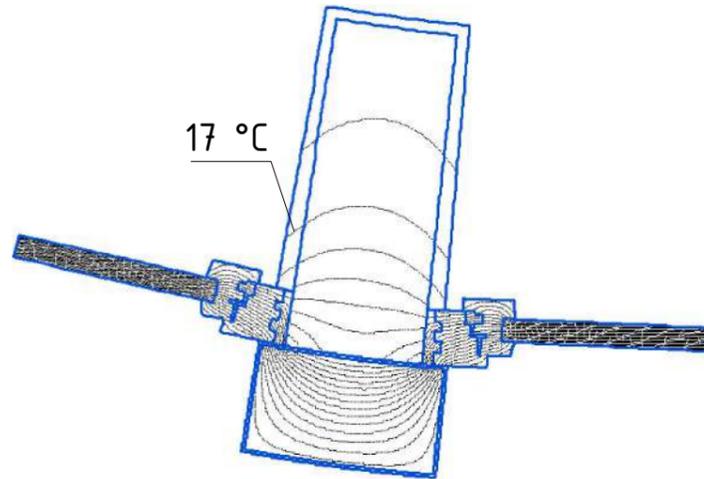
						601-БП.11394.037.МР			
						Дослідження теплозахисних властивостей ділянок зовнішніх стін з теплопровідними вклученнями			
Зм.	Кільк.	Арк.	Док.	Підпис	Дата	РОЗДІЛ 3. Пропозиції по покращенню теплозахисту ділянок складної форми	Старія	Архив	Архив
Виконав	Аберьянов ІВ						МР	13	
Керівник	Врін О.І.								
Консульт.	Врін О.І.					Ділянка 5. Ділянка 6. Ділянка 7. Ділянка 8.			
Н.контрл.	Врін О.І.						НУПП ім. Ю. Кондратюка		
Затв.	Семко О.В.						Кафедра БтМШ		

РОЗДІЛ 3. Пропозиції по покращенню теплозахисту ділянок складної форми

Ділянка 10

Утеплення відкосу з зовнішньої сторони вікна шаром товщиною 4 см.

Температурне поле



$$R_{\Sigma пр} = 4,08 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} > R_{q, \text{min}} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Вимога 1 виконується.

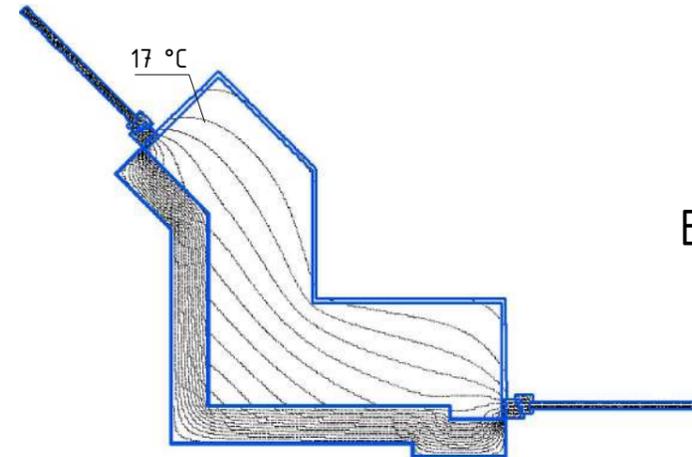
Величина збільшення об'єму утеплювача

$$V_{+ут} = 0,022 \text{ м}^3$$

Ділянка 12

Утеплення відкосу з зовнішньої сторони вікна шаром товщиною 2 см.

Температурне поле



$$R_{\Sigma пр} = 4,042 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} > R_{q, \text{min}} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Вимога 1 виконується.

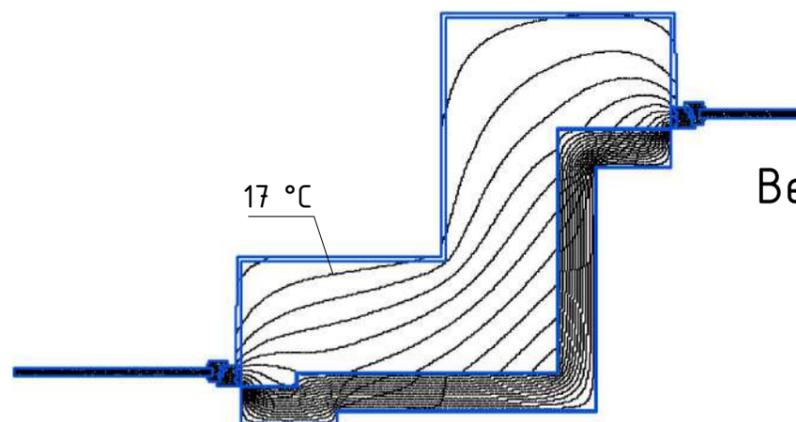
Величина збільшення об'єму утеплювача

$$V_{+ут} = 0,0108 \text{ м}^3$$

Ділянка 11

Зменшення товщини утеплювача на 1 см.

Температурне поле



Величина зменшення об'єму утеплювача

$$V_{-ут} = 0,094 \text{ м}^3$$

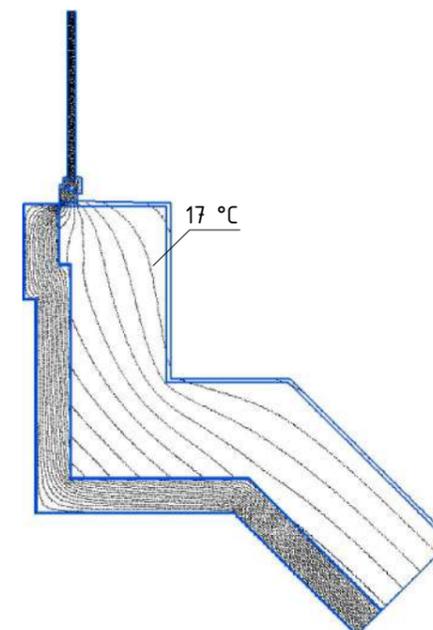
$$R_{\Sigma пр} = 4,002 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} > R_{q, \text{min}} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Вимога 1 виконується.

Ділянка 13

Утеплення відкосу з зовнішньої сторони вікна шаром товщиною 1 см.

Температурне поле



$$R_{\Sigma пр} = 4,051 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} > R_{q, \text{min}} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Вимога 1 виконується.

Величина збільшення об'єму утеплювача

$$V_{+ут} = 0,0027 \text{ м}^3$$

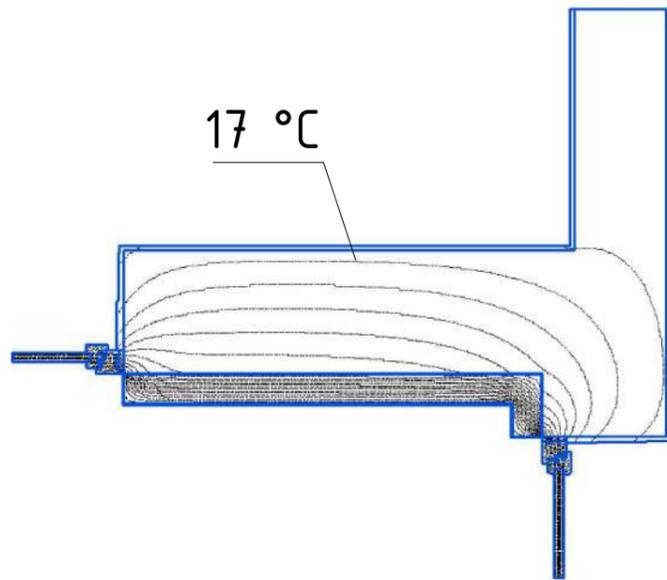
						601-БП.11394.037.МР			
Зм.	Кільк.	Арк.	Док.	Підпис	Дата	Дослідження теплозахисних властивостей ділянок зовнішніх стін з теплопровідними вклученнями			
Виконав	Аверьянов ІВ					Розділ 3. Пропозиції по покращенню теплозахисту ділянок складної форми	Старій	Аркуш	Аркушів
Керівник	Врін О.І.						МР	14	
Консульт.	Врін О.І.					Ділянка 10. Ділянка 11. Ділянка 12. Ділянка 13.	НУПП ім. Ю. Кондратюка		
Н.контрл.	Врін О.І.						Кафедра БтМШ		
Затв.	Семко О.В.								

РОЗДІЛ 3. Пропозиції по покращенню теплозахисту ділянок складної форми

Ділянка 14

Зменшення товщини утеплювача на 6 см.

Температурне поле



$$R_{\Sigma пр} = 4,085 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} > R_{q.min} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Вимога 1 виконується.

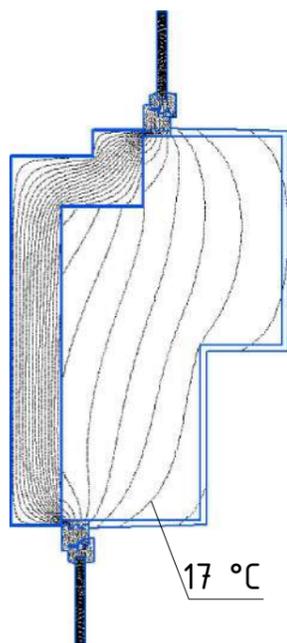
Величина зменшення об'єму утеплювача

$$V_{-ут} = 0,4464 \text{ м}^3$$

Ділянка 15

Утеплення відкосу з зовнішньої сторони вікна шаром товщиною 2 см.

Температурне поле



$$R_{\Sigma пр} = 4,073 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} > R_{q.min} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Вимога 1 виконується.

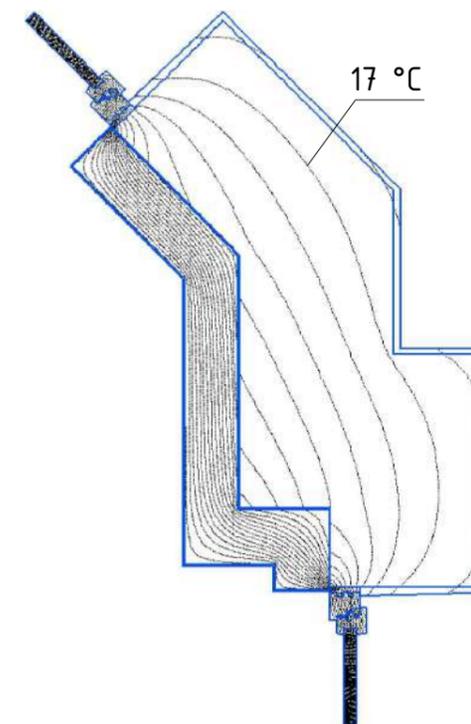
Величина збільшення об'єму утеплювача

$$V_{+ут} = 0,0108 \text{ м}^3$$

Ділянка 16

Утеплення відкосу з зовнішньої сторони вікна шаром товщиною 1 см.

Температурне поле



$$R_{\Sigma пр} = 4,092 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} > R_{q.min} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Вимога 1 виконується.

Величина збільшення об'єму утеплювача

$$V_{+ут} = 0,0108 \text{ м}^3$$

						601-БП.11394.037.МР		
						Дослідження теплозахисних властивостей ділянок зовнішніх стін з теплопровідними вклученнями		
Зм.	Кільк.	Арк.	Док.	Підпис	Дата	РОЗДІЛ 3. Пропозиції по покращенню теплозахисту ділянок складної форми		
Виконав	Аберьянов ІВ					Старий	Архив	Архив
Керівник	Врін О.І.					МР	15	
Консульт.	Врін О.І.					Ділянка 14, Ділянка 15, Ділянка 16. Загальні висновки		
Н.контрл.	Врін О.І.					НУПП ім. Ю. Кондратюка		
Затв.	Семко О.В.					Кафедра БтмШ		

РОЗДІЛ 3. Пропозиції по покращенню теплозахисту ділянок складної форми

Об'єм утеплювача, що йде на додаткове утеплення

Номер ділянки	Кількість ділянок на поверх	Об'єм додаткового утеплення, м ³	
		однієї ділянки	всіх ділянок на поверх
1	1	-0,1590	-0.1590
2	5	0,0300	0.1500
3	7	0,0430	0.3010
4	4	0,1130	0.4520
5	8	0,0160	0.1280
6	4	0,0270	0.1080
7	2	-0,1840	-0.3680
8	6	-0,0990	-0.5940
9	1	0	0.0000
10	8	0,0220	0.1760
11	4	-0,0940	-0.3760
12	1	0,0110	0.0110
13	1	0,0030	0.0030
14	1	-0,4460	-0.4460
15	3	0,0110	0.0330
16	1	0,0110	0.0110
Всього на поверх			-0.5700
На 1 м довжини стіни			-0,0026

Загальні висновки

1. Опір теплопередачі ділянок складної форми залежать від їх конфігурації. Якщо кут стіни спрямований з приміщення він потребує додаткового утеплення, а якщо у приміщення зменшення.

2. Утеплювати ділянку біля вікна доцільним по зовнішньому відкосу.

3. Визначення опору теплопередачі ділянок складної форми необхідно виконувати із застосуванням температурних полів.

						601-БП.11394.037.МР		
						Дослідження теплозахисних властивостей ділянок зовнішніх стін з теплопровідними вклученнями		
Зм.	Кільк.	Арк.	Док.	Підпис	Дата	РОЗДІЛ 3. Пропозиції по покращенню теплозахисту ділянок складної форми		
Виконав	Аверьянов ІВ					Старший	Архив	Архив
Керівник	Брин О.І.					МР	16	
Консульт.	Брин О.І.					Зведена таблиця. Загальні висновки.		
Н.контрл.	Брин О.І.					НУПП ім. Ю. Кондратюка		
Затв.	Семко О.В.					Кафедра БмШ		

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Навчально-науковий інститут архітектури, будівництва та землеустрою

Кафедра будівництва та цивільної інженерії

Пояснювальна записка

до роботи магістра

на тему «Дослідження теплозахисних властивостей ділянок зовнішніх стін з теплопровідними включеннями».

Виконав: студент 2 курсу, групи 601-БП
спеціальності 192 Будівництво та цивільна
інженерія

Аверьянов Ілля Володимирович

Керівник к.т.н., доц. Юрін О.І.

Рецензент:

Полтава – 2025 року

Зміст

Вступ.....	4
РОЗДІЛ 1	6
Аналіз досліджень, що виконувалися по тематиці магістерської роботи у країні та світі	6
Висновки по розділу 1	17
РОЗДІЛ 2.	18
Дослідження впливу теплопровідних включень на теплозахисні властивості огороження у місцях складної їх форми	18
2.1 Нормативні вимоги з теплозахисту зовнішніх стін житлових будинків	20
2.2 Теплотехнічний розрахунок	20
2.3 Теплозахисні властивості ділянки 1	22
2.4 Теплозахисні властивості ділянки 2	25
2.5 Теплозахисні властивості ділянки 3	27
2.6 Теплозахисні властивості ділянки 4	30
2.7 Теплозахисні властивості ділянки 5	33
2.8 Теплозахисні властивості ділянки 6	36
2.9 Теплозахисні властивості ділянки 7	39
2.10 Теплозахисні властивості ділянки 8	41
2.11 Теплозахисні властивості ділянки 9	44
2.12 Теплозахисні властивості ділянки 10	47
2.13 Теплозахисні властивості ділянки 11	50
2.14 Теплозахисні властивості ділянки 12	53
2.15 Теплозахисні властивості ділянки 13	56
2.16 Теплозахисні властивості ділянки 14	59
2.17 Теплозахисні властивості ділянки 15	62

					601-БП. 11394037.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Аверьянов І.В.			<i>Дослідження теплозахисних властивостей ділянок зовнішніх стін з теплопровідними включеннями</i>	Стадія	Арк.	Аркців
Перевір.		Юрін О.І.					2	120
Консульт.		Юрін О.І.				НУПП ім. Юрія Кондратюка Кафедра БтаЦІ		
Н. Контр.		Юрін О.І.						
Затверд.		Семко О.В.						

2.18 Теплозахисні властивості ділянки 16	65
Висновки по розділу 2	68
РОЗДІЛ 3	69
Пропозиції по покращенню теплозахисту ділянок складної форми	69
3.1 Ділянка 1	70
3.2 Ділянка 2	72
3.3 Ділянка 3	75
3.4 Ділянка 4	76
3.5 Ділянка 5	78
3.6 Ділянка 6	79
3.7 Ділянка 7	80
3.8 Ділянка 8	82
3.9 Ділянка 10	83
3.10 Ділянка 11	84
3.11 Ділянка 12	86
3.12 Ділянка 13	87
3.13 Ділянка 14	88
3.14 Ділянка 15	89
3.15 Ділянка 16	91
3.16 Обсяг утеплювача на додаткове утеплення	92
Загальні висновки	93
Література	94

					601-БП. 11394037.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		3

Вступ

Актуальність теми. На теплозахисні властивості огорожувальних конструкцій значний вплив здійснюють теплопровідні включення. Теплопровідні включення це ділянки огорожувальних конструкцій де опір теплопередачі нижче чим на основній, більшій площі огородження. Ці ділянки знижують загальний приведений опір теплопередачі огородження. До теплопровідних включень відносяться: відкоси вікон, зовнішні та внутрішні кути стін, спирання балконних плит та плит перекриття на стіни та ін. Так як питання енергозбереження в країні, зокрема у житлово-комунальному секторі є пріоритетною задачею то дослідження впливу теплопровідних включень на теплозахисні властивості огорожувальних конструкцій будинків і споруд є актуальною задачею.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота має зв'язок із: Програмою Фонду енергоефективності «Енергодім», банківською програма «Теплі кредити», а також — регіональними програми. Робота пов'язана з напрямками досліджень, що виконуються на кафедрі БтаЦІ.

Метою роботи є дослідження впливу ділянок з меншим опором теплопередачі ніж основна площа огородження на приведений опір теплопередачі огородження в цілому.

Задачі дослідження:

- аналіз досліджень, що виконувалися по цій тематиці у країні та світі
- дослідження впливу теплопровідних включень на теплозахисні властивості огородження у місцях складної їх форми:
- розробка пропозицій по додатковому утепленню стін в місцях теплопровідних включень.

Об'єкт дослідження: приведений опір теплопередачі стін в місцях розташування теплопровідних включень.

Методи дослідження: розрахунки теплопровідних полів.

Наукова новизна одержаних результатів в розробці рекомендацій по усуненню впливу теплопровідних включень на теплозахисні властивості огорожень.

Обсяг роботи.

					601-БП. 11394037.ПЗ	Арк.
						4
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Обсяг та структура роботи. Вона складається з 16 плакатів, 101 сторінки пояснювальної записки, списку використаних джерел в обсязі 68. Робота містить вступ, 3 розділи та загальні висновки.

					601-БП. 11394037.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		5

РОЗДІЛ 1

Аналіз досліджень, що виконувалися по тематиці магістерської роботи у країні та світі

					<i>601-БП. 11394037.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		6

Олексієнко, О. [1]

Теплопровідні включення знижують теплозахисні властивості зовнішніх огорожувальних конструкцій. Існує два різновиди теплопровідних включень, це лінійні та точкові. Їх вплив на теплозахисні властивості огорожень враховується лінійними та точковими коефіцієнтами теплопередачі наведеними у нормативних документах.

При визначенні приведенного опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій часто не враховується вплив теплопровідних включень складної форми для яких у нормах не наведені відповідні коефіцієнти теплопередачі.

У статті виконаний аналіз точкових теплопровідних включень, що виникають при монтажі фасадної теплоізоляції ETICS. Запропонована методика визначення теплозахисних властивостей в зоні точкових теплопровідних включень з використанням 3D-моделювання.

У статті автор робить висновок, що точкові коефіцієнти залежать не тільки від властивостей, розмірів та їх розташування у стіні а і від теплозахисних властивостей шарів огороження їх товщини та порядку розташування.

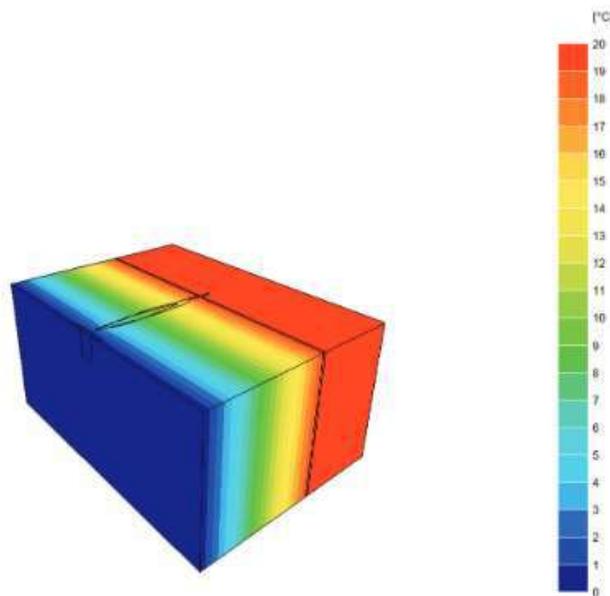


Рис. 1.1 – Температурне поле

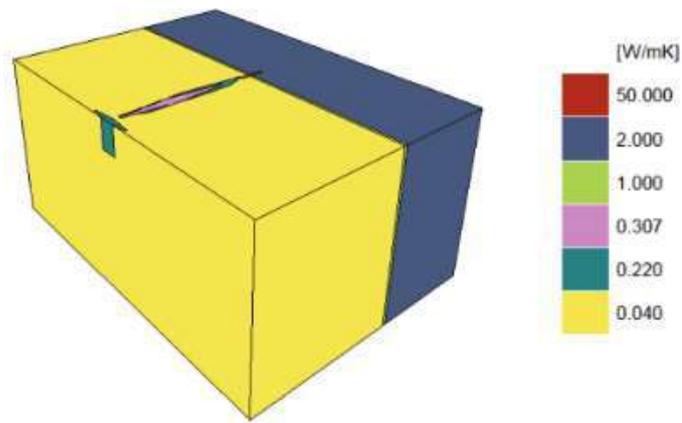


Рис. 1.2 – Коефіцієнти теплопровідності

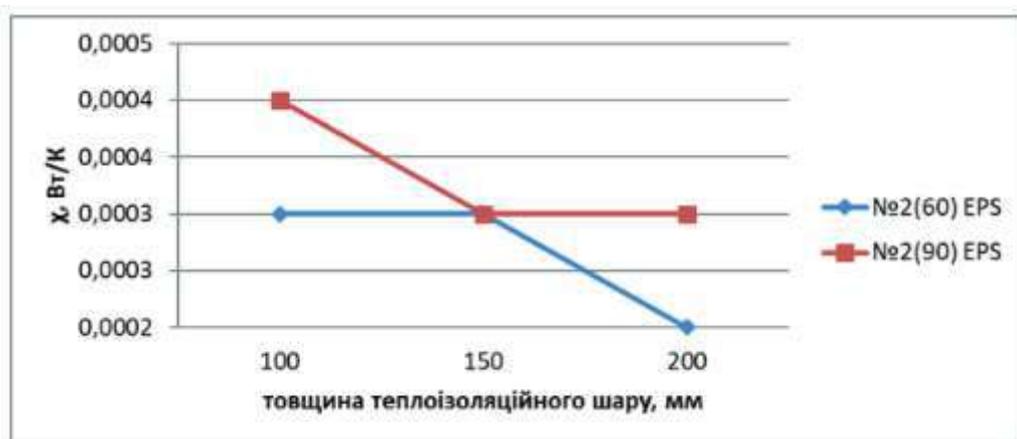


Рис. 1.3 – Точковий коефіцієнт з шаром EPS

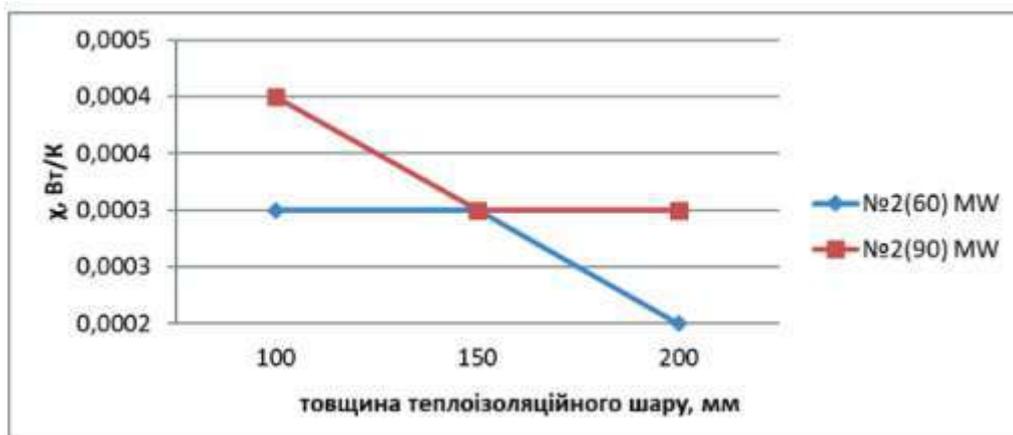


Рис. 1.4 – Точковий коефіцієнт з шаром MW

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

методики розрахунку ділянок з теплопровідними включеннями. Виконав їх аналіз та показав відмінності в них.

Показав, що теплопровідні включення здійснюють значний вплив на приведений опір теплопередачі огорожень та підкреслив необхідність вірного вибору методу його розрахунку.



Рис. 1.6 – Будинки у яких виконувалися дослідження

Найменування показника	Познач.	Од. вим.	Зовнішня стіна	
			Утеплена	Неутеплена
Стінова конструкція	—	—	Червона цегла з шаром утеплювача (пінополістирол) завтовшки 50 мм	Червона цегла

Продовження табл. 4

Площа конструкції	A_i	m^2	239,2	1599,35
Опір теплопередачі	R_{Σ}	$(m^2 \cdot K)/Вт$	1,89	0,94
Коефіцієнт теплопередачі	U_i	$Вт/(m^2 \cdot K)$	0,53	1,06
Втрати теплоти через стіни за опалювальний період	$Q_{ст}$	кВт·год	10745,32	144456,01
Сумарні втрати через зовнішні стіни (без урахування цоколю)	$Q_{ст\Sigma}$	кВт·год	155201,33	
Нормативне значення опору теплопередачі стін [1]	$R_{q\ min}$	$(m^2 \cdot K)/Вт$	3,3	

Рис. 1.7 – Опір теплопередачі до утеплення

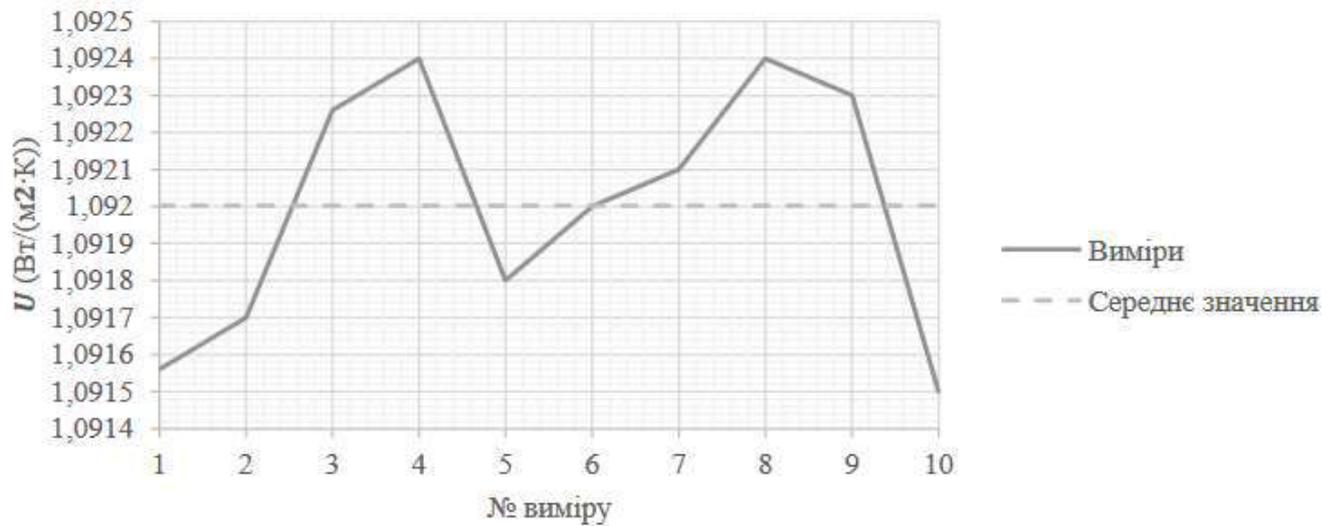


Рис. 1.8 – Коефіцієнт теплопередачі ділянки стіни

Колесник Є.С., Венжего Г.С. [4]

В наш час набули значного розповсюдження огорожувальні конструкції з вентиляваним прошарком розташованим з зовнішньої сторони огороження.

Такі фасадні системи мають значні переваги з точки зору вологісного стану утеплювача, так як не мають шарів, що сповільнюють рух пароподібної вологи назовні. У той же час такі огороження мають теплопровідні включення які знижують опір теплопередачі стін та запропонували уточнення врахування яких підвищить точність визначення опору.

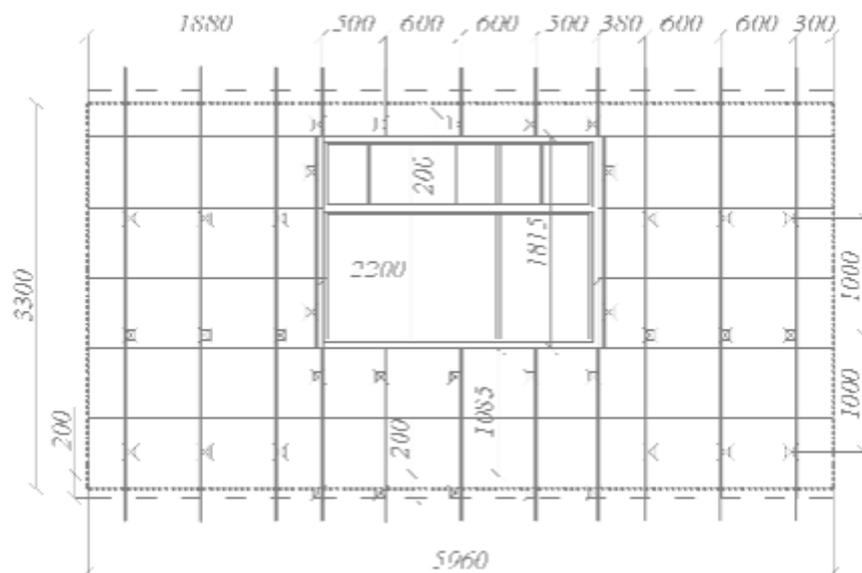


Рис. 1.9 – Розрахункова схема

Крамаренко, С. О., В. І. Дешко, І. Ю. Білоус [7]

Автори наголошують, що у світовій практиці використовуються програмні комплекси, що не дозволяють у світлопрозорих огорожувальних конструкціях отримувати температурні поля та враховувати теплопровідні включення.

У той же час програма THERM дозволяє виконувати дослідження розподілу температур в вікнах.

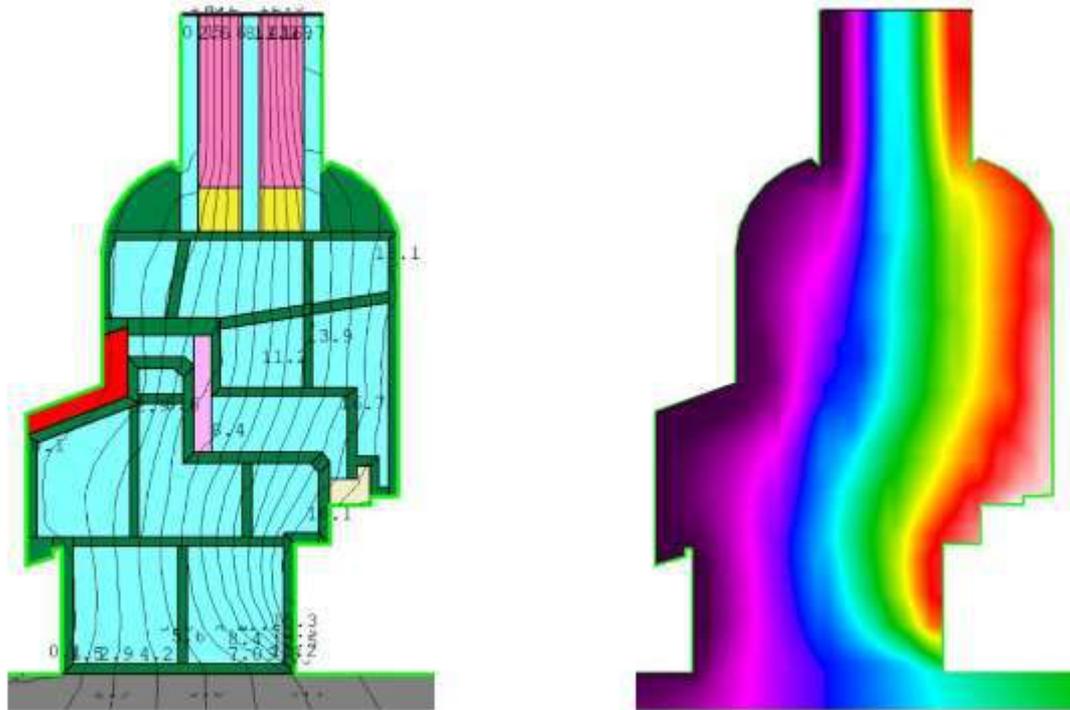


Рис. 1.10 – Температурні поля світлопрозорих огорожувальних конструкцій

Якусевич С. Г., Плоский В.О. [9]

Автори розглядають методи вибору товщини утеплювача при утепленні стін. Аналізують фактори які впливають на вибір матеріалу утеплювач, його товщини та місця розташування в огорожувальній конструкції.

Наводять математичний апарат який дозволяє визначати величини теплових потоків, що проходять крізь різні ділянки огороження.

Автори пропонують методику визначення розташування утеплювача в залежності від величини теплового потоку, що проходить крізь різні ділянки огорожень.

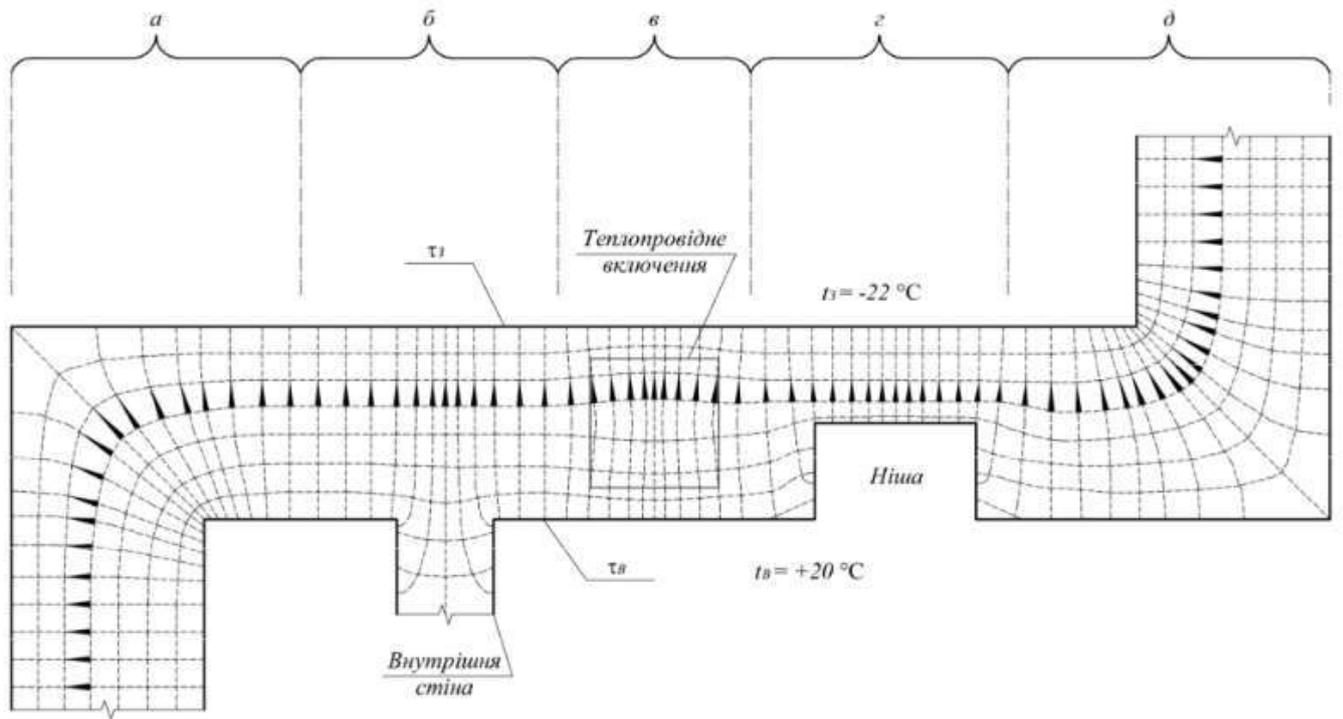


Рис. 1.11 – Ізотерми теплового потоку

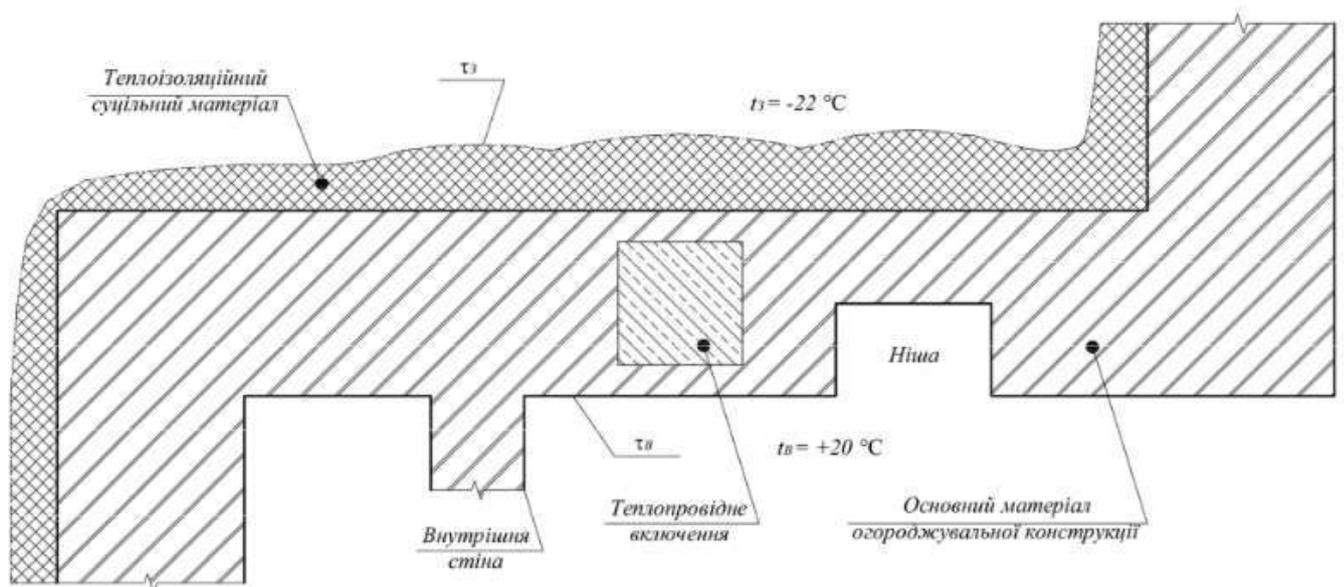


Рис. 1.12 – Утеплення стін шляхом наповнення

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

601-БП. 11394037.ПЗ

Арк.

14

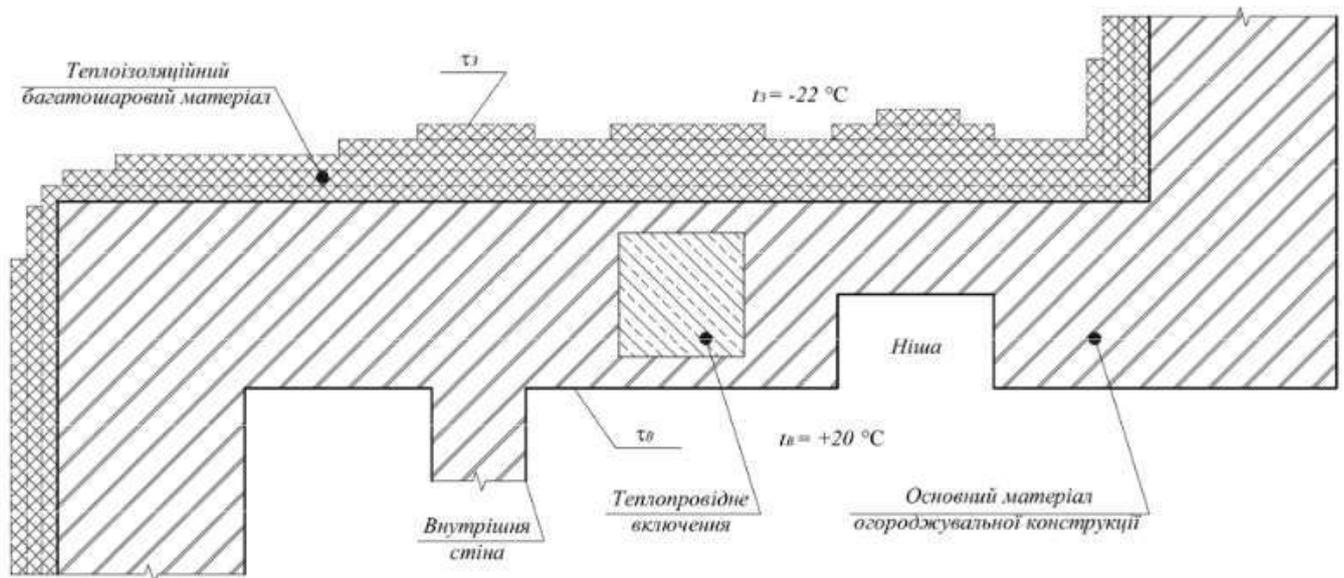


Рис. 1.13 – Багат шарове утеплення

В.І. Дешко, І.Ю. Білоус, С.О. Крамаренко, [10]

Будинки збудовані в країні у 20-му сторіччі потребують термомодернізації внаслідок малого опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій.

У світі в наш час існують тенденції на нульові втрати тепла зрізь зовнішні огороження.

На теплозахисні властивості огорожень значний вплив здійснюють теплопровідні включення.

Автори досліджують лінійні теплопровідні включення. Для їх аналізу використовують програмний комплекс THERM за допомогою якого аналізують температурні поля в місцях теплопровідних включень.

Авторами встановлено, що при використанні газоблоків замість керамічної цегли дозволяє значно збільшити опір теплопередачі огороження.

Вони роблять висновок, що теплопровідні включення зменшують приведений опір теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій на 20 – 30 відсотків, в залежності від виду матеріалу несучої частини огороження.

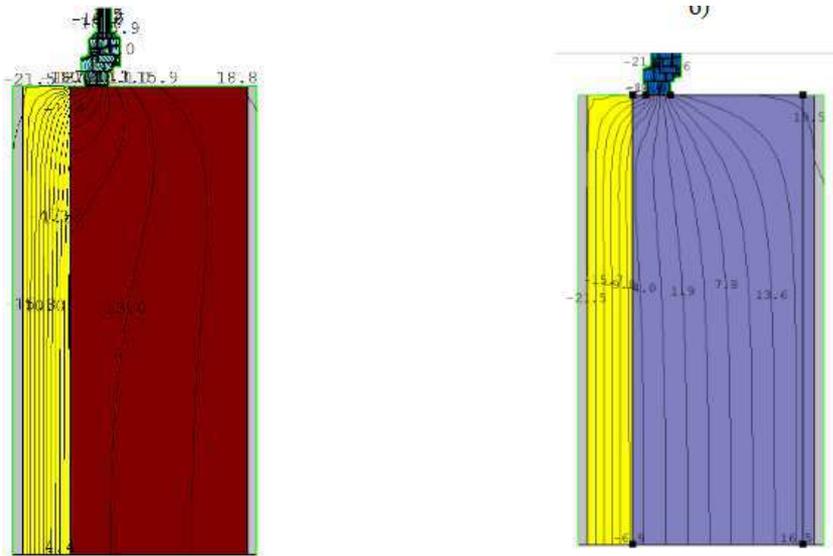


Рис. 1.14 – Ізотерми

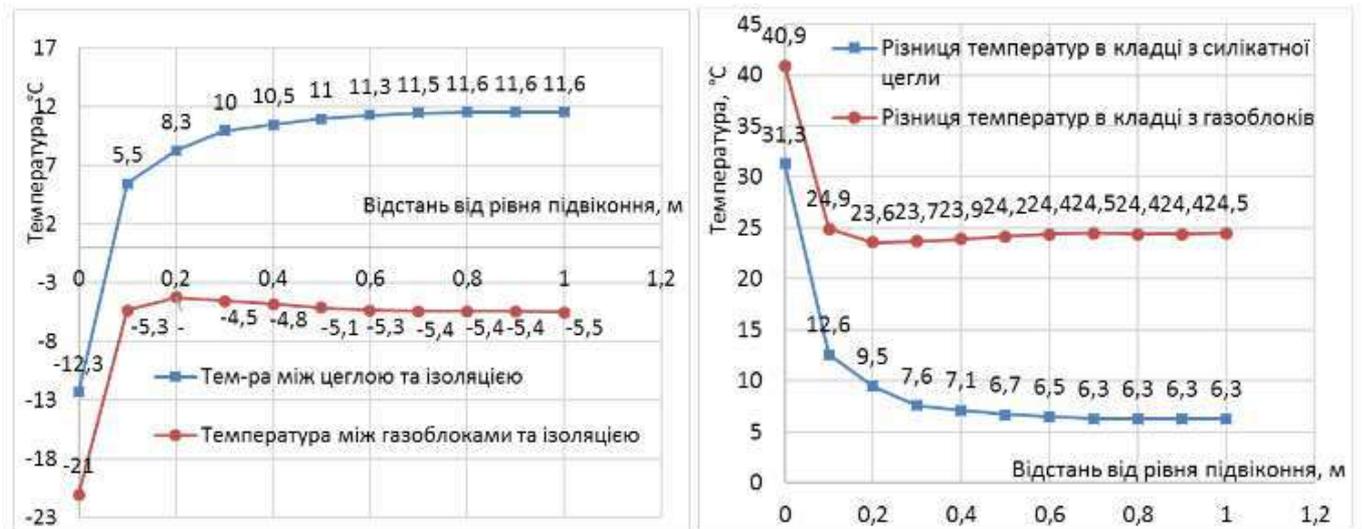


Рис. 1.15 – Температура та температурний перепад на внутрішній поверхні стіни

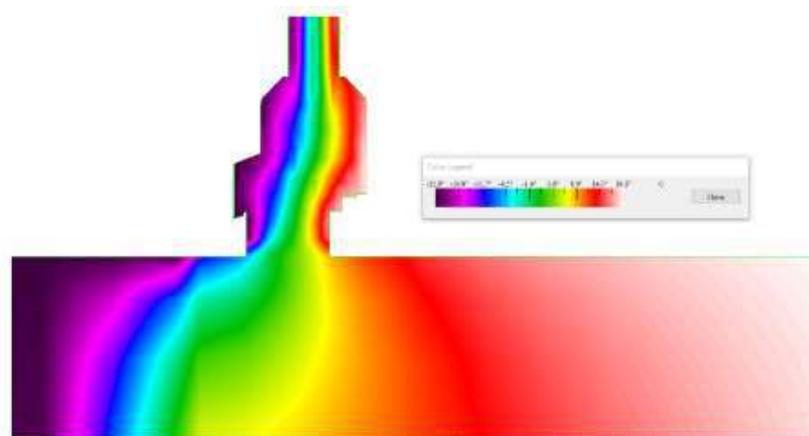


Рис. 1.16 – Температурне поле

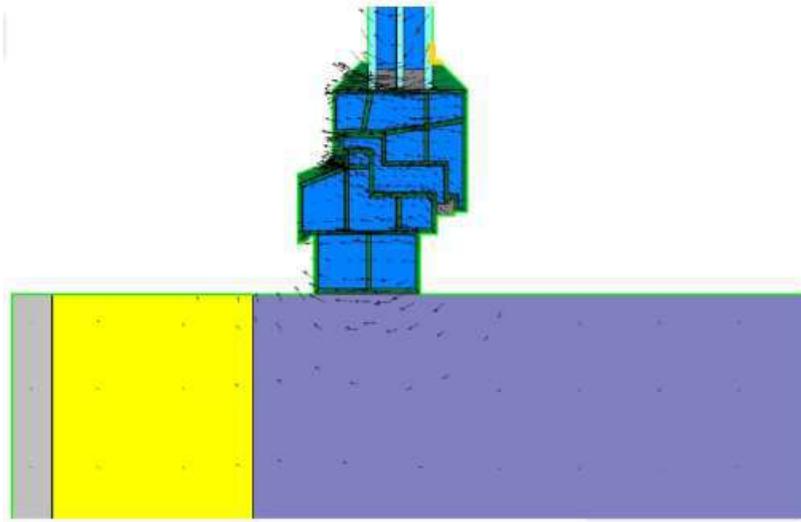


Рис. 1.17 – Напрямок руху теплових потоків

Висновки по розділу 1

1. У Більшості досліджень виконаних по цій тематиці розглядалися теплозахисні властивості ділянок огороджувальних конструкцій з найбільш розповсюдженими видами теплопровідних включень таких як примикання вікон до стін спирання плит перекриття на стіни та іншими.

2. Тому дослідження пливку ділянок зовнішніх стін складної форми на опір теплопередачі є актуальною задачею.

					601-БП. 11394037.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		17

РОЗДІЛ 2.

Дослідження впливу теплопровідних включень на теплозахисні властивості огороження у місцях складної їх форми

					601-БП. 11394037.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		18

2.1 Нормативні вимоги з теплозахисту зовнішніх стін житлових будинків

Відповідно до п.5.1 [65] для зовнішніх огорожень:

- опір теплопередачі $R_{\Sigma пр}$ повинен бути більше або дорівнювати мінімально допустимому опору $R_{q min}$;
- перепад температур $\Delta t_{пр}$ менше допустимого $\Delta t_{ст}$;
- мінімальна температура на внутрішній поверхні огороження $\tau_{в. min}$ більше температури точки роси t_p .

Дослідження виконувалися для кліматичних умов Полтавської області.

За додатком А [65] температурна зона розташування Полтавської області – І.

За таблицею 1 [65] для зовнішніх стін $R_{q min} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

За таблицею 2 [3] $\Delta t_{ст} = 4 \text{ }^\circ\text{C}$

2.2 Теплотехнічний розрахунок

Розрахункова схема стіни показана на рисунку 2.2.

Розрахункова схема

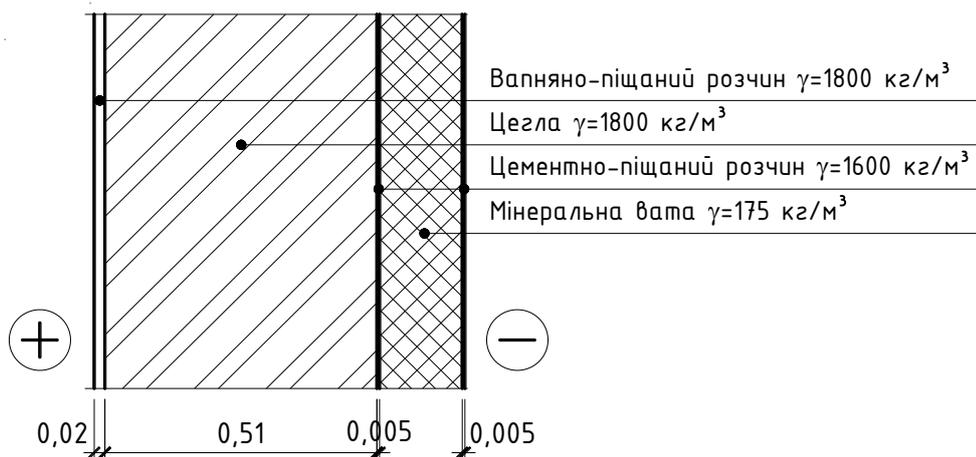


Рисунок 2.2. Розрахункова схема стіни.

					601-БП. 11394037.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		20

Теплопровідність шарів стіни показана у таблиці 1.

Таблиця 1

Теплопровідність шарів стіни

№	Найменування	Теплопровідність
1	Розчин вапняно-піщаний	0,93
2	Цегла	0,81
3	Розчин цементно-піщаний	0,81
4	Мінеральна вата	0,054
5	Розчин цементно-піщаний	0,81

Опір теплопередачі стіни знаходимо за формулою

$$\delta_4 = \lambda_{4p} \left(R_{q \min} - \frac{\delta_1}{\lambda_{1p}} - \frac{\delta_2}{\lambda_{2p}} + \frac{\delta_3}{\lambda_{3p}} - \frac{\delta_5}{\lambda_{5p}} - \frac{1}{\alpha_B} - \frac{1}{\alpha_3} \right) =$$

$$= 0,054 \left(4 - \frac{0,02}{0,93} - \frac{0,51}{0,81} - \frac{0,005}{0,81} - \frac{0,005}{0,81} - \frac{1}{8,7} - \frac{1}{23} \right) = 0,172 \text{ м}$$

де $\delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta_4, \delta_5$ – товщина шарів стіни, м;

$\lambda_{1p}, \lambda_{2p}, \lambda_{3p}, \lambda_{4p}, \lambda_{5p}$ – теплопровідність шарів стіни, Вт/(м · К).

Приймаємо товщину утеплювача $\delta_4 = 0,18$ м.

Опір теплопередачі з цією товщиною знаходимо за формулою

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_B} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_1}{\lambda_{1p}} + \frac{\delta_2}{\lambda_{2p}} + \frac{\delta_3}{\lambda_{3p}} + \frac{\delta_4}{\lambda_{4p}} + \frac{\delta_5}{\lambda_{5p}} + \frac{1}{\alpha_3} =$$

$$= \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,93} + \frac{0,51}{0,81} + \frac{0,005}{0,93} + \frac{0,18}{0,054} + \frac{0,005}{0,93} + \frac{1}{23} = 4,154 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

$R_{\Sigma} = 4,154 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} > R_{q \min} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ умова теплозахисту виконується.

2.3 Теплозахисні властивості ділянки 1

Розрахункова схема приведена на рисунку 2.2.

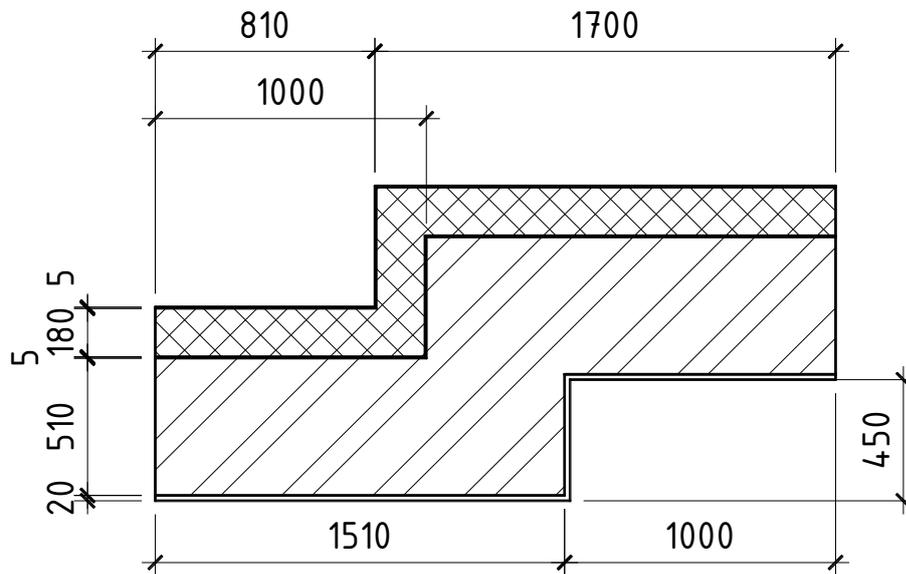


Рисунок 2.2. Розрахункова схема

Температурне поле показано на рисунку 2.3.

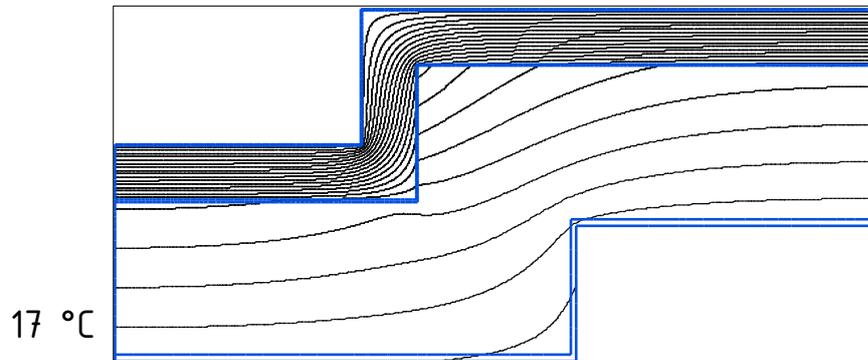


Рисунок 2.3. Температурне поле

Визначаємо приведений опір за формулою:

$$R_{\Sigma \text{пр}} = \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{зн}})}{q_{\text{ср}}} = \frac{(20 - (-22))}{9.47} = 4,433 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт},$$

де $q_{\text{ср}}$ – щільність потоку, Вт/м², за формулою

$$q_{\text{ср}} = \frac{q_{\text{в}} + q_{\text{зн}}}{2} = \frac{9.51 + 9.44}{2} = 9,47 \text{ Вт/м}^2$$

$q_{\text{в}}$ та $q_{\text{зн}}$ – щільність потоку, Вт/м², який йде через внутрішню та зовнішню поверхню:

$$q_{\text{в}} = \frac{Q_{\text{в}}}{L_1 \times h} = \frac{28,16}{2,96 \times 1} = 9,51 \text{ Вт/м}^2$$
$$q_{\text{зн}} = \frac{Q_{\text{зн}}}{L_2 \times h} = \frac{24,89}{2,6372 \times 1} = 9,44 \text{ Вт/м}^2$$

де $Q_{\text{в}}$ та $Q_{\text{зн}}$ – тепловий потік, Вт, який йде через внутрішню та зовнішню поверхню, $Q_{\text{в}} = 28,16$ Вт, $Q_{\text{зн}} = 24,89$ Вт;

L_1 ; L_2 – довжина, м, внутрішньої та зовнішньої поверхні.

$$L_1 = 2,96 \text{ м}$$

$$L_2 = 2,6372 \text{ м}$$

h – висота схеми, м, $h = 1$ м.

$R_{\Sigma \text{пр}} = 4,433 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} > R_{q \text{ min}} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, перша вимога виконується.

Опір теплопередачі більше нормоване значення. Є можливість зменшити товщину утеплювача.

За таблицею 3 [65] $\Delta t_{\text{ср}} = 4$ °С.

На рисунку 2.4 показаний графік температури на внутрішній поверхні огороження.

					601-БП. 11394037.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		23

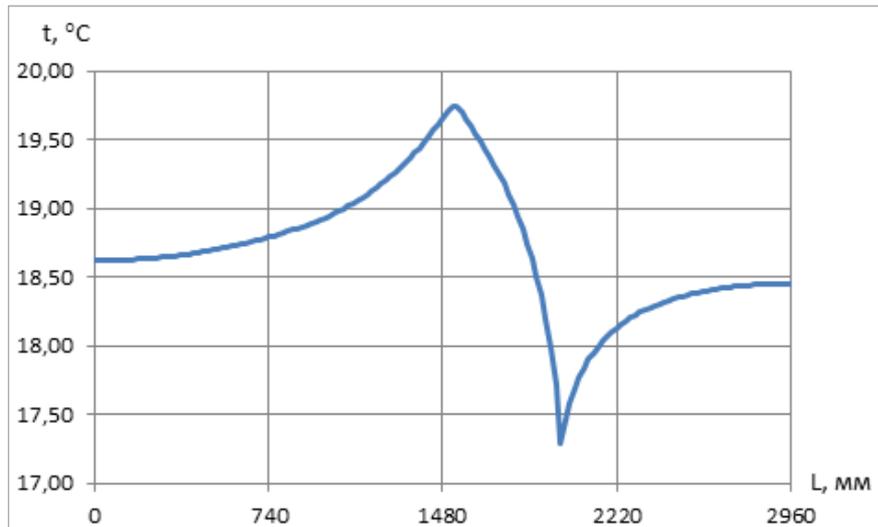


Рисунок 2.4. Графік температури на внутрішній поверхні огороження

Визначаємо $\Delta t_{\text{пр}}$ за формулою:

$$\Delta t_{\text{пр}} = t_{\text{в}} - \tau_{\text{в пр}} = 20 - 18,7 = 1,3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

де $\tau_{\text{в пр}}$ – середньозважена температура внутрішньої поверхні стіни, $^\circ\text{C}$.

За температурним полем $\tau_{\text{в пр}} = 18,7 \text{ } ^\circ\text{C}$.

$\Delta t_{\text{пр}} = 1,3 \text{ } ^\circ\text{C} < \Delta t_{\text{ст}} = 4 \text{ } ^\circ\text{C}$, друга вимога виконується.

За температурним полем $\tau_{\text{в.min}} = 17,3 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Визначаємо температуру $t_{\text{р}}$

1. За таблицею 3 [68] парціальний тиск насиченої пари становить $E_{\text{в}} = 2338 \text{ Па}$.

2. Парціальний тиск пари

$$e_{\text{в}} = E_{\text{в}} \times \varphi_{\text{в}} \times 0,01 = 2338 \times 55 \times 0,01 = 1286 \text{ Па,}$$

де $\varphi_{\text{в}}$ – відносна вологість повітря, %, за таблицею Б.2 [65], становить $\varphi_{\text{в}} = 55 \%$.

За таблицею 3 [68] $t_{\text{р}} = 10,7 \text{ } ^\circ\text{C}$.

$\tau_{\text{в.min}} = 17,3 \text{ } ^\circ\text{C} > t_{\text{р}} = 10,7 \text{ } ^\circ\text{C}$, третя вимога виконується.

Висновок:

1. Всі вимоги виконуються.
2. Є можливість зменшити товщину утеплювача.

2.4 Теплозахисні властивості ділянки 2

Розрахункова схема приведена на рисунку 2.5.

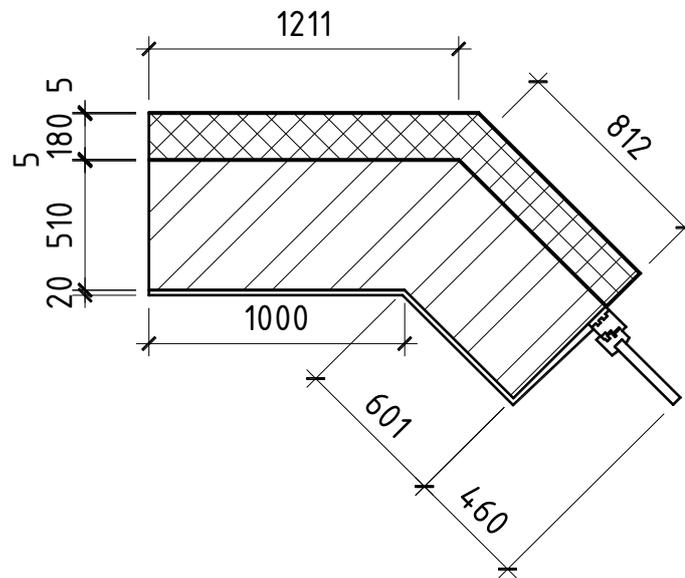


Рисунок 2.5. Розрахункова схема

Температурне поле показано на рисунку 2.6.

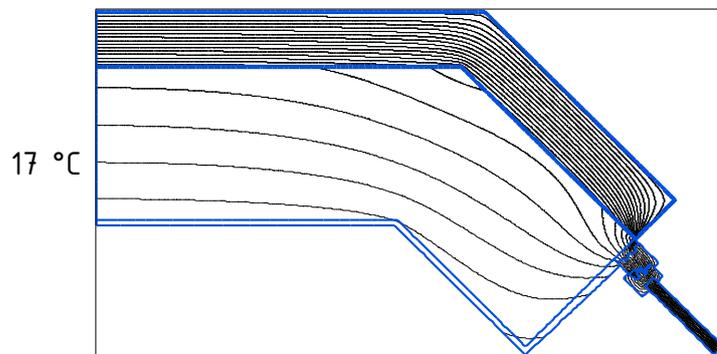


Рисунок 2.6. Температурне поле

Визначаємо приведений опір за формулою:

$$R_{\Sigma \text{пр}} = \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{зн}})}{q_{\text{ср}}} = \frac{(20 - (-22))}{11,64} = 3,608 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт},$$

$$q_{\text{ср}} = \frac{q_{\text{в}} + q_{\text{зн}}}{2} = \frac{11,69 + 11,59}{2} = 11,64 \text{ Вт/м}^2$$

$$q_B = \frac{Q_B}{L_1 \times h} = \frac{23,81}{2,037 \times 1} = 11,69 \text{ Вт/м}^2$$

$$q_{ЗВ} = \frac{Q_{ЗВ}}{L_2 \times h} = \frac{24,49}{2,112 \times 1} = 11,59 \text{ Вт/м}^2$$

$$Q_B = 23,81 \text{ Вт}, Q_{ЗВ} = 24,49 \text{ Вт};$$

$$L_1 = 2,037 \text{ м}$$

$$L_2 = 2,112 \text{ м}$$

$R_{\Sigma пр} = 3,608 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} < R_{q \text{ min}} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, перша вимога не виконується.

На рисунку 2.7 показаний графік температури на внутрішній поверхні огороження.

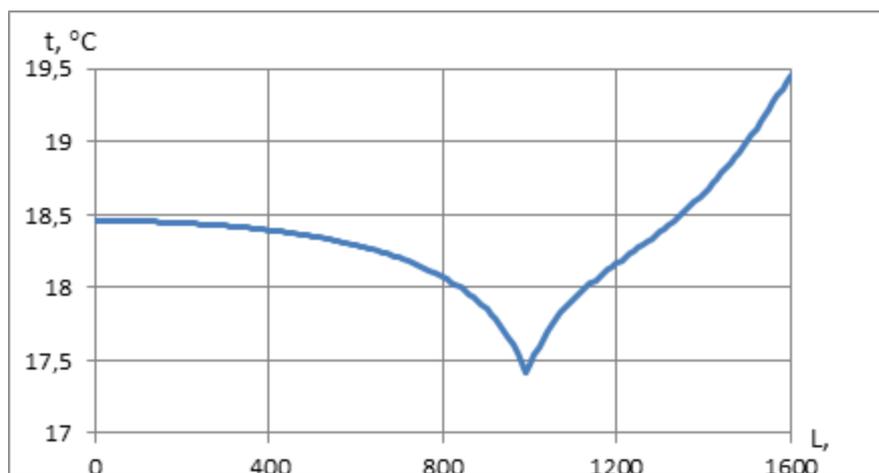


Рисунок 2.7. Графік температури на внутрішній поверхні огороження

Визначаємо $\Delta t_{пр}$ за формулою:

$$\Delta t_{пр} = t_B - \tau_{в пр} = 20 - 18,3 = 1,7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

За температурним полем $\tau_{в пр} = 18,3 \text{ } ^\circ\text{C}$.

$\Delta t_{пр} = 1,71 \text{ } ^\circ\text{C} < \Delta t_{ст} = 4 \text{ } ^\circ\text{C}$, друга вимога виконується.

На рисунку 2.8 графік температури на відкосі.

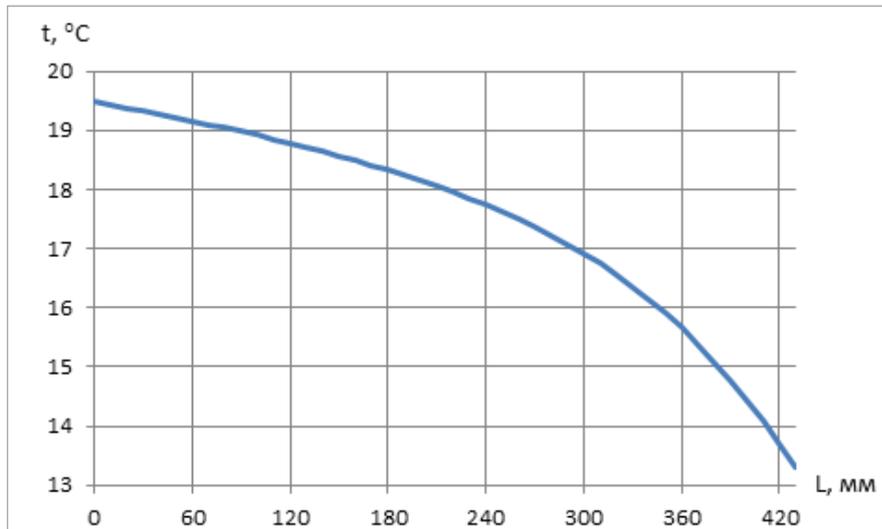


Рисунок 2.8. Графік температури на відкості

За температурним полем $t_{в.мин} = 13,4 \text{ }^\circ\text{C}$.

$t_{в.мин} = 13,4 \text{ }^\circ\text{C} > t_p = 10,7 \text{ }^\circ\text{C}$, третя вимога виконується.

Висновок:

1. $R_{\Sigma пр} = 3,608 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} < R_{q мин} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ перша вимога не виконується.

2.5 Теплозахисні властивості ділянки 3

Розрахункова схема приведена на рисунку 2.9.

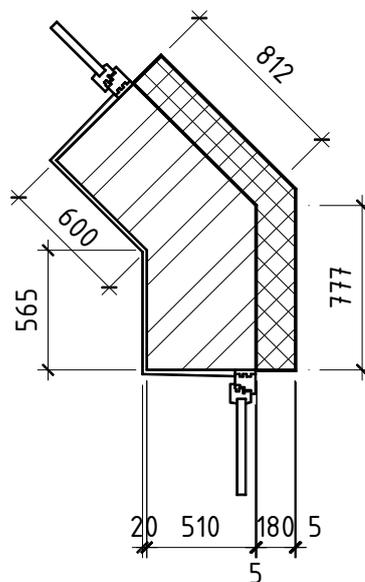


Рисунок 2.9. Розрахункова схема

Температурне поля показано на рисунку 2.10.

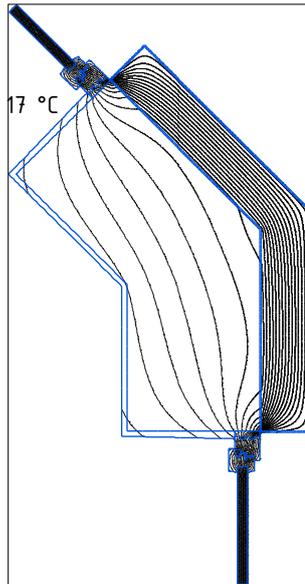


Рисунок 2.10. Температурне поле

Визначаємо приведений опір за формулою:

$$R_{\Sigma \text{пр}} = \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{зн}})}{q_{\text{ср}}} = \frac{(20 - (-22))}{12,17} = 3,451 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт},$$

$$q_{\text{ср}} = \frac{q_{\text{в}} + q_{\text{зв}}}{2} = \frac{12,22 + 12,12}{2} = 12,17 \text{ Вт/м}^2$$

$$q_{\text{в}} = \frac{Q_{\text{в}}}{L_1 \times h} = \frac{25,14}{2,0573 \times 1} = 12,17 \text{ Вт/м}^2$$

$$q_{\text{зв}} = \frac{Q_{\text{зв}}}{L_2 \times h} = \frac{23,19}{1,9128 \times 1} = 12,12 \text{ Вт/м}^2$$

$$Q_{\text{в}} = 25,14 \text{ Вт}, Q_{\text{зв}} = 23,19 \text{ Вт};$$

$$L_1 = 2,0573 \text{ м}$$

$$L_2 = 1,9128 \text{ м}$$

$R_{\Sigma \text{пр}} = 3,451 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} < R_{q \text{ min}} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, перша вимога не виконується.

На рисунку 2.11 показаний графік температури на внутрішній поверхні огороження.

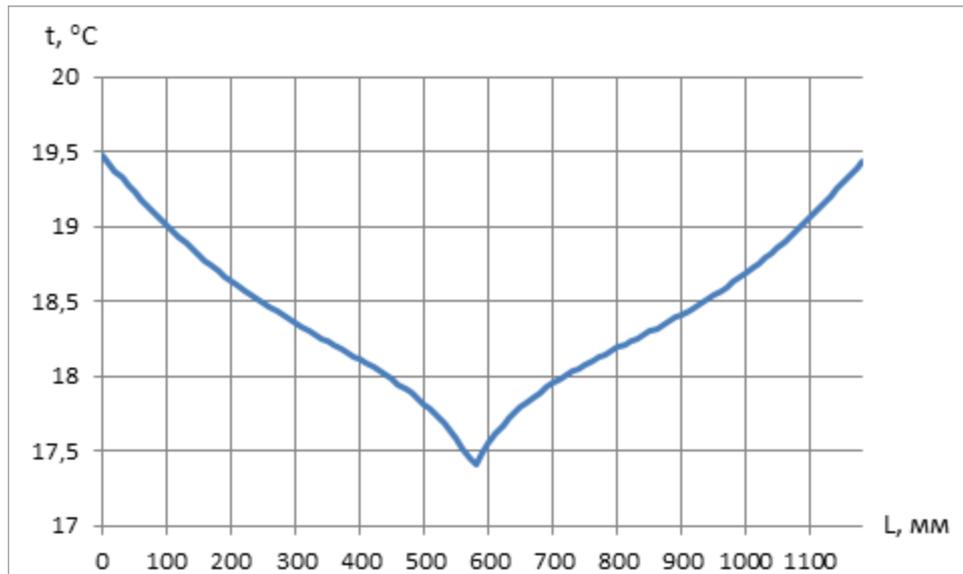


Рисунок 2.11. Графік температури на внутрішній поверхні огородження

Визначаємо $\Delta t_{\text{пр}}$ за формулою:

$$\Delta t_{\text{пр}} = t_{\text{в}} - \tau_{\text{в пр}} = 20 - 18,5 = 1,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

За температурним полем $\tau_{\text{в пр}} = 18,5 \text{ } ^\circ\text{C}$.

$\Delta t_{\text{пр}} = 1,5 \text{ } ^\circ\text{C} < \Delta t_{\text{ср}} = 4 \text{ } ^\circ\text{C}$, друга вимога виконується.

На рисунку 2.12 графік температури на відкосі.

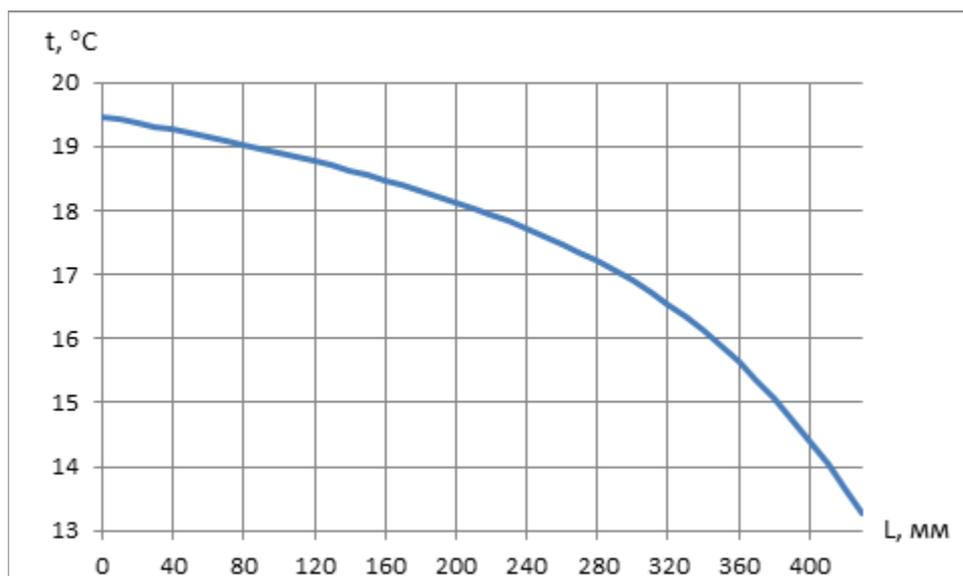


Рисунок 2.12. Графік температури на відкосі

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

За температурним полем $\tau_{в. min} = 13,35 \text{ }^\circ\text{C}$.

$\tau_{в. min} = 13,35 \text{ }^\circ\text{C} > t_p = 10,7 \text{ }^\circ\text{C}$, третя вимога виконується.

Висновок:

1. $R_{\Sigma пр} = 3,451 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} < R_{q min} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ перша вимога не виконується.

2.6 Теплозахисні властивості ділянки 4

Розрахункова схема приведена на рисунку 2.13.

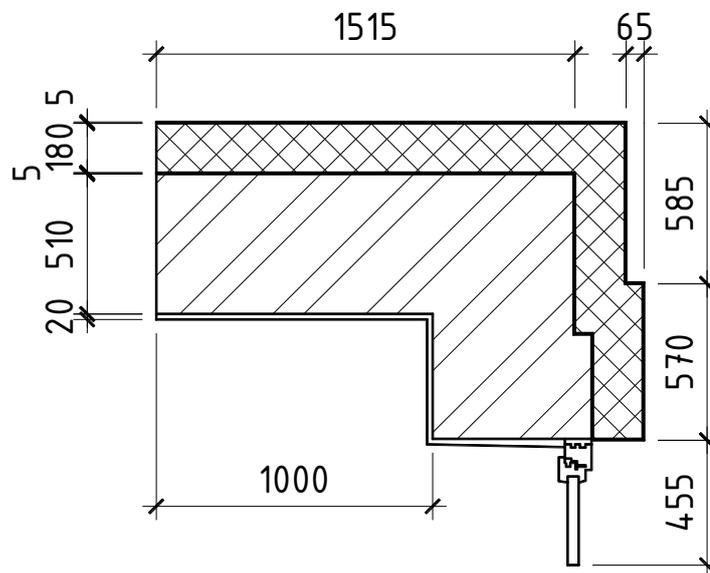


Рисунок 2.13. Розрахункова схема

Температурне поля показано на рисунку 2.14.

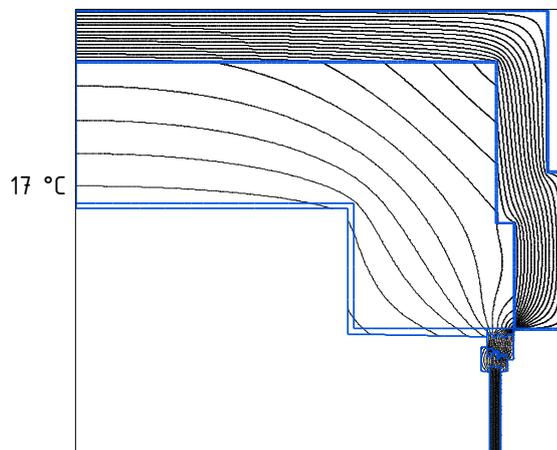


Рисунок 2.14. Температурне поле

Визначаємо приведений опір за формулою:

$$R_{\Sigma \text{пр}} = \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{зН}})}{q_{\text{ср}}} = \frac{(20 - (-22))}{11,47} = 3,663 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт},$$

$$q_{\text{ср}} = \frac{q_{\text{в}} + q_{\text{зН}}}{2} = \frac{11,51 + 11,42}{2} = 11,47 \text{ Вт/м}^2$$

$$q_{\text{в}} = \frac{Q_{\text{в}}}{L_1 \times h} = \frac{22,26}{1,934 \times 1} = 11,51 \text{ Вт/м}^2$$

$$q_{\text{зВ}} = \frac{Q_{\text{зВ}}}{L_2 \times h} = \frac{31,45}{2,754 \times 1} = 11,42 \text{ Вт/м}^2$$

$$Q_{\text{в}} = 22,26 \text{ Вт}, Q_{\text{зВ}} = 31,45 \text{ Вт};$$

$$L_1 = 1,934 \text{ м}$$

$$L_2 = 2,754 \text{ м}$$

$R_{\Sigma \text{пр}} = 3,663 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} < R_{q \text{ min}} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, перша вимога не виконується.

На рисунку 2.15 показаний графік температури на внутрішній поверхні огородження.

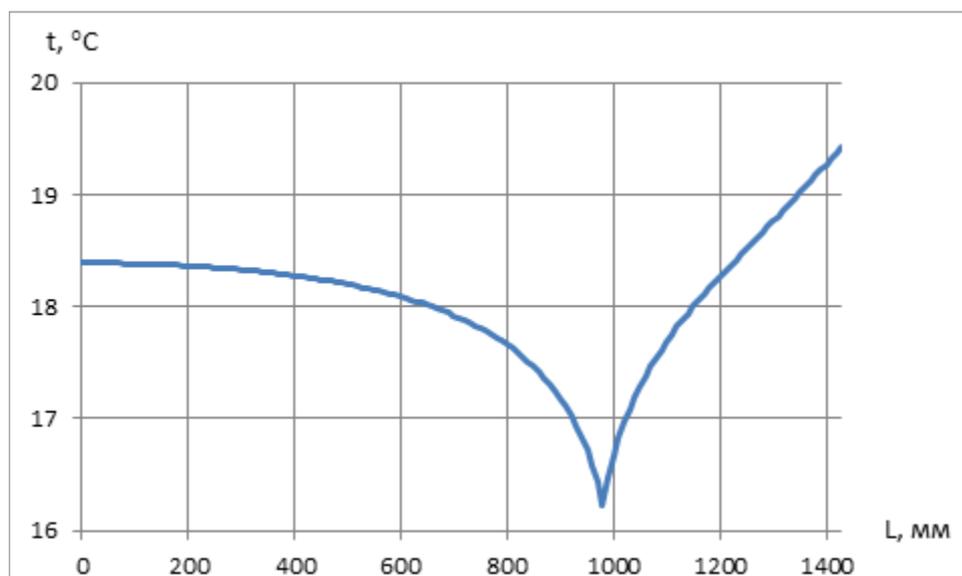


Рисунок 2.15. Графік температури на внутрішній поверхні огородження

Визначаємо $\Delta t_{\text{пр}}$ за формулою:

$$\Delta t_{\text{пр}} = t_{\text{в}} - \tau_{\text{в пр}} = 20 - 18,2 = 1,8 \text{ } ^\circ\text{C}$$

За температурним полем $\tau_{\text{в пр}} = 18,2 \text{ } ^\circ\text{C}$.

$\Delta t_{\text{пр}} = 1,8 \text{ } ^\circ\text{C} < \Delta t_{\text{ср}} = 4 \text{ } ^\circ\text{C}$, друга вимога виконується.

На рисунку 2.16 графік температури на відкості.

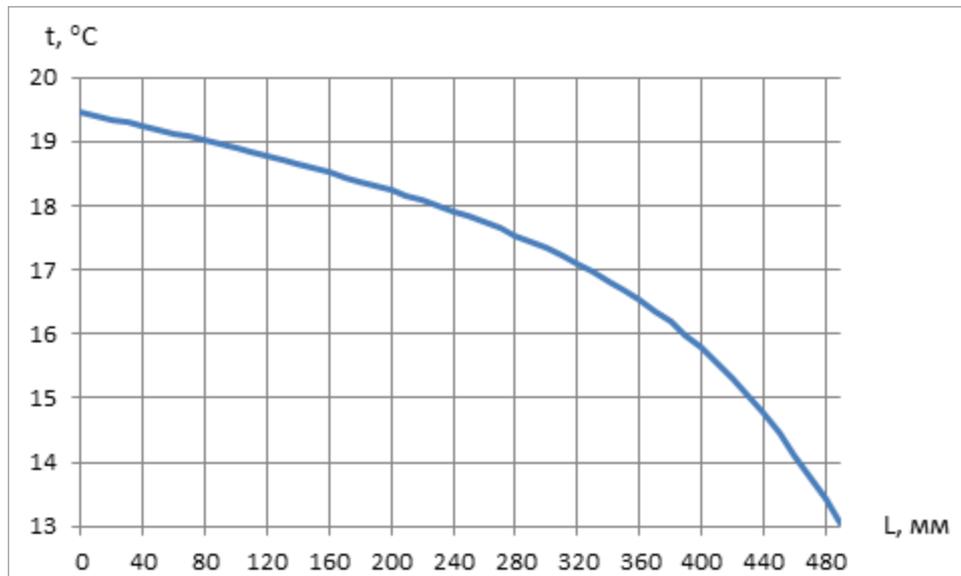


Рисунок 2.16. Графік температури на відкості

За температурним полем $\tau_{\text{в.min}} = 13,2 \text{ } ^\circ\text{C}$.

$\tau_{\text{в.min}} = 13,2 \text{ } ^\circ\text{C} > t_{\text{р}} = 10,7 \text{ } ^\circ\text{C}$, третя вимога виконується.

Висновок:

1. $R_{\Sigma \text{пр}} = 3,663 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} < R_{q \text{ min}} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ перша вимога не виконується.

2.7 Теплозахисні властивості ділянки 5

Розрахункова схема приведена на рисунку 2.17.

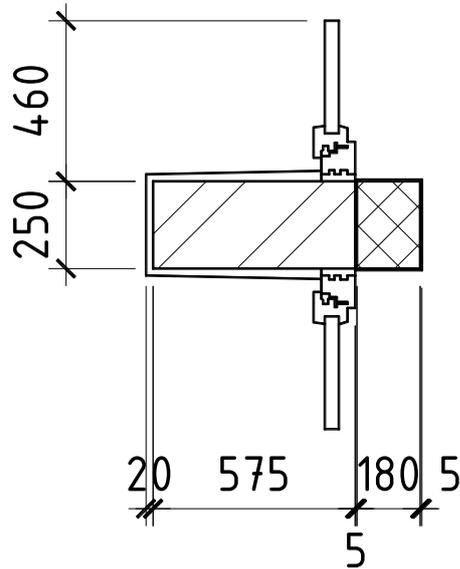


Рисунок 2.17. Розрахункова схема

Температурне поле показано на рисунку 2.18.

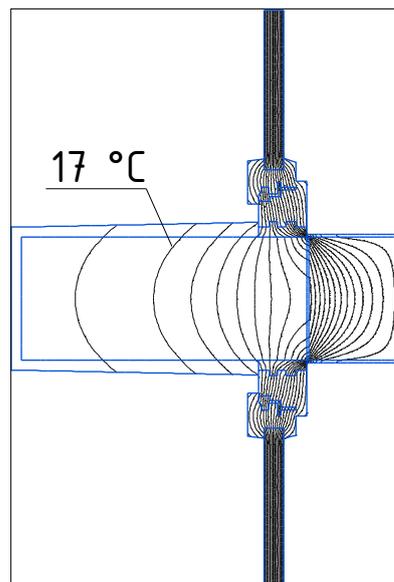


Рисунок 2.18. Температурне поле

Визначаємо приведений опір за формулою:

$$R_{\Sigma \text{пр}} = \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{зН}})}{q_{\text{ср}}} = \frac{(20 - (-22))}{12,68} = 3,312 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт},$$

$$q_{\text{ср}} = \frac{q_{\text{в}} + q_{\text{зН}}}{2} = \frac{12,73 + 12,63}{2} = 12,68 \text{ Вт/м}^2$$

$$q_{\text{в}} = \frac{Q_{\text{в}}}{L_1 \times h} = \frac{16,4}{1,2878 \times 1} = 12,73 \text{ Вт/м}^2$$

$$q_{\text{зВ}} = \frac{Q_{\text{зВ}}}{L_2 \times h} = \frac{6,09}{0,482 \times 1} = 12,63 \text{ Вт/м}^2$$

$$Q_{\text{в}} = 16,4 \text{ Вт}, Q_{\text{зВ}} = 6,09 \text{ Вт};$$

$$L_1 = 1,2878 \text{ м}$$

$$L_2 = 0,482 \text{ м}$$

$R_{\Sigma \text{пр}} = 3,312 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} < R_{q \text{ min}} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, перша вимога не виконується.

На рисунку 2.19 показаний графік температури на внутрішній поверхні огородження.

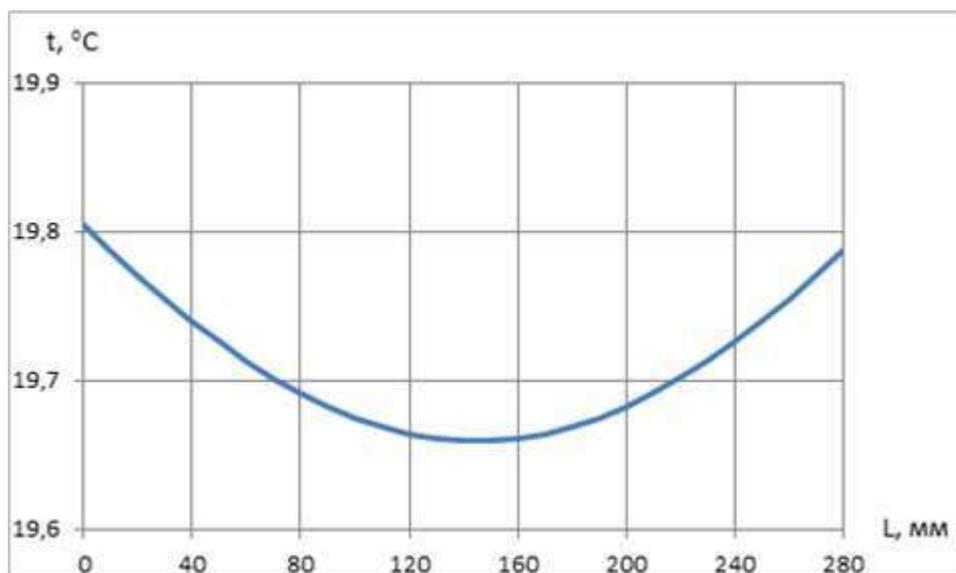


Рисунок 2.19. Графік температури на внутрішній поверхні огородження

Визначаємо $\Delta t_{\text{пр}}$ за формулою:

$$\Delta t_{\text{пр}} = t_{\text{в}} - \tau_{\text{в пр}} = 20 - 19,8 = 0,2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

За температурним полем $\tau_{\text{в пр}} = 19,8 \text{ } ^\circ\text{C}$.

$\Delta t_{\text{пр}} = 0,2 \text{ } ^\circ\text{C} < \Delta t_{\text{ср}} = 4 \text{ } ^\circ\text{C}$, друга вимога виконується.

На рисунку 2.20 графік температури на відкосі.

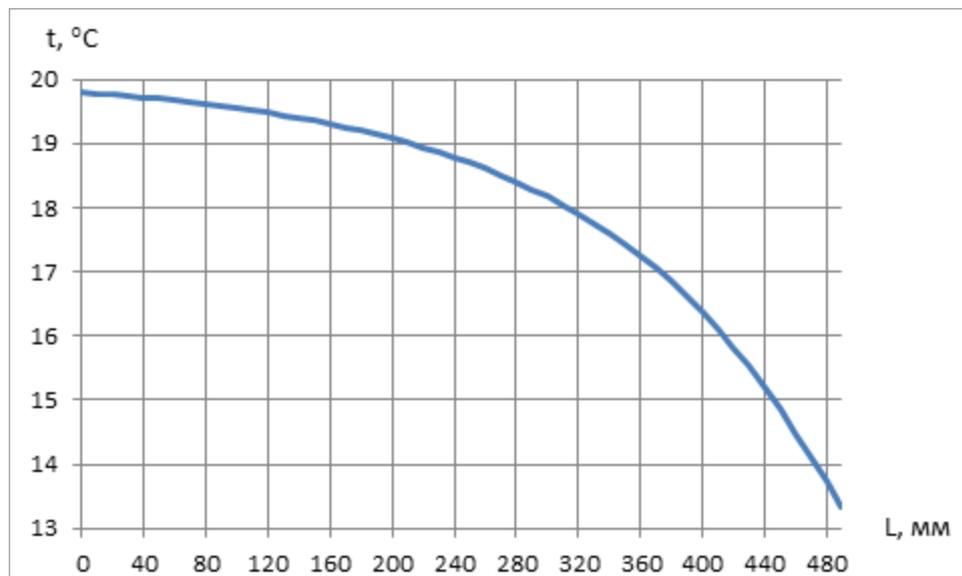


Рисунок 2.20. Графік температури на відкосі

За температурним полем $\tau_{\text{в.min}} = 13,4 \text{ } ^\circ\text{C}$.

$\tau_{\text{в.min}} = 13,4 \text{ } ^\circ\text{C} > t_{\text{р}} = 10,7 \text{ } ^\circ\text{C}$, третя вимога виконується.

Висновок:

1. $R_{\Sigma \text{пр}} = 3,312 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} < R_{q \text{ min}} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ перша вимога не виконується.

2.8 Теплозахисні властивості ділянки 6

Розрахункова схема приведена на рисунку 2.21.

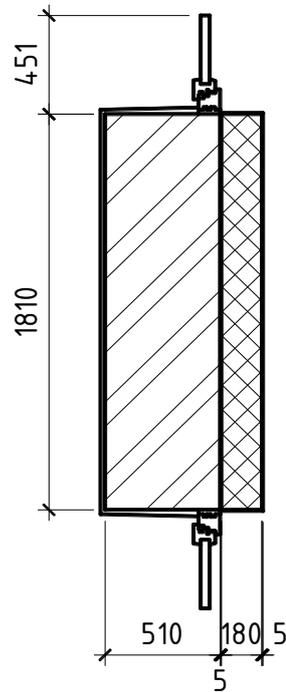


Рисунок 2.21. Розрахункова схема

Температурне поля показано на рисунку 2.22.

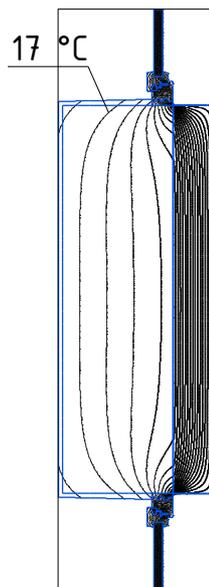


Рисунок 2.22. Температурне поле

					601-БП. 11394037.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		36

Визначаємо приведений опір за формулою:

$$R_{\Sigma \text{пр}} = \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{зн}})}{q_{\text{ср}}} = \frac{(20 - (-22))}{11,86} = 2,817 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт},$$

$$q_{\text{ср}} = \frac{q_{\text{в}} + q_{\text{зн}}}{2} = \frac{11,91 + 11,82}{2} = 11,86 \text{ Вт/м}^2$$

$$q_{\text{в}} = \frac{Q_{\text{в}}}{L_1 \times h} = \frac{32,38}{2,718 \times 1} = 11,91 \text{ Вт/м}^2$$

$$q_{\text{зн}} = \frac{Q_{\text{зн}}}{L_2 \times h} = \frac{22,081}{1,9303 \times 1} = 11,82 \text{ Вт/м}^2$$

$$Q_{\text{в}} = 38,784 \text{ Вт}, Q_{\text{зн}} = 30,024 \text{ Вт};$$

$$L_1 = 2,718$$

$$L_2 = 1,9303 \text{ м}$$

$R_{\Sigma \text{пр}} = 3,54 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} < R_{q \text{ min}} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, перша вимога не виконується.

На рисунку 2.23 показаний графік температури на внутрішній поверхні огородження.

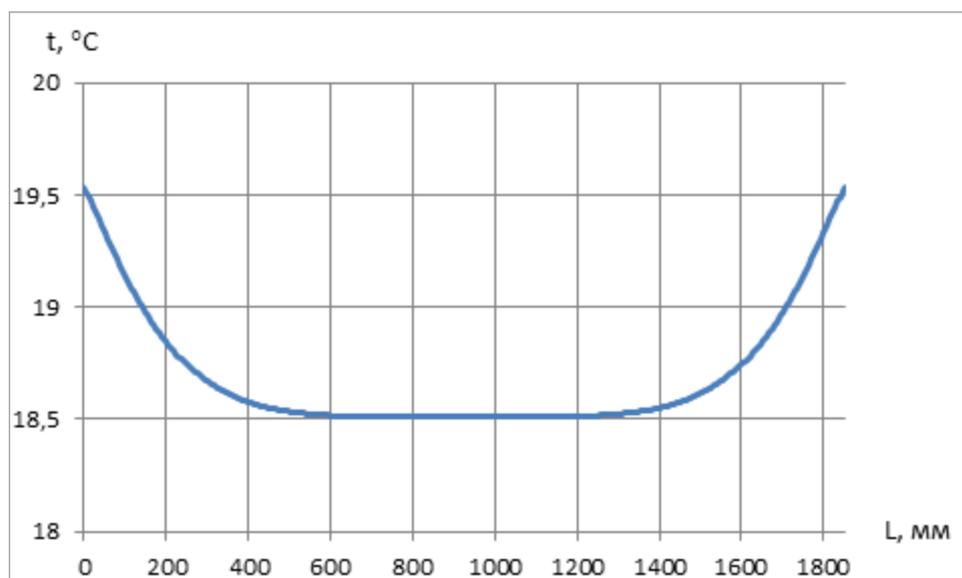


Рисунок 2.23. Графік температури на внутрішній поверхні огородження

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

601-БП. 11394037.ПЗ

Арк.

37

Визначаємо $\Delta t_{\text{пр}}$ за формулою:

$$\Delta t_{\text{пр}} = t_{\text{в}} - \tau_{\text{в пр}} = 20 - 18,8 = 1,2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

За температурним полем $\tau_{\text{в пр}} = 18,8 \text{ } ^\circ\text{C}$.

$\Delta t_{\text{пр}} = 1,2 \text{ } ^\circ\text{C} < \Delta t_{\text{ср}} = 4 \text{ } ^\circ\text{C}$, друга вимога виконується.

На рисунку 2.24 графік температури на відкосі.

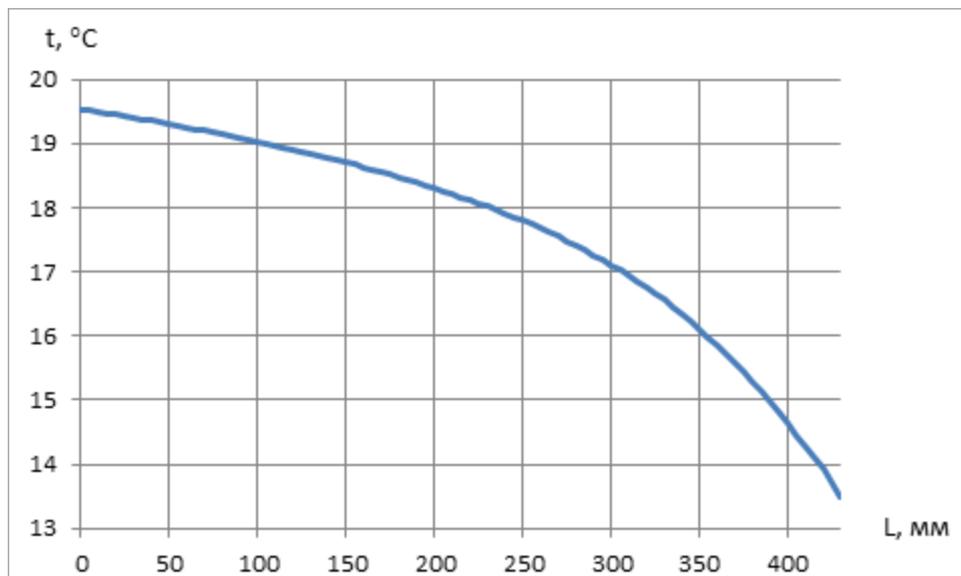


Рисунок 2.24. Графік температури на відкосі

За даними розрахунку температурного поля $\tau_{\text{в. min}} = 13,3 \text{ } ^\circ\text{C}$.

$\tau_{\text{в. min}} = 13,3 \text{ } ^\circ\text{C} > t_{\text{р}} = 10,7 \text{ } ^\circ\text{C}$, третя вимога виконується.

Висновок:

1. $R_{\Sigma \text{пр}} = 3,54 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} < R_{q \text{ min}} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ перша вимога не виконується.

2.9 Теплозахисні властивості ділянки 7

Розрахункова схема приведена на рисунку 2.25.

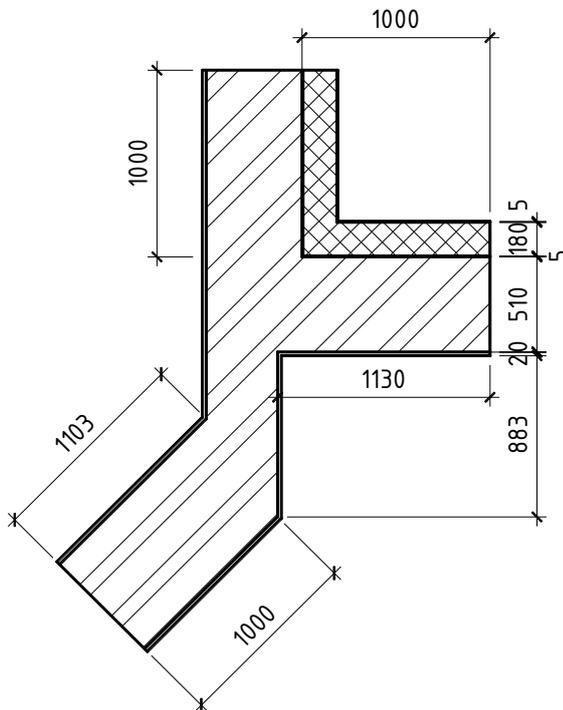


Рисунок 2.25. Розрахункова схема

Температурне поле показано на рисунку 2.25.

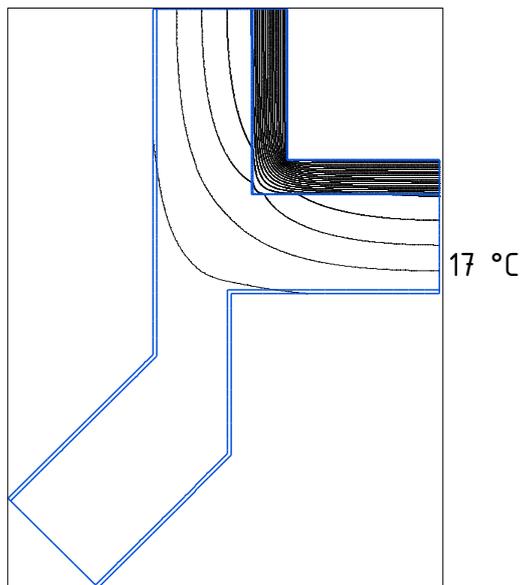


Рисунок 2.25. Температурне поле

Визначаємо приведений опір за формулою:

					601-БП. 11394037.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		39

$$R_{\Sigma \text{пр}} = \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{зН}})}{q_{\text{ср}}} = \frac{(20 - (-22))}{8,93} = 4,701 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт},$$

$$q_{\text{ср}} = \frac{q_{\text{в1}} + q_{\text{в2}} + q_{\text{зН}}}{3} = \frac{4,4 + 4,56 + 8,9}{3} = 8,93 \text{ Вт/м}^2$$

$$q_{\text{в1}} = \frac{Q_{\text{в1}}}{L_1 \times h} = \frac{6,46}{1,53 \times 1} = 4,4 \text{ Вт/м}^2$$

$$q_{\text{в2}} = \frac{Q_{\text{в2}}}{L_1 \times h} = \frac{7,21}{2,718 \times 1} = 4,56 \text{ Вт/м}^2$$

$$q_{\text{зв}} = \frac{Q_{\text{зв}}}{L_2 \times h} = \frac{9,88}{1,9303 \times 1} = 8,9 \text{ Вт/м}^2$$

$$Q_{\text{в1}} = 6,46 \text{ Вт} \quad Q_{\text{в2}} = 7,21 \text{ Вт}, \quad Q_{\text{зв}} = 9,88 \text{ Вт};$$

$$L_1 = 1,53$$

$$L_2 = 1,11 \text{ м}$$

$$L_2 = 1,45 \text{ м}$$

$R_{\Sigma \text{пр}} = 4,701 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} > R_{q \text{ min}} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, перша вимога теплозахисту виконується. Можна зменшити товщину утеплювача.

На рисунку 2.27 показаний графік температури на внутрішній поверхні огороження.

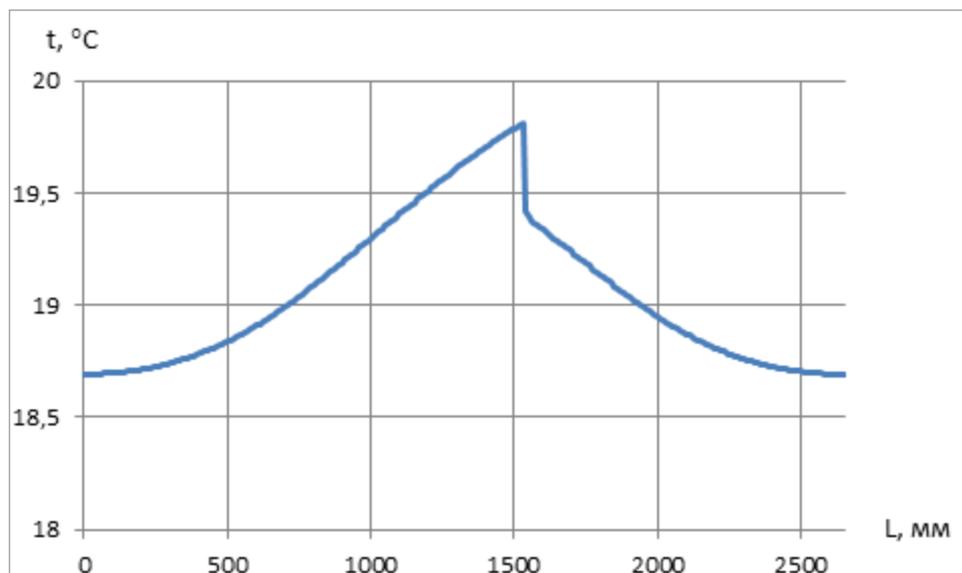


Рисунок 2.27. Графік температури на внутрішній поверхні огороження

Визначаємо $\Delta t_{\text{пр}}$ за формулою:

$$\Delta t_{\text{пр}} = t_{\text{в}} - \tau_{\text{в пр}} = 20 - 18,6 = 1,4 \text{ } ^\circ\text{C}$$

За температурним полем $\tau_{\text{в пр}} = 18,6 \text{ } ^\circ\text{C}$.

$\Delta t_{\text{пр}} = 1,4 \text{ } ^\circ\text{C} < \Delta t_{\text{ср}} = 4 \text{ } ^\circ\text{C}$, друга вимога виконується.

За даними розрахунку температурного поля $\tau_{\text{в. min}} = 18,6 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Так як $\tau_{\text{в. min}} = 18,8 \text{ } ^\circ\text{C} > t_{\text{р}} = 10,7 \text{ } ^\circ\text{C}$, третя вимога виконується.

Висновок:

1. $R_{\Sigma \text{пр}} = 4,701 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} > R_{q \text{ min}} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ можна зменшити товщину утеплювача.

2.10 Теплозахисні властивості ділянки 8

Розрахункова схема приведена на рисунку 2.28.

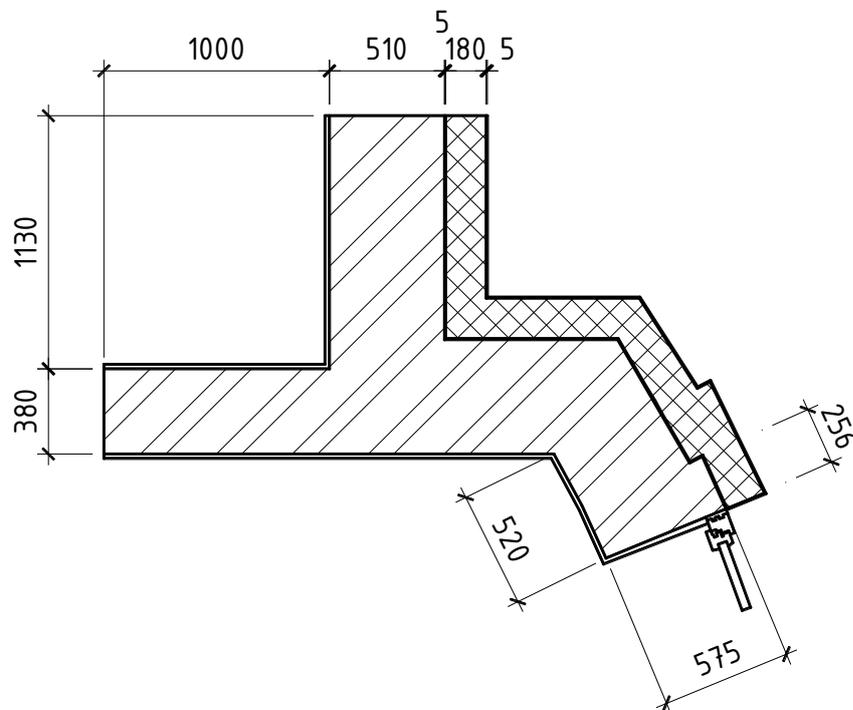


Рисунок 2.28. Розрахункова схема

					601-БП. 11394037.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		41

Температурне поле показано на рисунку 2.29.

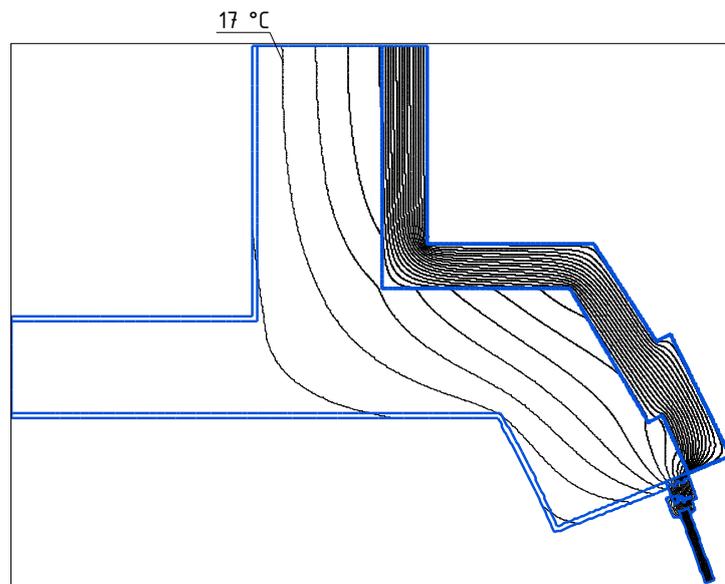


Рисунок 2.29. Температурне поле

Визначаємо приведений опір за формулою:

$$R_{\Sigma \text{пр}} = \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{зН}})}{q_{\text{ср}}} = \frac{(20 - (-22))}{9,24} = 4,546 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт},$$

$$q_{\text{ср}} = \frac{q_{\text{в1}} + q_{\text{в2}} + q_{\text{зН}}}{3} = \frac{4,44 + 4,83 + 9,2}{3} = 9,24 \text{ Вт/м}^2$$

$$q_{\text{в1}} = \frac{Q_{\text{в1}}}{L_1 \times h} = \frac{5}{1,11 \times 1} = 4,44 \text{ Вт/м}^2$$

$$q_{\text{в2}} = \frac{Q_{\text{в2}}}{L_2 \times h} = \frac{5,2}{2,0072 \times 1} = 4,83 \text{ Вт/м}^2$$

$$q_{\text{зв}} = \frac{Q_{\text{зв}}}{L_3 \times h} = \frac{22,82}{2,48 \times 1} = 9,2 \text{ Вт/м}^2$$

$$Q_{\text{в1}} = 2,51 \text{ Вт} \quad Q_{\text{в2}} = 2,68 \text{ Вт}, \quad Q_{\text{зв}} = 22,82 \text{ Вт};$$

$$L_1 = 1,11$$

$$L_2 = 2,0072 \text{ м}$$

$$L_3 = 2,48 \text{ м}$$

$R_{\Sigma пр} = 3,577 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} < R_{q \text{ min}} = 3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, то перша вимога теплозахисту виконується. Можна зменшити товщину утеплювача.

На рисунку 2.30 показаний графік температури на внутрішній поверхні огороження.

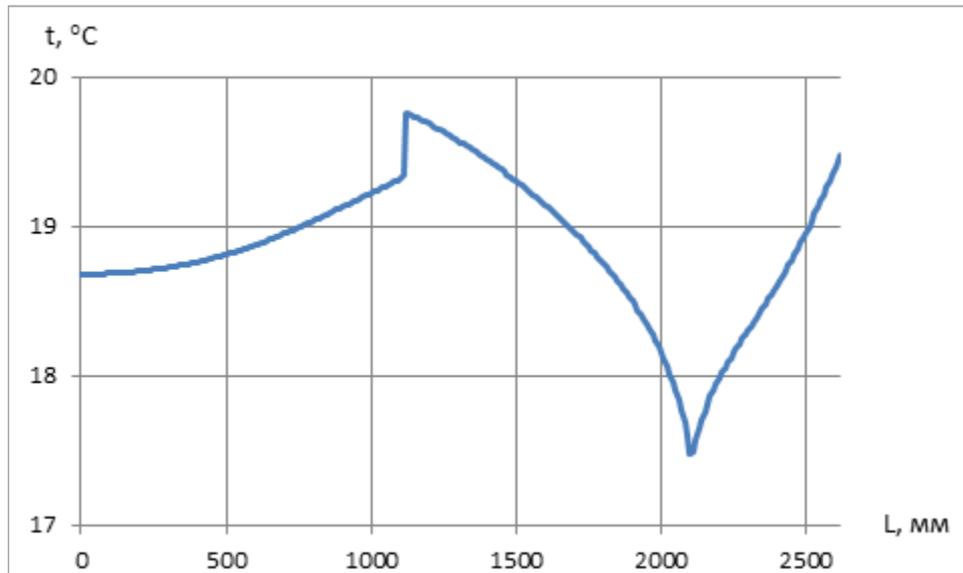


Рисунок 2.30. Графік температури на внутрішній поверхні огороження

Визначаємо $\Delta t_{пр}$ за формулою:

$$\Delta t_{пр} = t_{в} - \tau_{в пр} = 20 - 19 = 1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

За температурним полем $\tau_{в пр} = 19 \text{ } ^\circ\text{C}$.

$\Delta t_{пр} = 1 \text{ } ^\circ\text{C} < \Delta t_{сг} = 4 \text{ } ^\circ\text{C}$, друга вимога виконується.

На рисунку 2.31 графік температури на відкосі.

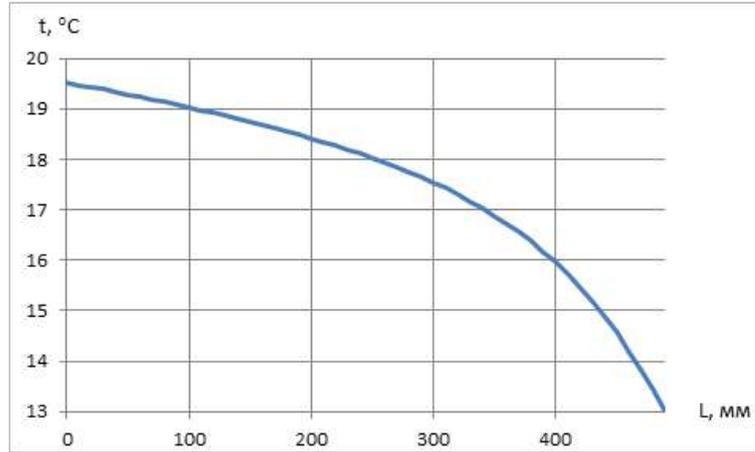


Рисунок 2.31. Графік температури на відкості

За даними розрахунку температурного поля $t_{в.мин} = 13,1 \text{ }^\circ\text{C}$.

$t_{в.мин} = 13,1 \text{ }^\circ\text{C} > t_p = 10,7 \text{ }^\circ\text{C}$, третя вимога виконується.

Висновок:

1. $R_{\Sigma пр} = 4,546 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} > R_{q min} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ можна зменшити товщину утеплювача.

2.11 Теплозахисні властивості ділянки 9

Розрахункова схема приведена на рисунку 2.32.

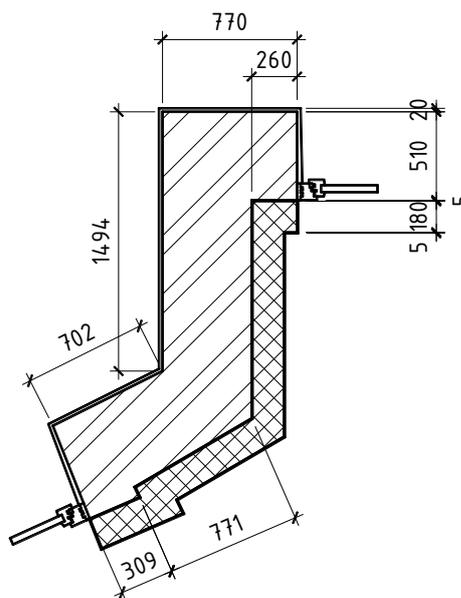


Рисунок 2.32. Розрахункова схема

					601-БП. 11394037.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		44

Температурне поле показано на рисунку 2.33.

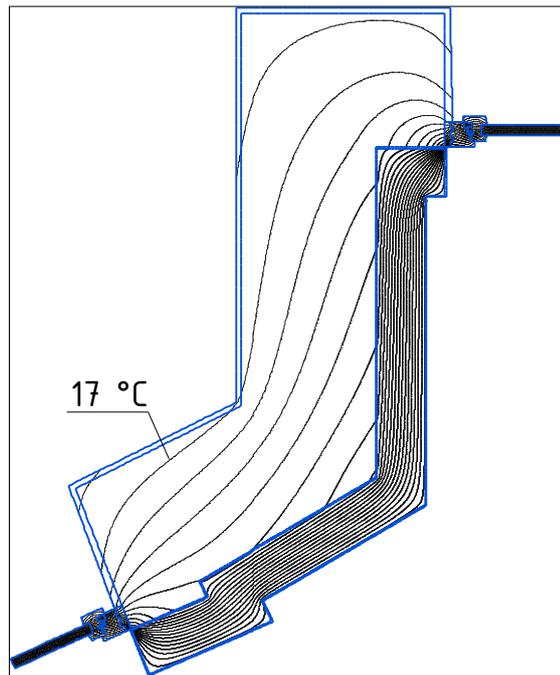


Рисунок 2.33. Температурне поле

Визначаємо приведений опір за формулою:

$$R_{\Sigma \text{пр}} = \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{зН}})}{q_{\text{ср}}} = \frac{(20 - (-22))}{10,37} = 4,05 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт},$$

$$q_{\text{ср}} = \frac{q_{\text{в}} + q_{\text{зН}}}{2} = \frac{10,41 + 10,33}{2} = 10,37 \text{ Вт/м}^2$$

$$q_{\text{в}} = \frac{Q_{\text{в}}}{L_1 \times h} = \frac{41,09}{3,9462 \times 1} = 10,41 \text{ Вт/м}^2$$

$$q_{\text{зв}} = \frac{Q_{\text{зв}}}{L_2 \times h} = \frac{26,95}{2,6094 \times 1} = 10,33 \text{ Вт/м}^2$$

$$Q_{\text{в}} = 10,41 \text{ Вт}, Q_{\text{зв}} = 10,33 \text{ Вт};$$

$$L_1 = 3,9462$$

$$L_2 = 2,6094 \text{ м}$$

$R_{\Sigma \text{пр}} = 4,05 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} > R_{q \text{ min}} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, перша вимога виконується.

На рисунку 2.34 показаний графік температури на внутрішній поверхні огороження.

					601-БП. 11394037.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		45

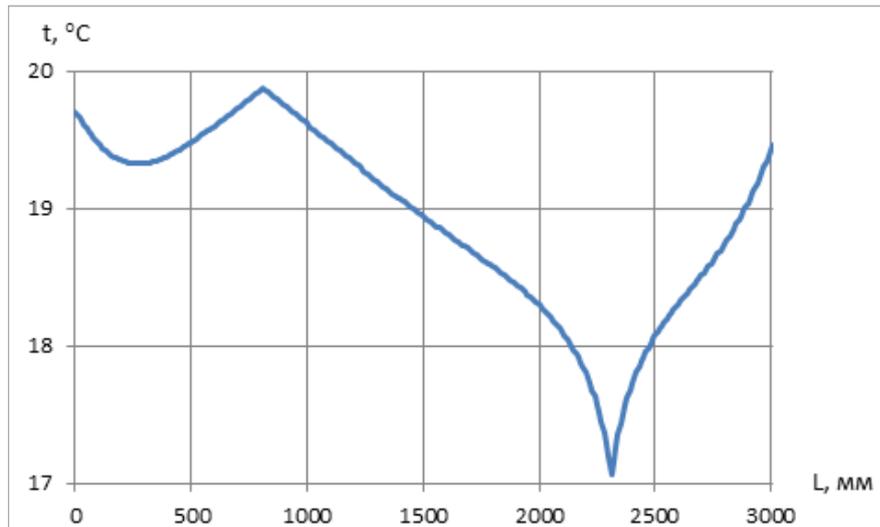


Рисунок 2.34. Графік температури на внутрішній поверхні огородження

Визначаємо $\Delta t_{\text{пр}}$ за формулою:

$$\Delta t_{\text{пр}} = t_{\text{в}} - \tau_{\text{в пр}} = 20 - 19 = 1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

За температурним полем $\tau_{\text{в пр}} = 19 \text{ } ^\circ\text{C}$.

$\Delta t_{\text{пр}} = 1 \text{ } ^\circ\text{C} < \Delta t_{\text{сг}} = 4 \text{ } ^\circ\text{C}$, друга вимога виконується.

На рисунку 2.35 графік температури на відкосі.

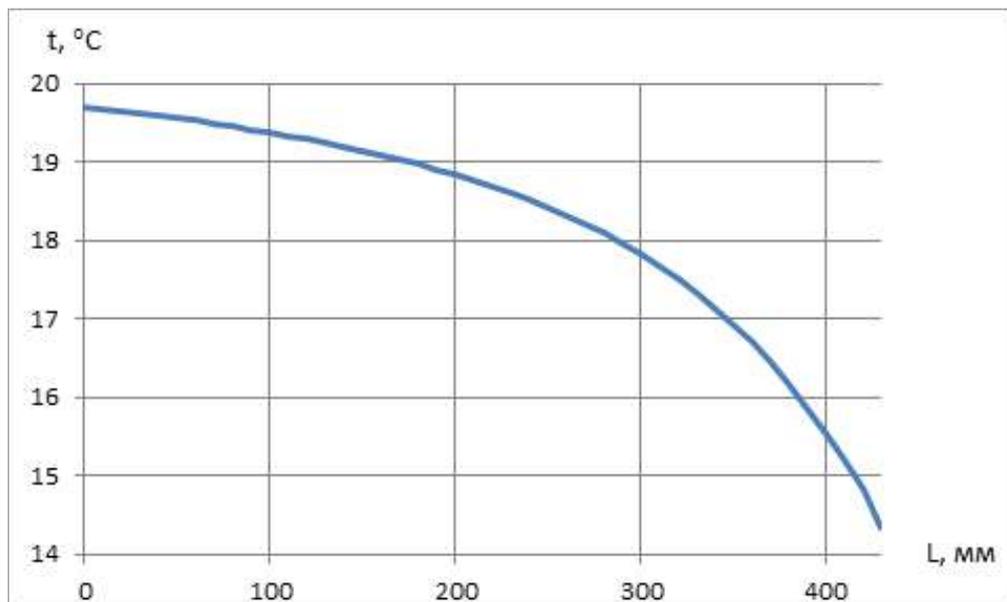


Рисунок 2.35. Графік температури на відкосі

За температурним полем $\tau_{\text{в. min}} = 14,5 \text{ } ^\circ\text{C}$.

$\tau_{в.мин} = 14,5 \text{ }^\circ\text{C} > t_p = 10,7 \text{ }^\circ\text{C}$, третя вимога виконується.

На рисунку 2.36 наведено графік температури на відкосі, ліворуч від вікна.

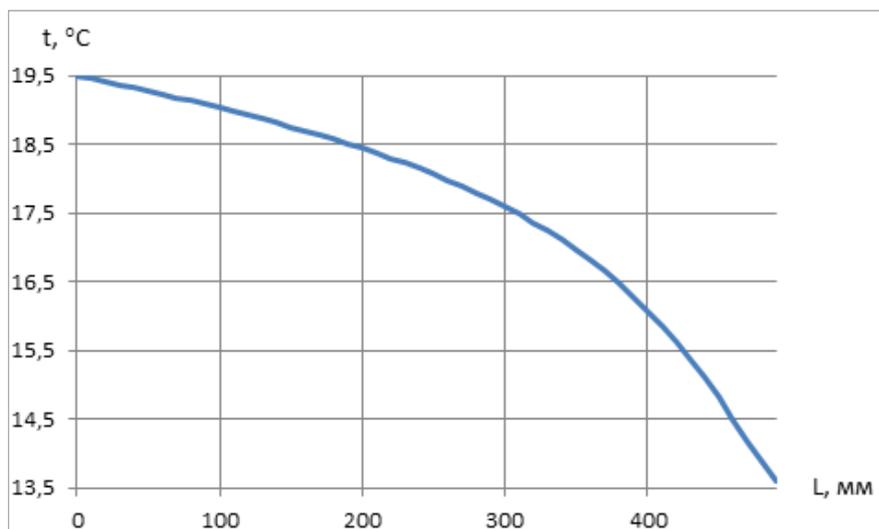


Рисунок 2.36. Графік температури на відкосі

За даними розрахунку температурного поля $\tau_{в.мин} = 13,7 \text{ }^\circ\text{C}$.

$\tau_{в.мин} = 13,7 \text{ }^\circ\text{C} > t_p = 10,7 \text{ }^\circ\text{C}$, третя вимога виконується.

Висновок:

1. Всі вимоги теплозахисту виконуються.

2.12 Теплозахисні властивості ділянки 10

Розрахункова схема приведена на рисунку 2.37.

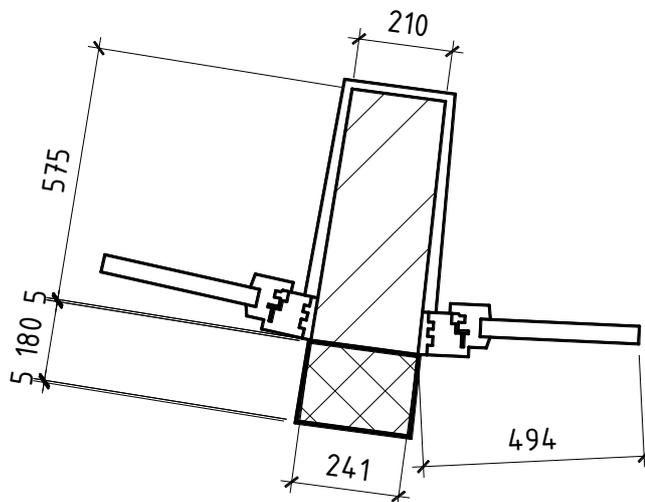


Рисунок 2.37. Розрахункова схема

					601-БП. 11394037.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		47

Температурне поля показано на рисунку 2.38.

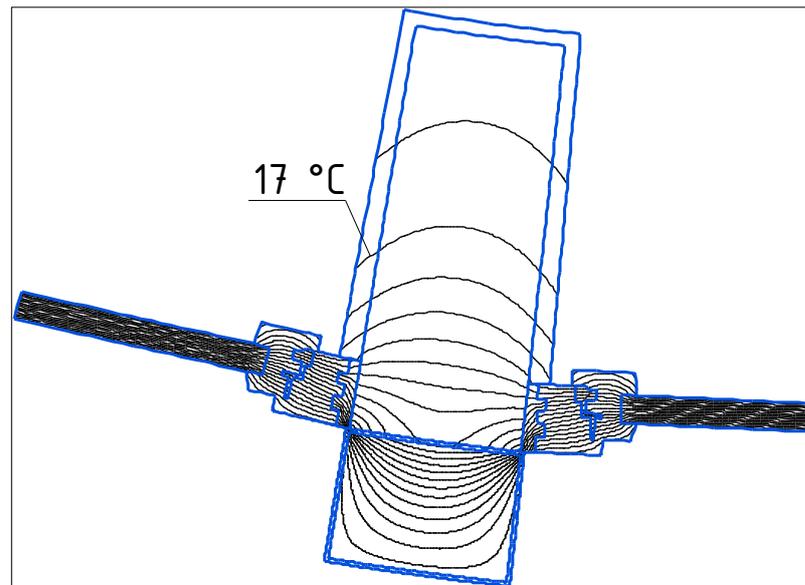


Рисунок 2.38. Температурне поле

Визначаємо приведений опір за формулою:

$$R_{\Sigma \text{пр}} = \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{зн}})}{q_{\text{ср}}} = \frac{(20 - (-22))}{13,5} = 3,11 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт},$$

$$q_{\text{ср}} = \frac{q_{\text{в}} + q_{\text{зн}}}{2} = \frac{13,56 + 13,45}{2} = 13,5 \text{ Вт/м}^2$$

$$q_{\text{в}} = \frac{Q_{\text{в}}}{L_1 \times h} = \frac{16,83}{1,2411 \times 1} = 13,56 \text{ Вт/м}^2$$

$$q_{\text{зн}} = \frac{Q_{\text{зн}}}{L_2 \times h} = \frac{6,55}{0,4873 \times 1} = 13,45 \text{ Вт/м}^2$$

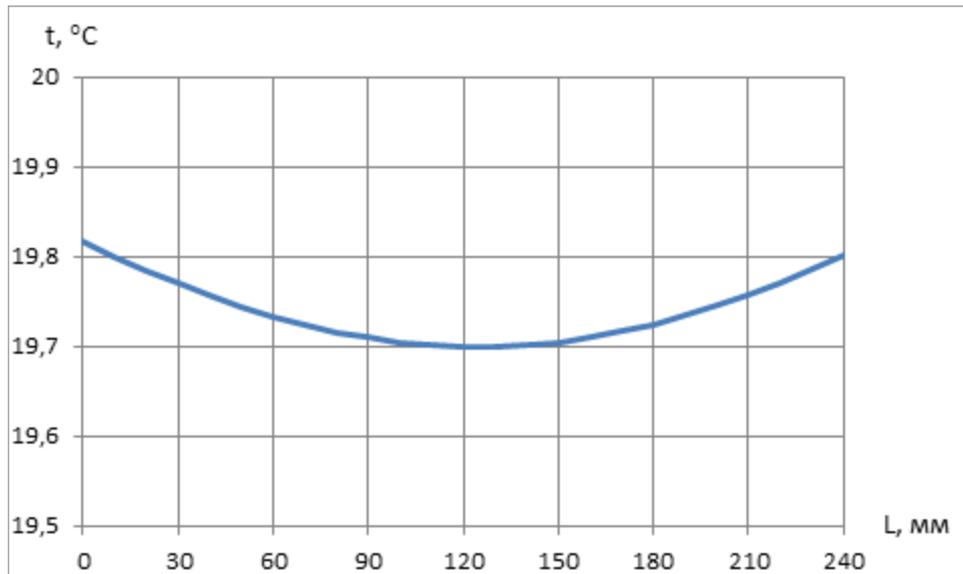
$$Q_{\text{в}} = 16,83 \text{ Вт}, Q_{\text{зн}} = 6,55 \text{ Вт};$$

$$L_1 = 1,2411$$

$$L_2 = 0,4873 \text{ м}$$

$R_{\Sigma \text{пр}} = 3,11 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} < R_{q \text{ min}} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, перша вимога не виконується.

На рисунку 2.39 показаний графік температури на внутрішній поверхні огороження.



На рисунку 2.39 показаний графік температури на внутрішній поверхні огороження.

Визначаємо $\Delta t_{\text{пр}}$ за формулою:

$$\Delta t_{\text{пр}} = t_{\text{в}} - \tau_{\text{в пр}} = 20 - 19,8 = 0,2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

За температурним полем $\tau_{\text{в пр}} = 19,8 \text{ } ^\circ\text{C}$.

$\Delta t_{\text{пр}} = 0,2 \text{ } ^\circ\text{C} < \Delta t_{\text{ср}} = 4 \text{ } ^\circ\text{C}$, друга вимога виконується.

На рисунку 2.40 графік температури на відкосі.

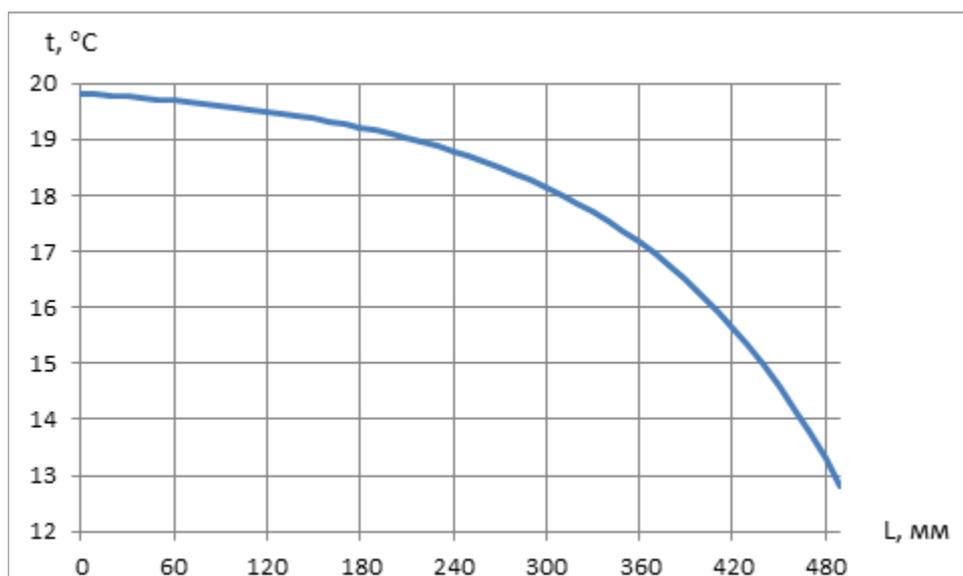


Рисунок 2.40. Графік температури на відкосі

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

601-БП. 11394037.ПЗ

Арк.

49

За температурним полем $\tau_{в. min} = 12,9 \text{ }^\circ\text{C}$.

$\tau_{в. min} = 12,9 \text{ }^\circ\text{C} > t_p = 10,7 \text{ }^\circ\text{C}$, третя вимога виконується.

Висновок:

1. $R_{\Sigma пр} = 3,11 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} < R_{q min} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ перша вимога не виконується.

2.13 Теплозахисні властивості ділянки 11

Розрахункова схема приведена на рисунку 2.41.

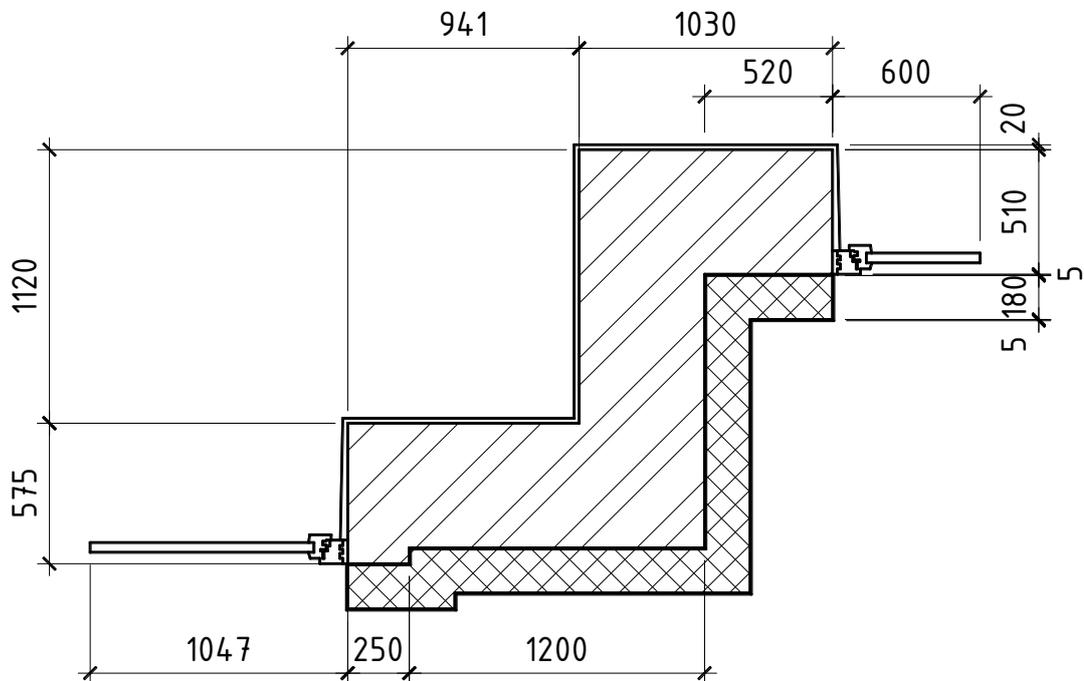


Рисунок 2.41. Розрахункова схема

Температурне поля показано на рисунку 2.42.

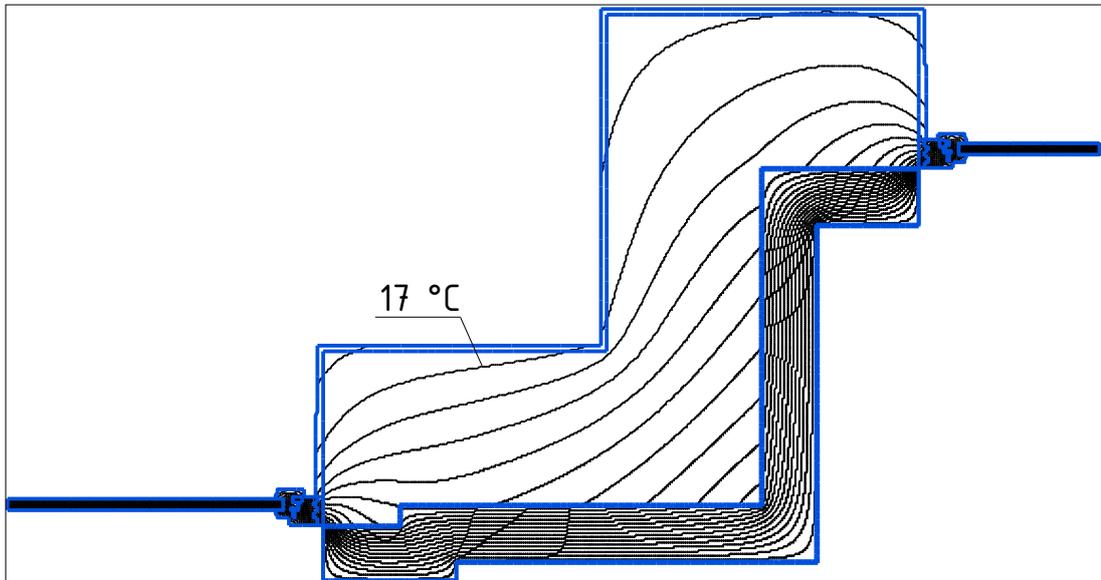


Рисунок 2.42. Температурне поле

Визначаємо приведенний опір за формулою:

$$R_{\Sigma \text{пр}} = \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{зН}})}{q_{\text{ср}}} = \frac{(20 - (-22))}{10,12} = 4,152 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт},$$

$$q_{\text{ср}} = \frac{q_{\text{в}} + q_{\text{зН}}}{2} = \frac{10,16 + 10,08}{2} = 10,12 \text{ Вт/м}^2$$

$$q_{\text{в}} = \frac{Q_{\text{в}}}{L_1 \times h} = \frac{41,27}{4,0632 \times 1} = 10,16 \text{ Вт/м}^2$$

$$q_{\text{зв}} = \frac{Q_{\text{зв}}}{L_2 \times h} = \frac{31,9}{3,1661 \times 1} = 10,08 \text{ Вт/м}^2$$

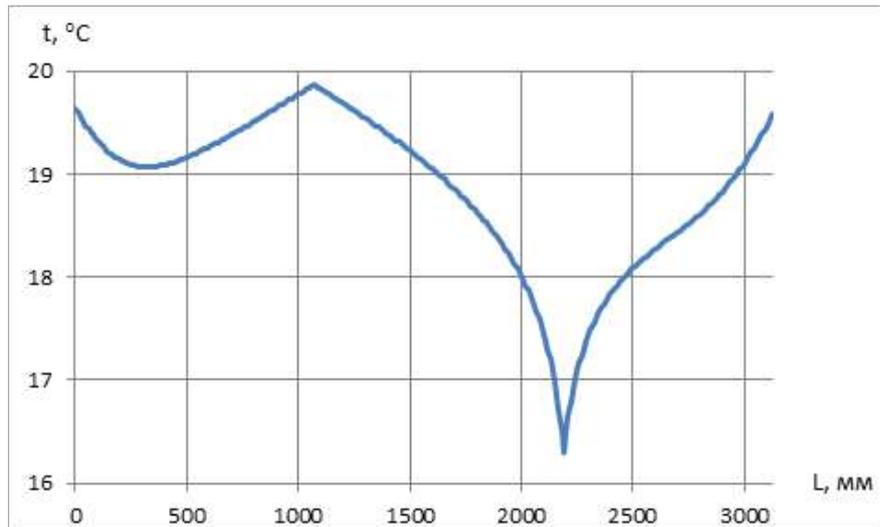
$$Q_{\text{в}} = 41,27 \text{ Вт}, Q_{\text{зв}} = 31,9 \text{ Вт};$$

$$L_1 = 4,0632$$

$$L_2 = 3,1661 \text{ м}$$

$R_{\Sigma \text{пр}} = 4,152 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} > R_{q \text{ min}} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, перша вимога виконується.

На рисунку 2.43 показаний графік температури на внутрішній поверхні огороження.



На рисунку 2.43 Графік температури на внутрішній поверхні огородження.

Визначаємо $\Delta t_{\text{пр}}$ за формулою:

$$\Delta t_{\text{пр}} = t_{\text{в}} - \tau_{\text{в пр}} = 20 - 19 = 1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

За температурним полем $\tau_{\text{в пр}} = 19 \text{ } ^\circ\text{C}$.

$\Delta t_{\text{пр}} = 1 \text{ } ^\circ\text{C} < \Delta t_{\text{сг}} = 4 \text{ } ^\circ\text{C}$, друга вимога виконується.

На рисунку 2.44 графік температури на відкосі розташованого праворуч.

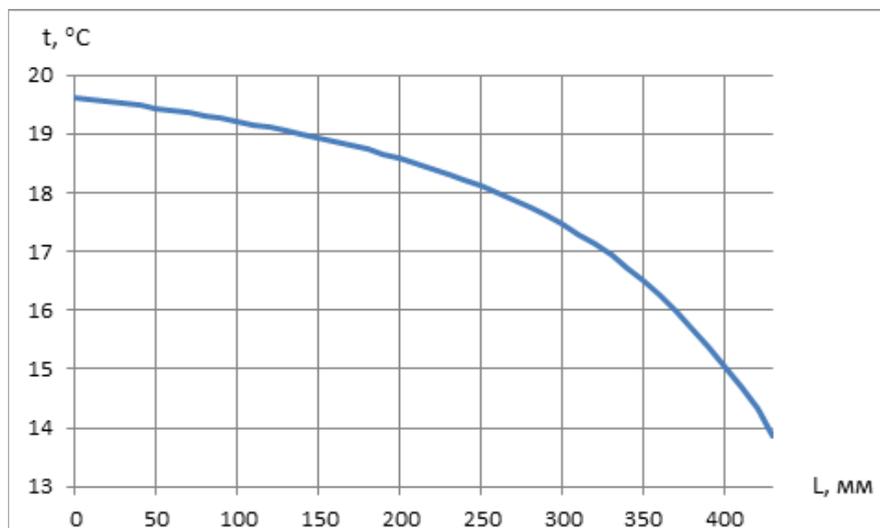


Рисунок 2.44. Графік температури на відкосі праворуч

За температурним полем $\tau_{\text{в.min}} = 14 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Так як $\tau_{\text{в.min}} = 14 \text{ } ^\circ\text{C} > t_{\text{р}} = 10,7 \text{ } ^\circ\text{C}$, третя вимога виконується.

На рисунку 2.45 графік температури на відкосі розташованого ліворуч.

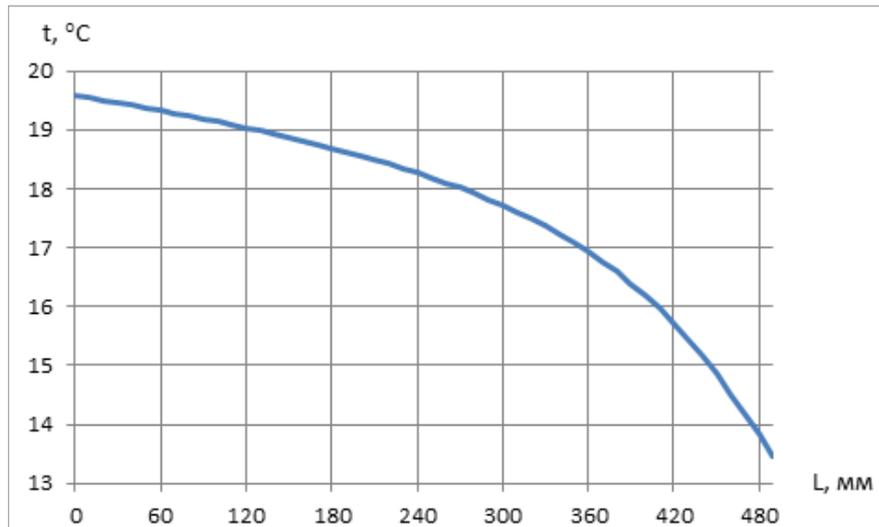


Рисунок 2.44. Графік температури на відкосі ліворуч

За температурним полем $t_{в.мин} = 13,5 \text{ }^\circ\text{C}$.

$t_{в.мин} = 13,5 \text{ }^\circ\text{C} > t_p = 10,7 \text{ }^\circ\text{C}$, третя вимога виконується.

Висновок:

1. $R_{\Sigma пр} = 4,152 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} > R_{q мин} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ можна зменшити товщину утеплювача.

2.14 Теплозахисні властивості ділянки 12

Розрахункова схема приведена на рисунку 2.45.

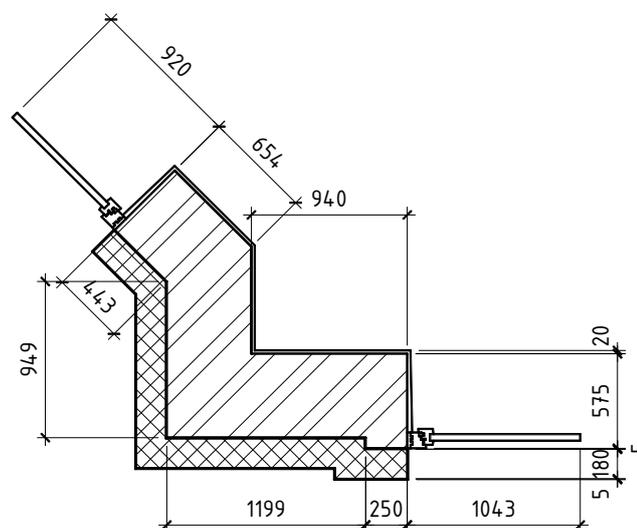


Рисунок 2.45. Розрахункова схема

Температурне поле показано на рисунку 2.46.

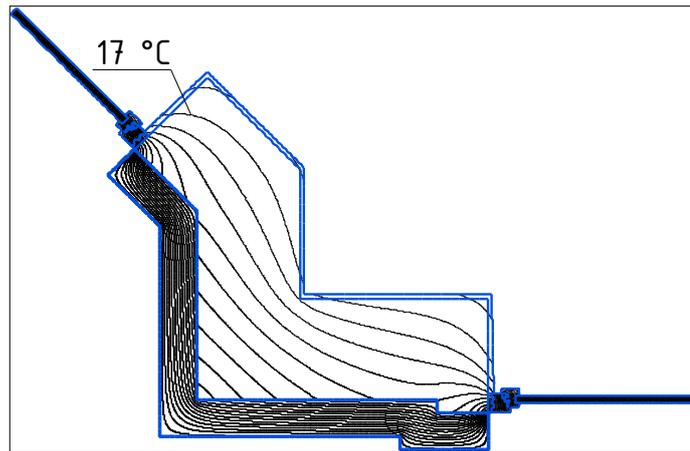


Рисунок 2.46. Температурне поле

Визначаємо приведений опір за формулою:

$$R_{\Sigma \text{ пр}} = \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{зН}})}{q_{\text{ср}}} = \frac{(20 - (-22))}{11,06} = 3,792 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт},$$

$$q_{\text{ср}} = \frac{q_{\text{в}} + q_{\text{зН}}}{2} = \frac{11,12 + 11,03}{2} = 13,639 \text{ Вт/м}^2$$

$$q_{\text{в}} = \frac{Q_{\text{в}}}{L_1 \times h} = \frac{35,5}{3,1927 \times 1} = 11,12 \text{ Вт/м}^2$$

$$q_{\text{зв}} = \frac{Q_{\text{зв}}}{L_2 \times h} = \frac{34,53}{3,1299 \times 1} = 11,03 \text{ Вт/м}^2$$

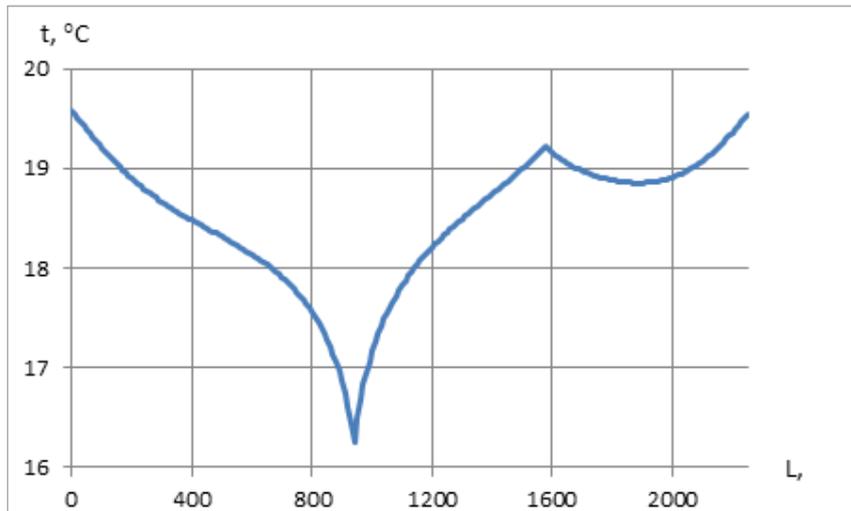
$$Q_{\text{в}} = 35,5 \text{ Вт}, Q_{\text{зв}} = 34,53 \text{ Вт};$$

$$L_1 = 3,1927$$

$$L_2 = 3,1299 \text{ м}$$

$R_{\Sigma \text{ пр}} = 3,792 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} > R_{q \text{ min}} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, перша вимога виконується.

На рисунку 2.47 показаний графік температури на внутрішній поверхні огородження.



На рисунку 2.47 Графік температури на внутрішній поверхні огородження.

Визначаємо $\Delta t_{\text{пр}}$ за формулою:

$$\Delta t_{\text{пр}} = t_{\text{в}} - \tau_{\text{в пр}} = 20 - 18,6 = 1,4 \text{ } ^\circ\text{C}$$

За температурним полем $\tau_{\text{в пр}} = 18,6 \text{ } ^\circ\text{C}$.

$\Delta t_{\text{пр}} = 1,4 \text{ } ^\circ\text{C} < \Delta t_{\text{ср}} = 4 \text{ } ^\circ\text{C}$, друга вимога виконується.

На рисунку 2.48 графік температури на відкосі розташованого праворуч.

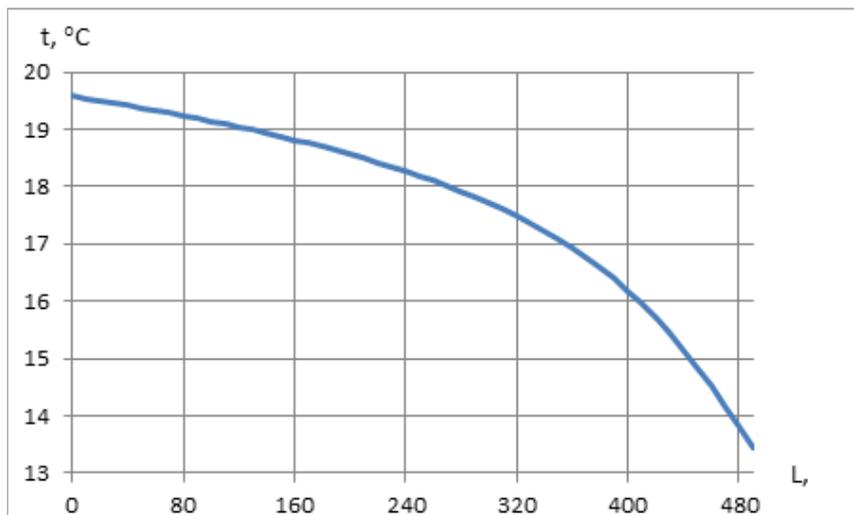


Рисунок 2.48. Графік температури на відкосі праворуч

За температурним полем $\tau_{\text{в.min}} = 13,5 \text{ } ^\circ\text{C}$.

$\tau_{\text{в.min}} = 13,5 \text{ } ^\circ\text{C} > t_{\text{р}} = 10,7 \text{ } ^\circ\text{C}$, третя вимога виконується.

На рисунку 2.49 графік температури на відкосі розташованого ліворуч.

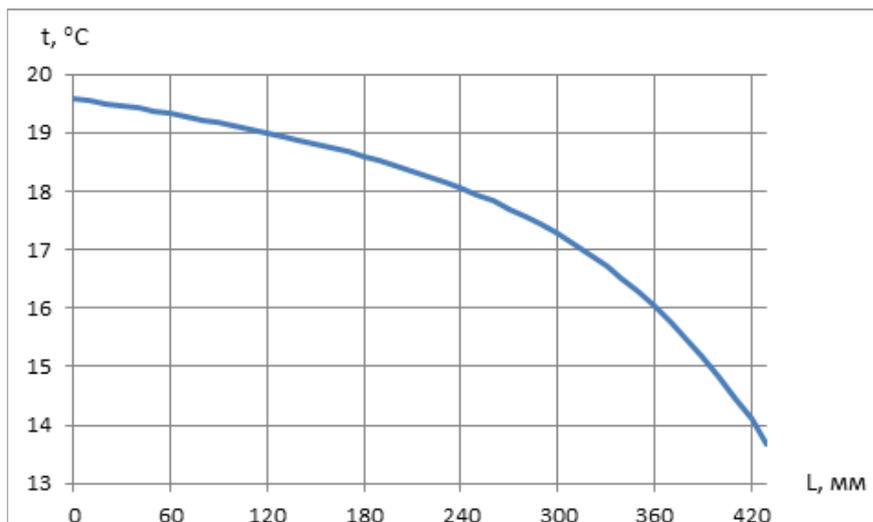


Рисунок 2.49. Графік температури на відкосі ліворуч

За температурним полем $\tau_{в.min} = 13,8 \text{ }^\circ\text{C}$.

$\tau_{в.min} = 13,8 \text{ }^\circ\text{C} > t_p = 10,7 \text{ }^\circ\text{C}$, третя вимога виконується.

Висновок:

1. $R_{\Sigma пр} = 3,792 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} < R_{q min} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ перша вимога не виконується.

2.15 Теплозахисні властивості ділянки 13

Розрахункова схема приведена на рисунку 2.50.

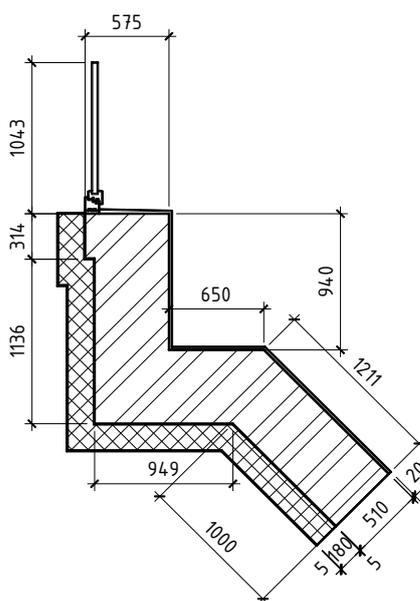


Рисунок 2.50. Розрахункова схема

Температурне поле показано на рисунку 2.51.

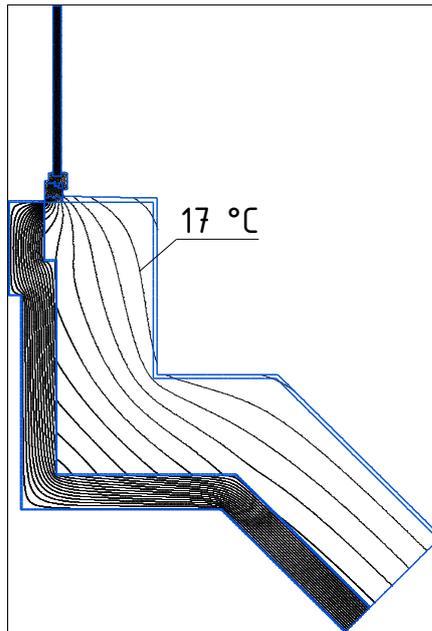


Рисунок 2.51. Температурне поле

Визначаємо приведений опір за формулою:

$$R_{\Sigma \text{пр}} = \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{зн}})}{q_{\text{ср}}} = \frac{(20 - (-22))}{10,63} = 3,95 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт},$$

$$q_{\text{ср}} = \frac{q_{\text{в}} + q_{\text{зн}}}{2} = \frac{10,68 + 10,59}{2} = 10,63 \text{ Вт/м}^2$$

$$q_{\text{в}} = \frac{Q_{\text{в}}}{L_1 \times h} = \frac{35,19}{3,2968 \times 1} = 10,68 \text{ Вт/м}^2$$

$$q_{\text{зн}} = \frac{Q_{\text{зн}}}{L_2 \times h} = \frac{36,12}{3,4102 \times 1} = 10,59 \text{ Вт/м}^2$$

$$Q_{\text{в}} = 35,19 \text{ Вт}, Q_{\text{зн}} = 36,12 \text{ Вт};$$

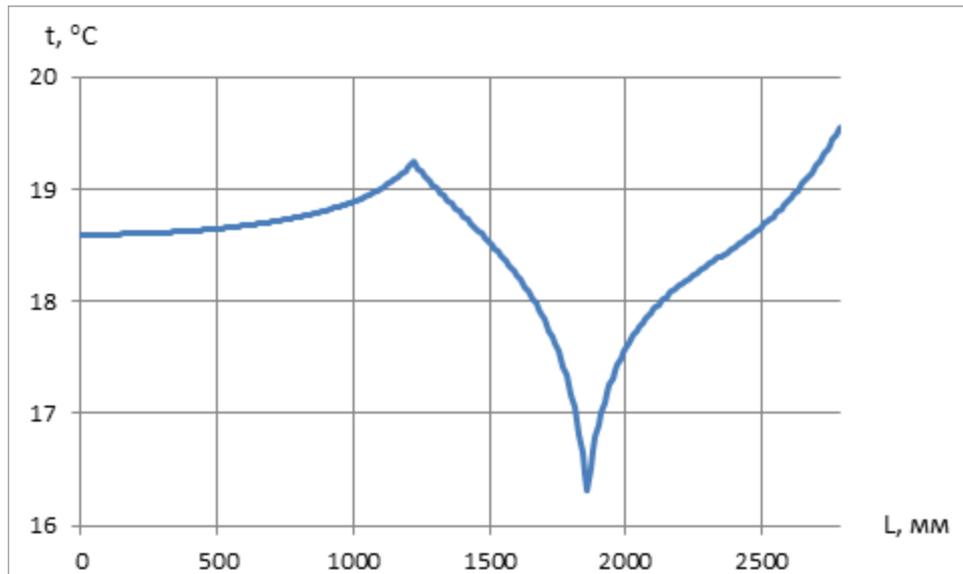
$$L_1 = 3,2968$$

$$L_2 = 3,4102 \text{ м}$$

$R_{\Sigma \text{пр}} = 3,95 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} < R_{q \text{ min}} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, перша вимога не виконується.

На рисунку 2.52 показаний графік температури на внутрішній поверхні огороження.

					601-БП. 11394037.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		57



На рисунку 2.52 Графік температури на внутрішній поверхні огородження.

Визначаємо $\Delta t_{\text{пр}}$ за формулою:

$$\Delta t_{\text{пр}} = t_{\text{в}} - \tau_{\text{в пр}} = 20 - 18,6 = 1,4 \text{ } ^\circ\text{C}$$

За температурним полем $\tau_{\text{в пр}} = 18,6 \text{ } ^\circ\text{C}$.

$\Delta t_{\text{пр}} = 1,4 \text{ } ^\circ\text{C} < \Delta t_{\text{ср}} = 4 \text{ } ^\circ\text{C}$, друга вимога виконується.

На рисунку 2.53 графік температури на відкості розташованого праворуч.

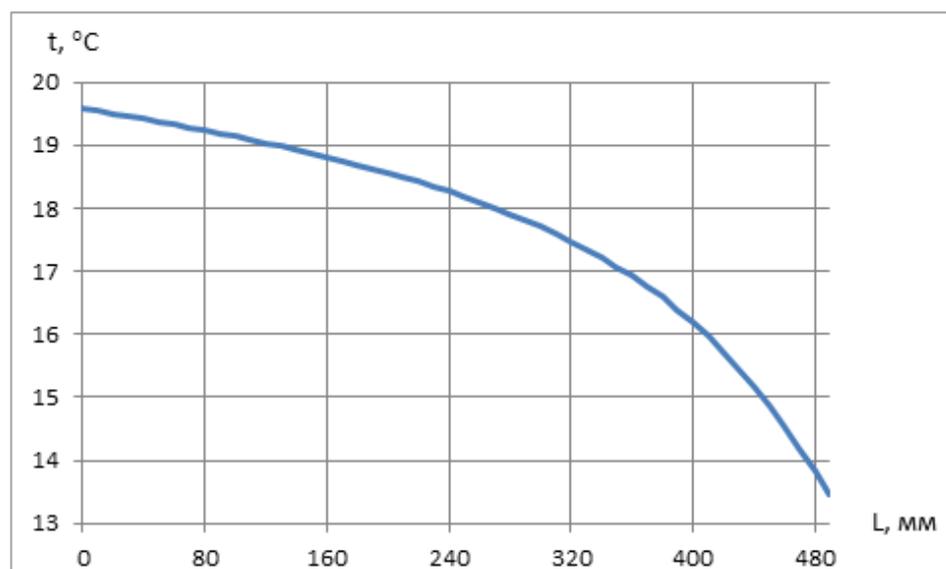


Рисунок 2.53. Графік температури на відкості праворуч

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

За температурним полем на цьому відкосі $\tau_{в.мин} = 13,6 \text{ }^\circ\text{C}$.

$\tau_{в.мин} = 13,6 \text{ }^\circ\text{C} > t_p = 10,7 \text{ }^\circ\text{C}$, третя вимога виконується.

Висновок:

1. $R_{\Sigma пр} = 3,95 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} < R_{q мин} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ перша вимога не виконується.

2.16 Теплозахисні властивості ділянки 14

Розрахункова схема приведена на рисунку 2.54.

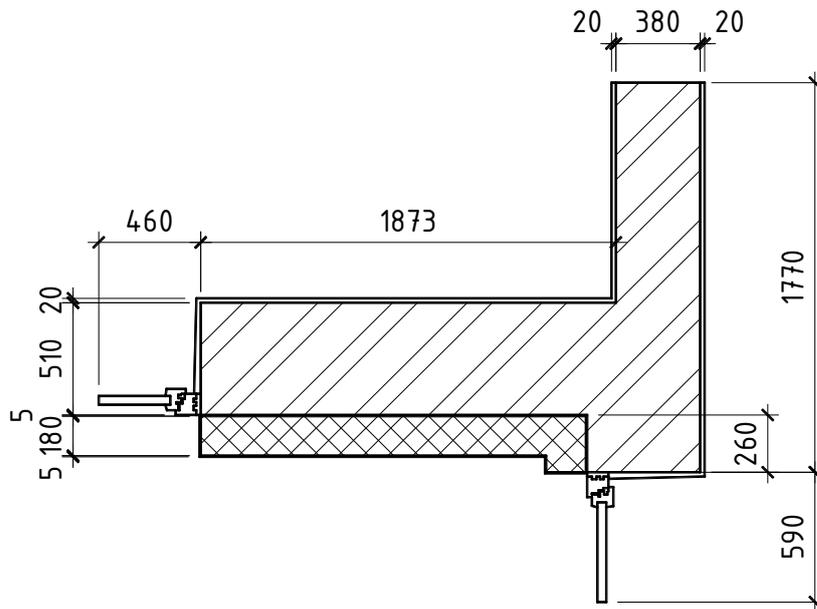


Рисунок 2.54. Розрахункова схема

Температурне поля показано на рисунку 2.55.

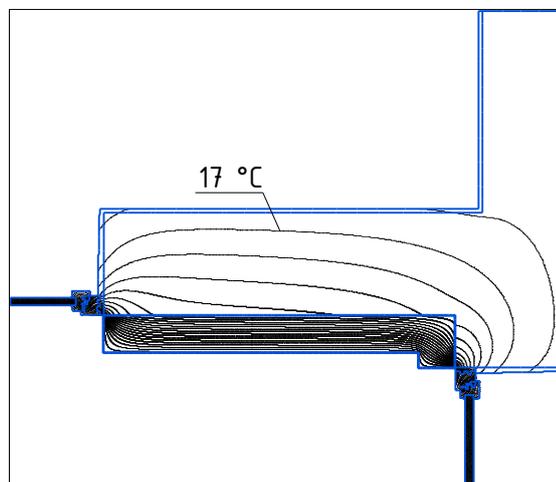


Рисунок 2.55. Температурне поле

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

601-БП. 11394037.ПЗ

Арк.

59

Визначаємо приведеній опір за формулою:

$$R_{\Sigma \text{пр}} = \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{зН}})}{q_{\text{ср}}} = \frac{(20 - (-22))}{10,289} = 4,781 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт},$$

$$q_{\text{ср}} = \frac{q_{\text{в1}} + q_{\text{в2}} + q_{\text{зН}}}{3} = \frac{4,39 + 4,51 + 8,75}{3} = 8,78 \text{ Вт/м}^2$$

$$q_{\text{в1}} = \frac{Q_{\text{в1}}}{L_1 \times h} = \frac{14,29}{3,2862 \times 1} = 4,39 \text{ Вт/м}^2$$

$$q_{\text{в2}} = \frac{Q_{\text{в2}}}{L_2 \times h} = \frac{14,25}{2,2234 \times 1} = 4,51 \text{ Вт/м}^2$$

$$q_{\text{зв}} = \frac{Q_{\text{в3}}}{L_3 \times h} = \frac{19,54}{1,8 \times 1} = 8,75 \text{ Вт/м}^2$$

$$Q_{\text{в1}} = 14,29 \text{ Вт} \quad Q_{\text{в2}} = 14,25 \text{ Вт}, \quad Q_{\text{в3}} = 19,54 \text{ Вт};$$

$$L_1 = 3,2862$$

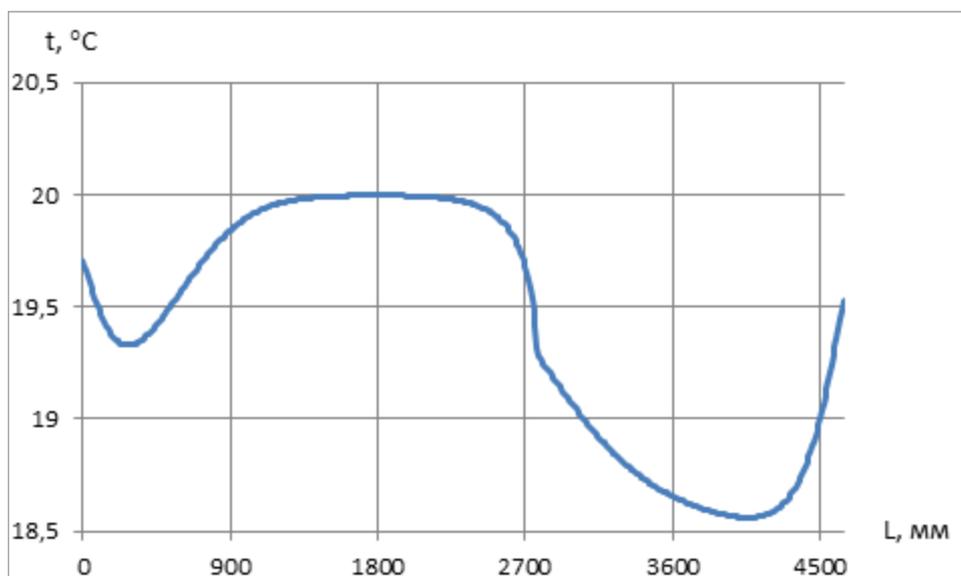
$$L_2 = 2,2334 \text{ м}$$

$$L_3 = 1,8 \text{ м}$$

$R_{\Sigma \text{пр}} = 4,781 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} > R_{q \text{ min}} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, перша вимога виконується.

Можно зменшити товщину утеплювача.

На рисунку 2.56 показаний графік температури на внутрішній поверхні огороження.



На рисунку 2.56 Графік температури на внутрішній поверхні огороження.

					601-БП. 11394037.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		60

Визначаємо $\Delta t_{\text{пр}}$ за формулою:

$$\Delta t_{\text{пр}} = t_{\text{в}} - \tau_{\text{в пр}} = 20 - 19,6 = 0,4 \text{ } ^\circ\text{C}$$

За температурним полем $\tau_{\text{в пр}} = 19,6 \text{ } ^\circ\text{C}$.

$\Delta t_{\text{пр}} = 0,4 \text{ } ^\circ\text{C} < \Delta t_{\text{ср}} = 4 \text{ } ^\circ\text{C}$, друга вимога виконується.

На рисунку 2.57 графік температури на відкосі розташованого праворуч.

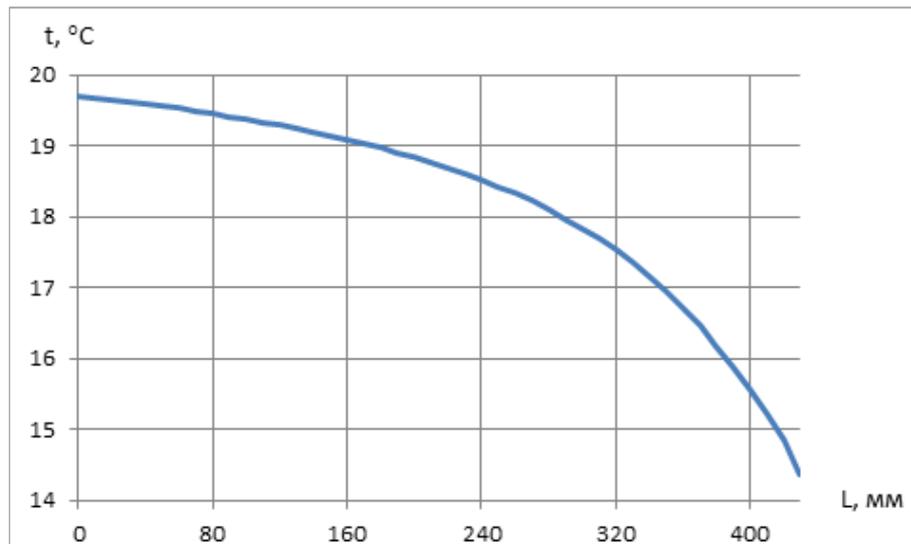


Рисунок 2.57. Графік температури на відкосі праворуч

За температурним полем на цьому відкосі $\tau_{\text{в.min}} = 14,5 \text{ } ^\circ\text{C}$.

$\tau_{\text{в.min}} = 14,5 \text{ } ^\circ\text{C} > t_{\text{р}} = 10,7 \text{ } ^\circ\text{C}$, третя вимога виконується.

На рисунку 2.58 графік температури на відкосі розташованого ліворуч.

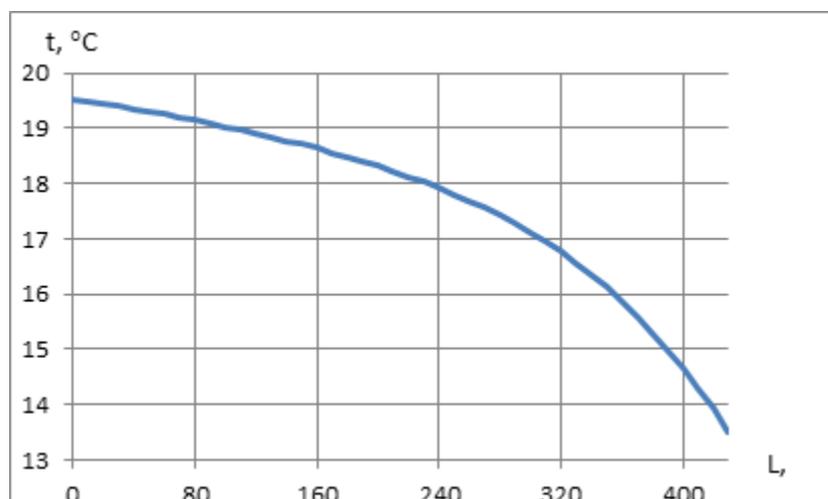


Рисунок 2.58. Графік температури на відкосі ліворуч

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

За температурним полем на цьому відкості $\tau_{в. min} = 13,6 \text{ }^\circ\text{C}$.

$\tau_{в. min} = 13,6 \text{ }^\circ\text{C} > t_p = 10,7 \text{ }^\circ\text{C}$, третя вимога виконується.

Висновок:

1. $R_{\Sigma пр} = 4,781 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} > R_{q min} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ перша вимога виконується.

2.17 Теплозахисні властивості ділянки 15

Розрахункова схема приведена на рисунку 2.59.

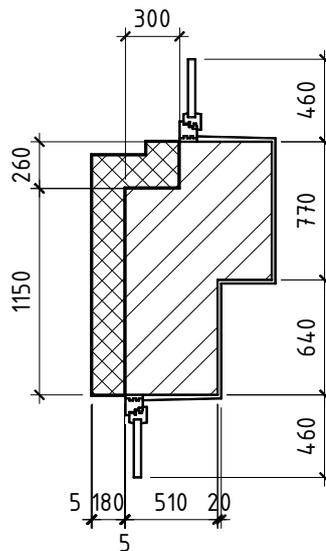


Рисунок 2.59. Розрахункова схема

Температурне поля показано на рисунку 2.60.

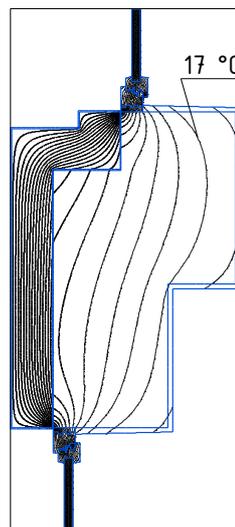


Рисунок 2.60. Температурне поле

					601-БП. 11394037.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		62

Визначаємо приведений опір за формулою:

$$R_{\Sigma \text{пр}} = \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{зН}})}{q_{\text{ср}}} = \frac{(20 - (-22))}{11,16} = 3,762 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт},$$

$$q_{\text{ср}} = \frac{q_{\text{в}} + q_{\text{зН}}}{2} = \frac{11,21 + 11,12}{2} = 11,16 \text{ Вт/м}^2$$

$$q_{\text{в}} = \frac{Q_{\text{в}}}{L_1 \times h} = \frac{29,34}{2,6176 \times 1} = 11,21 \text{ Вт/м}^2$$

$$q_{\text{зВ}} = \frac{Q_{\text{зВ}}}{L_2 \times h} = \frac{20,37}{1,8336 \times 1} = 11,12 \text{ Вт/м}^2$$

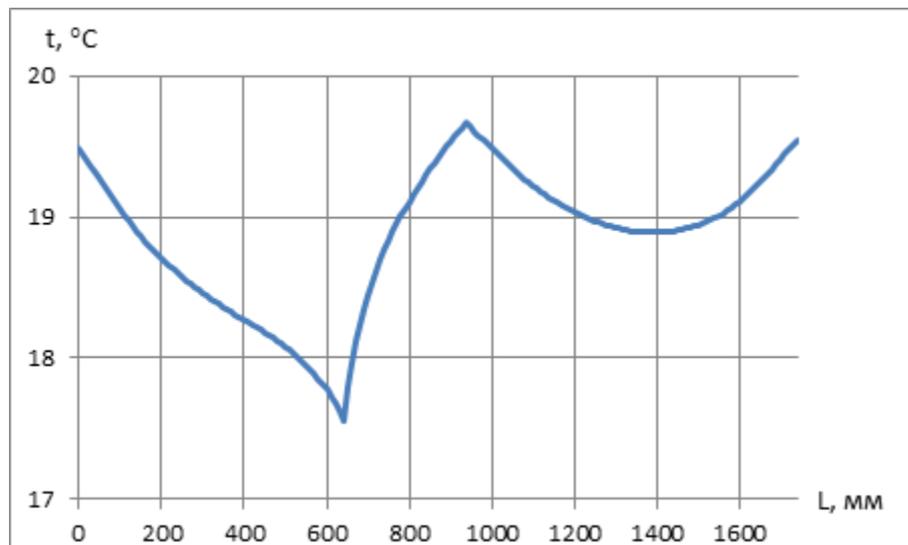
$$Q_{\text{в}} = 29,34 \text{ Вт}, Q_{\text{зВ}} = 20,37 \text{ Вт};$$

$$L_1 = 2,6176$$

$$L_2 = 1,8336 \text{ м}$$

$R_{\Sigma \text{пр}} = 3,762 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} < R_{q \text{ min}} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, перша вимога не виконується.

На рисунку 2.61 показаний графік температури на внутрішній поверхні огородження.



На рисунку 2.61 Графік температури на внутрішній поверхні огородження.

Визначаємо $\Delta t_{\text{пр}}$ за формулою:

$$\Delta t_{\text{пр}} = t_{\text{в}} - \tau_{\text{в пр}} = 20 - 19 = 1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

За температурним полем $\tau_{\text{в пр}} = 18,9 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Так як $\Delta t_{\text{пр}} = 1 \text{ } ^\circ\text{C} < \Delta t_{\text{сг}} = 4 \text{ } ^\circ\text{C}$, друга вимога виконується.

На рисунку 2.62 графік температури на відкосі розташованого знизу.

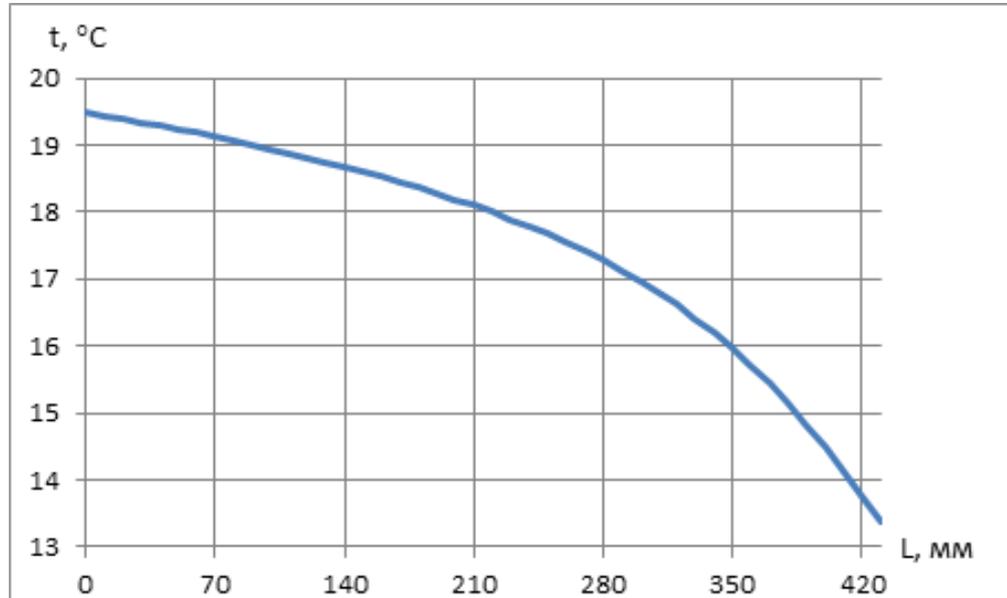


Рисунок 2.62. Графік температури на відкосі знизу

За температурним полем на цьому відкосі $\tau_{\text{в.min}} = 13,5 \text{ } ^\circ\text{C}$.

$\tau_{\text{в.min}} = 13,5 \text{ } ^\circ\text{C} > t_{\text{р}} = 10,7 \text{ } ^\circ\text{C}$, третя вимога виконується.

На рисунку 2.63 графік температури на відкосі розташованого зверху.

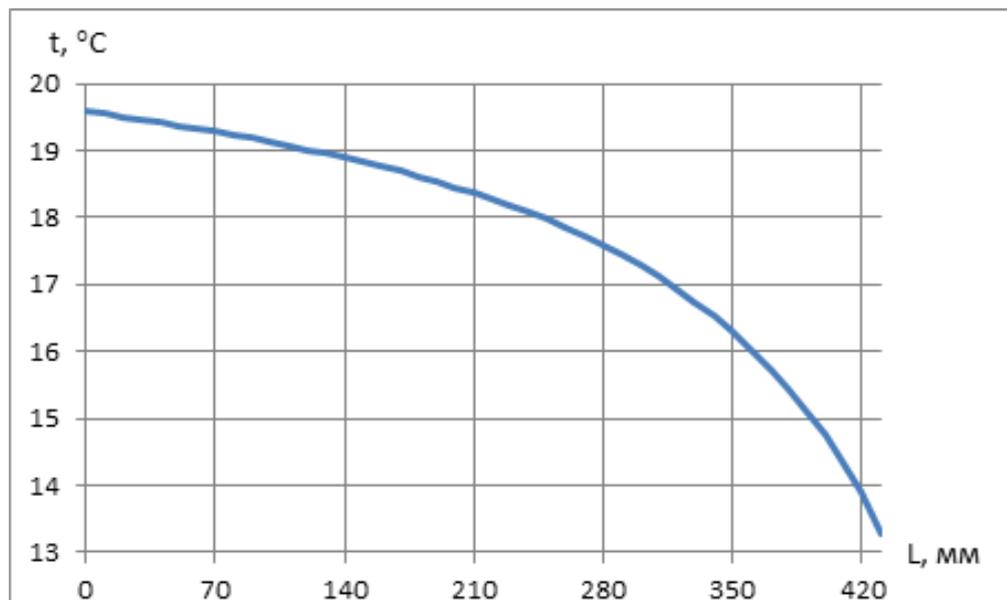


Рисунок 2.63. Графік температури на відкосі зверху

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

За температурним полем на цьому відкосі $\tau_{в.мин} = 13,4 \text{ }^\circ\text{C}$.

$\tau_{в.мин} = 13,4 \text{ }^\circ\text{C} > t_p = 10,7 \text{ }^\circ\text{C}$, третя вимога виконується.

Висновок:

1. $R_{\Sigma пр} = 3,762 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} < R_{q мин} = \text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ перша вимога не виконується.

2.18 Теплозахисні властивості ділянки 16

Розрахункова схема приведена на рисунку 2.64.

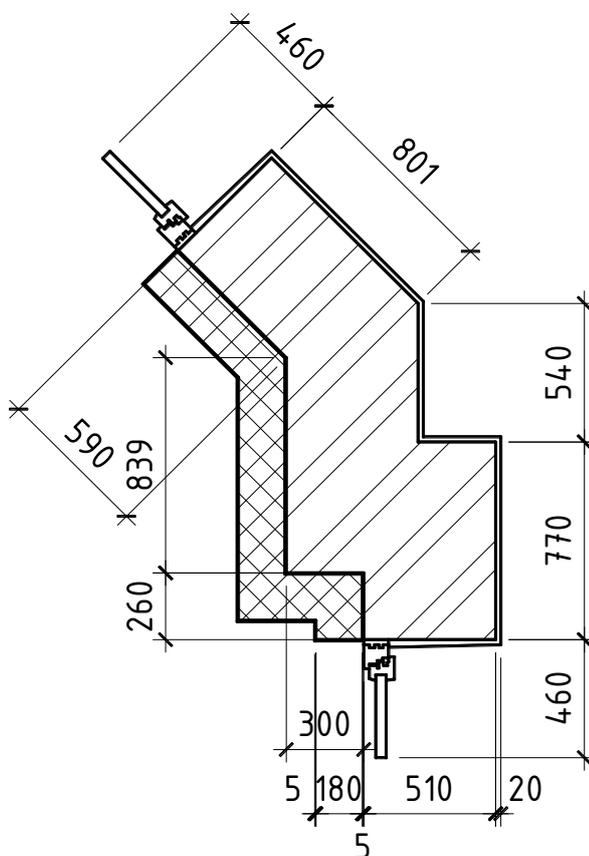


Рисунок 2.64. Температурне поле

Температурне поля показано на рисунку 2.65.

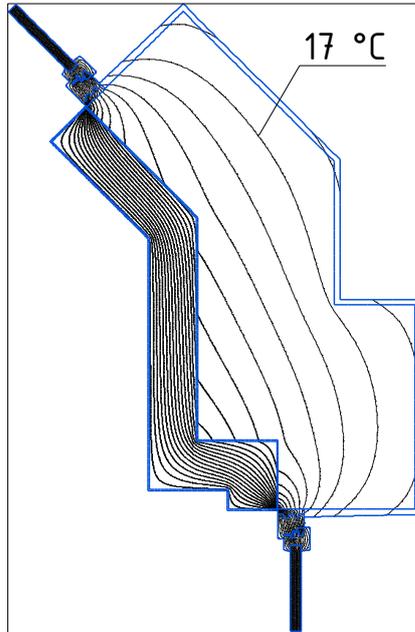


Рисунок 2.65. Температурне поле

Визначаємо приведенний опір за формулою:

$$R_{\Sigma \text{пр}} = \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{зн}})}{q_{\text{ср}}} = \frac{(20 - (-22))}{11,1} = 3,785 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт},$$

$$q_{\text{ср}} = \frac{q_{\text{в}} + q_{\text{зв}}}{2} = \frac{11,14 + 15,05}{2} = 11,1 \text{ Вт/м}^2$$

$$q_{\text{в}} = \frac{Q_{\text{в}}}{L_1 \times h} = \frac{37,16}{3,3351 \times 1} = 11,14 \text{ Вт/м}^2$$

$$q_{\text{зв}} = \frac{Q_{\text{зв}}}{L_2 \times h} = \frac{21,89}{1,9709 \times 1} = 15,05 \text{ Вт/м}^2$$

$$Q_{\text{в}} = 37,16 \text{ Вт}, Q_{\text{зв}} = 21,89 \text{ Вт};$$

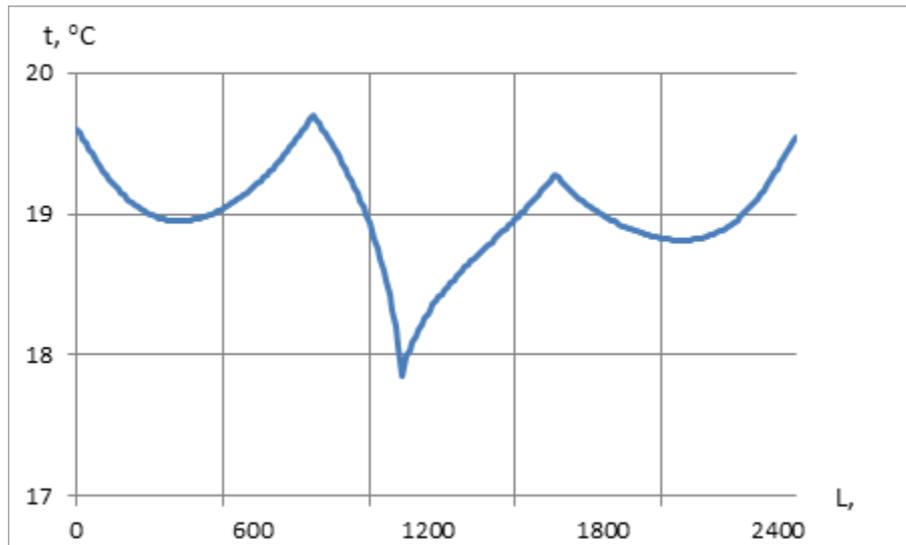
$$L_1 = 3,3351$$

$$L_2 = 1,9709 \text{ м}$$

$R_{\Sigma \text{пр}} = 3,785 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} < R_{q \text{ min}} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, перша вимога не виконується.

На рисунку 2.66 показаний графік температури на внутрішній поверхні огородження.

					601-БП. 11394037.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		66



На рисунку 2.66 Графік температури на внутрішній поверхні огородження.

Визначаємо $\Delta t_{\text{пр}}$ за формулою:

$$\Delta t_{\text{пр}} = t_{\text{в}} - \tau_{\text{в пр}} = 20 - 19,1 = 0,9 \text{ } ^\circ\text{C}$$

За температурним полем $\tau_{\text{в пр}} = 19,1 \text{ } ^\circ\text{C}$.

$\Delta t_{\text{пр}} = 0,9 \text{ } ^\circ\text{C} < \Delta t_{\text{ср}} = 4 \text{ } ^\circ\text{C}$, друга вимога виконується.

На рисунку 2.66 графік температури на відкосі розташованого знизу.

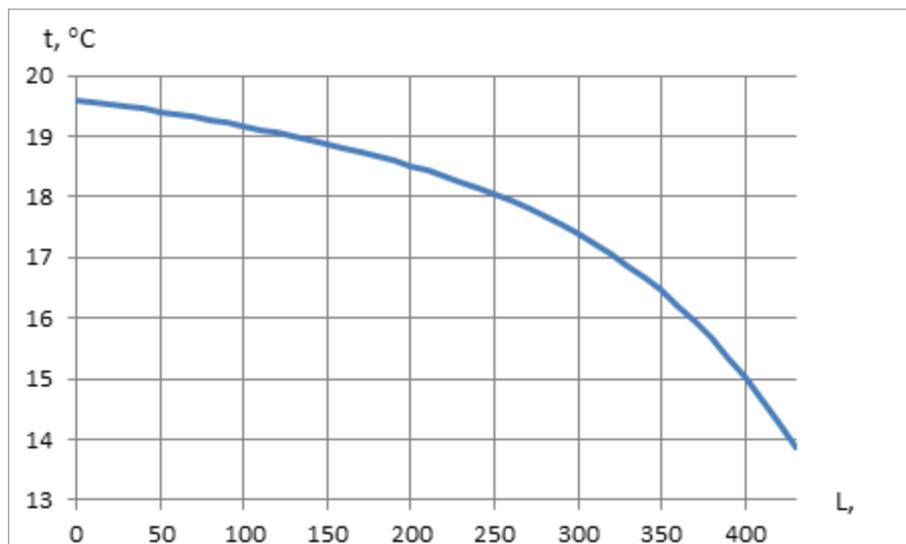


Рисунок 2.66. Графік температури на відкосі знизу

За температурним полем на цьому відкосі $\tau_{\text{в.min}} = 14 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Так як $\tau_{в.мин} = 14 \text{ }^\circ\text{C} > t_p = 10,7 \text{ }^\circ\text{C}$, третя вимога виконується.

На рисунку 2.67 графік температури на відкосі розташованого зверху.

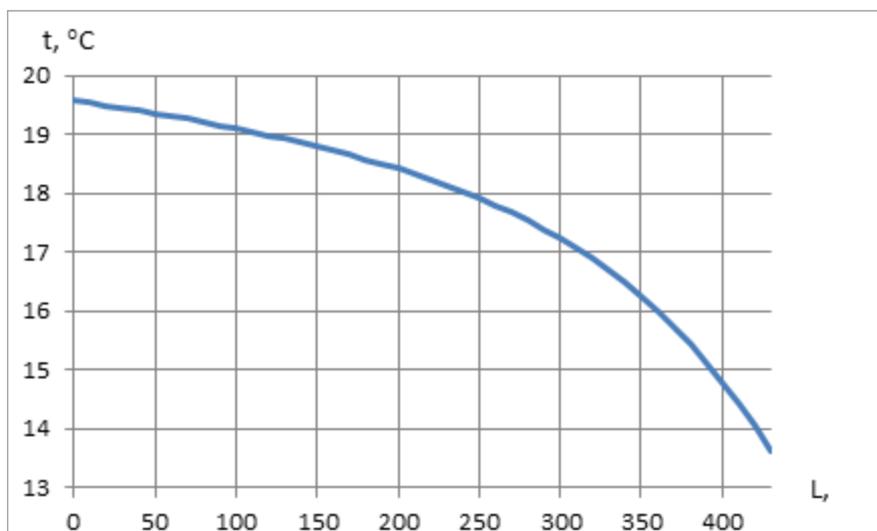


Рисунок 2.67. Графік температури на відкосі зверху

За температурним полем на цьому відкосі $\tau_{в.мин} = 13,7 \text{ }^\circ\text{C}$.

$\tau_{в.мин} = 13,7 \text{ }^\circ\text{C} > t_p = 10,7 \text{ }^\circ\text{C}$, третя вимога виконується.

Висновок:

1. $R_{\Sigma пр} = 3,785 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} < R_{q мин} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ перша вимога не виконується.

Висновки по розділу 2

1. Нормативні вимоги з теплоізоляції виконуються лише на ділянках 1, 7, 8, 9, 11, 14.
2. Є можливість зменшити товщину утеплювача на ділянка 1, 7, 8, 11, 14.
3. Для інших ділянок необхідно збільшення товщини утеплювача.

РОЗДІЛ 3

Пропозиції по покращенню теплозахисту ділянок складної форми

					<i>601-БП. 11394037.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		69

3.1 Ділянка 1

На ділянці 1 товщина утеплювача була зменшена на 2 см.

Температурне поле ділянки показано на рисунку 3.1.

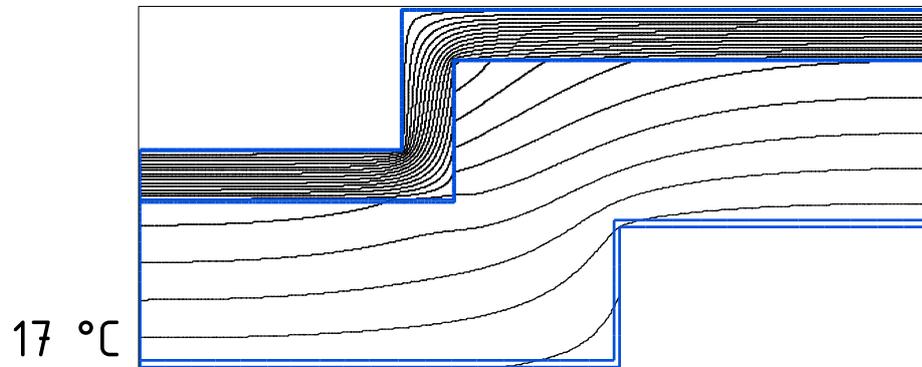


Рисунок 3.1. Температурне поле

Опір теплопередачі знаходимо за формулою:

$$R_{\Sigma пр} = \frac{(t_B - t_{зН})}{q_{ср}} = \frac{(20 - (-22))}{12,295} = 4,112 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} ,$$

$$q_{ср} = \frac{q_B + q_{зН}}{2} = \frac{10,25 + 10,17}{2} = 10,21 \text{ Вт/м}^2$$

$$q_B = \frac{Q_B}{L_1 \times h} = \frac{30,35}{2,96 \times 1} = 10,25 \text{ Вт/м}^2$$

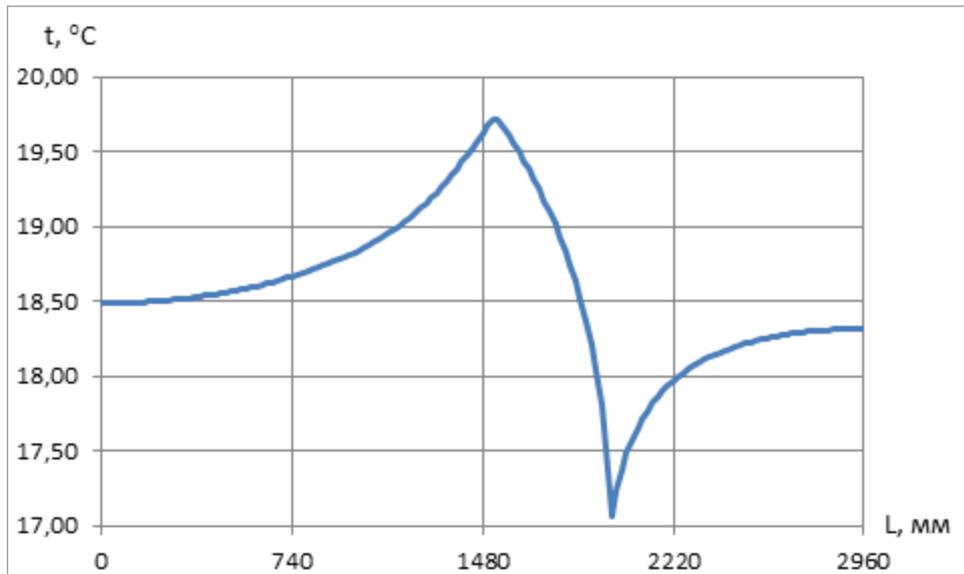
$$q_{зВ} = \frac{Q_{зВ}}{L_2 \times h} = \frac{26,89}{2,643 \times 1} = 10,17 \text{ Вт/м}^2$$

$$Q_B = 30,35 \text{ Вт}; Q_{зВ} = 26,89 \text{ Вт}$$

$$L_1 = 2,96 \text{ м}; L_2 = 2,643 \text{ м}$$

$R_{\Sigma пр} = 4,112 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} > R_{q \text{ min}} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, перша вимога виконується.

На рисунку 3.2 показаний графік температури на внутрішній поверхні огороження.



На рисунку 3.2 Графік температури на внутрішній поверхні огороження.

Визначаємо $\Delta t_{\text{пр}}$ за формулою:

$$\Delta t_{\text{пр}} = t_{\text{в}} - \tau_{\text{в пр}} = 20 - 18,7 = 1,3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

За температурним полем $\tau_{\text{в пр}} = 18,7 \text{ } ^\circ\text{C}$.

$\Delta t_{\text{пр}} = 1,3 \text{ } ^\circ\text{C} < \Delta t_{\text{ср}} = 4 \text{ } ^\circ\text{C}$, друга вимога виконується.

За температурним полем $\tau_{\text{в.min}} = 17,2 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Температура точки роси $t_{\text{р}} = 10,7 \text{ } ^\circ\text{C}$.

$\tau_{\text{в.min}} = 17,2 \text{ } ^\circ\text{C} > t_{\text{р}} = 10,7 \text{ } ^\circ\text{C}$, третя вимога виконується.

Знаходимо зменшення об'єму утеплювача. Висота ділянки, що прийнята для визначення об'єму дорівнює висоті поверху та знаходиться за формулою.

$$V_1 = L_2 \times h_{\text{пов}} \times \delta_{\text{д.1}} = 2,643 \times 3 \times 0,02 = 0,159 \text{ м}^3$$

де $h_{\text{пов}}$ – висота поверху, м, $h_{\text{пов}} = 3 \text{ м}$

Висновок:

1. На ділянці 1 можна зменшити товщину утеплювача на 2 см.
2. Зменшення утеплювача становить $0,159 \text{ м}^3$.

3.2 Ділянка 2

На ділянці 2 товщина утеплювача була збільшена на 2 см.

Температурне поле ділянки показано на рисунку 3.3.

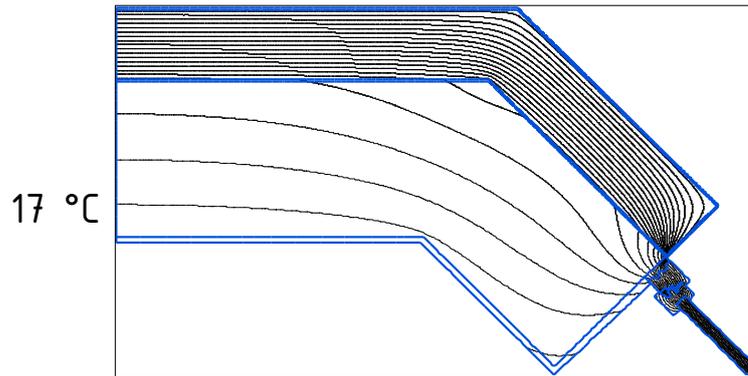


Рисунок 3.3. Температурне поле

Опір теплопередачі знаходимо за формулою:

$$R_{\Sigma \text{пр}} = \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{зн}})}{q_{\text{ср}}} = \frac{(20 - (-22))}{10,38} = 4,045 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт},$$

$$q_{\text{ср}} = \frac{q_{\text{в}} + q_{\text{зн}}}{2} = \frac{10,42 + 10,34}{2} = 10,38 \text{ Вт/м}^2$$

$$q_{\text{в}} = \frac{Q_{\text{в}}}{L_1 \times h} = \frac{21,24}{2,037 \times 1} = 10,42 \text{ Вт/м}^2$$

$$q_{\text{зн}} = \frac{Q_{\text{зн}}}{L_2 \times h} = \frac{22,8}{2,205 \times 1} = 10,34 \text{ Вт/м}^2$$

$$Q_{\text{в}} = 21,24 \text{ Вт}; Q_{\text{зн}} = 22,8 \text{ Вт}$$

$$L_1 = 2,037 \text{ м}; L_2 = 2,205 \text{ м}$$

$R_{\Sigma \text{пр}} = 4,045 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} > R_{q \text{ min}} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, перша вимога виконується.

					601-БП. 11394037.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		72

Знаходимо збільшення об'єму утеплювача.

$$V_2^1 = L_2 \times h_{\text{пов}} \times \delta_{\text{д.2}}^1 = 2,205 \times 3 \times 0,05 = 0,331 \text{ м}^3$$

Збільшити опір теплопередачі можна утеплівши відкос вікна з зовнішньої сторони.

Температурне поле ділянки показано на рисунку 3.4.

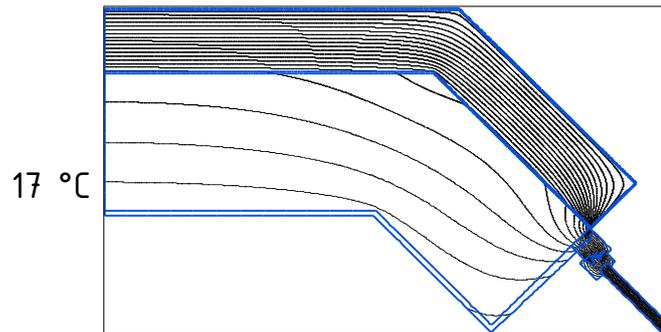


Рисунок 3.4. Температурне поле

Опір теплопередачі знаходимо за формулою:

$$R_{\Sigma \text{пр}} = \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{зн}})}{q_{\text{ср}}} = \frac{(20 - (-22))}{10,28} = 4,084 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} ,$$

$$q_{\text{ср}} = \frac{q_{\text{в}} + q_{\text{зн}}}{2} = \frac{10,33 + 10,24}{2} = 10,28 \text{ Вт/м}^2$$

$$q_{\text{в}} = \frac{Q_{\text{в}}}{L_1 \times h} = \frac{21,03}{2,037 \times 1} = 10,33 \text{ Вт/м}^2$$

$$q_{\text{зн}} = \frac{Q_{\text{зн}}}{L_2 \times h} = \frac{22,54}{2,201 \times 1} = 10,24 \text{ Вт/м}^2$$

$$Q_{\text{в}} = 21,03 \text{ Вт}; Q_{\text{зн}} = 22,54 \text{ Вт}$$

$$L_1 = 2,037 \text{ м}; L_2 = 2,201 \text{ м}$$

$R_{\Sigma \text{пр}} = 4,084 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} > R_{q \text{ min}} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, перша вимога виконується.

Знаходимо збільшення об'єму утеплювача. Висота ділянки, що прийнята для визначення об'єму дорівнює висоті поверху та знаходиться за формулою.

$$V_2^2 = L_{\text{ут}} \times h_{\text{вік}} \times \delta_{\text{д.2}}^1 = 0,18 \times 1,5 \times 0,11 = 0,03 \text{ м}^3$$

де $L_{\text{ут}}$ – довжина шару утеплювача на відкосі 0,18 м.

Збільшити опір теплопередачі можна утепливши відкос вікна з внутрішньої сторони.

Максимальна товщина утеплювача на внутрішньому відкосі становить 2 см..

Температурне поле ділянки показано на рисунку 3.5.

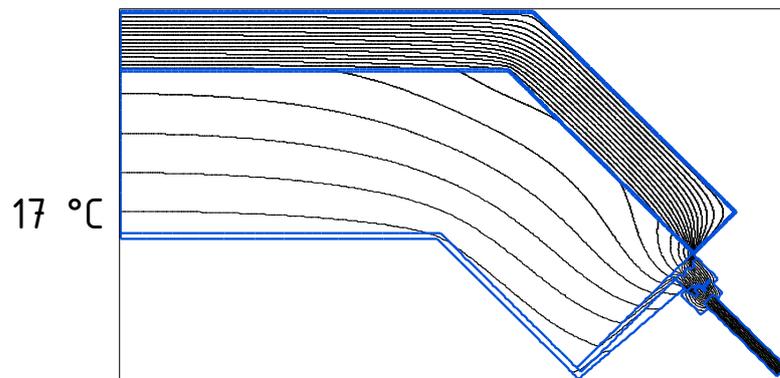


Рисунок 3.5. Температурне поле

Опір теплопередачі знаходимо за формулою:

$$R_{\Sigma \text{пр}} = \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{зн}})}{q_{\text{ср}}} = \frac{(20 - (-22))}{11,53} = 3,642 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} ,$$

$$q_{\text{ср}} = \frac{q_{\text{в}} + q_{\text{зн}}}{2} = \frac{11,58 + 11,49}{2} = 11,53 \text{ Вт/м}^2$$

$$q_{\text{в}} = \frac{Q_{\text{в}}}{L_1 \times h} = \frac{23,68}{2,0451 \times 1} = 11,58 \text{ Вт/м}^2$$

$$q_{\text{зн}} = \frac{Q_{\text{зн}}}{L_2 \times h} = \frac{24,26}{2,112 \times 1} = 11,49 \text{ Вт/м}^2$$

$$Q_{\text{в}} = 23,68 \text{ Вт}; Q_{\text{зн}} = 24,26 \text{ Вт}$$

$$L_1 = 2,0451 \text{ м}; L_2 = 2,112 \text{ м}$$

$R_{\Sigma пр} = 3,642 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} < R_{q \text{ min}} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, то перша вимога теплозахисту не виконується.

Висновки:

1. Розміри коробки вікна не дозволяють застосувати утеплювач такої товщини, щоб виконувалася перша вимога.

2. Об'єм утеплювача, при:

- збільшенні його товщини $V_2^1 = 0,331 \text{ м}^3$;
 - при розташуванні утеплювача на зовнішньому відкосі $V_2^2 = 0,03 \text{ м}^3$;
3. Менший обсяг утеплювача при його розташуванні на зовнішньому відкосі.

3.3 Ділянка 3

Попередні дослідження показали, що найбільш ефективно можна збільшити теплозахист за рахунок утеплення зовнішнього відкосу.

Утеплюємо зовнішній відкос шаром товщиною 8 см.

Температурне поле ділянки показано на рисунку 3.6.

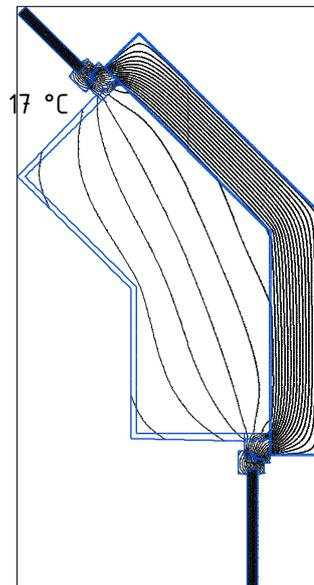


Рисунок 3.6. Температурне поле

Опір теплопередачі знаходимо за формулою:

					601-БП. 11394037.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		75

$$R_{\Sigma \text{пр}} = \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{зн}})}{q_{\text{ср}}} = \frac{(20 - (-22))}{10,49} = 4,005 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт},$$

$$q_{\text{ср}} = \frac{q_{\text{в}} + q_{\text{зн}}}{2} = \frac{10,53 + 10,44}{2} = 10,49 \text{ Вт/м}^2$$

$$q_{\text{в}} = \frac{Q_{\text{в}}}{L_1 \times h} = \frac{21,66}{2,0573 \times 1} = 10,53 \text{ Вт/м}^2$$

$$q_{\text{зн}} = \frac{Q_{\text{зн}}}{L_2 \times h} = \frac{20,09}{2,1153 \times 1} = 10,44 \text{ Вт/м}^2$$

$$Q_{\text{в}} = 21,66 \text{ Вт}; Q_{\text{зн}} = 22,09 \text{ Вт}$$

$$L_1 = 2,0573 \text{ м}; L_2 = 2,1153 \text{ м}$$

$R_{\Sigma \text{пр}} = 4,005 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} > R_{q \text{ min}} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, перша вимога виконується.

Знаходимо збільшення об'єму утеплювача.

$$V_3 = L_{\text{ут}} \times h_{\text{вік}} \times \delta_{\text{д,з}} \times 2 = 0,18 \times 1,5 \times 0,08 \times 2 = 0,043 \text{ м}^3$$

де $L_{\text{ут}}$ – ширина шару утеплювача 0,18 м.

Висновки:

1. Необхідно утеплити зовнішній відкос шаром товщиною 0,18 см.
2. Об'єм утеплювача 0,043 м³.

3.4 Ділянка 4

Попередні дослідження показали, що найбільш ефективно можна збільшити теплозахист за рахунок утеплення зовнішнього відкосу.

Утеплюємо зовнішній відкос шаром товщиною 11 см та збільшуємо товщину утеплювача стіни на 1 см.

Температурне поле ділянки показано на рисунку 3.7.

					601-БП. 11394037.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		76

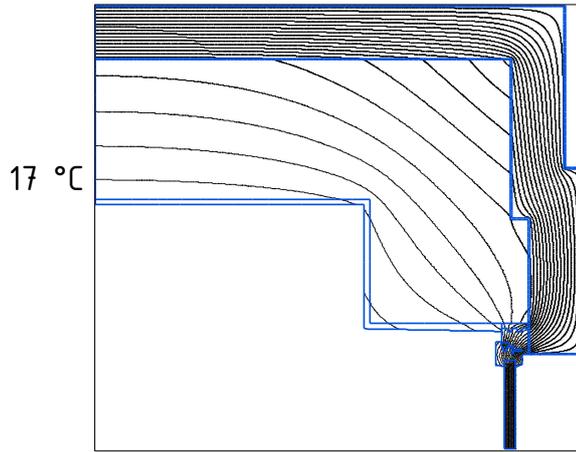


Рисунок 3.7. Температурне поле

Опір теплопередачі знаходимо за формулою:

$$R_{\Sigma пр} = \frac{(t_B - t_{3H})}{q_{cp}} = \frac{(20 - (-22))}{10,37} = 4,052 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} ,$$

$$q_{cp} = \frac{q_B + q_{3B}}{2} = \frac{10,41 + 10,32}{2} = 10,37 \text{ Вт/м}^2$$

$$q_B = \frac{Q_B}{L_1 \times h} = \frac{20,13}{1,934 \times 1} = 10,41 \text{ Вт/м}^2$$

$$q_{3B} = \frac{Q_{3B}}{L_2 \times h} = \frac{29,87}{2,8932 \times 1} = 10,32 \text{ Вт/м}^2$$

$$Q_B = 20,13 \text{ Вт}; Q_{3B} = 29,87 \text{ Вт}$$

$$L_1 = 1,934 \text{ м}; L_2 = 2,8932 \text{ м}$$

$R_{\Sigma пр} = 4,052 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} > R_{q \text{ min}} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, перша вимога виконується.

Знаходимо збільшення об'єму утеплювача.

$$V_4 = L_{ут}^1 \times h_{вік} \times \delta_4^1 + L_{ут}^2 \times h_{пов} \times \delta_4^2 = 0,19 \times 1,5 \times 0,11 + 2,715 \times 3 \times 0,01 = 0,113 \text{ м}^3$$

Висновки:

1. Необхідно утеплити зовнішній відкос шаром товщиною 0,11 см та збільшуємо товщину утеплювача стіни на 1 см.
2. Об'єм додаткового шару утеплювача складає $V_4 = 0,113 \text{ м}^3$.

3.5 Ділянка 5

Попередні дослідження показали, що найбільш ефективно можна збільшити теплозахист за рахунок утеплення зовнішнього відкосу.

Утеплюємо зовнішній відкос шаром товщиною 3 см.

Температурне поле ділянки показано на рисунку 3.8.

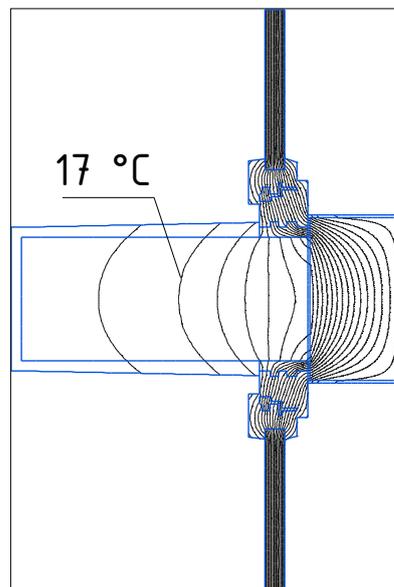


Рисунок 3.8. Температурне поле

Опір теплопередачі знаходимо за формулою:

$$R_{\Sigma \text{пр}} = \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{зн}})}{q_{\text{ср}}} = \frac{(20 - (-22))}{10,36} = 4,055 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт},$$

$$q_{\text{ср}} = \frac{q_{\text{в}} + q_{\text{зн}}}{2} = \frac{10,4 + 10,32}{2} = 10,36 \text{ Вт/м}^2$$

$$q_{\text{в}} = \frac{Q_{\text{в}}}{L_1 \times h} = \frac{13,39}{1,2878 \times 1} = 10,4 \text{ Вт/м}^2$$

$$q_{зв} = \frac{Q_{зв}}{L_2 \times h} = \frac{5,84}{0,5657 \times 1} = 14,895 \text{ Вт/м}^2$$

$$Q_B = 13,136 \text{ Вт}; Q_{зв} = 10,32 \text{ Вт}$$

$$L_1 = 1,2878 \text{ м}; L_2 = 0,5657 \text{ м}$$

$R_{\Sigma пр} = 4,055 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} > R_{q min} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, перша вимога виконується.

Знаходимо збільшення об'єму утеплювача.

$$V_5 = L_{ут} \times h_{вік} \times \delta_5 \times 2 = 0,18 \times 1,5 \times 0,03 \times 2 = 0,0162 \text{ м}^3$$

Висновки:

1. Необхідно утеплити зовнішній відкос шаром товщиною 3 см
2. Об'єм додаткового шару утеплювача складає $V_5 = 0,0162 \text{ м}^3$.

3.6 Ділянка 6

Попередні дослідження показали, що найбільш ефективно можна збільшити теплозахист за рахунок утеплення зовнішнього відкосу.

Утеплюємо зовнішній відкос шаром товщиною 5 см.

Температурне поле ділянки показано на рисунку 3.9.

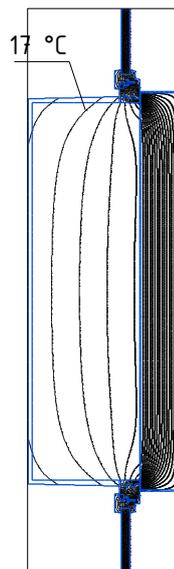


Рисунок 3.9. Температурне поле

Опір теплопередачі знаходимо за формулою:

$$R_{\Sigma \text{пр}} = \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{зн}})}{q_{\text{ср}}} = \frac{(20 - (-22))}{10,4} = 4,037 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт},$$

$$q_{\text{ср}} = \frac{q_{\text{в}} + q_{\text{зн}}}{2} = \frac{10,45 + 10,36}{2} = 10,4 \text{ Вт/м}^2$$

$$q_{\text{в}} = \frac{Q_{\text{в}}}{L_1 \times h} = \frac{28,38}{2,718 \times 1} = 10,45 \text{ Вт/м}^2$$

$$q_{\text{зн}} = \frac{Q_{\text{зн}}}{L_2 \times h} = \frac{21,05}{2,0315 \times 1} = 10,36 \text{ Вт/м}^2$$

$$Q_{\text{в}} = 28,39 \text{ Вт}; Q_{\text{зн}} = 21,05 \text{ Вт}$$

$$L_1 = 2,718 \text{ м}; L_2 = 2,0315 \text{ м}$$

$R_{\Sigma \text{пр}} = 4,037 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} > R_{q \text{ min}} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, перша вимога виконується.

Знаходимо збільшення об'єму утеплювача.

$$V_6 = L_{\text{ут}} \times h_{\text{вік}} \times \delta_6 \times 2 = 0,18 \times 1,5 \times 0,05 \times 2 = 0,027 \text{ м}^3$$

Висновки:

1. Необхідно утеплити зовнішній відкос шаром товщиною 5 см.
2. Об'єм додаткового шару утеплювача складає $V_6 = 0,027 \text{ м}^3$.

3.7 Ділянка 7

Зменшуємо товщину утеплювача на 4 см.

Температурне поле ділянки показано на рисунку 3.10.

					601-БП. 11394037.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		80

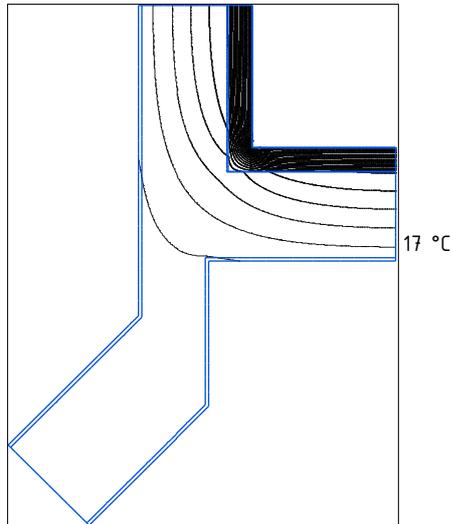


Рисунок 3.10. Температурне поле

Опір теплопередачі знаходимо за формулою:

$$R_{\Sigma пр} = \frac{(t_B - t_{3H})}{q_{cp}} = \frac{(20 - (-22))}{12,566} = 4,101 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт},$$

$$q_{cp} = \frac{q_{B1} + q_{B2} + q_{3B}}{3} = \frac{5,1 + 5,18 + 10,2}{3} = 10,24 \text{ Вт/м}^2$$

$$q_{B1} = \frac{Q_{B1}}{L_1 \times h} = \frac{7,46}{1,53 \times 1} = 5,1 \text{ Вт/м}^2$$

$$q_{B2} = \frac{Q_{B2}}{L_1 \times h} = \frac{8,25}{1,11 \times 1} = 5,18 \text{ Вт/м}^2$$

$$q_{3B} = \frac{Q_{3B}}{L_2 \times h} = \frac{11,32}{1,53 \times 1} = 10,2 \text{ Вт/м}^2$$

$$Q_{B1} = 7,46 \text{ Вт} \quad Q_{B2} = 8,25 \text{ Вт}, \quad Q_{3B} = 11,32 \text{ Вт};$$

$$L_1 = 1,53$$

$$L_2 = 1,11 \text{ м}$$

$$L_2 = 1,53 \text{ м}$$

$R_{\Sigma пр} = 4,101 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} > R_{q \text{ min}} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, перша вимога виконується.

Знаходимо збільшення об'єму утеплювача.

$$V_7 = L_{ут} \times h_{пов} \times \delta_7 = 1,53 \times 3 \times 0,04 = 0,183 \text{ м}^3$$

					601-БП. 11394037.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		81

Висновки:

1. Необхідно зменшити товщину на 4 см.
2. Об'єм додаткового шару утеплювача складає $V_7 = 0,183 \text{ м}^3$.

3.8 Ділянка 8

Зменшуємо товщину утеплювача на 2 см.

Температурне поле ділянки показано на рисунку 3.11.

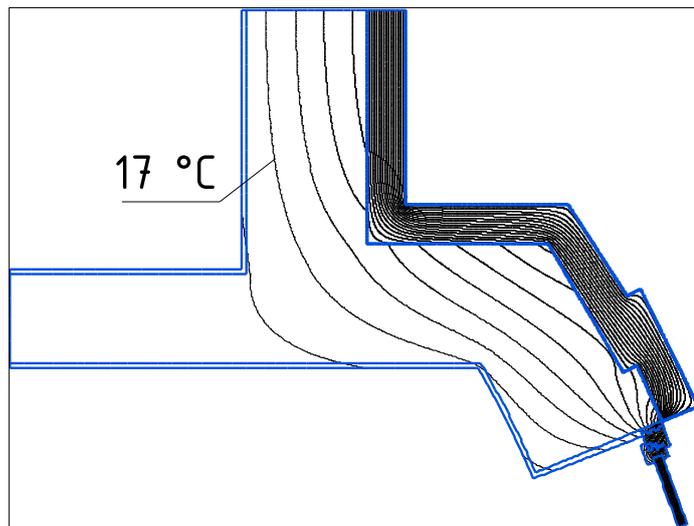


Рисунок 3.11. Температурне поле

Опір теплопередачі знаходимо за формулою:

$$R_{\Sigma \text{ пр}} = \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{зн}})}{q_{\text{ср}}} = \frac{(20 - (-22))}{10,47} = 4,01 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт},$$
$$q_{\text{ср}} = \frac{q_{\text{в1}} + q_{\text{в2}} + q_{\text{зн}}}{3} = \frac{5,06 + 5,41 + 10,43}{3} = 10,47 \text{ Вт/м}^2$$
$$q_{\text{в1}} = \frac{Q_{\text{в1}}}{L_1 \times h} = \frac{10,41}{1,11 \times 1} = 5,06 \text{ Вт/м}^2$$
$$q_{\text{в2}} = \frac{Q_{\text{в2}}}{L_2 \times h} = \frac{10,68}{2,0072 \times 1} = 5,41 \text{ Вт/м}^2$$
$$q_{\text{зн}} = \frac{Q_{\text{зн}}}{L_3 \times h} = \frac{25,87}{2,48 \times 1} = 10,43 \text{ Вт/м}^2$$

$$Q_{B1} = 10,41 \text{ Вт} \quad Q_{B2} = 10,68 \text{ Вт}, \quad Q_{3B} = 25,87 \text{ Вт};$$

$$L_1 = 1,11$$

$$L_2 = 2,0072 \text{ м}$$

$$L_3 = 2,48 \text{ м}$$

$R_{\Sigma \text{пр}} = 4,01 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} > R_{q \text{ min}} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, перша вимога виконується.

Знаходимо зменшення об'єму утеплювача.

$$V_6 = L_{\text{ут}} \times h_{\text{пов}} \times \delta_8 = 0,2 \times 3 \times 2,48 = 0,098 \text{ м}^3$$

Висновки:

1. Необхідно зменшити товщину на 2 см
2. Об'єм зменшення утеплювача на ділянці 8, в межах одного поверху складає $V_8 = 0,098 \text{ м}^3$.

3.9 Ділянка 10

Виконані раніше дослідження показали, що найбільш ефективним методом збільшення опору теплопередачі ділянки є утеплення зовнішнього відкосу вікна. Утеплюємо відкос шаром товщиною 4 см.

Температурне поле ділянки показано на рисунку 3.12.

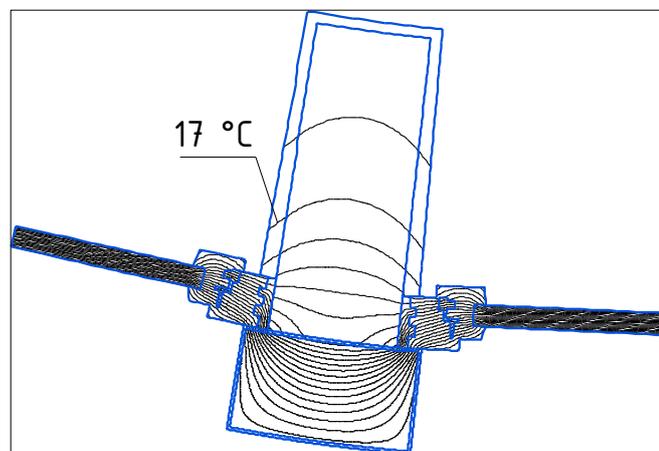


Рисунок 3.12. Температурне поле

Опір теплопередачі знаходимо за формулою:

$$R_{\Sigma \text{ пр}} = \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{зн}})}{q_{\text{ср}}} = \frac{(20 - (-22))}{10,29} = 4,08 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт},$$

$$q_{\text{ср}} = \frac{q_{\text{в}} + q_{\text{зн}}}{2} = \frac{10,33 + 10,25}{2} = 10,29 \text{ Вт/м}^2$$

$$q_{\text{в}} = \frac{Q_{\text{в}}}{L_1 \times h} = \frac{12,83}{1,2411 \times 1} = 10,33 \text{ Вт/м}^2$$

$$q_{\text{зн}} = \frac{Q_{\text{зн}}}{L_2 \times h} = \frac{5,97}{0,582 \times 1} = 10,25 \text{ Вт/м}^2$$

$$Q_{\text{в}} = 12,83 \text{ Вт}; Q_{\text{зн}} = 5,97 \text{ Вт}$$

$$L_1 = 1,2411 \text{ м}; L_2 = 0,582 \text{ м}$$

$R_{\Sigma \text{ пр}} = 4,08 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} > R_{q \text{ min}} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, перша вимога виконується.

Знаходимо зменшення об'єму утеплювача.

$$V_{10} = L_{\text{ут}} \times h_{\text{вік}} \times \delta_{10} \times 2 = 0,18 \times 1,5 \times 0,04 \times 2 = 0,022 \text{ м}^3$$

Висновки:

1. Надо утеплити зовнішній відкос товщиною 4 см.
2. Обсяг утеплювача 0,022 м³.

3.10 Ділянка 11

Зменшуємо товщину утеплювача на 1 см.

Температурне поле ділянки показано на рисунку 3.13.

					601-БП. 11394037.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		84

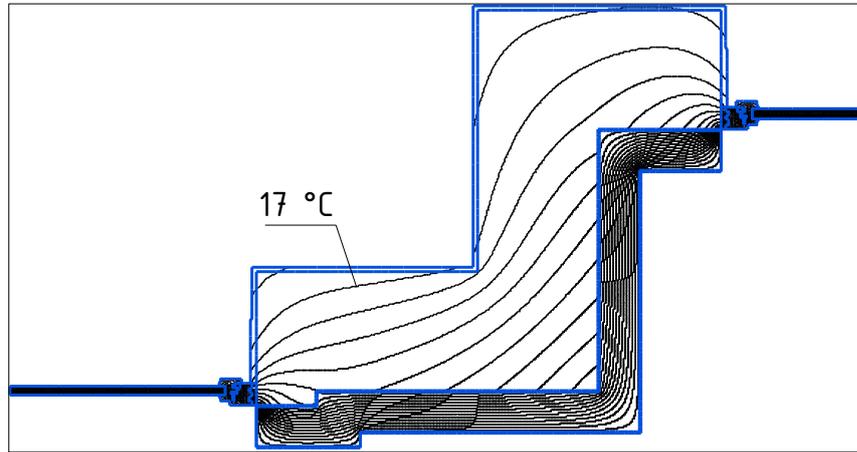


Рисунок 3.13. Температурне поле

Опір теплопередачі знаходимо за формулою:

$$R_{\Sigma пр} = \frac{(t_B - t_{3Н})}{q_{ср}} = \frac{(20 - (-22))}{10,49} = 4,002 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт},$$

$$q_{ср} = \frac{q_B + q_{3В}}{2} = \frac{10,54 + 10,45}{2} = 10,49 \text{ Вт/м}^2$$

$$q_B = \frac{Q_B}{L_1 \times h} = \frac{42,81}{4,0632 \times 1} = 10,54 \text{ Вт/м}^2$$

$$q_{3В} = \frac{Q_{3В}}{L_2 \times h} = \frac{32,65}{3,1237 \times 1} = 10,45 \text{ Вт/м}^2$$

$$Q_B = 42,81 \text{ Вт}; Q_{3В} = 32,65 \text{ Вт}$$

$$L_1 = 4,0632 \text{ м}; L_2 = 3,1237 \text{ м}$$

$R_{\Sigma пр} = 4,002 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} > R_{q \text{ min}} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, перша вимога виконується.

Знаходимо зменшення об'єму утеплювача.

$$V_{11} = L_{ут} \times h_{пов} \times \delta_{11} = 3,1237 \times 3 \times 0,01 = 0,093 \text{ м}^3$$

Висновки:

1. Обсяг зменшення утеплювача становить $0,093 \text{ м}^3$.

3.11 Ділянка 12

Утеплюємо зовнішній відкос шаром товщиною 2 см.

Температурне поле ділянки показано на рисунку 3.14.

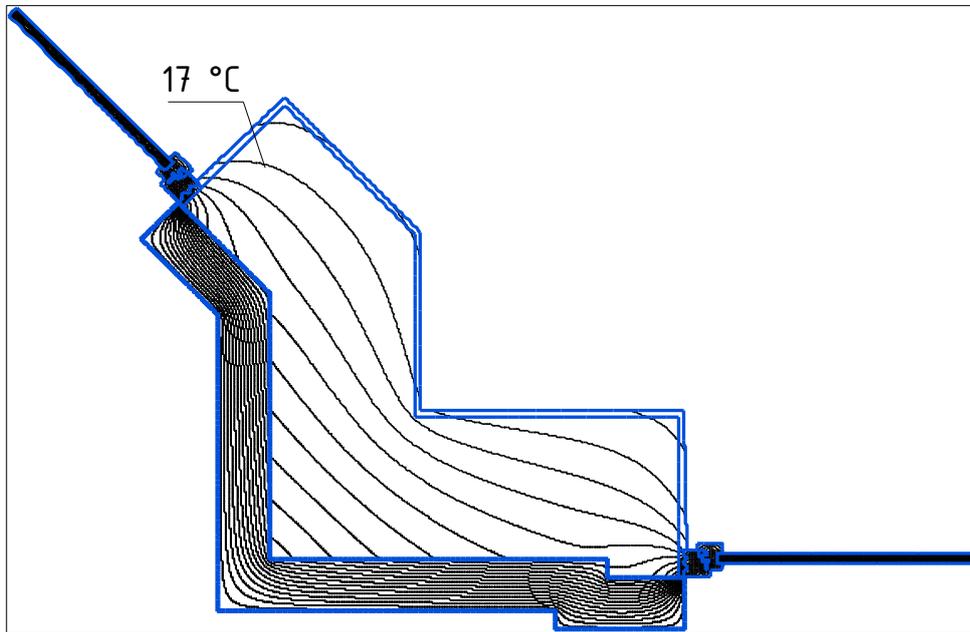


Рисунок 3.14. Температурне поле

Опір теплопередачі знаходимо за формулою:

$$R_{\Sigma пр} = \frac{(t_B - t_{ЗН})}{q_{ср}} = \frac{(20 - (-22))}{10,39} = 4,042 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт},$$

$$q_{ср} = \frac{q_B + q_{ЗВ}}{2} = \frac{10,43 + 10,35}{2} = 10,39 \text{ Вт/м}^2$$

$$q_B = \frac{Q_B}{L_1 \times h} = \frac{33,31}{3,1927 \times 1} = 10,43 \text{ Вт/м}^2$$

$$q_{ЗВ} = \frac{Q_{ЗВ}}{L_2 \times h} = \frac{32,82}{3,1716 \times 1} = 10,35 \text{ Вт/м}^2$$

$$Q_B = 33,31; Q_{ЗВ} = 32,82 \text{ Вт}$$

$$L_1 = 3,1927 \text{ м}; L_2 = 3,1716 \text{ м}$$

$R_{\Sigma пр} = 4,042 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} > R_{q \text{ min}} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, перша вимога виконується.

Знаходимо збільшення об'єму утеплювача.

$$V_{12} = L_{\text{ут}} \times h_{\text{вік}} \times \delta_{12} \times 2 = 0,18 \times 1,5 \times 0,02 \times 2 = 0,0107 \text{ м}^3$$

Висновки:

1. Надо утеплити зовнішній відкос шаром товщиною 2 см.
2. Обсяг утеплювача 0,0107 м³.

3.12 Ділянка 13

Утеплюємо зовнішній відкос шаром товщиною 1 см.

Температурне поле ділянки показано на рисунку 3.15.

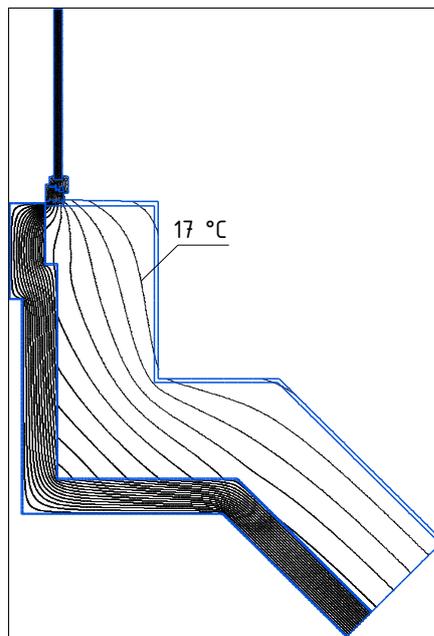


Рисунок 3.15. Температурне поле

Опір теплопередачі знаходимо за формулою:

$$R_{\Sigma \text{пр}} = \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{зн}})}{q_{\text{ср}}} = \frac{(20 - (-22))}{10,37} = 4,051 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт},$$

$$q_{\text{ср}} = \frac{q_{\text{в}} + q_{\text{зн}}}{2} = \frac{10,41 + 10,33}{2} = 10,37 \text{ Вт/м}^2$$

$$q_B = \frac{Q_B}{L_1 \times h} = \frac{34,32}{3,2968 \times 1} = 10,41 \text{ Вт/м}^2$$

$$q_{ЗВ} = \frac{Q_{ЗВ}}{L_2 \times h} = \frac{35,22}{3,4107 \times 1} = 10,33 \text{ Вт/м}^2$$

$$Q_B = 34,32; Q_{ЗВ} = 35,22 \text{ Вт}$$

$$L_1 = 3,2968 \text{ м}; L_2 = 3,4107 \text{ м}$$

$R_{\Sigma \text{ пр}} = 4,051 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} > R_{q \text{ min}} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, перша вимога виконується.

Знаходимо збільшення об'єму утеплювача.

$$V_{13} = L_{\text{ут}} \times h_{\text{вік}} \times \delta_{13} = 0,18 \times 1,5 \times 0,01 = 0,0026 \text{ м}^3$$

Висновки:

1. Надо утеплити зовнішній відкос шаром товщиною 1 см.
2. Обсяг утеплювача 0,0026 м³

3.13 Ділянка 14

Зменшуємо товщину утеплювача на 6 см.

Температурне поле ділянки показано на рисунку 3.16.

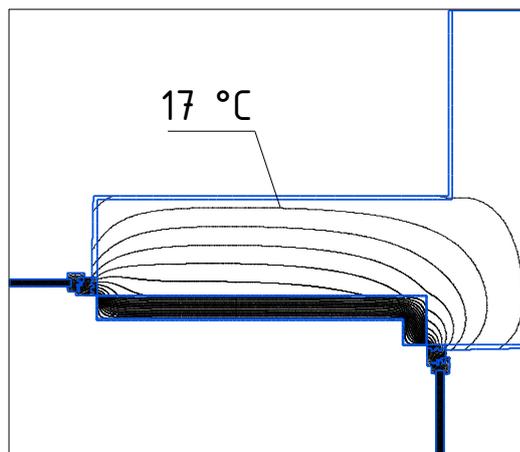


Рисунок 3.16. Температурне поле

Опір теплопередачі знаходимо за формулою:

					601-БП. 11394037.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		88

$$R_{\Sigma \text{ пр}} = \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{зН}})}{q_{\text{ср}}} = \frac{(20 - (-22))}{10,28} = 4,085 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт},$$

$$q_{\text{ср}} = \frac{q_{\text{в1}} + q_{\text{в2}} + q_{\text{зН}}}{3} = \frac{11,15 + 9,17 + 10,24}{3} = 10,28 \text{ Вт/м}^2$$

$$q_{\text{в1}} = \frac{Q_{\text{в1}}}{L_1 \times h} = \frac{25,06}{2,2234 \times 1} = 11,15 \text{ Вт/м}^2$$

$$q_{\text{в2}} = \frac{Q_{\text{в2}}}{L_2 \times h} = \frac{29,86}{3,2862 \times 1} = 9,17 \text{ Вт/м}^2$$

$$q_{\text{зв}} = \frac{Q_{\text{в3}}}{L_3 \times h} = \frac{18,65}{1,8 \times 1} = 10,24 \text{ Вт/м}^2$$

$$Q_{\text{в1}} = 25,06 \text{ Вт} \quad Q_{\text{в2}} = 29,86 \text{ Вт}, \quad Q_{\text{в3}} = 18,65 \text{ Вт};$$

$$L_1 = 2,2234$$

$$L_2 = 3,2862 \text{ м}$$

$$L_3 = 1,8 \text{ м}$$

$R_{\Sigma \text{ пр}} = 4,085 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} > R_{q \text{ min}} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, перша вимога виконується.

Знаходимо зменшення об'єму утеплювача.

$$V_{14} = L_{\text{ут}} \times h_{\text{пов}} \times \delta_{14} = 2,48 \times 3 \times 0,06 = 0,445 \text{ м}^3$$

Висновки:

1. Надо зменшити товщину утеплювача на 6 см.
3. Обсяг утеплювача 0,445 м³

3.14 Ділянка 15

Утеплюємо зовнішній відкос шаром товщиною 2 см.

Температурне поле ділянки показано на рисунку 3.17.

					601-БП. 11394037.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		89

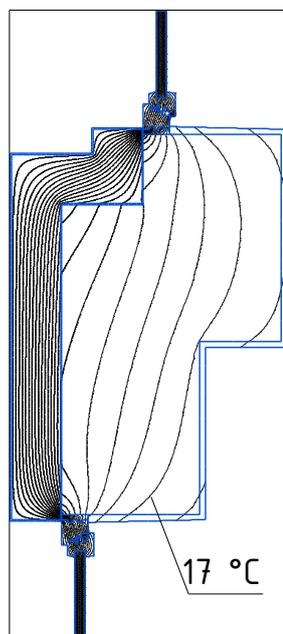


Рисунок 3.17. Температурне поле

Опір теплопередачі знаходимо за формулою:

$$R_{\Sigma пр} = \frac{(t_B - t_{3Н})}{q_{ср}} = \frac{(20 - (-22))}{10,31} = 4,073 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} ,$$

$$q_{ср} = \frac{q_B + q_{3В}}{2} = \frac{10,35 + 10,27}{2} = 10,31 \text{ Вт/м}^2$$

$$q_B = \frac{Q_B}{L_1 \times h} = \frac{27,1}{2,6176 \times 1} = 10,35 \text{ Вт/м}^2$$

$$q_{3В} = \frac{Q_{3В}}{L_2 \times h} = \frac{19,21}{1,8703 \times 1} = 10,27 \text{ Вт/м}^2$$

$$Q_B = 27,1; Q_{3В} = 19,21 \text{ Вт}$$

$$L_1 = 2,6176 \text{ м}; L_2 = 1,8703 \text{ м}$$

$R_{\Sigma пр} = 4,073 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} > R_{q \text{ min}} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, перша вимога виконується.

Знаходимо збільшення об'єму утеплювача.

$$V_{15} = L_{ут} \times h_{вік} \times \delta_{15} \times 2 = 0,18 \times 1,5 \times 0,02 \times 2 = 0,0107 \text{ м}^3$$

					601-БП. 11394037.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		90

Висновки:

1. Надо утеплити зовнішній відкос шаром товщиною 2 см.
2. Обсяг утеплювача 0,0107 м³

3.15 Ділянка 16

Утеплюємо зовнішній відкос шаром товщиною 2 см.

Температурне поле ділянки показано на рисунку 3.18.

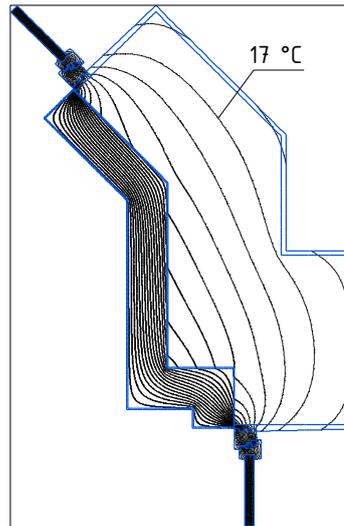


Рисунок 3.17. Температурне поле

Опір теплопередачі знаходимо за формулою:

$$R_{\Sigma пр} = \frac{(t_B - t_{зН})}{q_{ср}} = \frac{(20 - (-22))}{10,26} = 4,092 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} ,$$

$$q_{ср} = \frac{q_B + q_{зН}}{2} = \frac{10,3 + 10,22}{2} = 10,26 \text{ Вт/м}^2$$

$$q_B = \frac{Q_B}{L_1 \times h} = \frac{34,37}{3,3351 \times 1} = 10,3 \text{ Вт/м}^2$$

$$q_{зВ} = \frac{Q_{зВ}}{L_2 \times h} = \frac{20,27}{1,9825 \times 1} = 10,22 \text{ Вт/м}^2$$

$$Q_B = 34,37; Q_{зВ} = 20,27 \text{ Вт}$$

$$L_1 = 3,3351 \text{ м}; L_2 = 1,9825 \text{ м}$$

						601-БП. 11394037.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			91

$R_{\Sigma пр} = 4,092 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} > R_{q \text{ min}} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, перша вимога виконується.

Знаходимо збільшення об'єму утеплювача.

$$V_{16} = L_{ут} \times h_{вік} \times \delta_{16} \times 2 = 0,18 \times 1,5 \times 0,01 \times 2 = 0,0053 \text{ м}^3$$

Висновки:

1. Надо утеплити зовнішній відкос шаром товщиною 2 см.
2. Обсяг утеплювача $0,0053 \text{ м}^3$

3.16 Обсяг утеплювача на додаткове утеплення

Об'єм утеплювача на додаткове утеплення становить

$$\begin{aligned} V_{\text{дод}} &= V_1 + n_2 V_2 + n_3 V_3 + n_4 V_4 + n_5 V_5 + n_6 V_6 + n_7 V_7 + n_8 V_8 + V_9 + n_{10} V_{10} + \\ &\quad + n_{11} V_{11} + V_{12} + V_{13} + V_{14} + n_{15} V_{15} + V_{16} = \\ &= -0,158 + 5 \times 0,03 + 7 \times 0,042 + 4 \times 0,113 + 8 \times 0,015 + 4 \times 0,026 - \\ &- 2 \times 0,183 - 6 \times 0,096 + 0 + 8 \times 0,021 - 4 \times 0,095 + 0,012 + 0,005 - 0,445 + \\ &\quad + 3 \times 0,01 + 0,01 = -0,569 \text{ м}^3 \end{aligned}$$

де $n_2, n_3, n_4, n_5, n_6, n_7, n_8, n_{10}, n_{11}, n_{15}$ – кількість ділянок.

$$n_2 = 5, n_3 = 7, n_4 = 4, n_5 = 8, n_6 = 4, n_7 = 2, n_8 = 6, n_{10} = 8, n_{11} = 4, n_{15} = 3$$

Тоді обсяг зменшення утеплювача приведений до 1 м стіни становить

$$V_{\text{дод}}^{1\text{м}} = \frac{V_{\text{дод}}}{P} = \frac{-0,569}{215,1} = 0,0025 \text{ м}^3/\text{м}$$

де P – периметр будівлі, м. $P = 215,1 \text{ м}$

					601-БП. 11394037.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		92

Загальні висновки

1. Опір теплопередачі ділянок складної форми залежать від їх конфігурації. Якщо кут стіни спрямований з приміщення він потребує додаткового утеплення, а якщо у приміщення зменшення.
2. Утеплювати ділянку біля вікна доцільним по зовнішньому відкосу.
3. Визначення опору теплопередачі ділянок складної форми необхідно виконувати із застосуванням температурних полів.

					601-БП. 11394037.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		93

Література

1. Олексієнко, Олена. "3D-МОДЕЛЮВАННЯ ТОЧКОВИХ ТЕПЛОПРОВІДНИХ ВКЛЮЧЕНЬ У КОМПЛЕКТАХ ФАСАДНОЇ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЇ (ETICS) З УРАХУВАННЯМ ЄВРОПЕЙСЬКОГО ДОСВІДУ." *Наука та будівництво* 36.2 (2023).
2. Колесник, Є. С. "Визначення лінійних та точкових коефіцієнтів теплопередачі найпоширеніших теплопровідних включень в огорожувальних конструкціях." *Будівельні конструкції* 77 (2013): 50-54.
3. Shovkaliuk, Maryna Mykhailivna, and Serhii Viktorovych Zimenko. "Аналіз тепловтрат через огороження з урахуванням різних методів оцінки теплозахисних властивостей." *POWER ENGINEERING: economics, technique, ecology* 4 (2017): 73-83.
4. Колесник, Є. С., and Г. С. Венжего. "Методичні положення розрахунку приведенного опору теплопередачі стінових конструкцій з вентиляваним повітряним прошарком." (2011).
5. Фаренюк Г.Г. Визначення лінійного коефіцієнту теплопередачі термічно неоднорідних огорожувальних конструкцій / Г.Г Фаренюк, Є.С. Колесник // Будівельні конструкції. – 2008. – вип.68. – С.138-147.
6. Фаренюк Г.Г. Вплив інфільтрації повітря на теплові характеристики системи утеплення огорожувальних конструкцій з вентиляваним повітряним прошарком. / Фаренюк Г.Г., Венжего Г.С., Колесник Є.С. //Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – 2010 – №2 – С.153-158.
7. Крамаренко, С. О., В. І. Дешко, І. Ю. Білоус. "Програмний комплекс THERM для моделювання температурних полів у віконних конструкціях з врахуванням лінійних теплопровідних включень." *Електромеханічні та інформаційні системи*. Київський національний університет технологій та дизайну, 2020.
8. Білоус І.Ю., Дешко В.І., Буяк Н.А., Голубенко О.О., Гурєєв М.В. Оцінка впливу заміни вікон на енергопотребу та умови комфорту в будівлі на основі динамічного моделювання. «Енергетика: економіка, технології, екологія». 2018. №3. С. 52-62.
9. Якусевич, Сергій Григорович, Віталій Олексійович Плоский. "Деякі аспекти ефективного влаштування теплоізоляційної оболонки будинку." (2017).

					0.00000.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		94

10. Дешко, В. І., І. Ю. Білоус, and С. О. Крамаренко. "Додаткові тепловтрати в місцях примикання віконної рами до огорожувальних конструкцій." (2020).
11. Пашинський В. А. Температурні впливи на огорожувальні конструкції будівель / В. А. Пашинський, Н. В. Пушкар, А. М. Карюк. – Одеса: ОДАБА, 2012. – 180 с.
12. Пашинський В. А. Методика оцінювання теплової надійності стін за критерієм тепловитрат / В. А. Пашинський, О. А. Плотніков, А. М. Карюк // Міжвузівський збірник «Наукові нотатки». – Випуск 45., - Луцьк, 2014. – С. 417-423.
13. Пічугін С.Ф. Імовірність теплової відмови огорожувальних конструкцій із сталевих холодноформованих елементів за критерієм зниження локальних значень температур / С. Ф. Пічугін, В. О. Семко // Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. – Харків, 2016. – Вип. 160. – С. 25-34. Режим доступу : <http://csw.kart.edu.ua/article/view/69985>
14. Фаренюк Г. Г. Методологічні аспекти забезпечення енергоефективності та теплової надійності будинків / Г. Г. Фаренюк // Строительство, материаловедение, машиностроение : Сб. науч. трудов. – Вып. 50, – Днепропетровск : ГВУЗ ПГАСА, 2009. – С. 593-597.
15. Шульгін В. В. Імовірнісне подання технічних характеристик теплоізоляційних матеріалів / В. В. Шульгін, А. М. Карюк // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). – Випуск 4(39). – Том 2. – Полтава : ПолтНТУ. – 2013. – С. 257–262. Режим доступу : [http://www.irbis-nbu.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbu/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&2_S21P03=FILE=&2_S21STR=Znpgmb_2013_4\(2\)_34](http://www.irbis-nbu.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbu/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&2_S21P03=FILE=&2_S21STR=Znpgmb_2013_4(2)_34)
16. Semko V.O. Experimental study of variability of thermal conductivity of insulation materials / V. O. Semko, M. V. Leshchenko, A. G. Rud// Збірник наукових праць. Серія: Галузеве машинобудування, будівництво. – ПолтНТУ, 2016. – Вип. 1 (46). – С. 60–67. Режим доступу : http://znp.pntu.edu.ua/files/archive/ua/46_2016/9.pdf
17. Stankevičius V. The Effect of Stochastically Dependent Physical Parameters on the Materials' Thermal Receptivity Coefficient / Vytautas Stankevičius, Liutauras Kairys // Materials science (Medžiagotyra). – Vol. 11. – No. 2. – 2005. –P.188-192.

					601-БП. 11394037.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		95

18. Uncertainty in the thermal conductivity of insulation materials / Fernando Domínguez-Muñoz, Brian Anderson, José M. Cejudo-López, Antonio Carrillo-Andrés // Energy and Buildings. – Volume 42. – Issue 11. – November 2010, – PP. 2159-2168. Режим доступу : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778810002227>

19. Nematchoua M.K, Marie-Reine Nishimwe A., Reiter S. Towards nearly zero-energy residential neighbourhoods in the European Union: A case study. Renewable and Sustainable Energy Reviews 135 (2021) 110198. DOI: 10.1016/j.rser.2020.110198

20. Fedorczak-Cisak M., Knap K., Kowalska-Koczwara A., Pachla F., Pekarchuk O. Energy and Cost Analysis of Adapting an Existing Building to 2017 Technical Requirements and Requirements for NZEB. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering Volume 471, Issue 11, 24 February 2019. DOI: 10.1088/1757-899X/471/11/112094

21. Дешко В.І., Білоус І.Ю., Буяк Н.А. Вплив переривчастих режимів опалення на динаміку енергопотреби та умови комфортності будівель з різним рівнем теплового захисту. Наукові вісті НТУУ КПІ. 2019. №4. С. 7-16.

22. Білоус І.Ю., Дешко В.І., Буяк Н.А., Голубенко О.О., Гурєєв М.В. Оцінка впливу заміни вікон на енергопотребу та умови комфорту в будівлі на основі динамічного моделювання. Науковий журнал «Енергетика: економіка, технології, екологія». 2018. №3. С. 52-62.

23. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні / ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [Національний стандарт України] – К.: Мінрегіон України, 2015, - 203с.

24. The International Organization for Standardization (ISO). Thermal Bridges in Building Construction. Heat Flows and Surface Temperatures. Detailed Calculations; The International Organization for Standardization (ISO): Geneva, Switzerland, 2007.

25. Theodosiou, T.G.; Papadopoulos, A.M. The impact of thermal bridges on the energy demand of buildings with double brick wall constructions. Energy Build. 2008, 40, 2083–2089. 3. Evola, G.; Margani, G.; Marletta, L. Energy and cost evaluation of thermal bridge correction in Mediterranean climate. Energy Build. 2011, 43, 2385–2393.

26. Ascione, F.; Bianco, N.; de Rossi, F.; Turni, G.; Vanoli, G.P. Different methods for the modelling of thermal bridges into energy simulation programs: Comparisons of accuracy

					601-БП. 11394037.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		96

for flat heterogeneous roofs in Italian climates. Appl. Energy 2012, 97, 405–418.

27. Theodosiou, T.; Tsikaloudaki, K.; Bikas, D.; Aravantinos, D.; Kontoleon, K.N. Assessing the Use of Simplified and Analytical Methods for Approaching Thermal Bridges with Regard to Their Impact on the Thermal Performance of the Building Envelope. Available online: http://wsb14barcelona.org/programme/pdf_poster/P-059.pdf (accessed on 20 October 2015).

28. Ascione, F.; Bianco, N.; de Masi, R.F.; Mauro, G.M.; Vanoli, G.P. Design of the building envelope: A novel multi-objective approach for the optimization of energy performance and thermal comfort. Sustainability 2015, 7, 10809–10836.

29. Capozzoli, A.; Gorrino, A.; Corrado, V. A building thermal bridges sensitivity analysis. Appl. Energy 2013, 107, 229–243.

30. Ge, H.; McClung, V.R.; Zhang, S. Impact of balcony thermal bridges on the overall thermal performance of multi-unit residential buildings: A case study. Energy Build. 2013, 60, 163–173.

31. Cappelletti, F.; Gasparella, A.; Romagnoni, P.; Baggio, P. Analysis of the influence of installation thermal bridges on windows performance: The case of clay block walls. Energy Build. 2011, 43, 1435–1442.

32. Citterio, M.; Cocco, M.; Erhorn-Klutting, H. Thermal Bridges in the EPBD Context: Overview on MS Approaches in Regulations. Available online: http://www.buildup.eu/sites/default/files/P064_EN_ASIEPI_WP4_IP1_p3073.pdf (accessed on 15 June 2015).

33. Gao, Y.; Roux, J.J.; Zhao, L.H.; Jiang, Y. Dynamical building simulation: A low order model for thermal bridges losses. Energy Build. 2008, 40, 2236–2243.

34. Tadeu, A.; Simoes, I.; Simoes, N.; Prata, J. Simulation of dynamic liner thermal bridges using a boundary element method model in the frequency domain. Energy Build. 2011, 43, 3685–3695.

35. Ascione, F.; Bianco, N.; de Masi, R.F.; Mauro, G.M.; Musto, M.; Vanoli, G.P. Experimental validation of a numerical code by thin film heat flux sensors for the resolution of thermal bridges in dynamic conditions. Appl. Energy 2014, 124, 213–222.

36. Ascione, F.; Bianco, N.; De Masi, R.F.; de’Rossi, F.; Vanoli, G.P. Simplified state space representation for evaluating thermal bridges in building: Modelling, application and

					601-БП. 11394037.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		97

validation of a methodology. Appl. Therm. Eng. 2013, 61, 344–354.

37. Sierra, f.; Bai, J.; Maksoud, T. Impact of the simplification of the methodology used to assess the thermal bridge of the head of an opening. Energy Build. 2015, 87, 342–347.

38. Albatici, R.; Tonelli, A.M. Infrared thermovision technique for the assessment of thermal transmittance value of opaque building elements on site. Energy Build. 2010, 42, 2177–2183. 17. Desogus, G.; Mura, S.; Ricciu, R. Comparing different approaches to in situ measurement of building components thermal resistance. Energy Build. 2011, 43, 2613–2620.

39. Martin, K.; Escudero, C.; Erkoreka, A.; Flores, I.; Sala, J.M. Equivalent wall method for dynamic characterization of thermal bridges. Energy Build. 2012, 55, 704–714.

40. Bianchi, F.; Pisello, A.L.; Baldinelli, G.; Asdrubali, F. Infrared thermography assessment of thermal bridges in building envelope: Experimental validation in a test room setup. Sustainability 2014, 6, 7107–7120.

41. Berggren, B.; Wall, M. Calculation of thermal bridges in (Nordic) building envelopes—Risk of performance failure due to inconsistent use of methodology. Energy Build. 2013, 65, 331–339.

42. The International Organization for Standardization (ISO). Thermal Bridges in Building Construction—Linear Thermal Transmittance—Simplified Methods and Default Values; The International Organization for Standardization (ISO): Geneva, Switzerland, 2007. Petranek, V.; Subrit, R.; Plachy, J.; Nevřivova, L.; Petricek, T.; Kalousek, L.; Čaha, Z. Thermal bridges in insulation system. Therm. Power Electr. Eng. 2013. Qasass, R.; Gorgolewski, M.; Ge, H. Timber framing factor in Toronto residential house construction. Archit. Sci. Rev. 2014, 57, 159–168.

43. Gomes, A.P.; de Souza, H.A.; Tribess, A. Impact of thermal bridging on the performance of building using Light Steel Framing in Brazil. Appl. Therm. Eng. 2013, 52, 84–89.

44. Martin, K.; Erkoreka, A.; Flores, I.; Odriozola, M.; Sala, J.M. Problems in the calculation of thermal bridges in dynamic conditions. Energy Build. 2011, 43, 529–535.

45. De Andelis, E.; Serra, E. Light steel-frame walls: Thermal insulation performances and thermal bridges. Energy Procedia 2014, 45, 362–371.

46. The International Organization for Standardization (ISO). Building Components and

					601-БП. 11394037.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		98

Building Elements—Thermal Resistance and Thermal Transmittance—Calculation Method; The International Organization for Standardization (ISO): Geneva, Switzerland, 2007.

47. Rezai, S.H.; Allard, F.; Abelé, C.; Doya, M. Evaluating External Thermal Insulation

48. Composite Systems (ETICS) regarding the building's global performance. Energy Procedia 2015, 78, 1562–1567.

49. Parracha, J.; Borsoi, G.; Flores-Colen, I.; Veiga, R.; Nunes, L.; Dionísio, A.; Gomes, M.G.; Faria, P. Performance parameters of ETICS: Correlating water resistance, bio-susceptibility and surface properties. Constr. Build. Mater. 2021, 272, 121956.

50. Fernandes, C.; de Brito, J.; Cruz, C.O. Architectural integration of ETICS in building rehabilitation. J. Build. Eng. 2016, 5, 178–184. 31. EAD 330965-00-0601 Powder-actuated fastener for the fixing of ETICS in concrete

51. EOTA TR 025 Point thermal transmittance of plastic anchors for ETICS. 33. Santos, P.; da Silva, L.S.; Ungureanu, V. Energy Efficiency of Light-Weight Steel-Framed Buildings, 1st ed.; Technical Committee 14– Sustainability & Eco-Efficiency of Steel Construction; European Convention for Constructional Steelwork (ECCS): Brussels, Belgium, 2012; ISBN 978-92-9147-105- 8.

52. Choi, J.-S.; Kim, C.-M.; Jang, H.-I.; Kim, E.-J. Detailed and fast calculation of wall surface temperatures near thermal bridge area. Case Stud. Therm. Eng. 2021, 25, 100936.

53. 35. Г. Г. Фаренюк, О.Б. Олексієнко Аналіз критеріїв оцінки фасадних конструктивних систем зі штукатурним шаром, Наука та будівництво. 2020. 26(4). С. 3–14.

54. Г. Г. Фаренюк, О.Б. Олексієнко Аналіз нових критеріїв оцінки фасадних систем з штукатурним шаром з урахуванням європейського досвіду, Bulletin of Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, 2020, С. 150–161.

55. ДСТУ 9191:2022. Теплоізоляція будівель. Метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. – Київ: Укрархбудінформ, 2022. – 63 с.

56. Звіт про науково-дослідну роботу ДП НДІБК «Дослідження сучасних теплоізоляційних систем та розробка принципових будівельно-технічних рішень термореконструкції фасадів житлових будинків 1960-1995 років забудови з метою підвищення їх енергоефективності та зниження рівня споживання енергоресурсів

					601-БП. 11394037.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		99

будівель житлового фонду» – К.: ДП НДІБК Мікрореґіонбуду України, 2012. – 94 с.

57. Колесник Є. С. Визначення товщини теплоізоляційного шару зовнішніх стін монолітно-каркасних будинків за критерієм допустимої величини приведенного опору теплопередачі // Бідівництво та техногенна безпека. – 2012. – № 41. – С. 132 – 139.

58. Сердюк В. Р., Франишина С. Ю. Макроекономічні аспекти політики енергозбереження в Україні // Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка. – 2010. – Вип. 36. – С. 59 – 62.

59. Біляєва В. В., Берлов О. В., Клім В. Ю. Визначення параметрів теплообміну багат шарових елементів конструкцій // Харків: НТУ «ХПІ». — 2012. — № 8. — С. 154-163.

60. Фаренюк Г. Г. Основи забезпечення енергоефективності будинків та теплової надійності огорожувальних конструкцій.: монографія. К.: Гама-Принт, 2009.-137 с.

61. Саницький М.А., Позняк О.Р., Марущак У.Д. Енергозберігаючі технології в будівництві: навч. посібник. Львів: Видавництво Львівської політехніки: 2013. – 236 с.

62. Ратушняк Г. С. Горюн О. Ю. Використання інноваційних теплоізолюючих матеріалів для зменшення тепловтрат крізь "містки холоду" в будівлі. 2019 рік : матеріали XLVIII Науково-технічної конференції факультету будівництва, теплоенергетики та газопостачання, 23 березн. 2019 р. Вінниця. С. 3. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/egeu/egeu2019/paper/viewFile/8245/6910>

63. Спосіб улаштування конструктивного вузла примикання зашкленених балконів. Патент на корисну модель. 140672. Україна: МПК E04G23/00/ Г. С. Ратушняк, А. М. Очеретний, О. Ю. Горюн. – NV 201908045: заявл. 12.07.2019: опубл. 10.03.2020, Бюл.№5.-3с.

64. Ратушняк Г. С. Моделювання теплового режиму вузла примикання балконної плити з утепленням/ Г. С. Ратушняк, О.Ю. Горюн // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві – 2019.–№2.

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

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

					601-БП. 11394037.ПЗ	Арк.
						100
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

2023. – 60 с.

67. 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.

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

					601-БП. 11394037.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		101