

Термомодернізація житлових будинків серії 111-94

Аналіз існуючих досліджень по забезпеченню теплозахисних властивостей стін панельних будинків

Приклади термомодернізації будівель



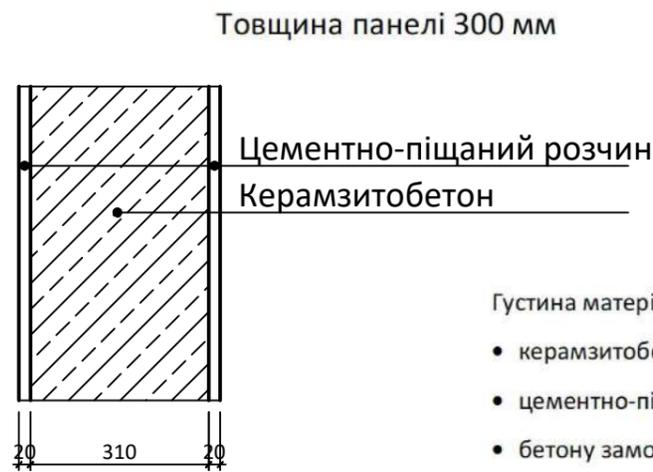
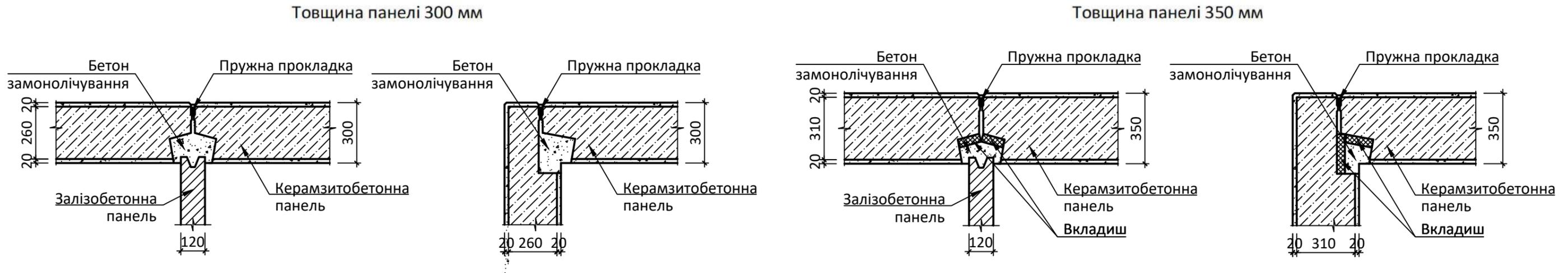
ВИСНОВКИ ПО РОЗДІЛУ 1

1. У більшості досліджень теплозахисних властивостей панельних стін, виконаних в останній час, розглядалися нові конструкції, що відповідають сучасним нормам теплозахисту.
2. Варіанти утеплення панельних стін, перших масових серій, не враховували вплив стиків панелей на приведений опір теплопередачі. Тому дослідження у цьому напрямку є актуальними.
3. При дослідженні теплозахисних властивостей панельних стін зазвичай використовувалися програми розрахунку температурних полів.

						601-БМ.11393402.ДП				
						Термомодернізація житлових будинків серії 111-94				
Зм.	Кільк.	Арк.	Док.	Підпис	Дата	Розробив	Віктенко І.Ю.	Стадія	Аркуш	Аркушів
						Керівник	Юрій О.І.	МР	1	14
						Консультант	Юрій О.І.	АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ З ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ ПАНЕЛЬНИХ СТІН ВИСНАЖЕНИХ ВПІЧНИМИ ТА ЗАКОРДОННИМИ АВТОРАМИ		
						Приклади термомодернізації будівель				
						НУПП ім. Ю. Кондратюка Кафедра БгаЦі				
						Н. контроль				
						Зав. кафедри				
						Семмо В.О.				

Термомодернізація житлових будинків серії 111-94

Визначення опору теплопередачі стінової панелі товщиною 300 мм та 350 мм



Густина матеріалів панелі за результатами досліджень:

- керамзитобетону $\rho_0 = 1400 \text{ кг/м}^3$;
- цементно-піщаного розчину $\rho_0 = 1800 \text{ кг/м}^3$;
- бетону замоноличування $\rho_0 = 1800 \text{ кг/м}^3$.



ВИСНОВКИ ПО РОЗДІЛУ 1

1. Теплозахисні властивості стін панельних будинків перших масових серій у місті Полтава не відповідають сучасним нормам.
2. Опір теплопередачі стінових панелей будинків перших масових серій у місті Полтава менше нормованого значення у межах від 79,2 % до 81,6 %.

Показники теплозахисту за теплотехнічним розрахунком

$$R_{\Sigma} = 0,612 \text{ м}^2 \cdot \text{К} < R_{q.min} = 3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

$$\Delta t_{пр} = 7,8 \text{ }^\circ\text{C} > \Delta t_{сг} = 4 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\tau_{в.min} = 12,2$$

18,4 %

Відсоток опору теплопередачі панелі R_{Σ} від нормованого опору $R_{q.min}$

$$R_{\Sigma} = 0,69 \text{ м}^2 \cdot \text{К} < R_{q.min} = 3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

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

$$12,8 \text{ }^\circ\text{C} > t_p = 10,7 \text{ }^\circ\text{C}$$

20,8 %

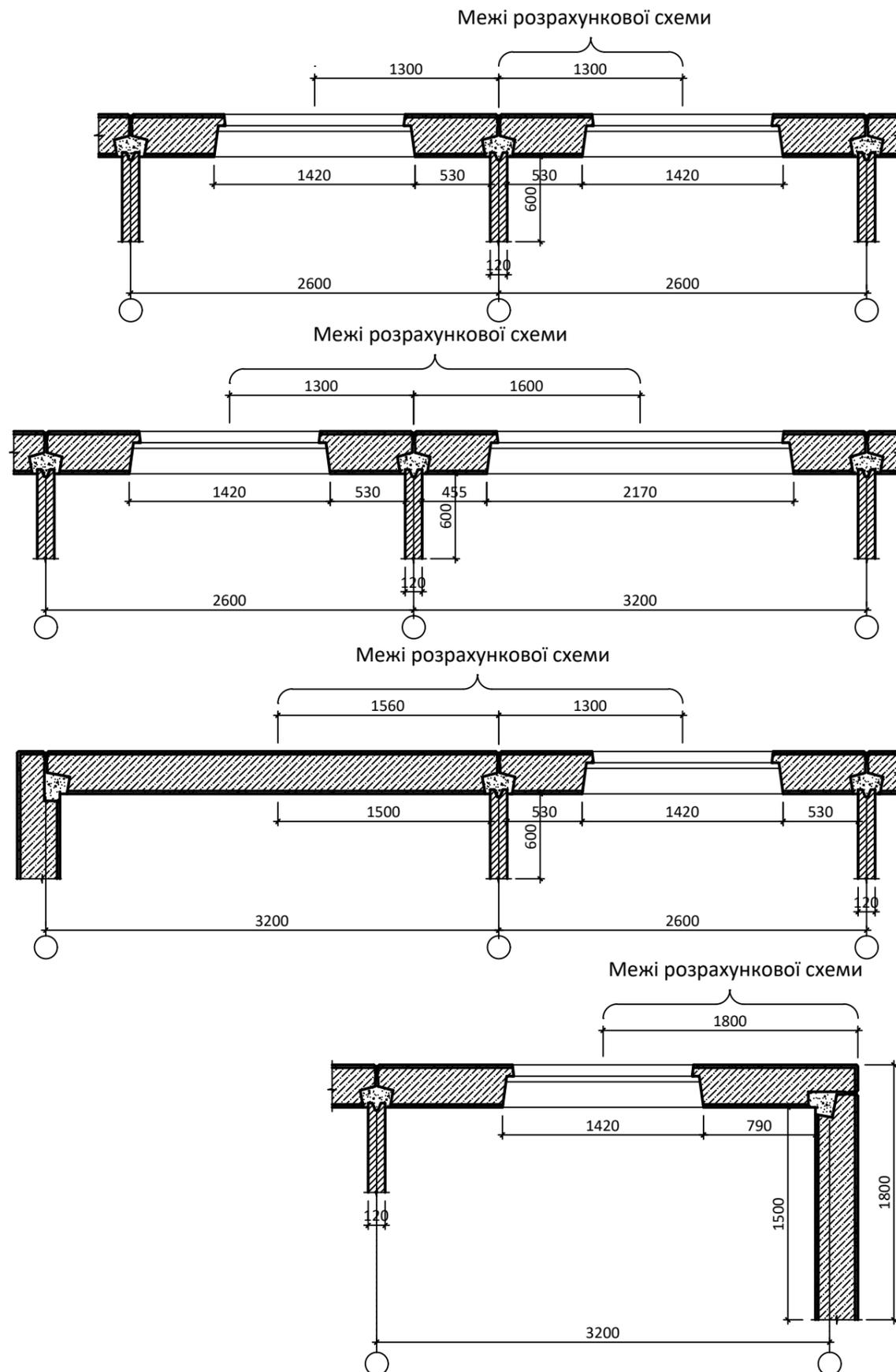
601-БМ.11393402.ДП					
Термомодернізація житлових будинків серії 111-94					
Зм.	Кільк.	Арх.	Док.	Підпис	Дата
Розробив	Ніктенко І.Ю.				
Керівник	Юрין О.І.				
Консультація	Юрין О.І.				
Н. контроль	Юрין О.І.				
Зав. кафедри	Семмо В.О.				
АНАЛІЗ ТЕПЛОЗАХИСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПАНЕЛЬНИХ СТІН БУДИНКІВ СЕРІЇ 111-94				Стадія	Аркуші
				МР	2
Визначення опору теплопередачі стінової панелі товщиною 300 мм та 350 мм				НУПП ім. Ю. Кондратюка Кафедра БТЦ	

Термомодернізація житлових будинків серії 111-94

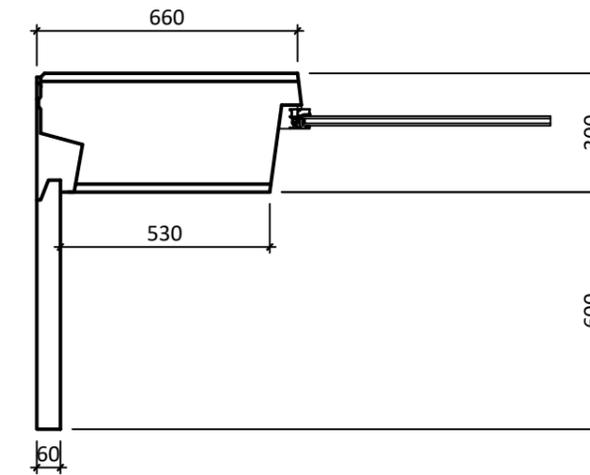
Аналіз теплозахисних властивостей панельних стін будинків серії 111-94 до термомодернізації

Товщина панелі 300 мм

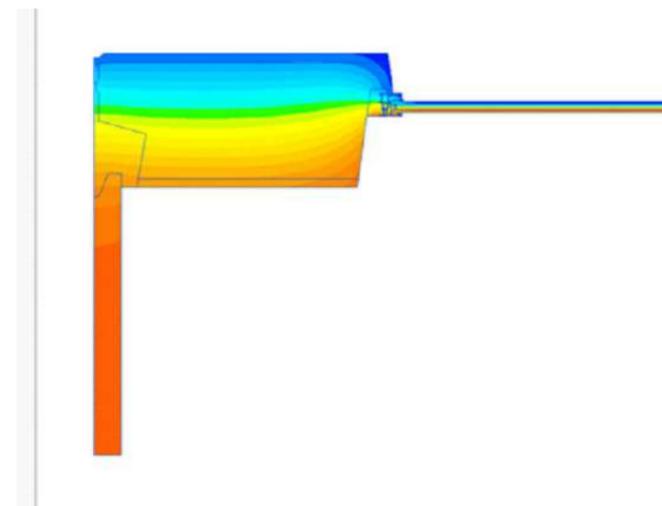
Межі розрахункових схем



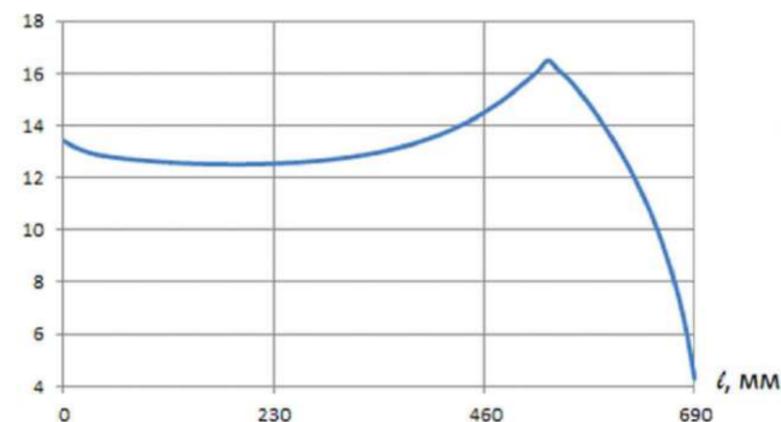
Ділянка № 1



Температурне поле



Розподіл температури по внутрішній поверхні огородження



Висновки:

1. Так як $R_{\Sigma пр} = 0,577 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} < R_{q \text{ min}} = 3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, то перша вимога теплозахисту не виконується.
2. Так як $\Delta t_{пр} = 6,9 \text{ }^\circ\text{C} > \Delta t_{cr} = 4 \text{ }^\circ\text{C}$, то друга вимога теплозахисту не виконується.
3. Так як $\tau_{в. \text{ min}} = 4,1 \text{ }^\circ\text{C} < t_p = 10,7 \text{ }^\circ\text{C}$, то третя вимога теплозахисту не виконується.
4. $R_{\Sigma пр} = 0,577 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ менше $R_{\Sigma} = 0,612 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ (опір теплопередачі без урахування теплопровідних включень) на 5,7%. Тобто якщо не враховувати вплив стиків панелей на теплозахисні якості, опір теплопередачі завищується на 5,7%.

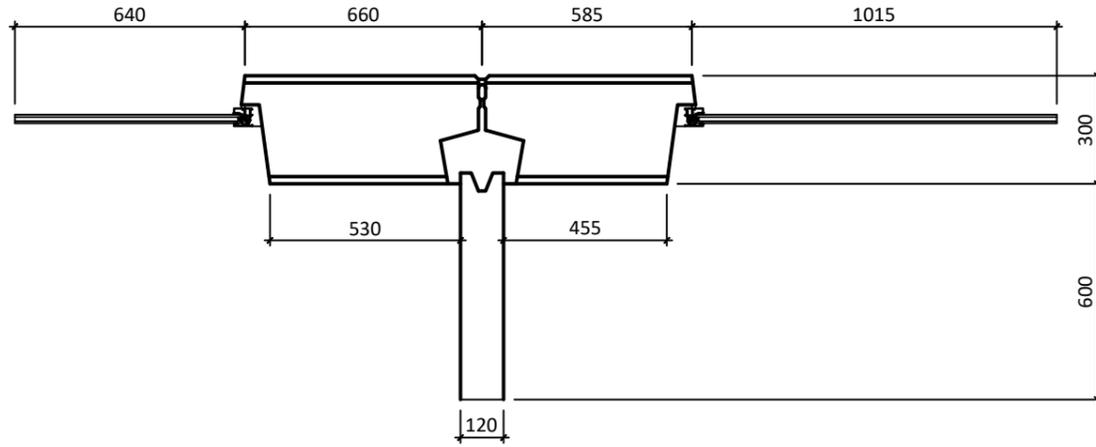
						601-БМ.11393402.ДП		
						Термомодернізація житлових будинків серії 111-94		
Зм.	Кільк.	Арх.	Док.	Підпис	Дата	АНАЛІЗ ТЕПЛОЗАХИСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПАНЕЛЬНИХ СТІН БУДИНКІВ СЕРІЇ 111-94		
Розробник	Юрין О.І.					Стадія	Аркуш	Аркушів
Керівник	Юрין О.І.					МР	3	
Консультант	Юрין О.І.					Товщина панелі 300 мм. Ділянка 1		
Н. контроль	Юрין О.І.					НУП ім. Ю. Кондратюка		
Зав. кафедри	Семко В.О.					Кафедра БГАЦі		

Термомодернізація житлових будинків серії 111-94

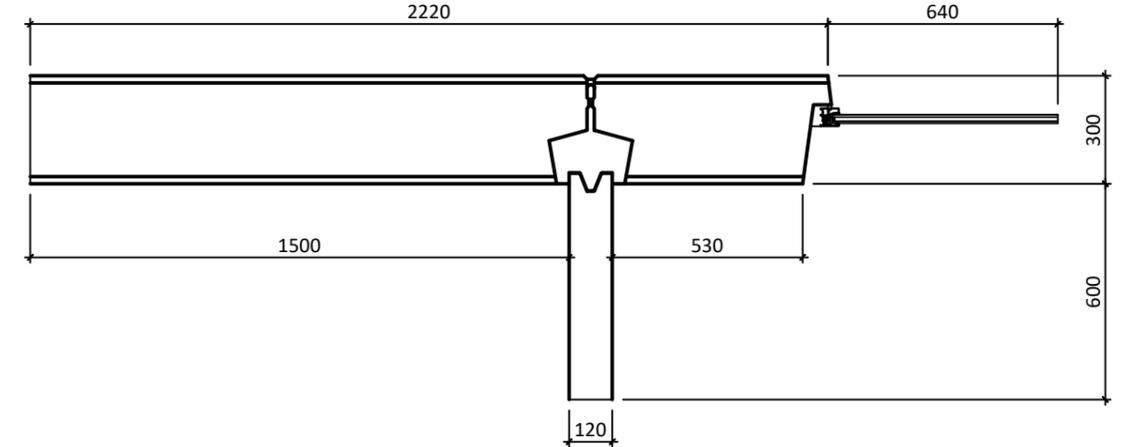
Аналіз теплозахисних властивостей панельних стін будинків серії 111-94 до термомодернізації

Товщина панелі 300 мм

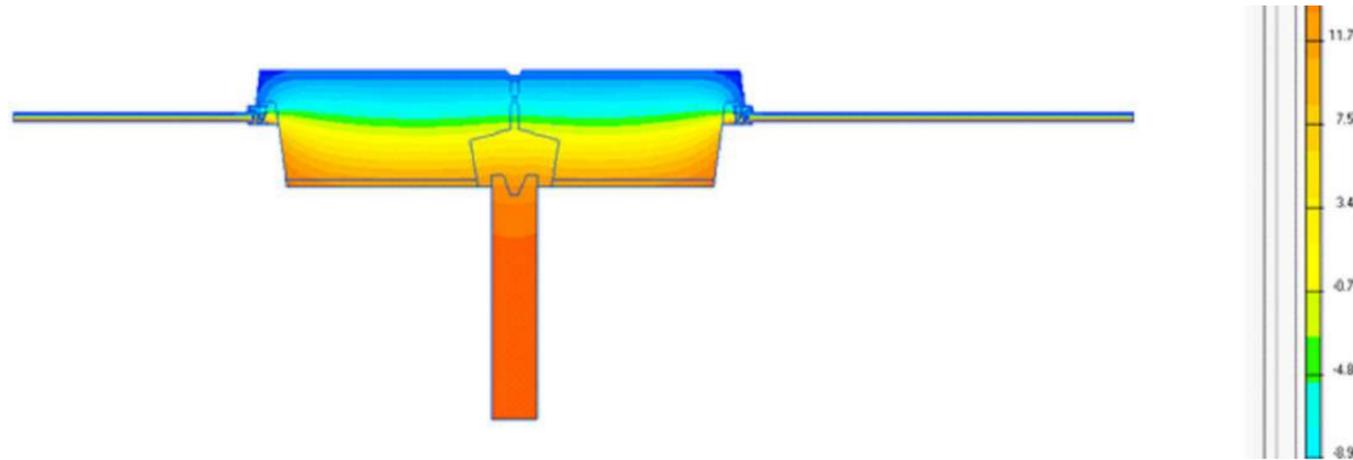
Ділянка № 2



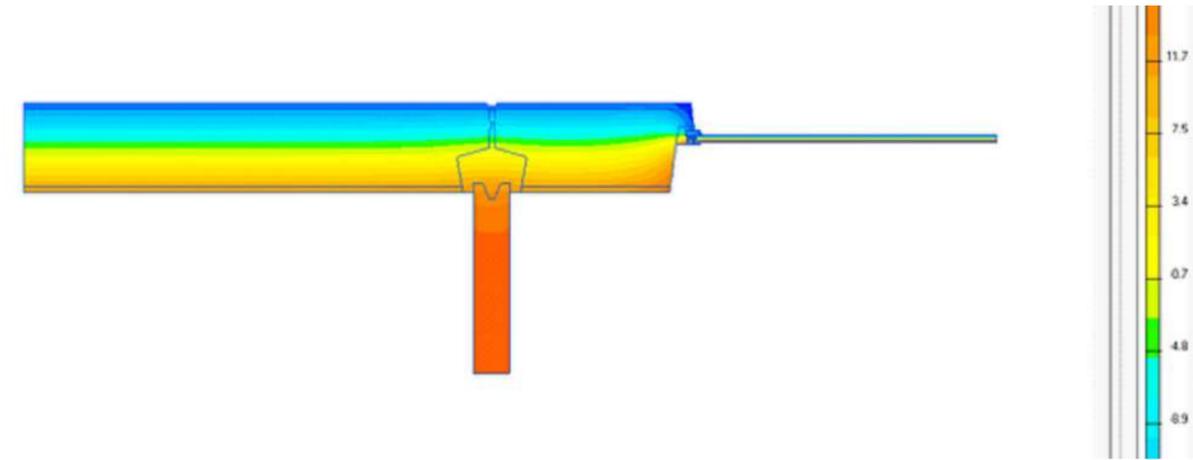
Ділянка № 3



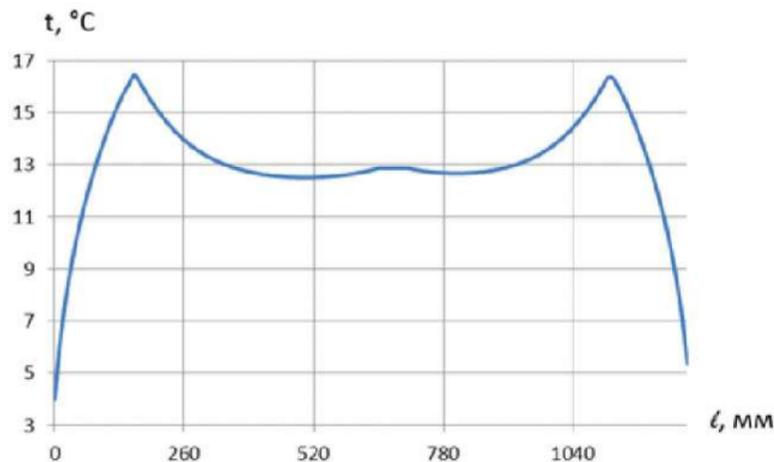
Температурне поле



Температурне поле



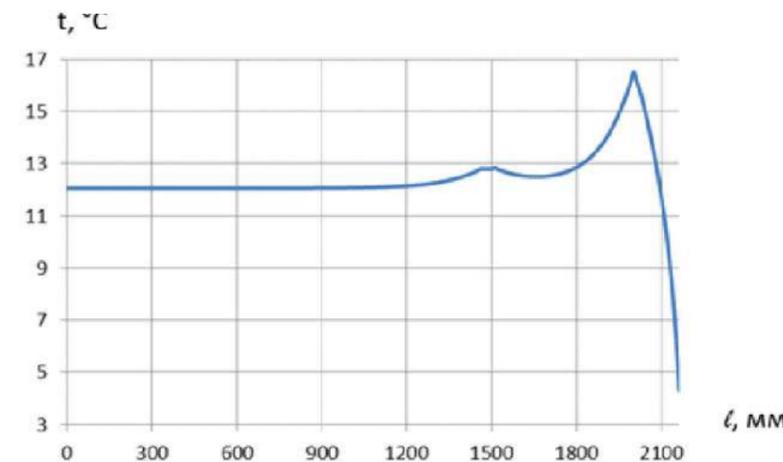
Розподіл температури по внутрішній поверхні огородження



Висновки:

1. Так як $R_{\Sigma пр} = 0,573 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} < R_{q \text{ min}} = 3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, то перша вимога теплозахисту не виконується.
 Так як $\Delta t_{пр} = 6,9 \text{ °C} > \Delta t_{cr} = 4 \text{ °C}$, то друга вимога теплозахисту не виконується.
 Так як $\tau_{в. \text{ min}} = 4 \text{ °C} < t_p = 10,7 \text{ °C}$, то третя вимога теплозахисту не виконується.
 $R_{\Sigma пр} = 0,573 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ менше $R_{\Sigma} = 0,612 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ (опір теплопередачі без урахування теплопровідних включень) на 6,1%. Тобто якщо не враховувати вплив стиків панелей на теплозахисні якості, опір теплопередачі завищується на 6,2%.

Розподіл температури по внутрішній поверхні огородження



Висновки:

1. $R_{\Sigma пр} = 0,596 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ менше $R_{\Sigma} = 0,612 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ (опір теплопередачі без урахування теплопровідних включень) на 2,55%. Тобто якщо не враховувати вплив стиків панелей на теплозахисні якості, опір теплопередачі завищується на 2,55%.

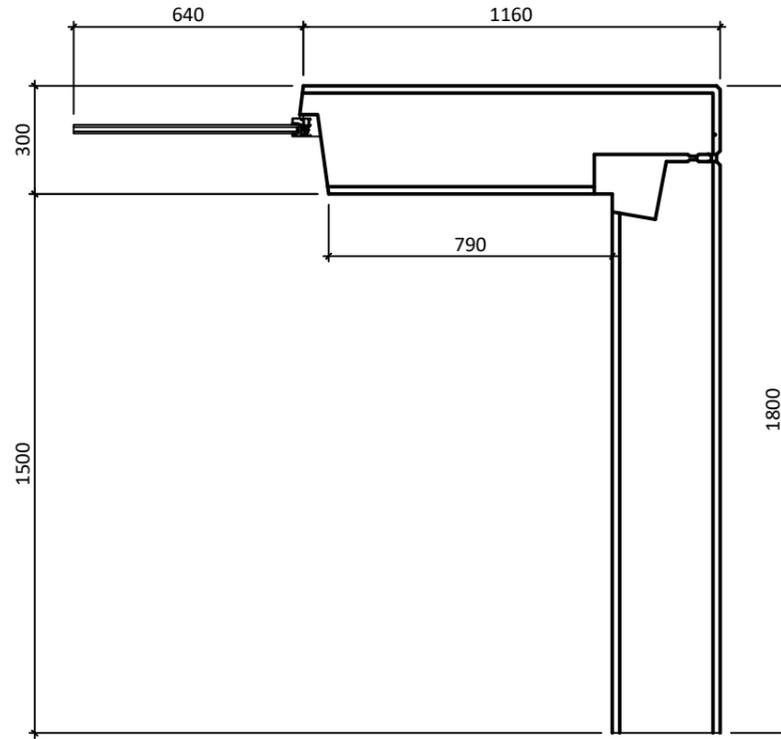
						601-БМ.11393402.ДП		
						Термомодернізація житлових будинків серії 111-94		
Зм.	Кільк.	Арх.	Док.	Підпис	Дата	АНАЛІЗ ТЕПЛОЗАХИСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПАНЕЛЬНИХ СТІН БУДИНКІВ СЕРІЇ 111-94		
Розробник	Нікітченко І.Ю.					Стадія	Аркуш	Аркушів
Керівник	Юрין О.І.					МР	4	
Консультант	Юрין О.І.					Товщина панелі 300 мм. Ділянка 2 та 3.		
Н. контроль	Юрין О.І.					НУП ім. Ю. Кондратюка		
Зав. кафедри	Семмо В.О.					Кафедра БГАЦі		

Термомодернізація житлових будинків серії 111-94

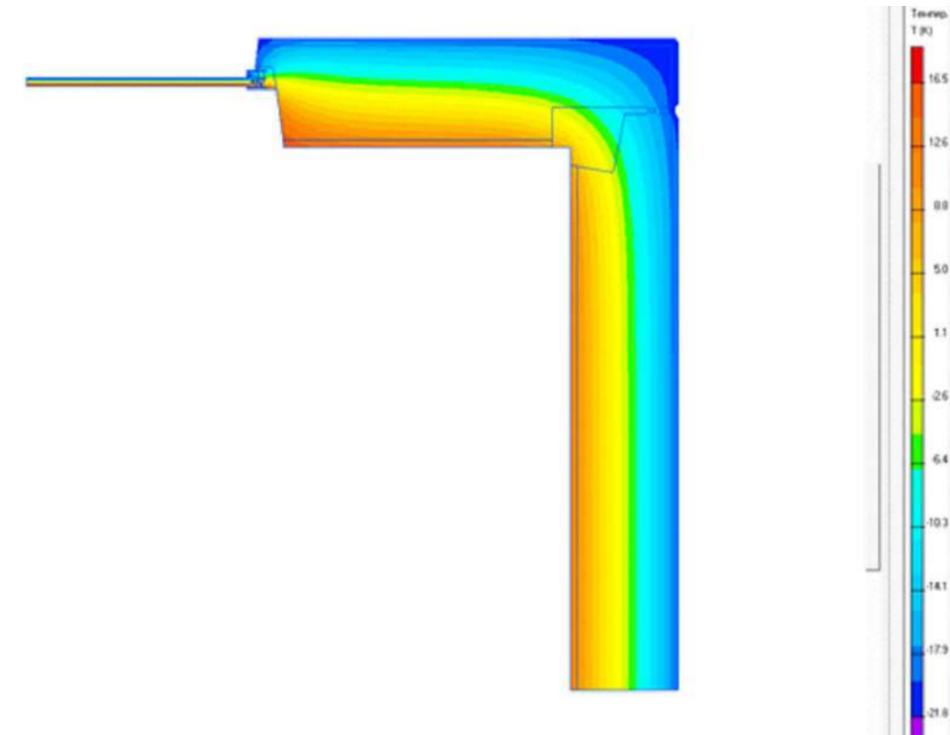
Аналіз теплозахисних властивостей панельних стін будинків серії 111-94 до термомодернізації

Товщина панелі 300 мм

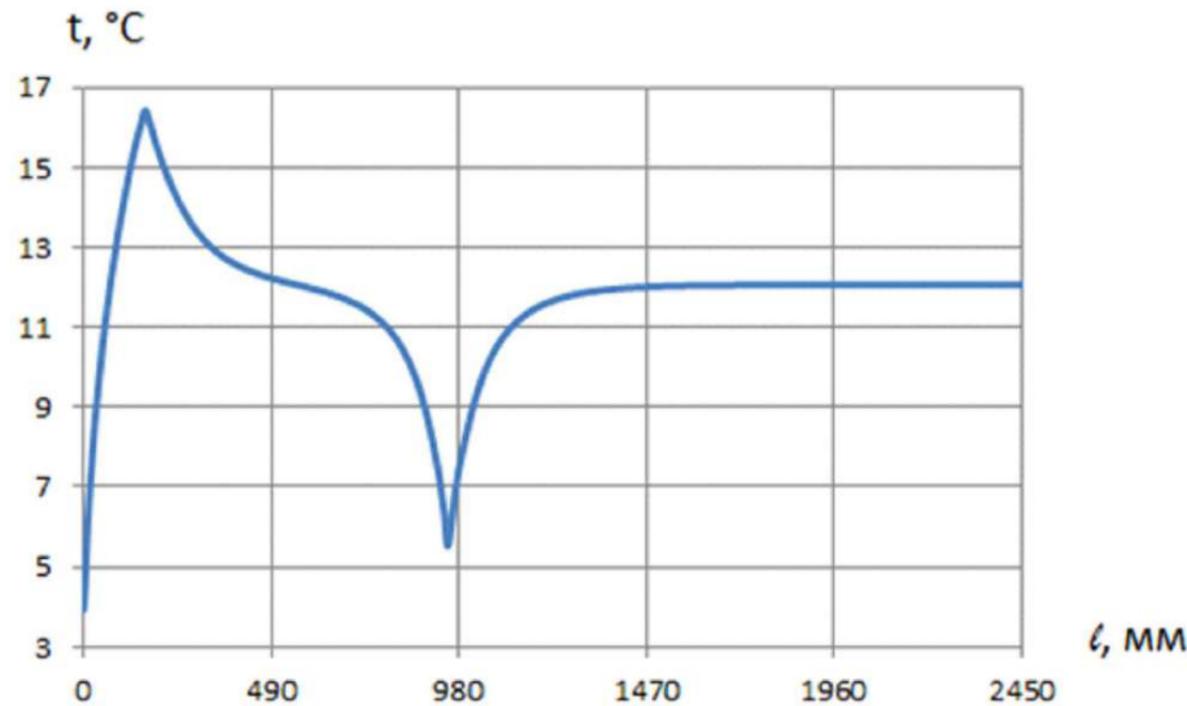
Ділянка № 4



Розподіл температури по внутрішній поверхні огороження



Розподіл температури по внутрішній поверхні огороження



Висновки:

1. Так як $R_{\Sigma пр} = 0,572 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} < R_{q \text{ min}} = 3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, то перша вимога теплозахисту не виконується.
2. Так як $\Delta t_{пр} = 8,1 \text{ }^\circ\text{C} > \Delta t_{ст} = 4 \text{ }^\circ\text{C}$, то друга вимога теплозахисту не виконується.
3. Так як $\tau_{в, \text{min}} = 3,8 \text{ }^\circ\text{C} < t_p = 10,7 \text{ }^\circ\text{C}$, то третя вимога теплозахисту не виконується.
4. $R_{\Sigma пр} = 0,572 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ менше $R_{\Sigma} = 0,612 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ (опір теплопередачі без урахування стиків панелей) на 6,6 %. Тобто якщо не враховувати вплив стиків панелей на теплозахисні якості, опір теплопередачі завищується на 6,4 %.

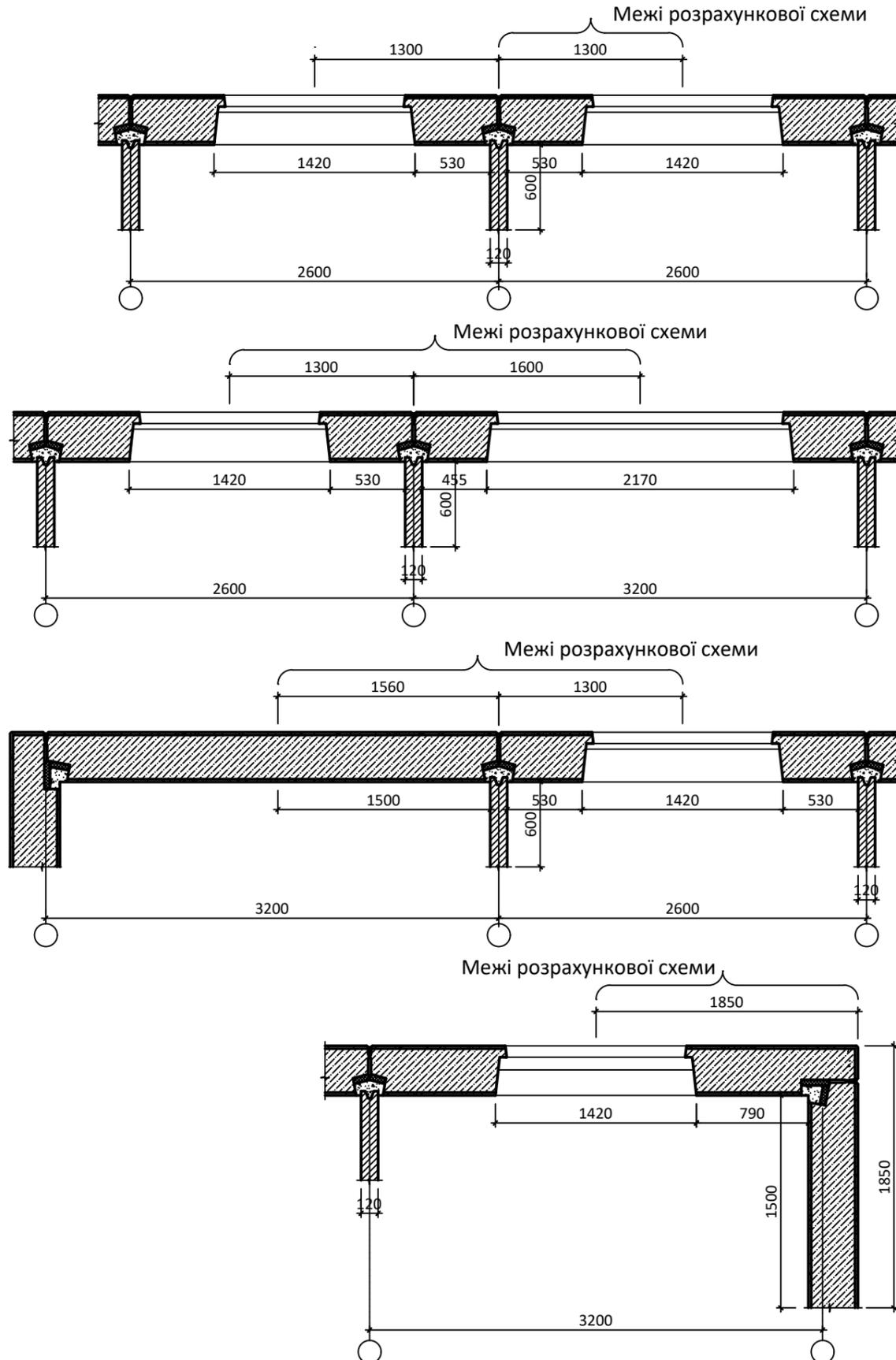
						601-БМ.11393402.ДП		
						Термомодернізація житлових будинків серії 111-94		
Зм.	Кільк.	Арк.	Док.	Підпис	Дата	АНАЛІЗ ТЕПЛОЗАХИСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПАНЕЛЬНИХ СТІН БУДИНКІВ СЕРІЇ 111-94		
Розробник	Нікітенко І.Ю.					Стадія	Аркуш	Аркушів
Керівник	Юрין О.І.					МР	5	
Консультант	Юрין О.І.					Товщина панелі 300 мм. Ділянка 4.		
Н. контроль	Юрין О.І.					НУПП ім. Ю. Кондратюка		
Зав. кафедри	Семмо В.О.					Кафедра БГАЦІ		

Термомодернізація житлових будинків серії 111-94

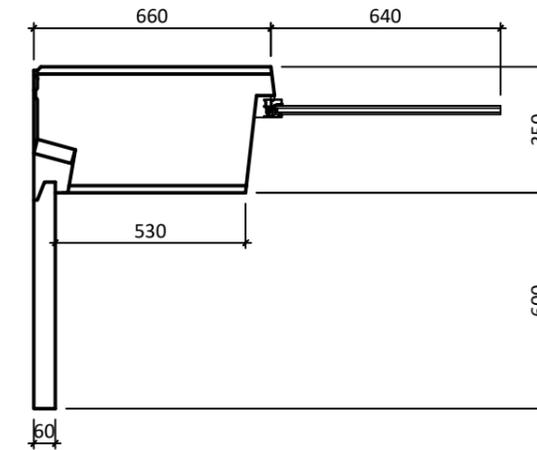
Аналіз теплозахисних властивостей панельних стін будинків серії 111-94 до термомодернізації

Товщина панелі 350 мм

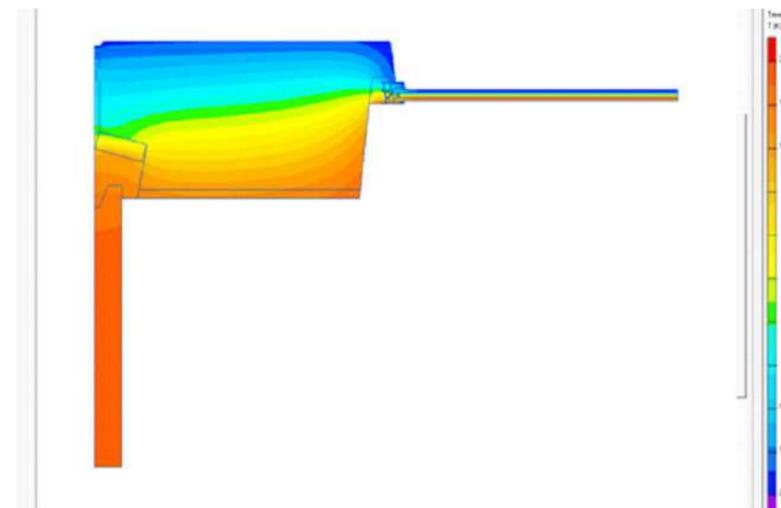
Межі розрахункових схем



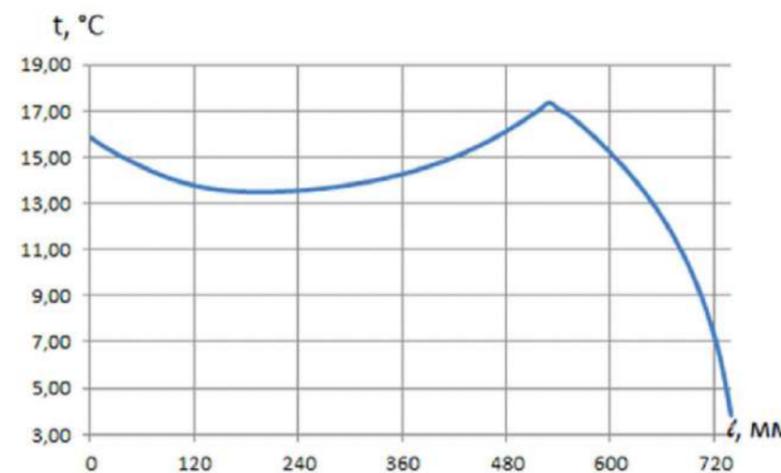
Ділянка № 1



Температурне поле



Розподіл температури по внутрішній поверхні



Висновки:

1. Так як $R_{\Sigma пр} = 0,66 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} < R_{q \text{ min}} = 3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, то перша вимога теплозахисту не виконується.
2. Так як $\Delta t_{пр} = 5,9 \text{ }^\circ\text{C} > \Delta t_{ст} = 4 \text{ }^\circ\text{C}$, то друга вимога теплозахисту не виконується.
3. Так як $\tau_{в. \text{ min}} = 3,5 \text{ }^\circ\text{C} < t_p = 10,7 \text{ }^\circ\text{C}$, то третя вимога теплозахисту не виконується.
4. $R_{\Sigma пр} = 0,66 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ менше $R_{\Sigma} = 0,69 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ (опір теплопередачі без урахування стиків панелей) на 4,2%. Тобто якщо не враховувати вплив стиків панелей на теплозахисні якості, опір теплопередачі завищується на 4,2%.

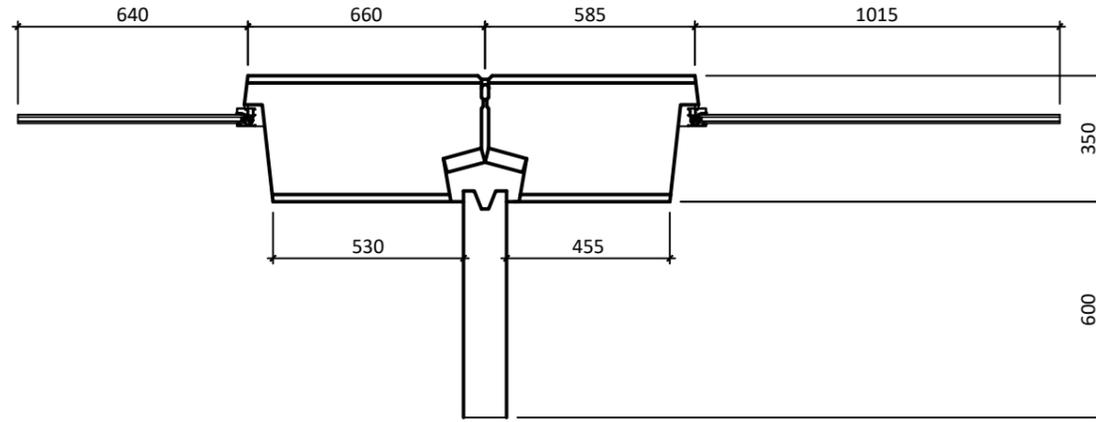
						601-БМ.11393402.ДП		
						Термомодернізація житлових будинків серії 111-94		
Зм.	Кільк.	Арк.	Док.	Підпис	Дата	АНАЛІЗ ТЕПЛОЗАХИСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПАНЕЛЬНИХ СТІН БУДИНКІВ СЕРІЇ 111-94		
Розробник	Ніктенко І.Ю.					Стадія	Аркуш	Аркушів
Керівник	Юрין О.І.					МР	6	
Консультант	Юрין О.І.					Товщина панелі 350 мм. Ділянка 1.		
Н. контроль	Юрין О.І.					НУП ім. Ю. Кондратюка		
Зав. кафедри	Семмо В.О.					Кафедра БГАЦІ		

Термомодернізація житлових будинків серії 111-94

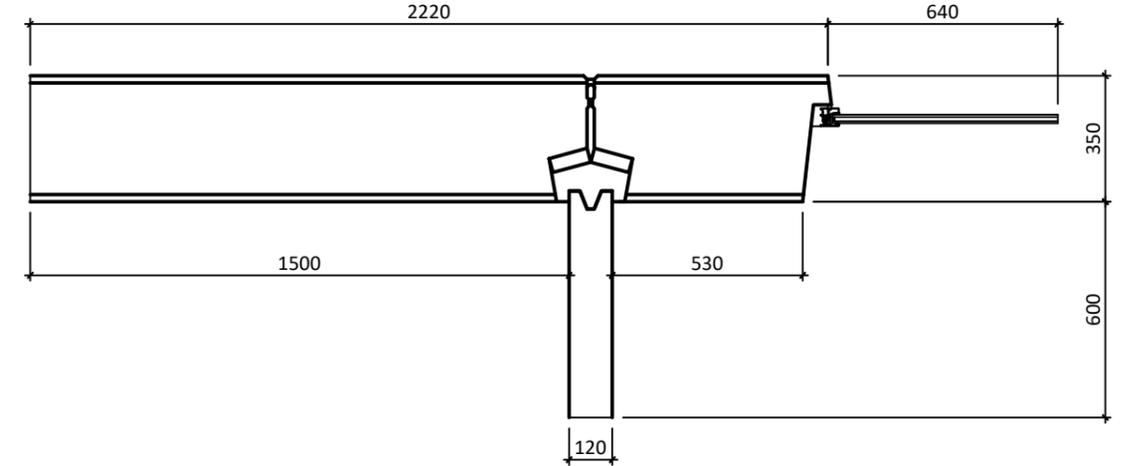
Аналіз теплозахисних властивостей панельних стін будинків серії 111-94 до термомодернізації

Товщина панелі 350 мм

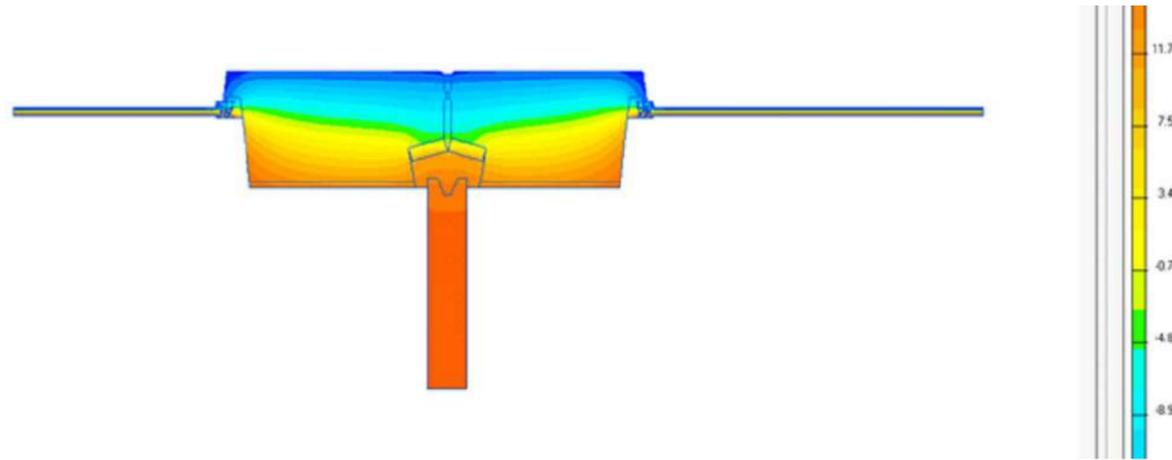
Ділянка № 2



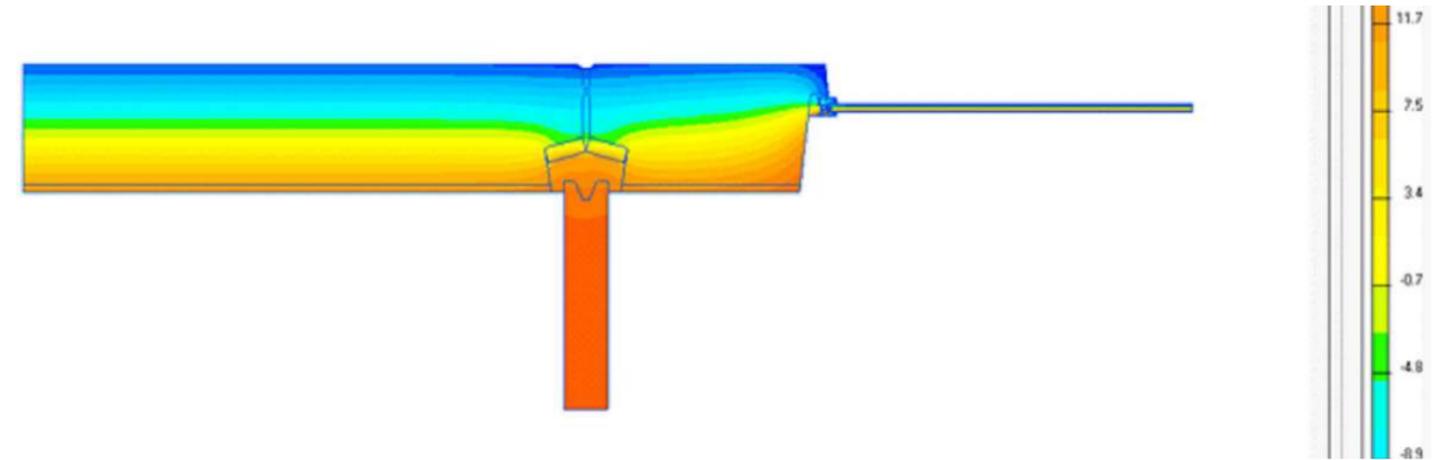
Ділянка № 3



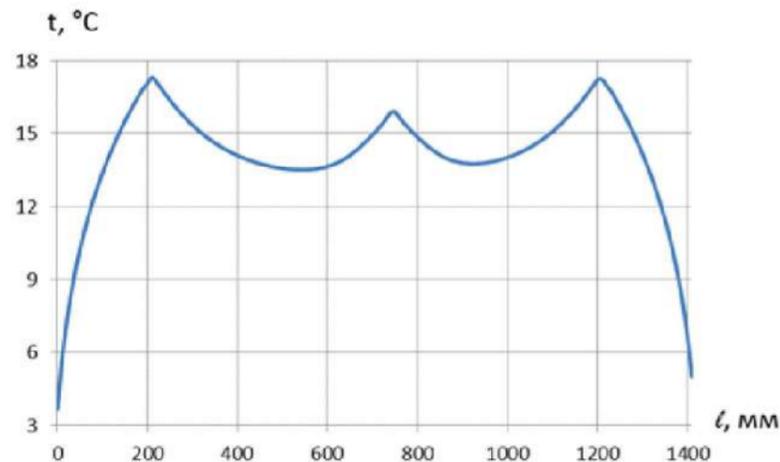
Температурне поле



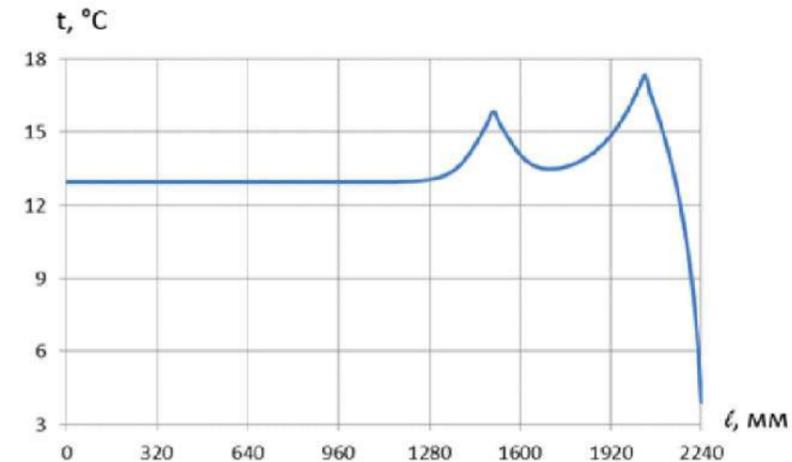
Температурне поле



Розподіл температури по внутрішній поверхні огородження



Розподіл температури по внутрішній поверхні огородження



Висновки:

1. Так як $R_{\Sigma пр} = 0,657 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} < R_{q \text{ min}} = 3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, то перша вимога теплозахисту не виконується.
2. Так як $\Delta t_{пр} = 5,8 \text{ °C} > \Delta t_{cr} = 4 \text{ °C}$, то друга вимога теплозахисту не виконується.
3. Так як $\tau_{в, \text{ min}} = 3,8 \text{ °C} < t_p = 10,7 \text{ °C}$, то третя вимога теплозахисту не виконується.
4. $R_{\Sigma пр} = 0,657 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ менше $R_{\Sigma} = 0,69 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ (опір теплопередачі без урахування стиків панелей) на 4,5%. Тобто якщо не враховувати вплив стиків панелей на теплозахисні якості, опір теплопередачі завищується на 4,6%.

Висновки:

1. $R_{\Sigma пр} = 0,685 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ менше $R_{\Sigma} = 0,69 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ (опір теплопередачі без урахування стиків панелей) на 0,2%. Тобто якщо не враховувати вплив стиків панелей на теплозахисні якості, опір теплопередачі завищується на 0,2%.

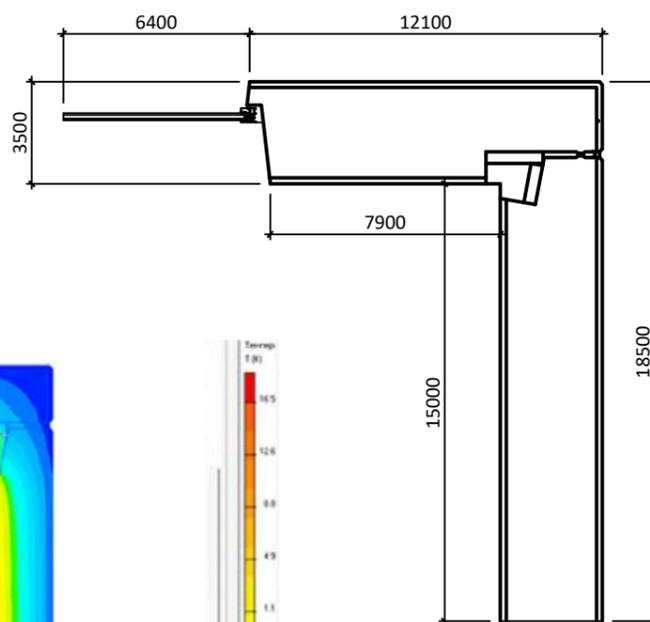
601-БМ.11393402.ДП					
Термомодернізація житлових будинків серії 111-94					
Зм.	Кільк.	Арх.	Док.	Підпис	Дата
Розробник	Нікітенко І.Ю.				
Керівник	Юрין О.І.				
Консультант	Юрין О.І.				
Н. контроль	Юрין О.І.				
Зав. кафедри	Семмо В.О.				
АНАЛІЗ ТЕПЛОЗАХИСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПАНЕЛЬНИХ СТІН БУДИНКІВ СЕРІЇ 111-94				Стадія	Аркуші
				МР	7
Товщина панелі 350 мм. Ділянка 2 та 3.				НУП ім. Ю. Кондратюка Кафедра БГАЦі	

Термомодернізація житлових будинків серії 111-94

Аналіз теплозахисних властивостей панельних стін будинків серії 111-94 до термомодернізації

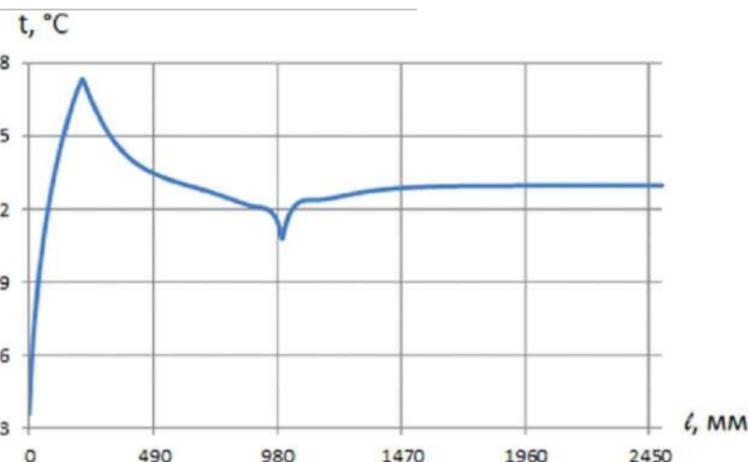
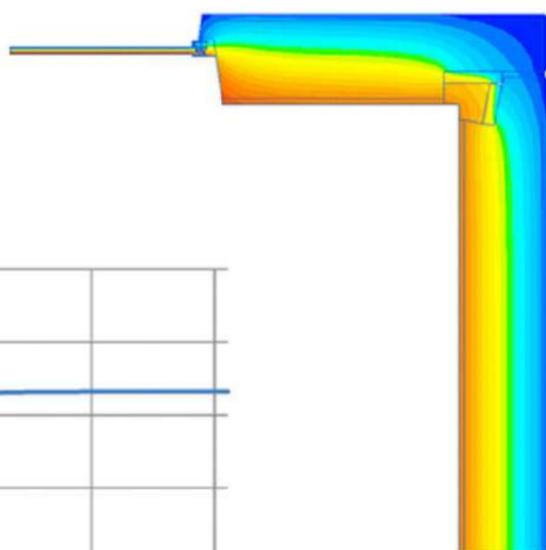
Товщина панелі 350 мм

Ділянка № 4



Температурне поле

Розподіл температури по внутрішній поверхні огороження



Висновки:

1. Так як $R_{\Sigma пр} = 0,655 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} < R_{q \text{ min}} = 3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, то перша вимога теплозахисту не виконується.
2. Так як $\Delta t_{пр} = 6,9 \text{ }^\circ\text{C} > \Delta t_{cr} = 4 \text{ }^\circ\text{C}$, то друга вимога теплозахисту не виконується.
3. Так як $\tau_{в, min} = 3,7 \text{ }^\circ\text{C} < t_p = 10,7 \text{ }^\circ\text{C}$, то третя вимога теплозахисту не виконується.
4. $R_{\Sigma пр} = 0,655 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ менше $R_{\Sigma} = 0,69 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ (опір теплопередачі без урахування стиків панелей) на 5%. Тобто якщо не враховувати вплив стиків панелей на теплозахисні якості, опір теплопередачі завищується на 5,1%.

ВИСНОВКИ ПО РОЗДІЛУ 2

1. Стінові панелі будинків серії 111-94 споруджених у 60-80 роках 20-го сторіччя не відповідають нормам.
2. Опір теплопередачі цих панелей менше нормованого у межах від 79,5 % до 82 %.
3. Якщо враховувати теплопровідні включення то приведений опір теплопередачі зменшується на 4,5 %.

Узагальнені результати дослідження теплозахисних властивостей стінових панелей

Товщина панелі, мм	№ розрахункової ділянки	R_{Σ} , $\text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$	$R_{\Sigma пр}$, $\text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$	$\Delta t_{пр}$, $^\circ\text{C}$	$\tau_{в, min}$, $^\circ\text{C}$
300 мм	1	0,608	0,573	7	4
	2		0,571	7	4
	3		0,593	7,6	4
	4		0,568	8,2	3,9
350 мм	1	0,685	0,656	6	3,6
	2		0,654	5,9	3,6
	3		0,684	6,4	3,6
	4		0,651	7	3,6

Відсоток зменшення опору теплопередачі

Товщина панелі, мм	№ розрахункової ділянки	Відсоток зменшення опору теплопередачі у порівнянні з нормованим значенням	
		R_{Σ} , $\text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$	$R_{\Sigma пр}$, $\text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$
300 мм	1	81,6	82,63636
	2		82,69697
	3		82,0303
	4		82,78788
350 мм	1	79,2	80,12121
	2		80,18182
	3		79,27273
	4		80,27273

Відсоток зменшення приведенного опору теплопередачі при врахуванні теплопровідних включень

Товщина панелі, мм	№ розрахункової ділянки	Відсоток зменшення приведенного опору при врахуванні теплопровідних включень, %
300 мм	1	5,8
	2	6,1
	3	2,5
	4	6,6
350 мм	1	4,2
	2	4,5
	3	0,1
	4	5,0

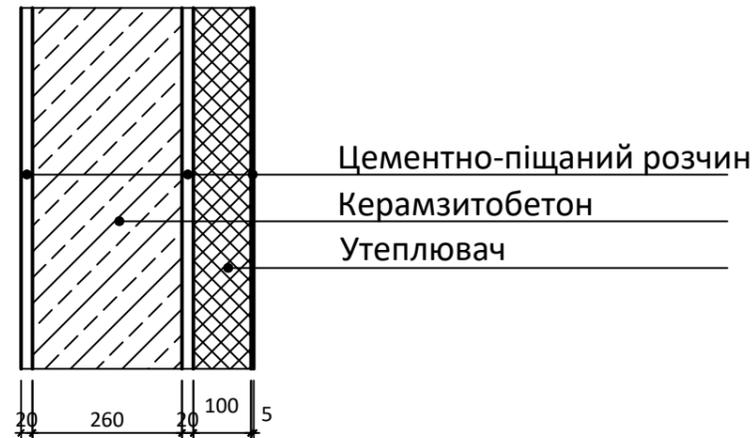
601-БМ.11393402.ДП					
Термомодернізація житлових будинків серії 111-94					
Зм.	Кільк.	Арх.	Док.	Підпис	Дата
Розробник	Нікітенко І.Ю.				
Керівник	Юрין О.І.				
Консультант	Юрין О.І.				
Н. контроль	Юрין О.І.				
Зав. кафедрою	Семмо В.О.				
АНАЛІЗ ТЕПЛОЗАХИСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПАНЕЛЬНИХ СТІН БУДИНКІВ СЕРІЇ 111-94				Стадія	Аркуш
Товщина панелі 350 мм. Ділянка 4.				МР	8
НУПП ім. Ю. Кондратюка				Кафедра БГАЦІ	

Термомодернізація житлових будинків серії 111-94

Аналіз теплозахисних властивостей панельних стін будинків серії 111-94 після термомодернізації

Товщина панелі 300 мм

Розрахункова схема



Для термомодернізації панельних стін приймаємо плити з кам'яної вати **RONTROCK MAX E** густиною $\rho_0 = 120 \text{ кг/м}^3$ теплопровідністю $\lambda_p = 0,036 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$

Ділянка № 1

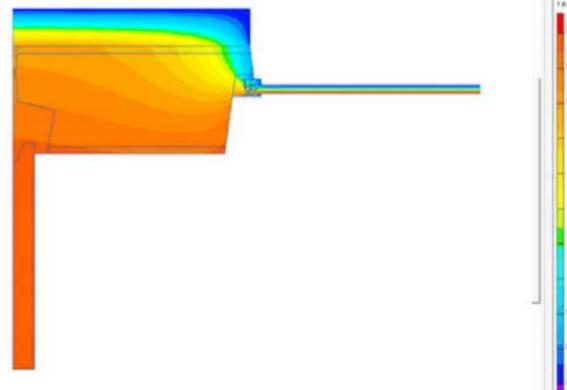
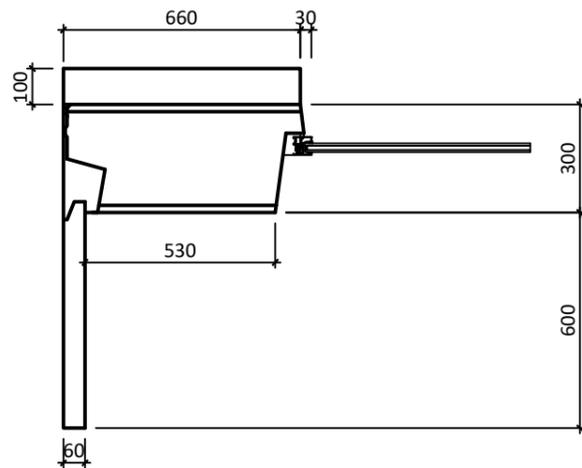
Показники теплозахисту за теплотехнічним розрахунком

$$R_{\Sigma} = 3,37 \text{ м}^2 \cdot \text{К} > R_{q,\text{min}} = 3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

$$\Delta t_{\text{пр}} = 1,5 \text{ }^\circ\text{C} < \Delta t_{\text{cr}} = 4 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\tau_{\text{в, min}} = 18,5 \text{ }^\circ\text{C} > t_p = 10,7 \text{ }^\circ\text{C}$$

Товщина утеплювача за теплотехнічним розрахунком

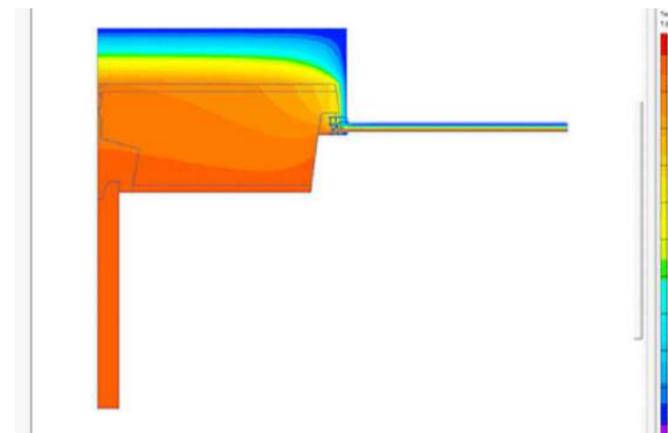
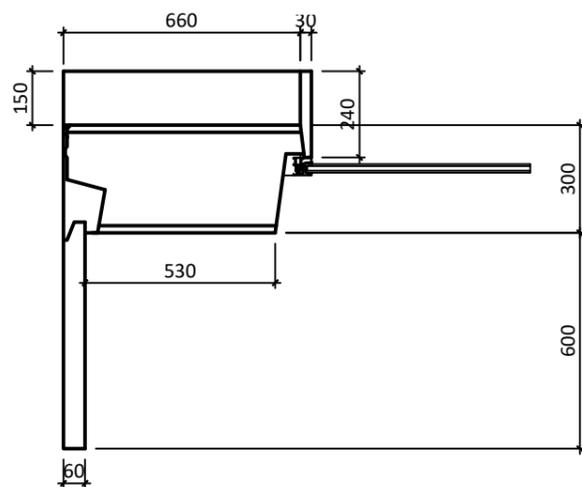


$$R_{\Sigma \text{пр}} = 1,61 < R_{q \text{ min}} = 3$$

Варіанти додаткового утеплення ділянки стіни №1

Варіанти збільшення приведенного опору теплопередачі	$R_{\Sigma \text{пр}}, \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$
Збільшення товщини утеплювача зі 100 мм до 200 мм	1,84
Утеплити відкис вікна шаром товщиною 50 мм	1,627
Утеплити частину стіни з зовнішньої сторони вікна шаром 30 мм	2,369
Збільшити товщину основного утеплювача до 150 мм, утеплити частину стіни з зовнішньої сторони вікна шаром 30 мм та застосувати утеплювач з теплопровідністю на 17% менше ніж прийнятому у теплотехнічному розрахунку (у даному випадку $\lambda_p = 0,03 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$)	3,307

Додаткове утеплення за комбінованим варіантом



При цьому способі утеплення:

- $R_{\Sigma \text{пр}} = 3,33 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} > R_{q \text{ min}} = 3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$;
- $\Delta t_{\text{пр}} = 1,5 \text{ }^\circ\text{C} < \Delta t_{\text{cr}} = 4 \text{ }^\circ\text{C}$;
- $\tau_{\text{в, min}} = 15,6 \text{ }^\circ\text{C} > t_p = 10,7 \text{ }^\circ\text{C}$.

Всі вимоги теплозахисту виконуються.

Висновки:

1. Приведений опір теплопередачі на ділянці стіни № 1, з товщиною утеплювача визначеною за теплотехнічним розрахунком (100 мм), менше нормованого на 51,6%.
2. Для виконання всіх вимог теплозахисту на ділянці стіни № 1 необхідно збільшити товщину основного утеплювача до 150 мм, утеплити частину стіни з зовнішньої сторони вікна шаром 30 мм та застосувати утеплювач з теплопровідністю на 17% менше ніж прийнятому у теплотехнічному розрахунку (у даному випадку $\lambda_p = 0,03 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$)
3. Із всіх розглянутих способів утеплення тільки цей дозволив досягнути нормованих значень з теплозахисту, тому у подальших дослідження розглядався тільки він.

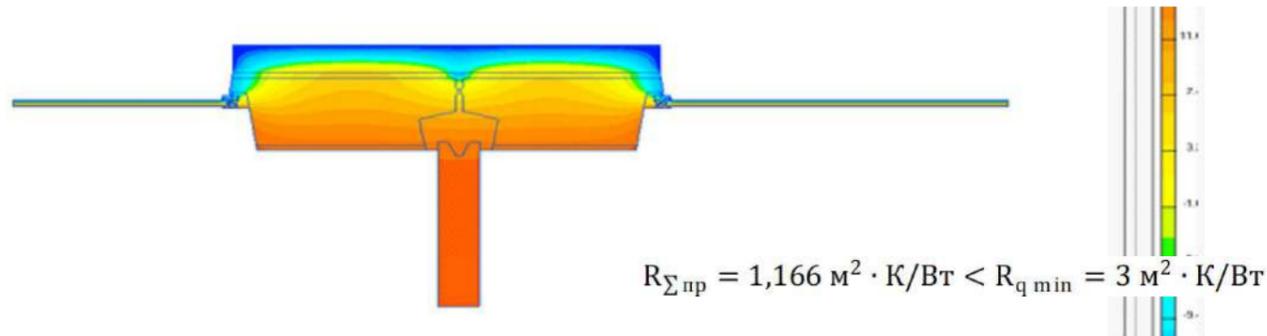
						601-БМ.11393402.ДП		
						Термомодернізація житлових будинків серії 111-94		
Зм.	Кільк.	Арк.	Док.	Підпис	Дата	АНАЛІЗ ТЕПЛОЗАХИСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПАНЕЛЬНИХ СТІН БУДИНКІВ СЕРІЇ 111-94		
Розробник	Нікітенко І.Ю.					Стадія	Аркуш	Аркушів
Керівник	Юрін О.І.					МР	9	
Консультант	Юрін О.І.					Товщина панелі 300 мм. Ділянка 1.		
Н. контроль	Юрін О.І.					НУПП ім. Ю. Кондратюка		
Зав. кафедри	Семмо В.О.					Кафедра БГАЦІ		

Термомодернізація житлових будинків серії 111-94

Аналіз теплозахисних властивостей панельних стін будинків серії 111-94 після термомодернізації

Ділянка № 2

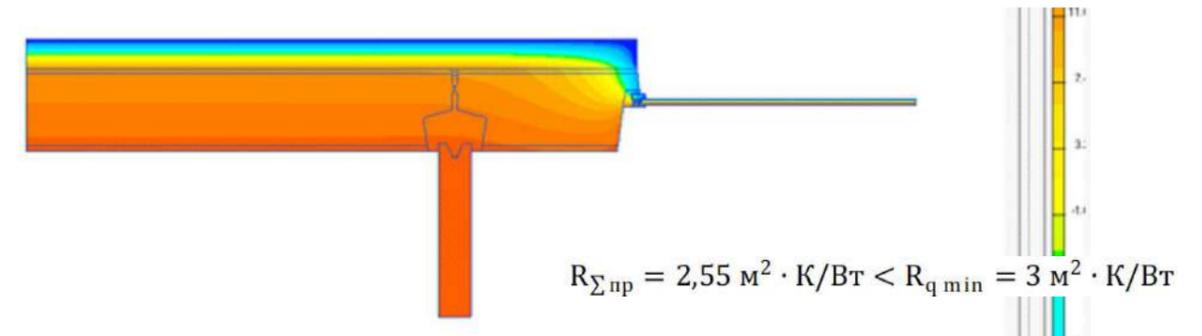
Товщина утеплювача за теплотехнічним розрахунком



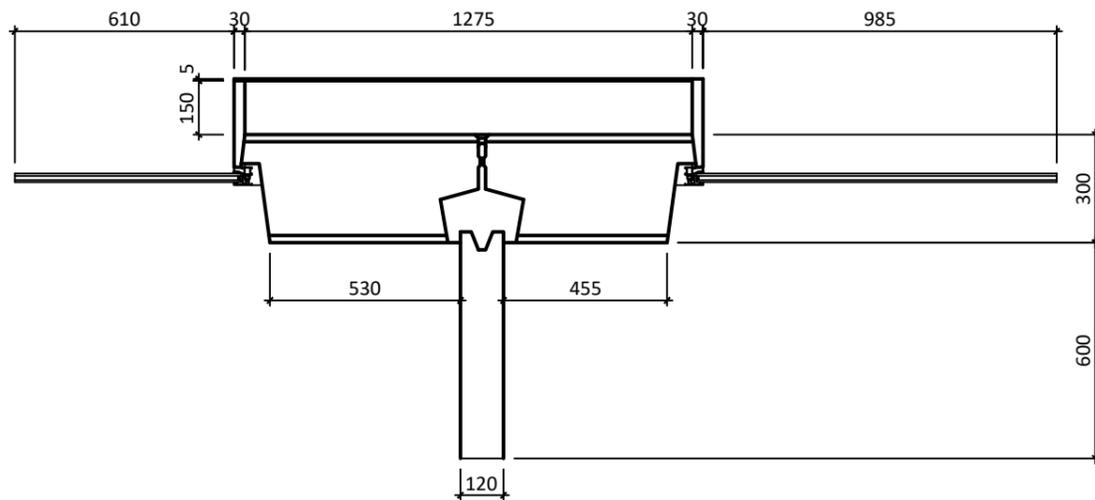
Товщина панелі 300 мм

Ділянка № 3

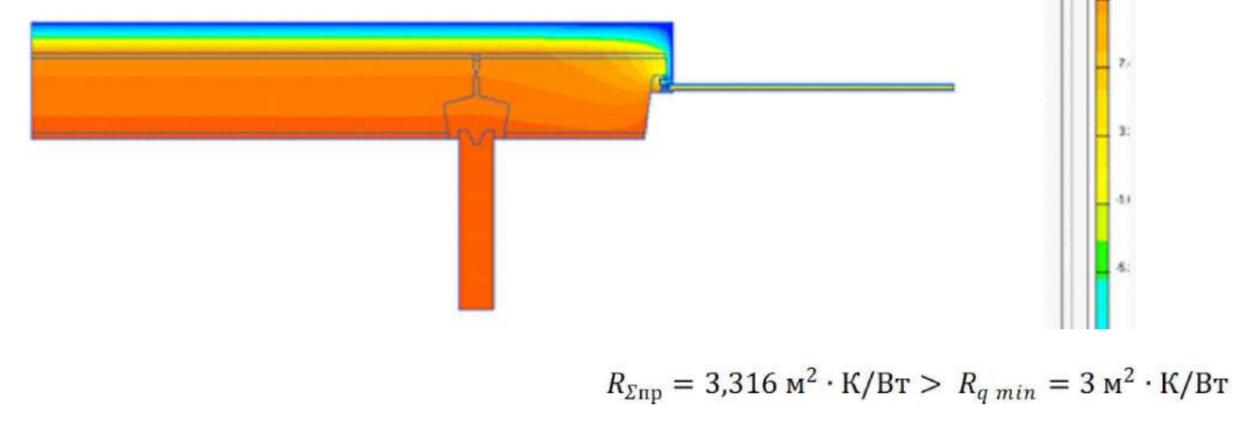
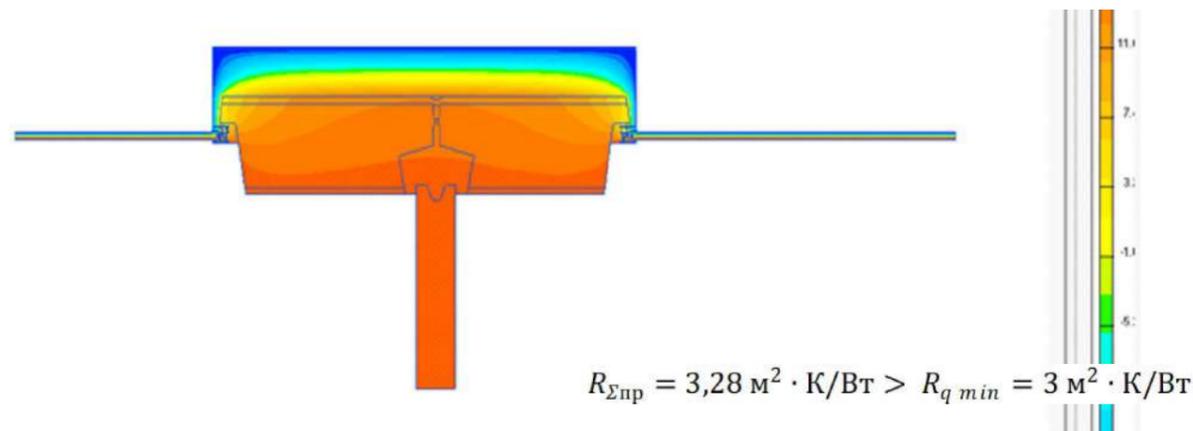
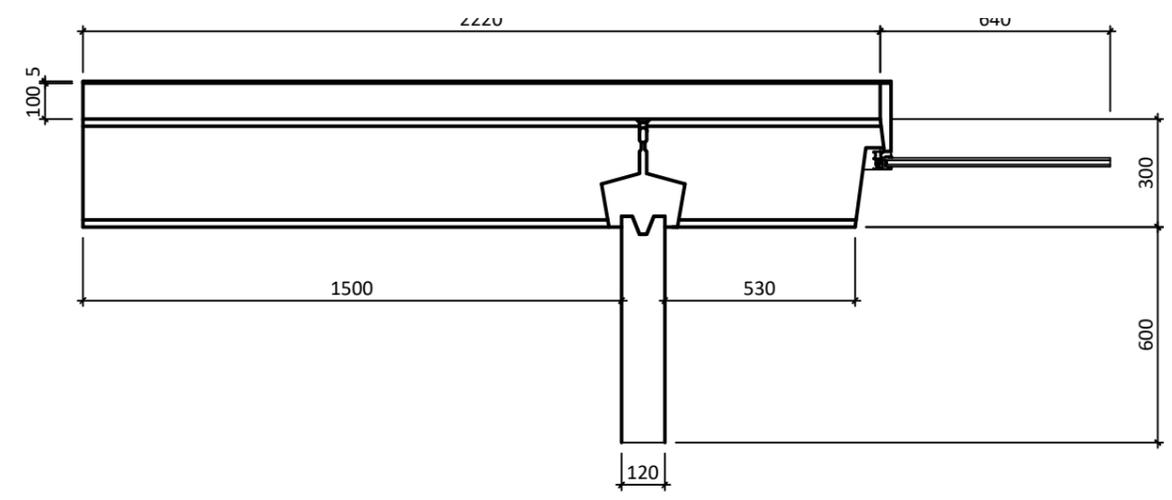
Товщина утеплювача за теплотехнічним розрахунком



Додаткове утеплення за комбінованим варіантом



Додаткове утеплення за комбінованим варіантом



Висновки:

1. Приведений опір теплопередачі на ділянці стіни № 2, з товщиною утеплювача визначеною за теплотехнічним розрахунком (100 мм), менше нормованого на 64,8 %.
2. Для виконання всіх вимог теплозахисту на ділянці стіни № 2 необхідно збільшити товщину основного утеплювача до 150 мм, утеплити частину стіни з зовнішньої сторони вікна шаром 30 мм та застосувати утеплювач з теплопровідністю на 17 % менше ніж прийнятому у теплотехнічному розрахунку

Висновки:

1. Приведений опір теплопередачі на ділянці стіни № 3, з товщиною утеплювача визначеною за теплотехнічним розрахунком (100 мм), менше нормованого на 23,3 %.
2. Для виконання всіх вимог теплозахисту на ділянці стіни № 3 необхідно утеплити частину стіни з зовнішньої сторони вікна шаром 30 мм та застосувати утеплювач з теплопровідністю на 17 % менше ніж прийнятому у теплотехнічному розрахунку.

						601-БМ.11393402.ДП		
						Термомодернізація житлових будинків серії 111-94		
Зм.	Кільк.	Арк.	Док.	Підпис	Дата	АНАЛІЗ ТЕПЛОЗАХИСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПАНЕЛЬНИХ СТІН БУДИНКІВ СЕРІЇ 111-94		
Розробник	Нікітченко І.Ю.					Стадія	Аркуш	Аркушів
Керівник	Юрין О.І.					МР	10	
Консультант	Юрין О.І.					НУП ім. Ю. Кондратюка		
Н. контроль	Юрין О.І.					Кафедра БґаЦі		
Зав. кафедри	Семмо В.О.					Товщина панелі 300 мм. Ділянка 2 та 3.		

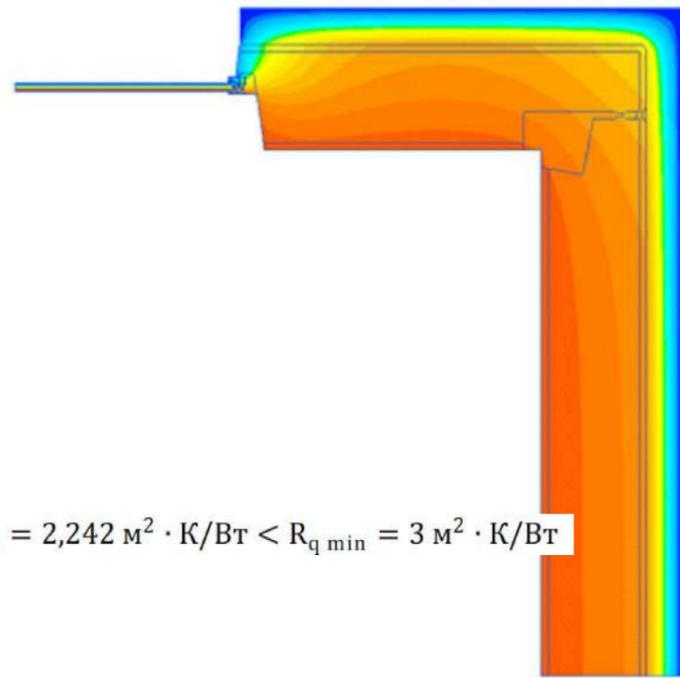
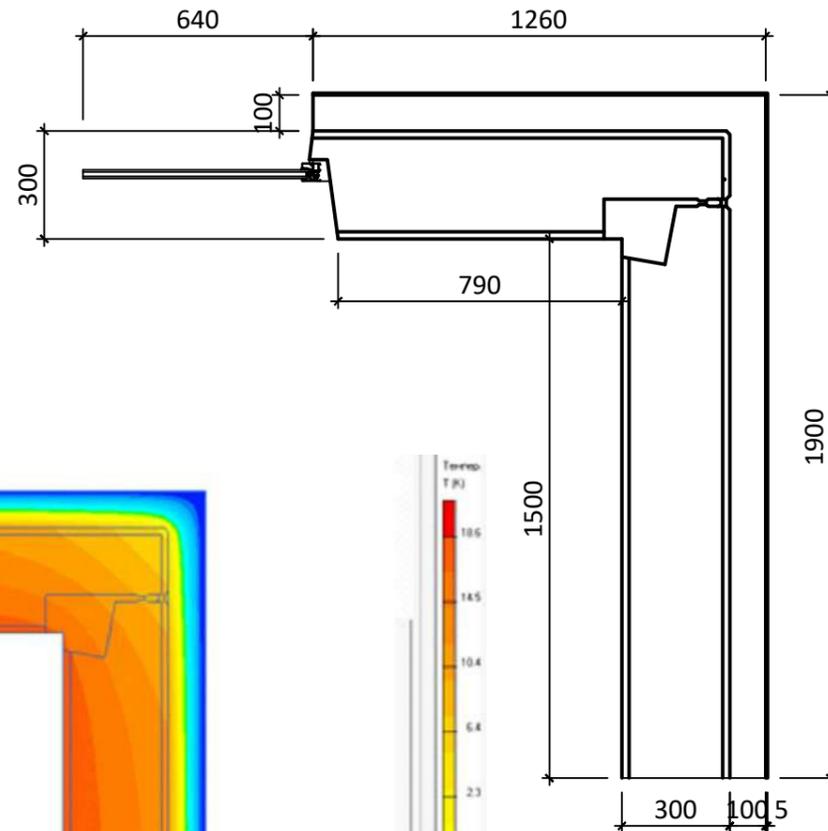
Термомодернізація житлових будинків серії 111-94

Аналіз теплозахисних властивостей панельних стін будинків серії 111-94 після термомодернізації

Товщина панелі 300 мм

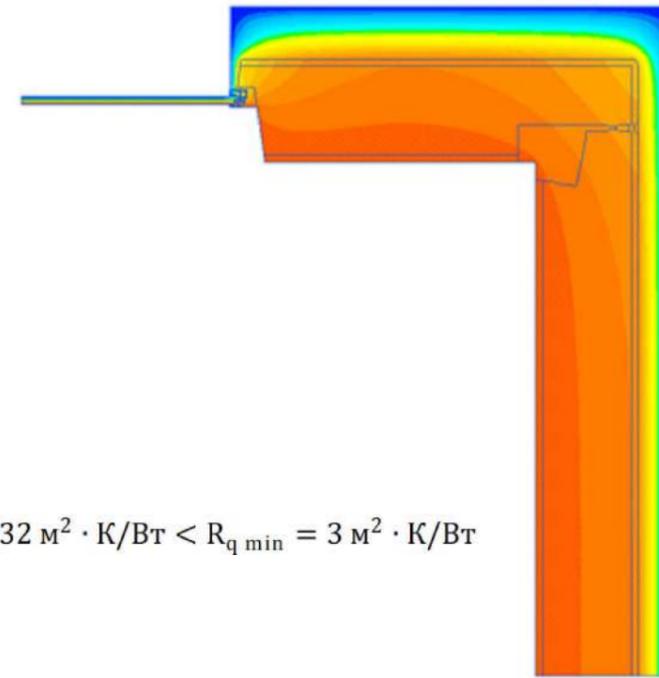
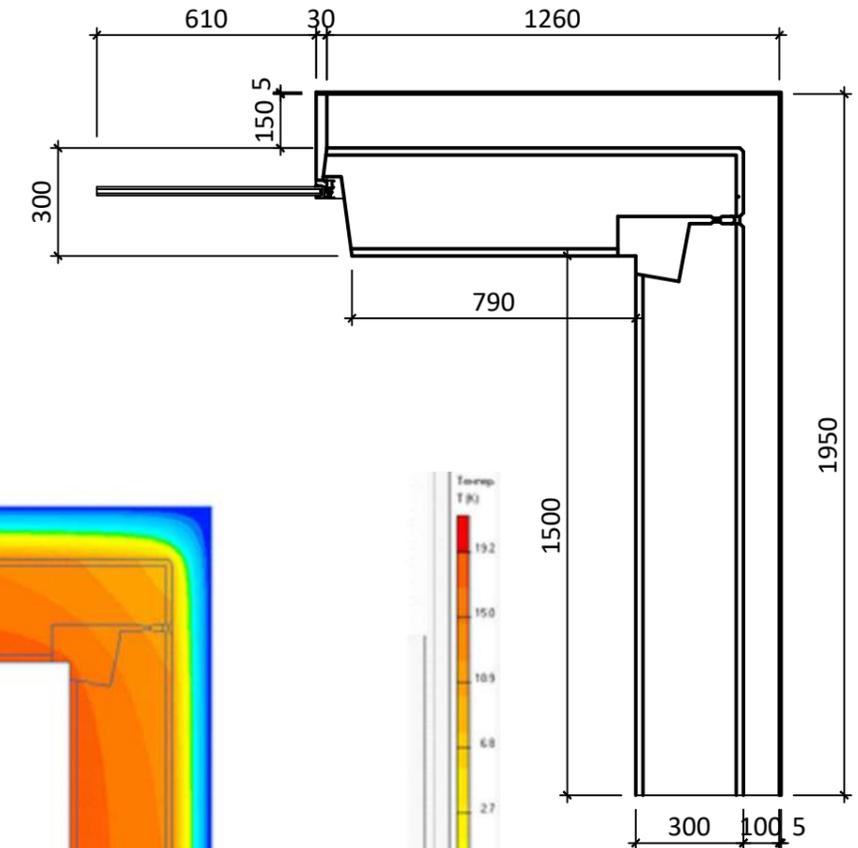
Ділянка № 4

Товщина утеплювача за теплотехнічним розрахунком



$$R_{\Sigma пр} = 2,242 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} < R_{q \text{ min}} = 3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Додаткове утеплення за комбінованим варіантом



$$R_{\Sigma пр} = 3,232 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} < R_{q \text{ min}} = 3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Висновки:

1. Приведений опір теплопередачі на ділянці стіни № 4, з товщиною утеплювача визначеною за теплотехнічним розрахунком (100 мм), менше нормованого на 32,2 %.
2. Для виконання всіх вимог теплозахисту на ділянці стіни № 4 необхідно по поздовжній стіні збільшити товщину основного утеплювача до 150 мм, утеплити частину стіни з зовнішньої сторони вікна шаром 30 мм та застосувати утеплювач з теплопровідністю на 17 % менше ніж прийнятому у теплотехнічному розрахунку (у даному випадку $\lambda_p = 0,03 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$).

						601-БМ.11393402.ДП		
						Термомодернізація житлових будинків серії 111-94		
Зм.	Кільк.	Арк.	Док.	Підпис	Дата	АНАЛІЗ ТЕПЛОЗАХИСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПАНЕЛЬНИХ СТІН БУДИНКІВ СЕРІЇ 111-94		
Розробив	Ніктенко І.Ю.					Стадія	Аркуш	Аркушів
Керівник	Юрין О.І.					МР	11	
Консультант	Юрין О.І.					Товщина панелі 300 мм. Ділянка 4.		
Н. контроль	Юрין О.І.					НУПП ім. Ю. Кондратюка		
Зав. кафедри	Семмо В.О.					Кафедра БґаЦі		

Термомодернізація житлових будинків серії 111-94

Аналіз теплозахисних властивостей панельних стін будинків серії 111-94 після термомодернізації

Товщина панелі 350 мм

Розрахункова схема



Для термомодернізації панельних стін приймаємо плити з кам'яної вати **RONTROCK MAX E** густиною $\rho_0 = 120 \text{ кг/м}^3$ теплопровідністю $\lambda_p = 0,036 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$

$$\rho_0 = 120 \text{ кг/м}^3 \text{ теплопровідністю } \lambda_p = 0,036 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$$

Ділянка № 1

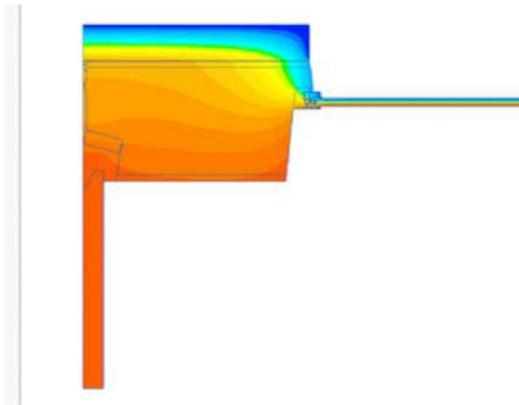
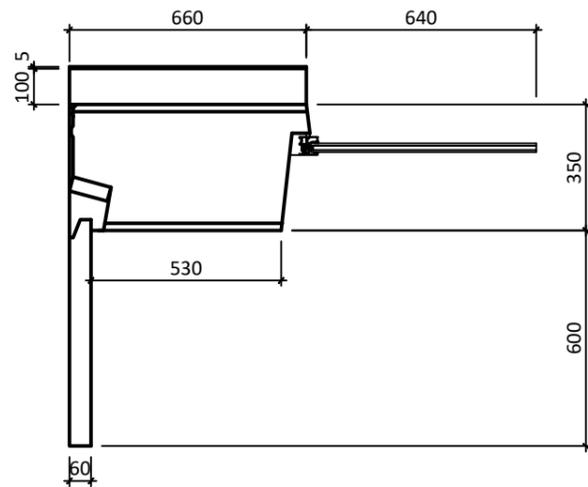
Показники теплозахисту за теплотехнічним розрахунком

$$R_{\Sigma} = 3,411 \text{ м}^2 \cdot \text{К} > R_{q,\text{min}} = 3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

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

$$\tau_{\text{в. min}} = 18,8 \text{ }^\circ\text{C} > t_p = 10,7 \text{ }^\circ\text{C}$$

Товщина утеплювача за теплотехнічним розрахунком

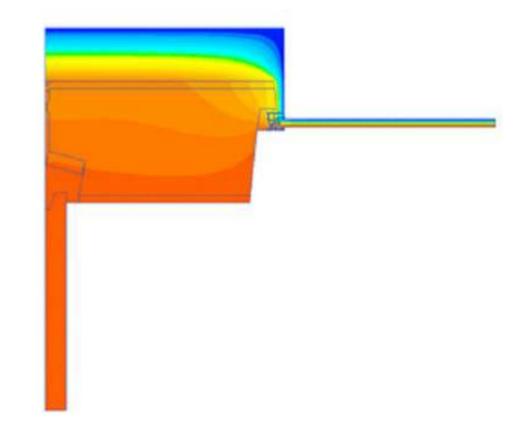
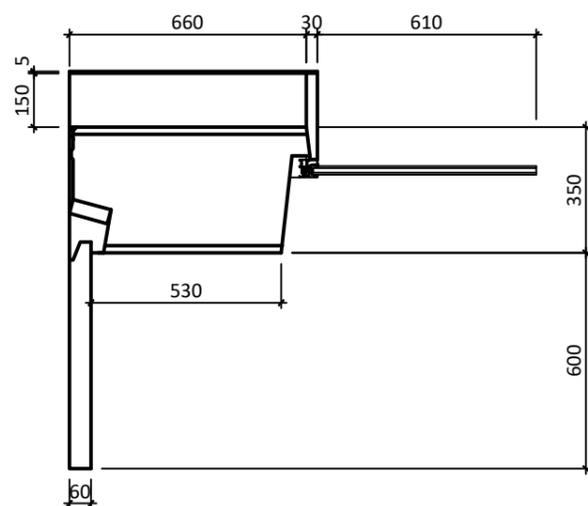


$$R_{\Sigma \text{ пр}} = 1,65 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} < R_{q \text{ min}} = 3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/В}$$

Варіанти додаткового утеплення ділянки стіни №1

Варіанти збільшення приведенного опору теплопередачі	$R_{\Sigma \text{ пр}}, \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$
Збільшення товщини утеплювача зі 100 мм до 200 мм	1,89
Утеплити відкис вікна шаром товщиною 50 мм	1,705
Утеплити частину стіни з зовнішньої сторони вікна шаром 30 мм	2,442
Збільшити товщину основного утеплювача до 150 мм, утеплити частину стіни з зовнішньої сторони вікна шаром 30 мм та застосувати утеплювач з теплопровідністю на 17 % менше ніж прийнятому у теплотехнічному розрахунку (у даному випадку $\lambda_p = 0,03 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$)	3,375

Додаткове утеплення за комбінованим варіантом



При цьому способі утеплення:

- $R_{\Sigma \text{ пр}} = 3,301 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} > R_{q \text{ min}} = 3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$;
- $\Delta t_{\text{пр}} = 1,3 \text{ }^\circ\text{C} < \Delta t_{\text{cr}} = 4 \text{ }^\circ\text{C}$;
- $\tau_{\text{в. min}} = 15,4 \text{ }^\circ\text{C} > t_p = 10,7 \text{ }^\circ\text{C}$.

Всі вимоги теплозахисту виконуються.

Висновки:

1. Приведений опір теплопередачі на ділянці стіни № 1, з товщиною утеплювача визначеною за теплотехнічним розрахунком (100 мм), менше нормованого на 50 %.
2. Для виконання всіх вимог теплозахисту на ділянці стіни № 1 необхідно збільшити товщину основного утеплювача до 150 мм, утеплити частину стіни з зовнішньої сторони вікна шаром 30 мм та застосувати утеплювач з теплопровідністю на 17 % менше ніж прийнятому у теплотехнічному розрахунку (у даному випадку $\lambda_p = 0,03 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$) всіх розглянутих способів утеплення тільки цей дозволив досягнути нормованих значень з теплозахисту, тому у подальших дослідженнях розглядався тільки він.

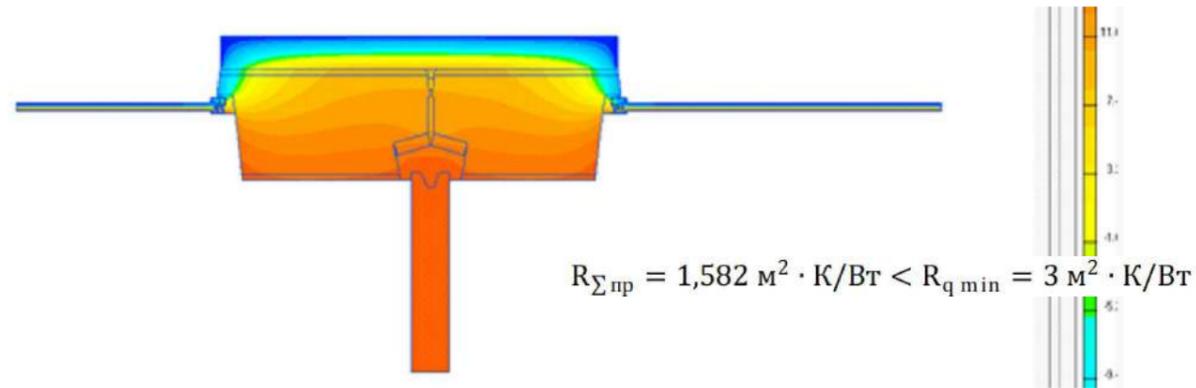
						601-БМ.11393402.ДП		
						Термомодернізація житлових будинків серії 111-94		
Зм.	Кільк.	Арх.	Док.	Підпис	Дата	АНАЛІЗ ТЕПЛОЗАХИСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПАНЕЛЬНИХ СТІН БУДИНКІВ СЕРІЇ 111-94		
Розробник	Нікітенко І.Ю.					Стадія	Аркуш	Аркушів
Керівник	Юрін О.І.					МР	12	
Консультант	Юрін О.І.					Товщина панелі 350 мм. Ділянка 1.		
Н. контроль	Юрін О.І.					НУП ім. Ю. Кондратюка		
Зав. кафедри	Семмо В.О.					Кафедра БГАЦІ		

Термомодернізація житлових будинків серії 111-94

Аналіз теплозахисних властивостей панельних стін будинків серії 111-94 після термомодернізації

Ділянка № 2

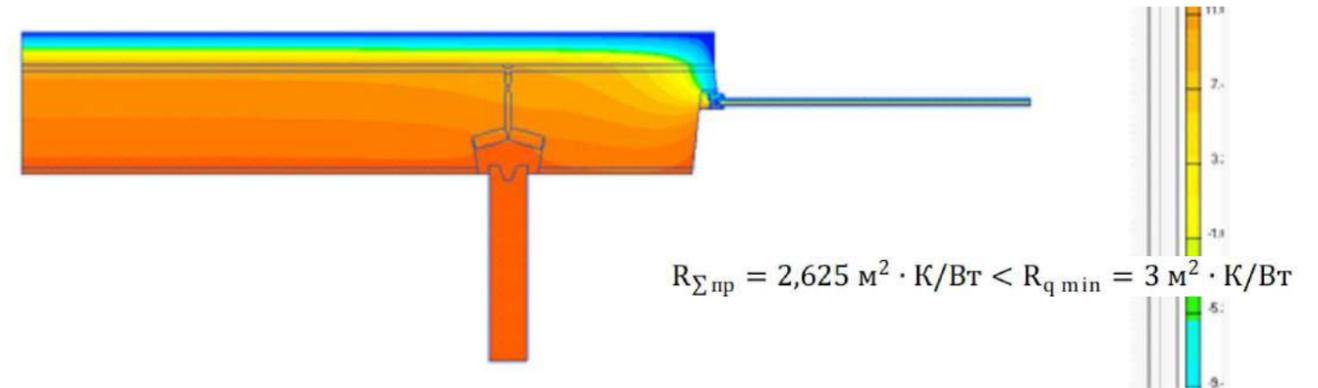
Товщина утеплювача за теплотехнічним розрахунком



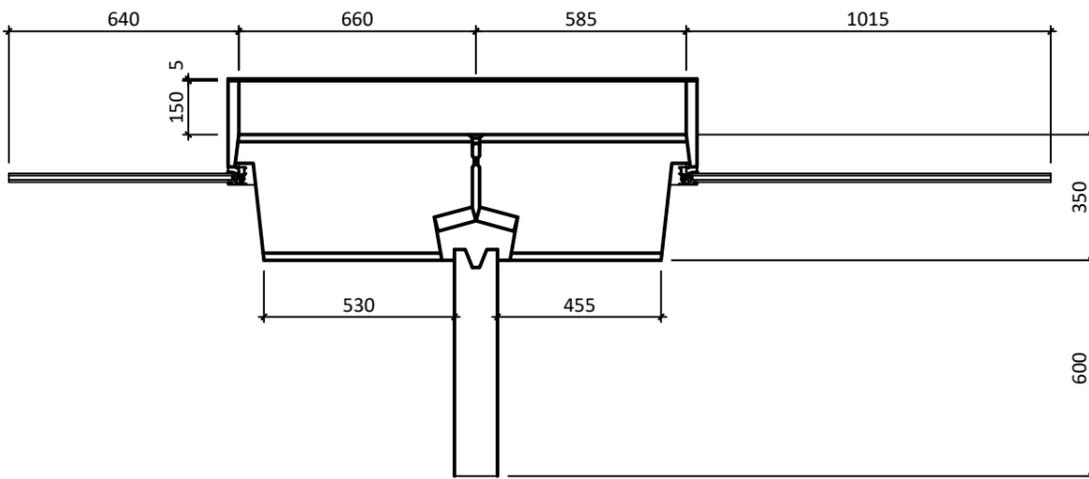
Товщина панелі 350 мм

Ділянка № 3

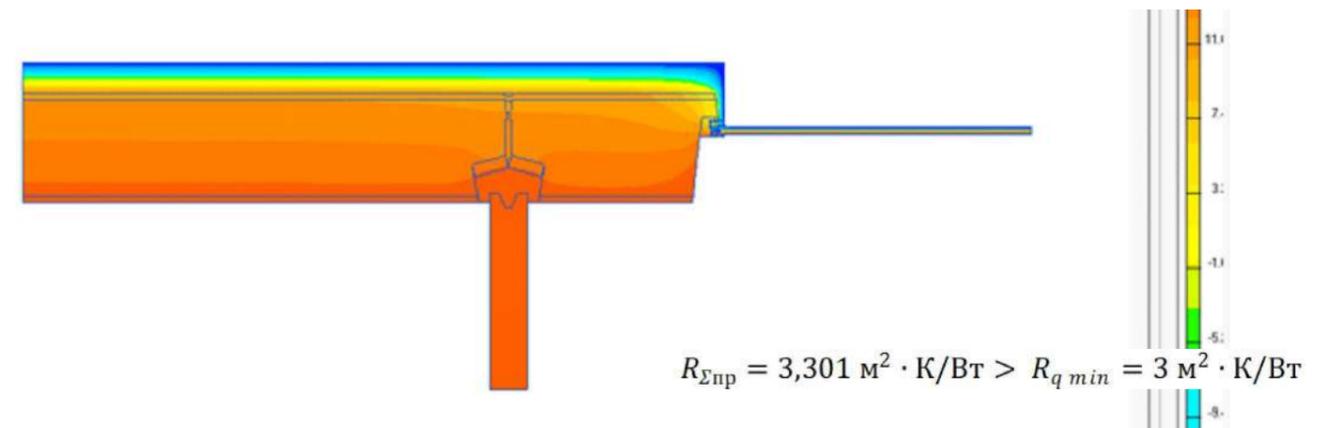
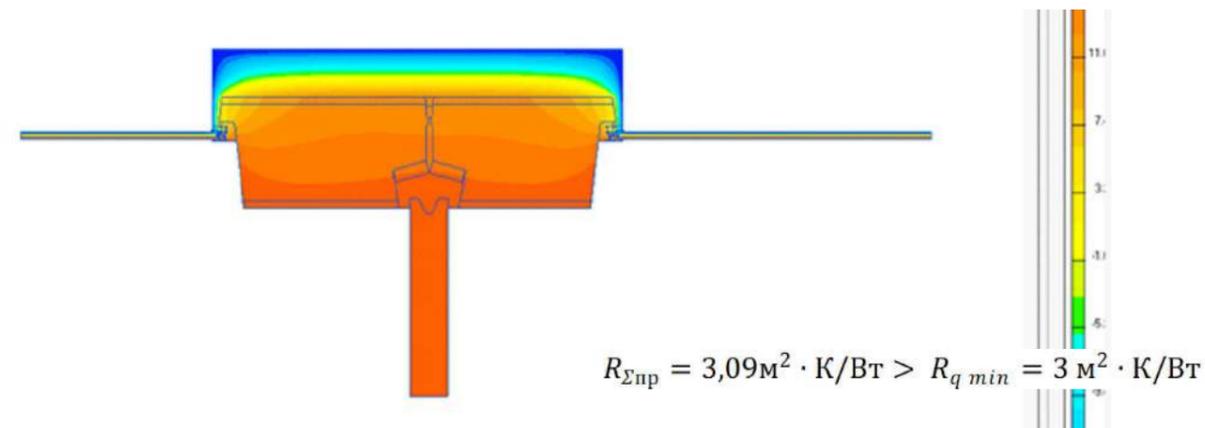
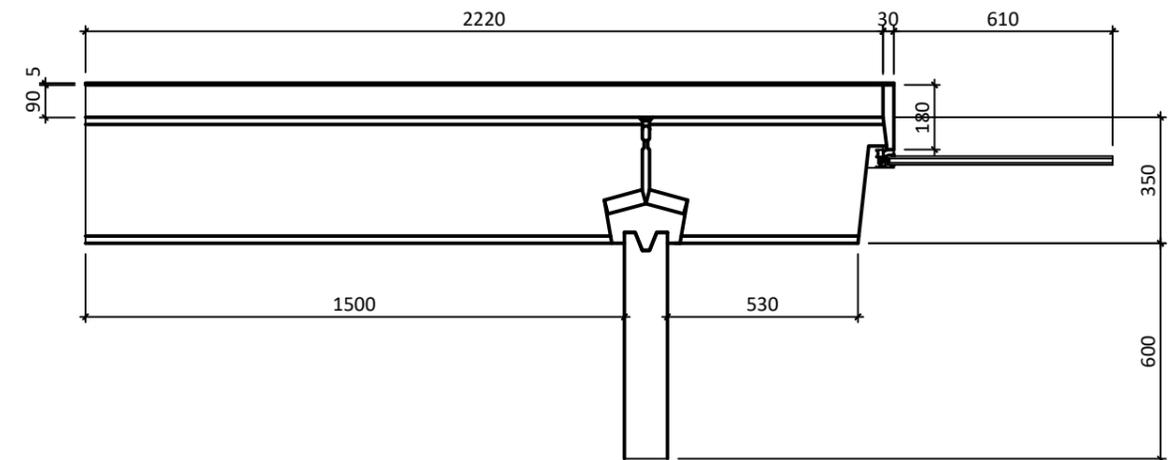
Товщина утеплювача за теплотехнічним розрахунком



Додаткове утеплення за комбінованим варіантом



Додаткове утеплення за комбінованим варіантом



Висновки:

1. Приведений опір теплопередачі на ділянці стіни № 2, з товщиною утеплювача визначеною за теплотехнічним розрахунком (100 мм), менше нормованого на 51,6 %.
2. Для виконання всіх вимог теплозахисту на ділянці стіни № 2 необхідно збільшити товщину основного утеплювача до 150 мм, утеплити частину стіни з зовнішньої сторони вікна шаром 30 мм та застосувати утеплювач з теплопровідністю на 17 % менше ніж прийнятому у теплотехнічному розрахунку

Висновки:

1. Приведений опір теплопередачі на ділянці стіни № 3, з товщиною утеплювача визначеною за теплотехнічним розрахунком (100 мм), менше нормованого на 20,9 %.
2. Для виконання всіх вимог теплозахисту на ділянці стіни № 3 необхідно утеплити частину стіни з зовнішньої сторони вікна шаром 30 мм та застосувати утеплювач з теплопровідністю на 17 % менше ніж прийнятому у теплотехнічному розрахунку (у даному випадку $\lambda_p = 0,03 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$) та зменшити його товщину до 90 мм.

						601-БМ.11393402.ДП		
						Термомодернізація житлових будинків серії 111-94		
Зм.	Кільк.	Арк.	Док.	Підпис	Дата	АНАЛІЗ ТЕПЛОЗАХИСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПАНЕЛЬНИХ СТІН БУДИНКІВ СЕРІЇ 111-94		
Розробник	Нікітенко І.Ю.					Стадія	Аркуш	Аркушів
Керівник	Юрין О.І.					МР	13	
Консультант	Юрין О.І.					Товщина панелі 350 мм. Ділянка 2 та 3.		
Н. контроль	Юрין О.І.					НУП ім. Ю. Кондратюка		
Зав. кафедри	Семмо В.О.					Кафедра БґаЦі		

Термомодернізація житлових будинків серії 111-94

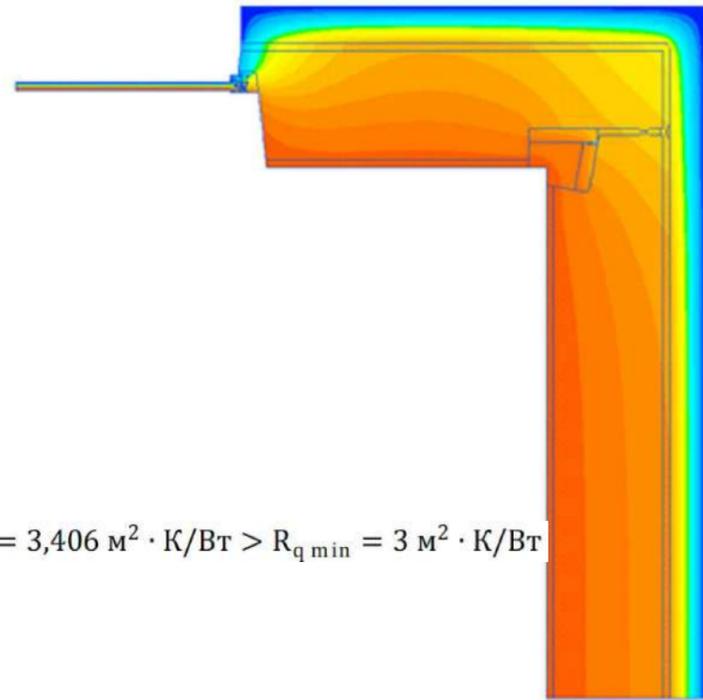
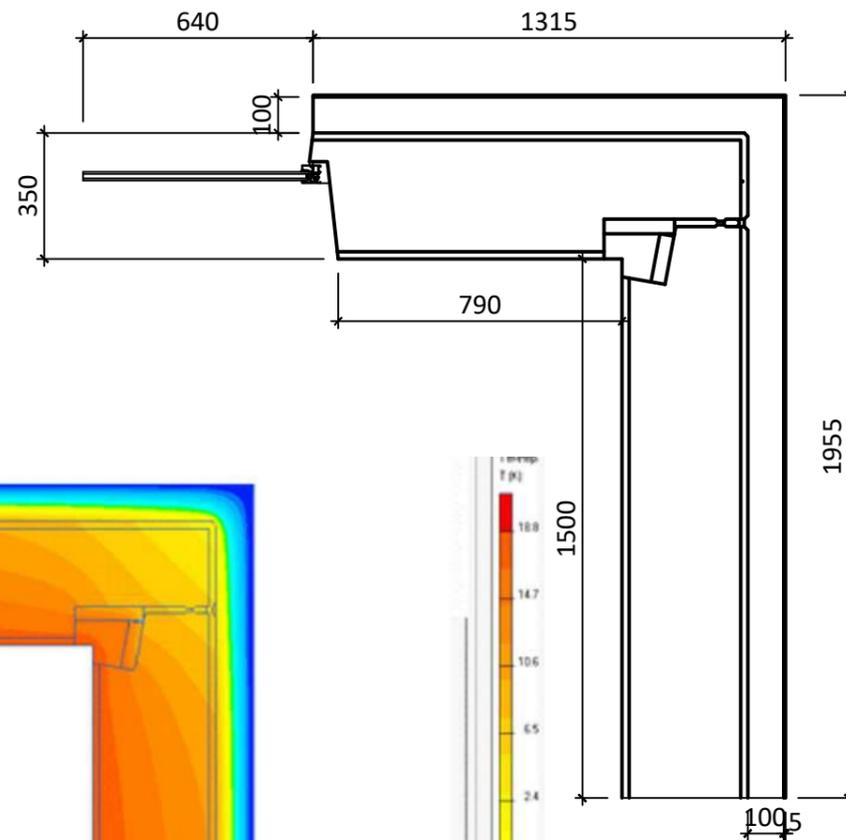
Аналіз теплозахисних властивостей панельних стін будинків серії 111-94 після термомодернізації

Товщина панелі 350 мм

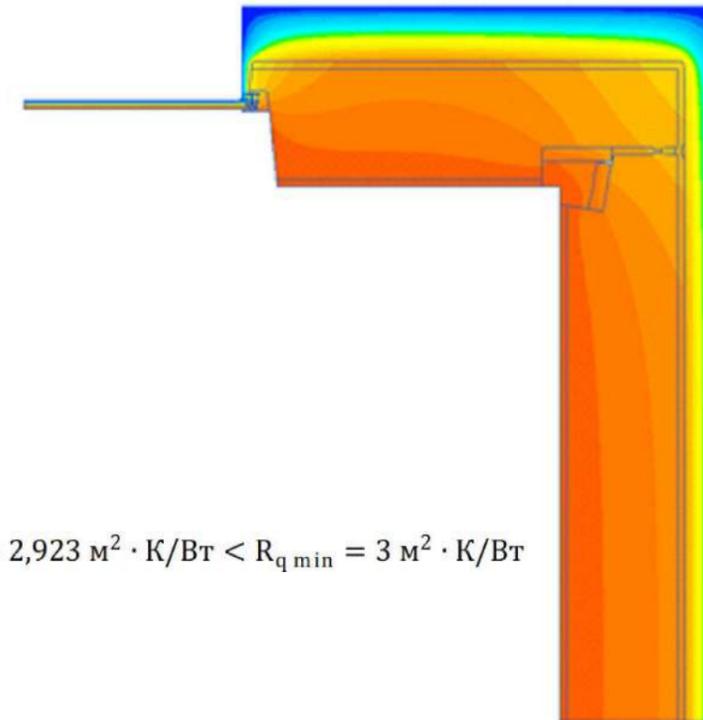
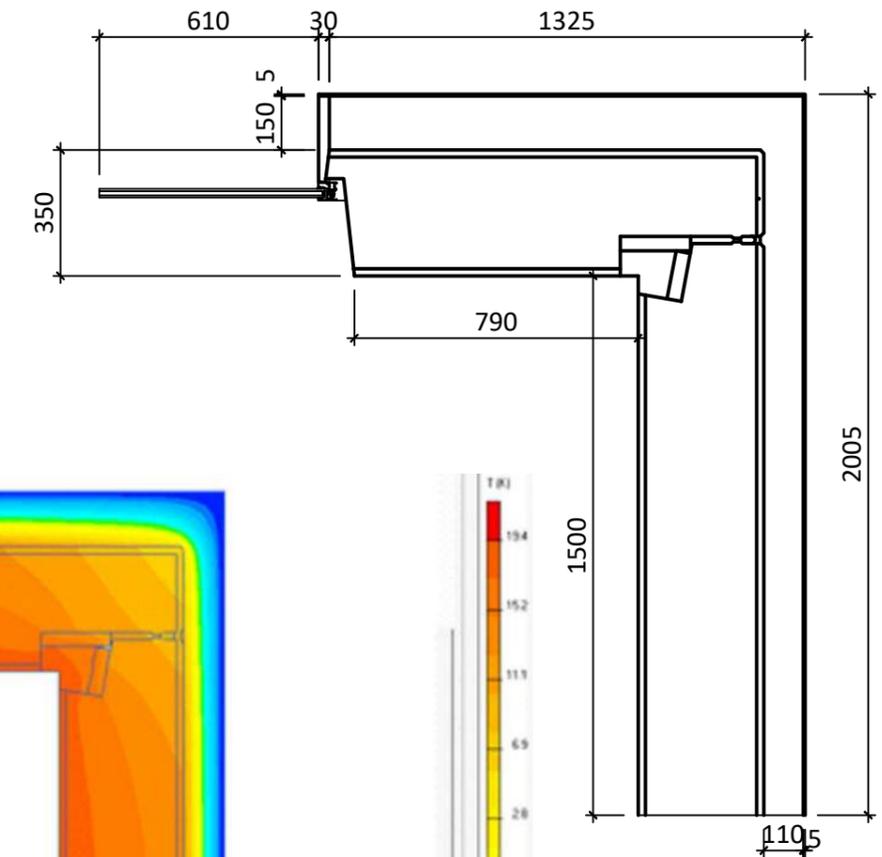
Ділянка № 4

Товщина утеплювача за теплотехнічним розрахунком

Додаткове утеплення за комбінованим варіантом



$$R_{\Sigma пр} = 3,406 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} > R_{q \text{ min}} = 3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$



$$R_{\Sigma пр} = 2,923 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} < R_{q \text{ min}} = 3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

ВИСНОВКИ ПО РОЗДІЛУ 3

Висновки:

1. Не врахування теплопровідних включень (стик панелей та відкос вікна) приводить до завищення приведенного опору теплопередачі ділянки стіни № 4 на 30,8 %.
2. Для виконання всіх вимог теплозахисту на ділянці стіни № 4 необхідно збільшити товщину основного утеплювача по торцевій стіні до 110 мм а по поздовжній до 150 мм, утеплити частину стіни з зовнішньої сторони вікна шаром 30 мм та застосувати утеплювач з теплопровідністю на 17 % менше ніж прийнятому у теплотехнічному розрахунку (у даному випадку $\lambda_p = 0,03 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$).

1. Якщо при термомодернізації панельних будинків серії 111-94 визначати товщину додаткового утеплювача без урахування впливу теплопровідних включень на приведений опір теплопередачі то він виявляється менше нормованого на 20%-65%.
2. Для виконання нормативних вимог необхідно: збільшити товщину утеплювача на поздовжній стіні на 50 %, а по торцевій на 10 %.
3. По торцевій стіні між вікнами прийняти товщину утеплювача 150 мм.
4. утеплити відкоси вікна з зовнішньої сторони шаром товщиною 30 мм.
5. Застосувати утеплювач з теплопровідністю на 17 % менше ніж у теплотехнічному розрахунку де не враховуються теплопровідні включення.

						601-БМ.11393402.ДП		
						Термомодернізація житлових будинків серії 111-94		
Зм.	Кільк.	Арк.	Док.	Підпис	Дата	АНАЛІЗ ТЕПЛОЗАХИСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПАНЕЛЬНИХ СТІН БУДИНКІВ СЕРІЇ 111-94		
Розробник	Нікітченко І.Ю.					Стадія	Аркуш	Аркушів
Керівник	Юрін О.І.					МР	14	
Консультант	Юрін О.І.					Товщина панелі 350 мм. Ділянка 4.		
Н.контроль	Юрін О.І.					НУПП ім. Ю. Кондратюка		
Зав.кафедри	Семмо В.О.					Кафедра БГАЦІ		

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Навчально-науковий інститут архітектури, будівництва та землеустрою

Кафедра будівництва та цивільної інженерії

Пояснювальна записка

до дипломної роботи магістра

на тему «Термомодернізація житлових будинків серії 111-94».

Виконав: студент 6 курсу, 601-БМ групи
за спеціальністю

192 Будівництво та цивільна інженерія

Нікітенко Іван Юрійович

Керівник: Юрін О.І.

Полтава – 2024 року

ЗМІСТ

1. ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ З ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ ПАНЕЛЬНИХ СТІН ВИКОНАНИХ ВІТЧИЗНЯНИМИ ТА ЗАКОРДОННИМИ АВТОРАМИ. ..	6
1.1. Дослідження закордонних та вітчизняних авторів по темі МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ	7
1.2. МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ У ПРОГРАМІ ELCUT	26
ВИСНОВКИ ПО РОЗДІЛУ 1	29
2. АНАЛІЗ ТЕПЛОЗАХИСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПАНЕЛЬНИХ СТІН БУДИНКІВ СЕРІЇ 111-94	30
2.1. Визначення опору теплопередачі стінової панелі товщиною 300 мм	32
2.2. Теплозахисні властивості панелі товщиною 300 мм з урахуванням теплопровідних включень	34
2.2.1 Ділянка №1	35
2.2.2 Ділянка №2.....	38
2.2.3 Ділянка №3.....	40
2.2.4 Ділянка №4.....	43
2.3. Визначення опору теплопередачі стінової панелі товщиною 350 мм	45
2.4. Теплозахисні властивості панелі товщиною 300 мм з урахуванням теплопровідних включень	48
2.4.1 Ділянка №1	49
2.4.2 Ділянка №2.....	52
2.4.3 Ділянка №3.....	55
2.4.4 Ділянка №4.....	57
2.5. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОЗАХИСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СТІНОВИХ ПАНЕЛЕЙ БУДИНКІВ СЕРІЇ 111-94	60

					601-БМ. 11393402.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Нікітенко І. Ю.			Термомодернізація житлових будинків серії 111-94	Стадія	Арк.	Аркцшів
Перевір.		Юрін О.І.					2	109
Консульт.		Юрін О.І.				НУПП ім. Юрія Кондратюка Кафедра БтаЦІ		
Н. Контр.		Юрін О.І.						
Затверд.		Семко О.В.						

ВИСНОВКИ ПО РОЗДІЛУ 2	62
3. АНАЛІЗ ТЕПЛОЗАХИСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПАНЕЛЬНИХ СТІН БУДИНКІВ СЕРІЇ 111-94 ПІСЛЯ ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ.....	63
3.1. ВИЗНАЧЕННЯ ТОВЩИНИ УТЕПЛЮВАЧА НЕОБХІДНОЇ ДЛЯ ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ СТІНОВОЇ ПАНЕЛІ ТОВЩИНОЮ 300 ММ.....	64
3.2. ТЕПЛОЗАХИСНІ ВЛАСТИВОСТІ ПАНЕЛІ ТОВЩИНОЮ 300 ММ З УРАХУВАННЯМ ТЕПЛОПРОВІДНИХ ВКЛЮЧЕНЬ ПІСЛЯ ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ	66
3.2.1 Ділянка №1.....	68
3.2.2 Ділянка №2.....	71
3.2.3 Ділянка №3.....	74
3.2.4 Ділянка №4.....	77
3.3. ВИЗНАЧЕННЯ ТОВЩИНИ УТЕПЛЮВАЧА НЕОБХІДНОЇ ДЛЯ ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ СТІНОВОЇ ПАНЕЛІ ТОВЩИНОЮ 350 ММ.....	81
3.4. ТЕПЛОЗАХИСНІ ВЛАСТИВОСТІ ПАНЕЛІ ТОВЩИНОЮ 350 ММ З УРАХУВАННЯМ ТЕПЛОПРОВІДНИХ ВКЛЮЧЕНЬ ПІСЛЯ ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ	83
3.4.1 Ділянка №1.....	85
3.4.2 Ділянка №2.....	88
3.4.3 Ділянка №3.....	91
3.4.4 Ділянка №4.....	94
ВИСНОВКИ ПО РОЗДІЛУ 3	99
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	100
ЛІТЕРАТУРА	101

					601-БМ. 11393402.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		3

1. ВСТУП

Актуальність теми.

Економія енергетичних ресурсів є однією з важливих задач всіх країн світу. Для України це питання, у зв'язку з руйнуванням енергетичних об'єктів внаслідок військових дій, є взагалі першочерговою задачею.

Основним споживачем енергетичних ресурсів є промисловість. Але на комунальне господарство припадає значна частина цих ресурсів. Пов'язано це з тим, що у більшості будинків споруджених у 20-му сторіччі опір теплопередачі огорожувальних конструкцій дуже низький і не відповідає сучасним нормам з теплозахисту.

Особливо великі втрати теплової енергії відбуваються крізь огорожувальні конструкції панельних будівель. Пов'язано це з тим, що на домобудівних заводах допускалося відхилення у технологічному процесі при виготовленні панелей. Густина матеріалу з якого виготовлялися панелі завищувалася, що приводило до зниження їх теплозахисних властивостей.

При монтажі панелей стики виконувалися з відхиленням від проектних пропозицій. Замість улаштування в стику шару утеплювача та заповнення його порожнини легким бетоном, порожнина стика заповнювалася цементно піщаним розчином або важким бетоном.

Стик плит у порожнині не проклеювався рулонним матеріалом внаслідок чого холодне повітря крізь тріщини між панелями проникало у стик.

Все це приводило до зниження опору теплопередачі у зоні стика та зниження температури на внутрішній поверхні огороження. Це у свою чергу приводило до появи плісняви та грибка на цій поверхні, підвищення вологості матеріалу панелі у зоні стика.

Із всіх існуючих конструкцій стін панельні будинки мали найменший опір теплопередачі. Тому термомодернізація цих стін є актуальною задачею для країни.

					601-БМ. 11393402.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		4

Зв'язок роботи з науковими програмами

Виконана магістерська робота має зв'язок з одним із напрямків наукових досліджень, що виконуються на кафедрі, зокрема з двома держбюджетними темами.

Метою роботи є дослідження теплозахисних властивостей панельних стін житлових будинків серії 111-94, та розробка пропозицій п їх термомодернізації.

Задачі дослідження:

- аналіз досліджень з термомодернізації панельних стін житлових будинків виконаних вітчизняними та закордонними дослідниками;
- аналіз теплозахисних властивостей.
- Розробка пропозицій по приведенню теплозахисних властивостей стін панельних будинків серії 111-94 до вимог норм.

Об'єкт дослідження: теплозахисні властивості стиків стінових панелей житлових будинків серії 111-94.

Методи дослідження:

- теплотехнічні розрахунки.
- розрахунки температурних полів зон стиків стінових панелей житлових будинків серії 111-94

Наукова новизна.

Запропоновані схеми утеплення стиків стінових панелей житлових будинків серії 111-94

Обсяг та структура роботи. Робота складається з 14 плакатів, пояснювальної записки на 109 сторінках, списку з 82 літературних джерел. Основний текст роботи містить вступ, три розділи та висновки.

					601-БМ. 11393402.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		5

**РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ З
ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ ПАНЕЛЬНИХ СТІН ВИКОНАНИХ
ВІТЧИЗНЯНИМИ ТА ЗАКОРДОННИМИ АВТОРАМИ**

					601-БМ. 11393402.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		6

1.1. Дослідження закордонних та вітчизняних авторів по темі магістерської роботи

Фоц, А. В. [1]

Стаття висвітлює проблеми термомодернізації огорожувальних конструкцій житлових будинків. Вказується, за вона сприяє підвищенню енергоефективності житлового фонду країни. В статті наводяться напрямки підвищення енергоефективності житлового фонду. Автор виконав розрахунки тепловтрат крізь огорожувальні конструкції п'ятиповерхових житлових будинків. Порівняв їх теплозахисні властивості до термомодернізації та після. Розрахунки виконані для огорожень різної конструктивної схеми. Автор виконав оцінку теплозахисних якостей до та після термомодернізації.

Очеретний, В. П., А. С. Бойко [2]

Автор зазначає, що одною з проблем економіки України є житловий сектор. Автор оцінює житлово-комунальний сектор як кризовий. Пов'язане це зі значною зношеністю фондів та нестачею коштів на впровадження енергоощадних технологій.

Автор зазначає, що 80 % житлового фонду складається з великопанельних будинків перших масових серій. Вони мають значні недоліки в конструктивному відношенні. Конструкції не відповідають сучасним вимогам. Їх теплозахисні властивості значно менші за нормативні значення.

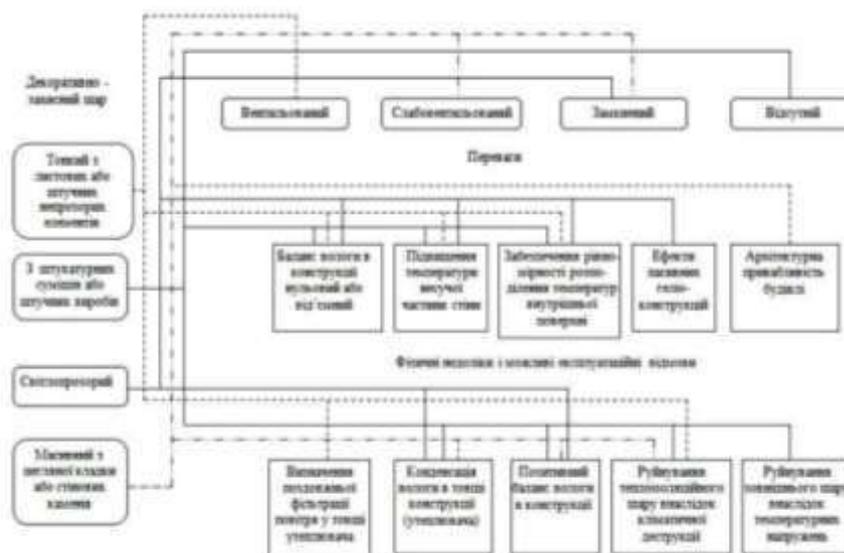


Рис. 1.1 - Характеристики зовнішніх стін

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

За результатами досліджень автори роблять висновки, що найбільший проведений опір теплопередачі вузла примикання вікна до стіни відбувається при розташуванні вікна на відстані 250 мм від зовнішньої поверхні цегляних стін, та 150 мм для панельних стін, і 250 мм блочних стін. У панельних і блочних стінах існує можливість теплової відмови вузла примикання.

Щоб уникнути зволоження зони примикання вікон до панельних і блочних стін, необхідно застосовувати спеціальні конструктивні рішення. Найбільш ефективним є утеплення відкосів з зовнішньої сторони.

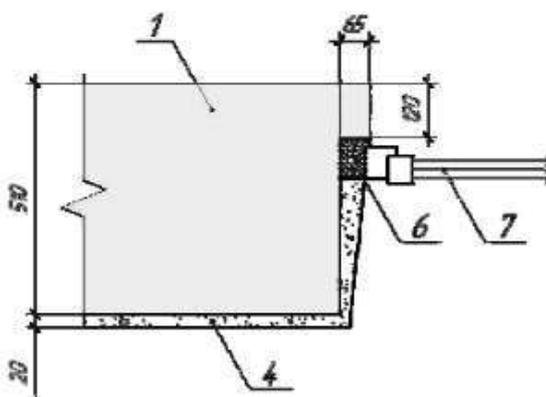


Рис. 1.2 – Конструкція цегляних стін

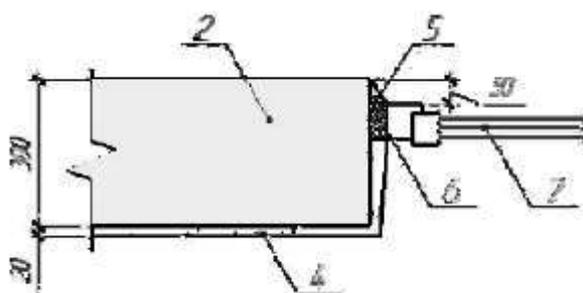


Рис. 1.3 – Конструкція панельних стін

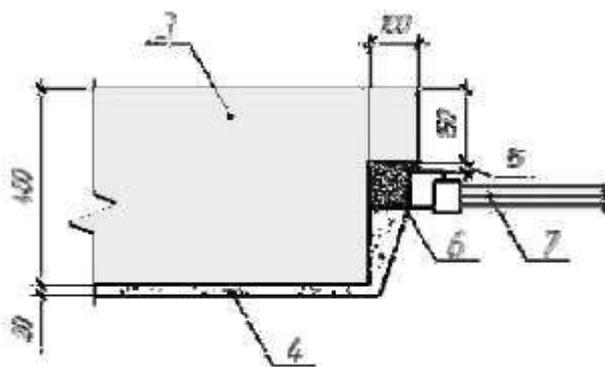


Рис. 1.4 – Конструкція блочних стін

Сердюк, В. Р. [5]

Утримання житлових будинків у належному стані потребує значних коштів. Вартість енергії, яка йде на опалення будинків становить близько 10,0 % від ВВП країни. У своїх дослідженнях автор приводить питому вагу будинків, що були збудовані у 1960—1980 років. Він аналізує величину опору теплопередачі стін. Автор стверджує, що опір теплопередачі огорожень цих будинків в 3 рази менший ніж нормативні значення.

Наведений аналіз нормативних документів пов'язаних з термомодернізацією житлових будинків. Показує, що реалізація нормативних положень ускладнюється через недостатність державного фінансування. Автор наводить недоліки законодавства, яке гальмувало термомодернізацію. Він показує, що будівництва житла в Україні в декілька разів менші за сусіді країни, тому термомодернізація зменшення споживання енергії, збільшує термін використання застарілого житлового фонду. Наведені способи утеплення зовнішніх стін. Запропоновано уточнення положень законодавства.

Європейська директива 2010/31/EU з 31 грудня 2020 року передбачає будівництво будинків з класом «А». Це майже нульові втрати енергії. Україна інтегрує свою нормативної бази до вимог ЄС. Тому на першому етапі необхідний перехід від класу енергоефективності «С» до класу «В», а в подальшому і до класу «А».

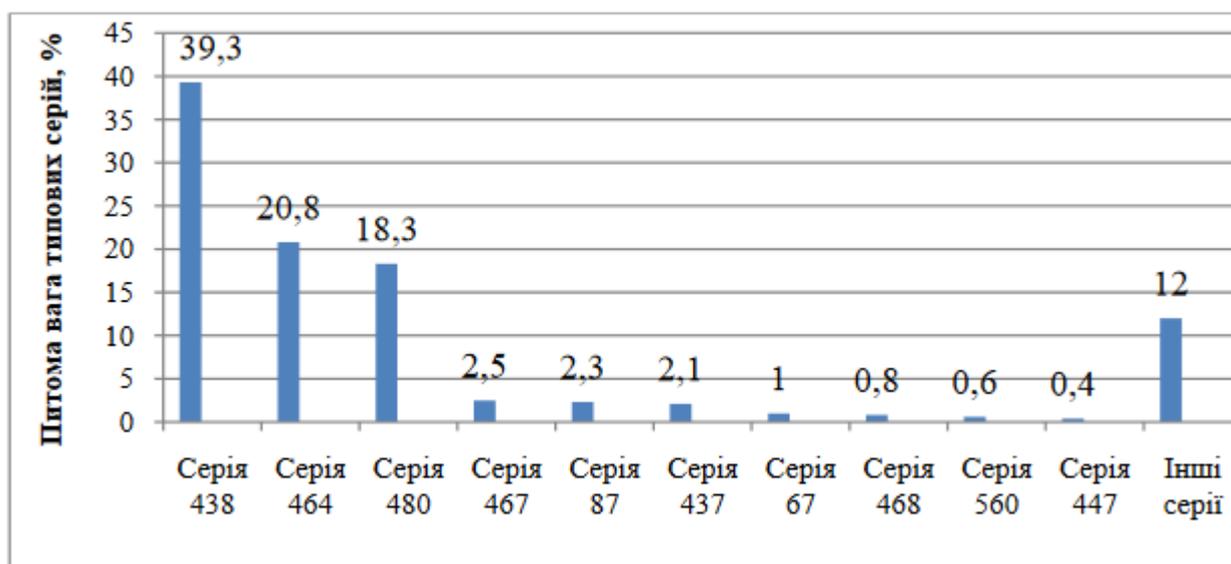


Рис. 1.6 – Питома вага житлового фонду будинків різних серій.

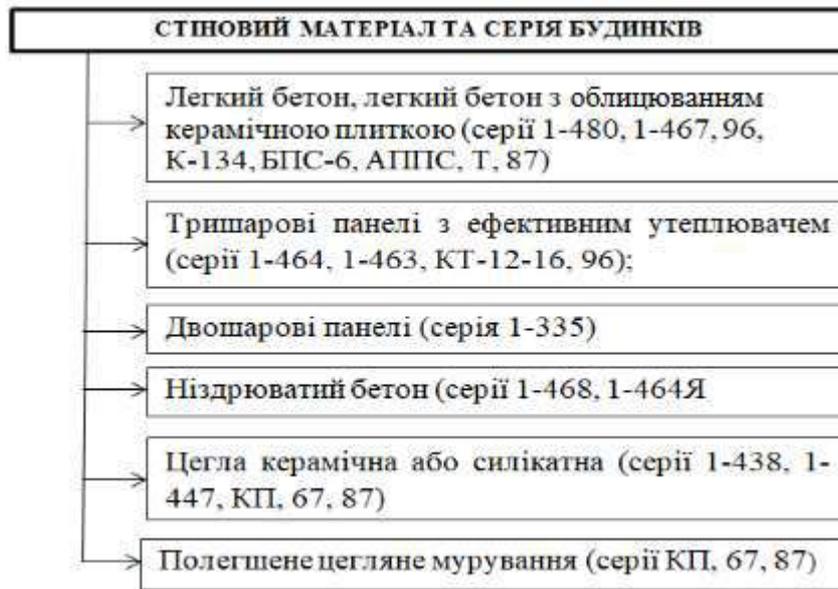


Рис. 1.7 – Матеріал стін будинків різних серій.

Тип огороження	Товщина, мм	Опір теплопередачі, (м ² · К)/Вт
Зовнішні стіни з легкого бетону	300	0,74
	350	0,83
Тришарові панелі з ефективним утеплювачем	300	0,80
	350	0,90
Двошарові панелі	350	0,70
Ніздрюватий бетон	250	0,73
	300	0,84
Цегла керамічна, цегла силікатна густиною 1400...1650 кг/м ³	380	0,78
	510	1,00
Цегла керамічна, цегла силікатна густиною більше 1650 кг/м ³	380	0,63
	510	0,79
Полегшене цегляне мурування густиною менше 1400 кг/м ³	380	0,89

Рис. 1.8 – Опір теплопередачі стін будинків різних серій.



Рис. 1.9 – Утеплення будинків.



Рис. 1.10 – Термомодернізовані будинки.

Т.А.ГАЛІНСЬКА, Д.М.ОВСІЙ [6]

Автори проаналізували варіанти утеплення житлових будинків 1960-1980 років з використанням опоряджувального шару зі штукатурки.

Виконано розрахунки втрат теплової енергії крізь зовнішні стіни житлових будинків до і після їх термомодернізації. Дана оцінка ефективності термомодернізації зовнішніх стін житлових будинків типових серій. Визначена вартість тепловтрат за рік. Визначено терміни за який інвестиційні витрати на проведення термомодернізації окупляться.





Рис. 1.11 – Конструктивні рішення зовнішніх стін: а) цегляний за серією I-447; б) панельний за серією I-464; в) крупноблочний за серією I-510.

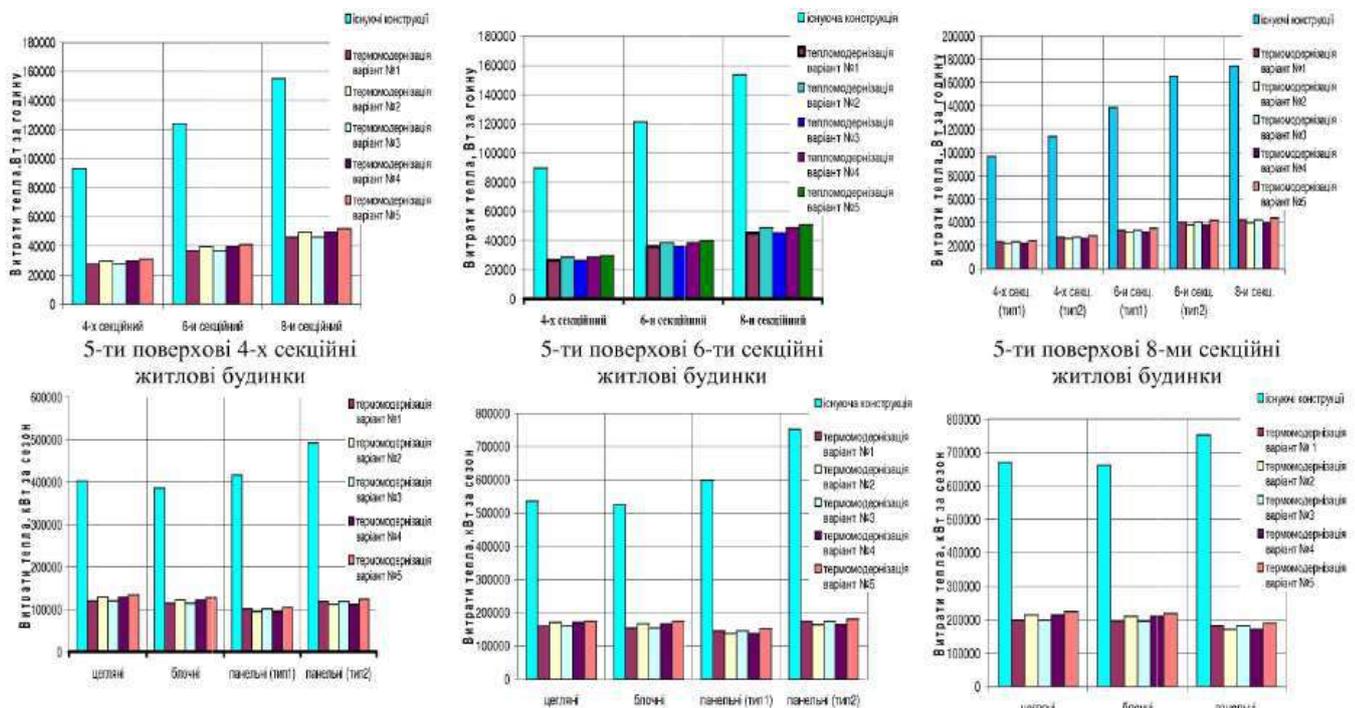


Рис. 1.12 – Тепловтрати в залежності від конструкції стін

Немировський, Ілля Абрамович, О. В. Булгаков [7]

На основі виконаних досліджень автори роблять наступні висновки. Термомодернізація огорожувальних конструкцій будівель це основний спосіб зниження енерговитрат у житловому господарстві. Вони зазначають, що підвищення енергоефективності дозволяє:

1. знизити обсяги споживання енергії у зимовий період та зменшити підходження тепла у приміщення у літній період;

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

2. поліпшити комфортні умови у приміщеннях,;
3. поліпшити вигляд фасадів будівель.
4. зменшити викиди CO₂ у навколишнє середовище;
5. оздоблення фасадів будівель сучасними матеріалами зменшить вплив навколишнього середовища на будівлю, збільшить терміну її експлуатації та кошти, що витрачають на її ремонт.

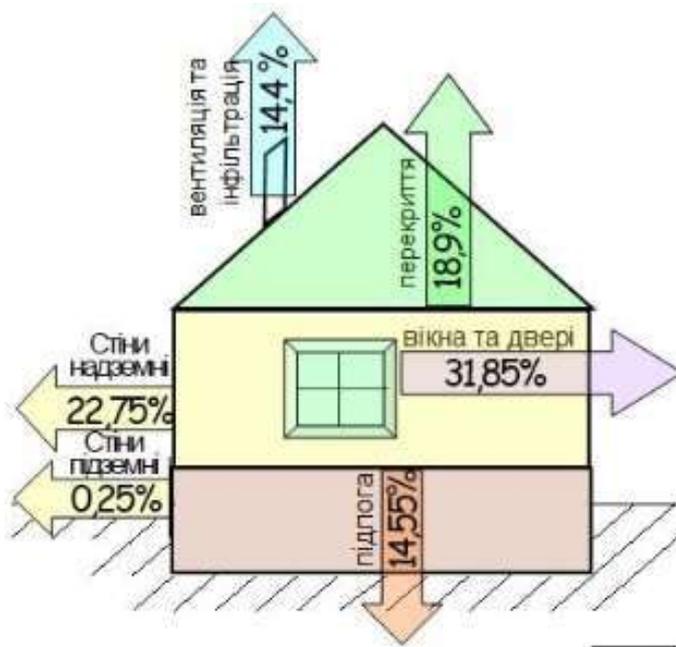


Рис. 1.13 – Втрати тепла крізь огорожувальні конструкції

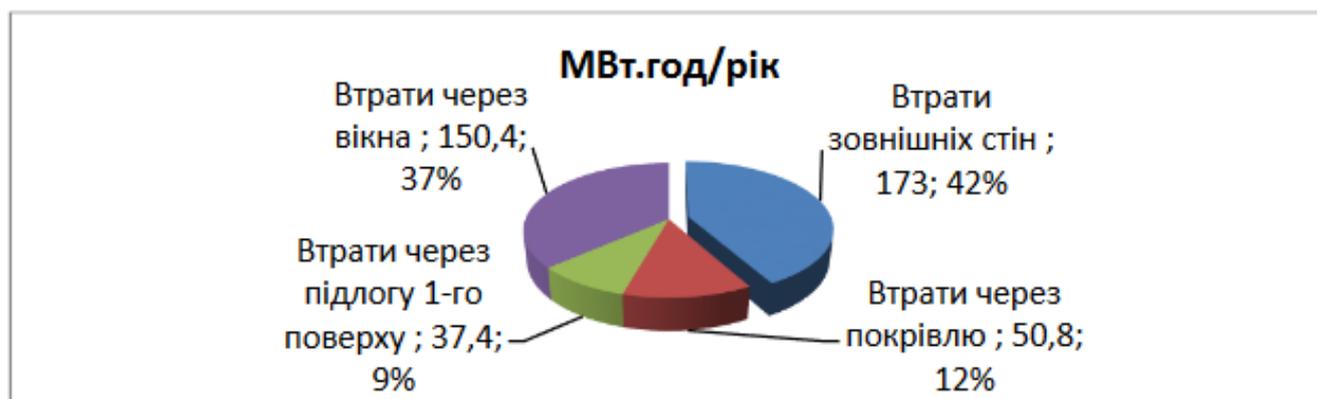


Рис. 1.14 – Втрати тепла крізь огорожувальні конструкції цегляних будинків збудованих у 1960-1980 роки

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

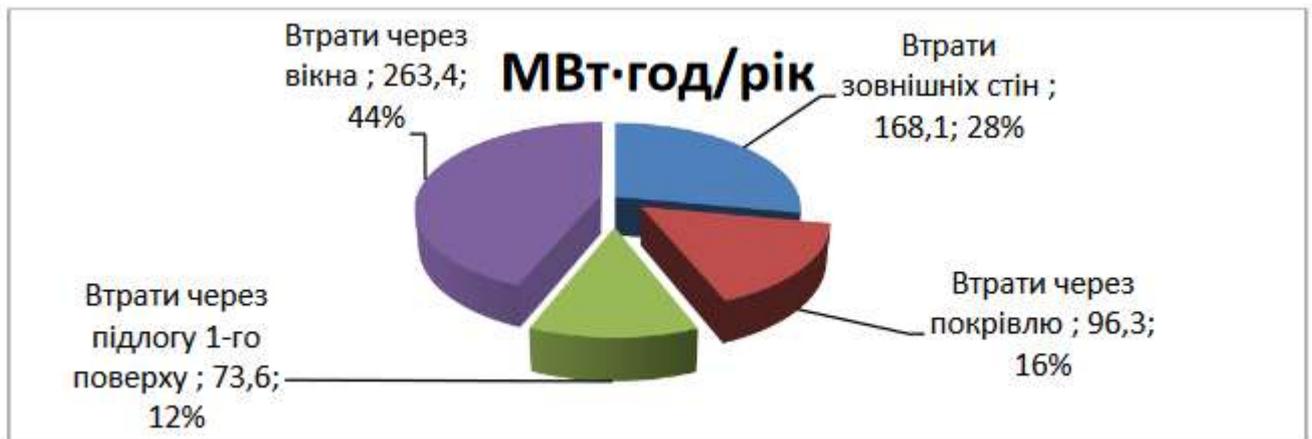


Рис. 1.15 – Втрати тепла крізь огорожувальні конструкції панельних будинків збудованих у 1960-1980 роки

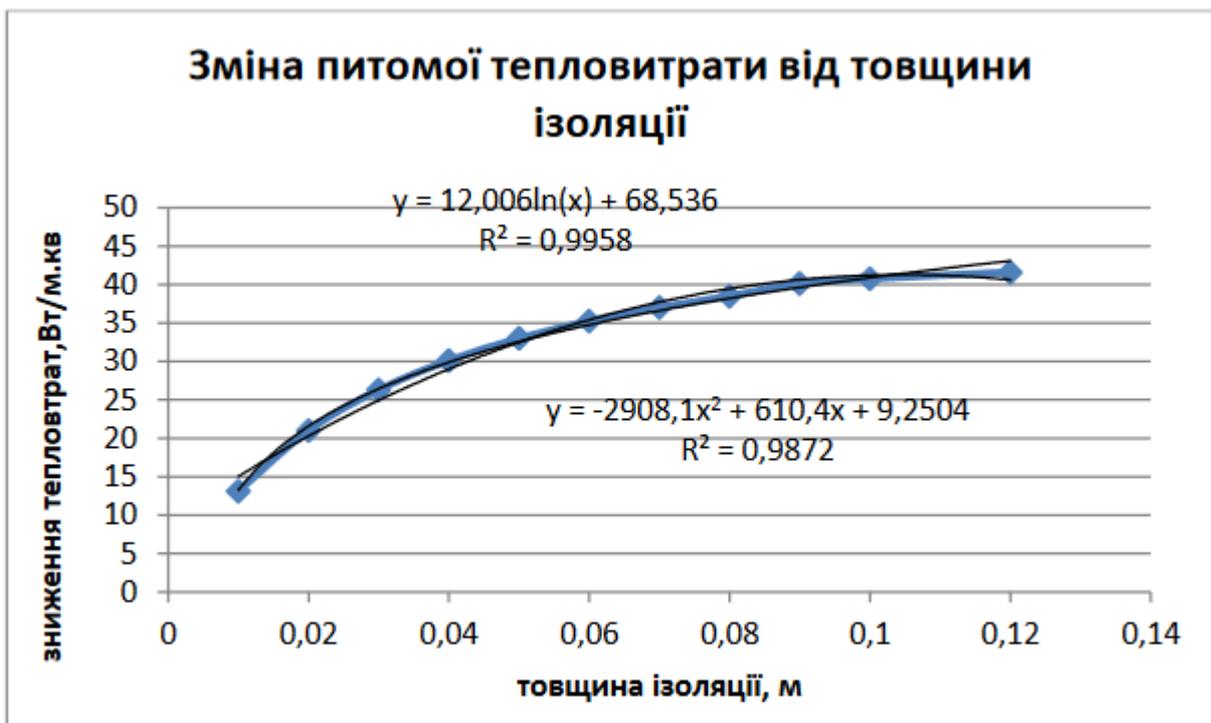


Рис. 1.15 – Зміни величини тепловтрат при збільшенні товщини утеплювача в цегляних та панельних стінах

Сердюк, Т., С. Франишина. [8]

В статті досвід закордонних країн в реновації житлових будинків. Програми реновації в різних країнах відрізняються. Реновації в Україні практично не проводиться через відсутність нормативної бази. В наш час заходи з реновації лише відпрацьовується. За статистичними даними близько 70% будинків, побудовано в 60-

80 роки минулого століття. Це вимагає оновлення житла з використанням досвіду інших країн, які можуть бути використані в Україні.

№ n/n	Тип огорожувальної конструкції стіни	Товщина стіни, мм	Опір теплопередачі, $m^2 K / Вт$
1	З легкого бетону	300...350	0,74...0,83
2	Тришарові панелі з ефективним утеплювачем	300...350	0,8...0,9
3	Двошарові панелі	350	0,7
4	Ніздрюватий бетон	300...350	0,74...0,84
5	Цегла керамічна, силікатна густиною 1400-1650 кг/м ³	380...510	0,78...1
6	Цегла керамічна, силікатна густиною більше 1650 кг/м ³	380...510	0,63...0,79
7	Полегшене цегляне мурування густиною менше 1400 кг /м ³	380	0,89

Рис. 1.16 – Опір теплопередачі стін з різного матеріалу

№ п/п	Оцінка задоволення житловими умовами	Великі міста	Малі міста	Сільська місцевість
1	Дуже не задоволені	1,9	2,9	4,1
2	Не задоволені	7,6	9,6	14,8
3	Не дуже задоволені	23,3	28,1	30,2
4	Задоволені	64,5	58,1	48,9
5	Дуже задоволені	2,7	1,3	2

Рис. 1.16 – Розподіл житла за ступенем задоволення проживання в ньому



Рис. 1.17 – Основні способи утеплення стін

Сунак, П. О. [9]

Автором проаналізований досвід модернізації житлових будівель у закордонних країнах та заходи з енергозбереження.

У статті автор робить висновки, що не зважаючи на економічну ситуацію, необхідність забезпечення житлом переміщених великий відсоток зруйнованого житла не можна забувати про модернізацію житлового.

Враховуючи, що значна частина житлового фонду не відповідають сучасним вимогам до енергозбереження, необхідно впроваджувати світовий досвід з модернізації житлових будинків.

Аналіз закордонного досвіду у модернізації житлових будівель показав, що ефективність від заходів підвищується при об'єднанні багатоваріантного рішення з енергозбереження по кожній будівлі. При цьому, є можливість як покращення архітектурного рішення так і уникнення, проблем з відселення мешканців.

Модернізація житла повинна починатись з утеплення огорожувальних конструкцій і закінчуватись заходами з використання альтернативних джерел енергії.



Рис. 1.18 – Відсоток панельних будинків у закордонних країнах

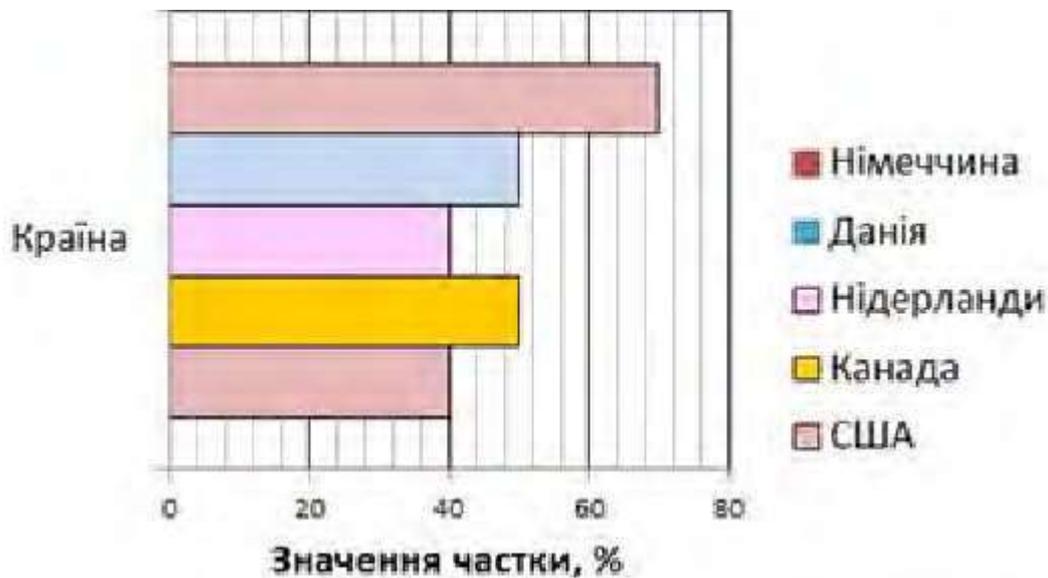


Рис. 1.18 – Відсоток коштів, що витрачають країни на реконструкцію будівель

Данько, К. С. [10]

Автор виконав аналіз досвіду з підвищення енергоефективності житлових будинків в історичному середовищі. Він показав підходи вирішення проблеми енергозбереження в різних умовах. Показав доцільність санації як методу підвищення енергоефективності житла.

За результатами досліджень автор робить висновок, що модернізація є вигіднішою за будівництво нового житла. Воно потребує на 32% менше коштів порівняно з новим будівництвом.

Санація забезпечує економію енергоресурсів підвищуючи комфортність панельних та блочних будинків. Вона є найкращим рішенням для історичної частини міст.

Назва	Основні енергозберігаючі заходи, використані в ході санації будинки:	Загальний вигляд після санації
Панельний будинок «Schulze-boysenstr. 35-37», Німеччина. Період будівництва: 03/05-12/06	Забудовник: HOWOGE Ген. Проект.: IPB.V GMBH К-ть квартир: 296, S _{житл.} : 18.148м ² , вартість буд-ва: 7,98 млн. €, вартість ремонту 1 м ² : 439 €. До санації : 110 кВт/ м ² на рік енергії, після санації: 44 кВт/ м ² на рік. Економія енергії : 59% Економія на 1 м ² у рік (2006): 6,12 € Економія на 1 м ² у рік (2011): 8,90 € [13]	

<p>Реконструкція і надбудова панельного будинку, Nordhausen (Німеччина) Рік будівництва: 1985. Реконструкція 2002/2003г.</p>	<p>Утеплення фасаду, заміна вікон, балконних дверей, ремонт балконів, нові ліфти, реконструкція вхідної частини, коридорів, модернізація електро-устаткування, системи опалювання, обігріву води, заміна радіаторів, мереж водопроводу і каналізації, влаштування центральної вентиляції, перепланування квартир. Вартість робіт 1185450€. $S_{заг}$ після санації 2258 м². Кількість квартир - 20, нових – 4. Вартість нової квартири 310435€, Всього 1241740€. Надприбуток 1241740 – 1185450 = 56290€ [9]</p>	
<p>Реконструкція і надбудова панельного будинку, Гуьг (Угорщина) Рік будівництва: 1981. Реконструкція 2007/2008г.</p>	<p>Такі ж заходи, що і в попередньому прикладі. Вартість робіт 5589000 €. $S_{заг}$ після санації 8280 м² у тому числі комерційні приміщення 2795 м². Кількість квартир 56, нових - 8. Середня вартість нової квартири 285740 €, Всього 2285920 €. Середня вартість 1м² комерц. приміщення 1 500 €, вартість комерц. приміщень для продажу 4192500 €. Надприбуток 6 478 420 – 5589 000 = 889 420 € [9]</p>	
<p>Реновація жит. буд. на Макарт-штрассе у Відні (Австрія) "пасивний" будинок. Рік буд-ва 1957-1958рр. Реновація 2006р.</p>	<p>Влаштування вентилязованих фасадів з прозорою тепловою ізоляцією, вдосконалення даху та ізоляції підвалу, нова покрівля, розширення існуючих балконів, включаючи ізоляцію парапету, осклення фасаду згідно з вимогами до пасивного будинку, керована вентиляція житлового простору з покiмнатним контролем. Затрати на обігрів 59м² житлової площі до реконструкції - 40,8 €/місяць, після реконструкції - 4,73 €/місяць. [19]</p>	

Рис. 1.18 – Модернізація будинків у закордонних країнах

Так Г.П. Васильєв, В.А. Лічман, С.С. Голубєв [11]

Автори виконали серію досліджень стiнових панелей на величину приведеного опору теплопередачі. Дана оцінка впливу теплопровiдних включень на приведений опір теплопередачі. Розробили методи покращення теплозахисних якостей. Було виконано порiвняння теоретичних методiв розрахунку приведеного опору теплопередачі з експериментальними дослідженнями панельних будинків.



Рис. 1.18 – Стінові панелі які використовувалися при експериментальних дослідженнях

Приведений опір теплопередачі панелей визначався шляхом вимірювання середніх температур на внутрішній поверхні панелі та теплових потоків, що проходять крізь панель. За допомогою приладу Testo-435.

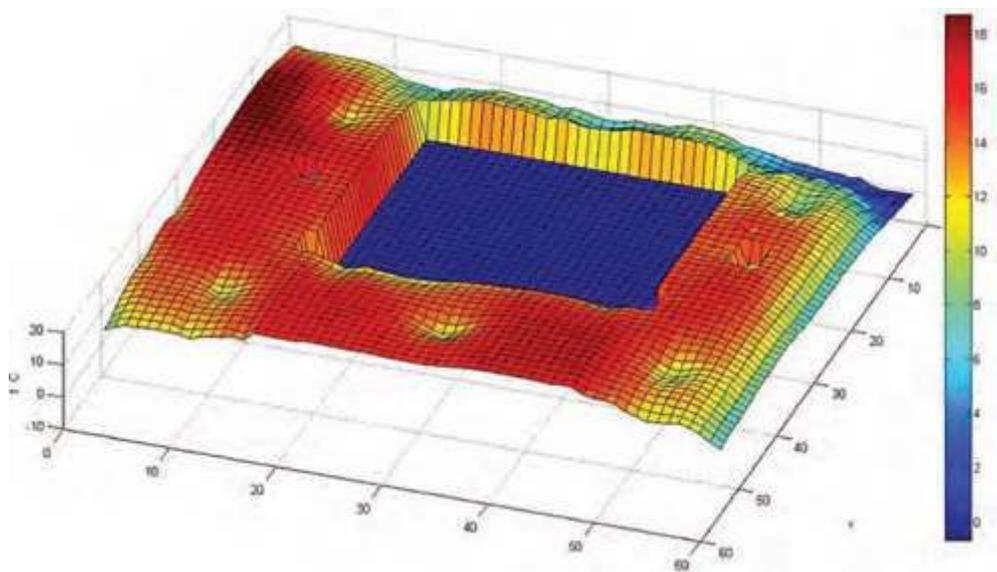


Рис. 1.19 – Температурне поле стінової панелі

На рис. 1.19 видно теплопровідні включення з в'язей, петель і інших деталей. Авторами розроблені рішення по усуненню теплопровідних включень.

Були виконані розрахунки приведених опорів теплопередачі стінових панелей будинків серій 112м, П42, ПЗМ1. При дослідженнях використовувалися фрагменти панелей типового поверху.

Розрахунки двомірних та тривимірних температурних полів були виконані з використанням програмного комплексу ANSYS.

Точкові теплопровідні вclusions, моделювалися в тривимірному вигляді.

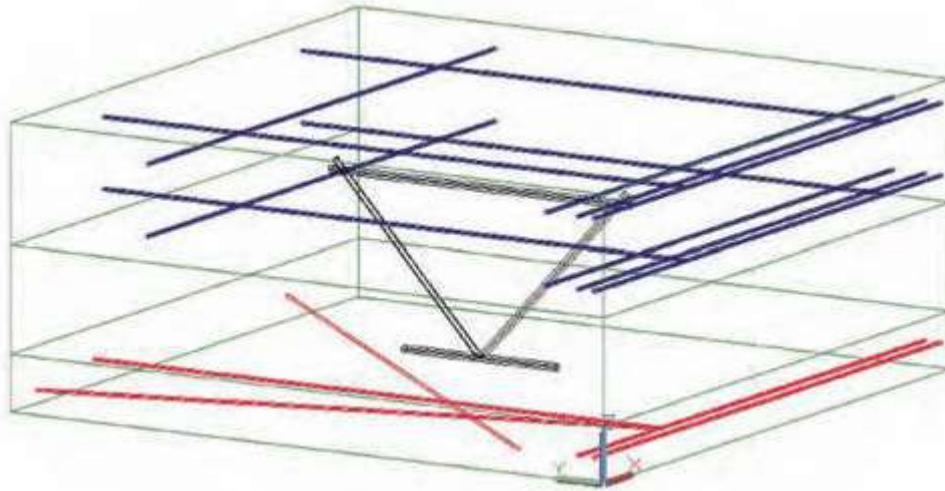


Рис. 1.20 – Геометрична модель металевих в'язей панелі 112К

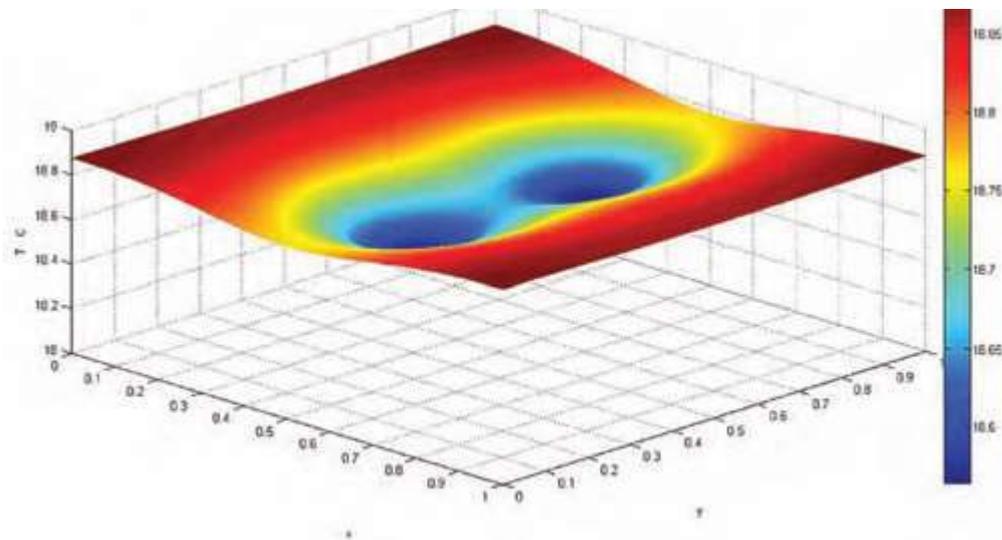


Рис. 1.21 – Температурне поле на внутрішній поверхні стінової панелі у місці розташування в'язей

Стінова панель, що використовувалася у дослідженнях має два вертикальних та два горизонтальних стика

Результати розрахунків температурних полів цих стиків наведені на рисунку 1.22.

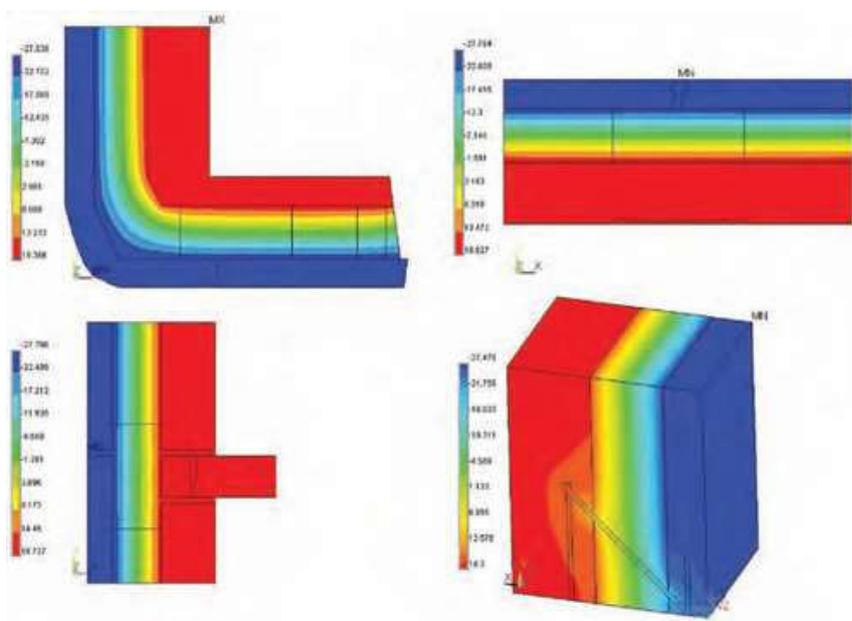


Рис. 1.22 – Температурні поля вертикальних та горизонтальних стиків стінової панелі

За розрахунками приведений опір теплопередачі панелі склав $3,63 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, а опір теплопередачі $4,34 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

Автори стверджують, що застосований підхід визначення приведенного опору дозволяє знайти внесок кожного теплопровідного включення у загальні втрати будівлі, виявити слабкі в теплотехнічному відношенні місця огорожувальних конструкцій. Дослідження показали, що прийняті методи моделювання дозволяють покращити теплотехнічні якості огорожувальних конструкцій.

Н.Д. Данілов, А.А. Собакін Е.Г. Слободніков [12]

Автори виконали аналіз температурного поля зовнішньої стіни з залізобетонної панелі. Аналіз виконано із застосуванням тривимірних температурних полів. Отримані результати порівнювалися з експериментальними даними. У результаті розрахунків отримані температури по внутрішній поверхні огороження.

Розглядався фрагмент стіни розміром 1,5 на 1,5 м. При розрахунку враховувався вплив залізобетонної плити перекриття.

У висновках зазначено, що на температурне поле істотний вплив робить монтажна петля. Незначне зниження температури спостерігається і в місці спирання плити перекриття на стіну. Аналіз показав, що зовнішні стіни із фасадних залізобетонних панелей відповідають вимогам норм.

В.С. Бєляєв [13]

Автор виконав дослідження теплозахисних властивостей тришарових панелей з залізобетонними шпонками та гнучкими в'язями. У статті робиться висновок, що тришарові панелі зі шпонками на 10-15% поступаються панелям зв'язями.

В'язі забезпечують незалежність деформацій залізобетонного шару та виключають передачу деформацій на внутрішній шар. Якщо в'язей жорсткі то деформації з зовнішнього шару передаються на внутрішній та викликають в ребрах концентрацію напружень, що приводить до тріщин.

У забезпеченні теплозахисту стін важливе значення мають стикові панелей. Від них залежать експлуатаційні якості стін. Тепловтрати через стики досягають 22% від тепловтрат через всю панель.

Незадовільний повітро-і вологозахист знижують теплозахисні властивості панелей в зимовий період. Тому доцільно застосовувати спеціальні заходи, що запобігають повітропроникності.

Слід враховувати, що розрахунки теплопередачі через стики, не враховують фільтрацію крізь них повітря. Повітропроникність характеризує фільтрацію повітря поперек конструкції, а поздовжня – уздовж неї. Тому крім аналітичних розрахунків при розробці конструкції стиків необхідно проводити експериментальну перевірку.

Сердюк, Василь Романович [83]

Автори наголошують, що відсоток житлового фонду України складається з панельних будинків забудови 1960–1980 років. Опір теплопередачі огорожувальних конструкцій цих будинків не відповідає нормативних вимогам.

У статті показано, що витрати енергії у цих будинках перевищують показники у країнах ЄС в 2,2-2,5 рази. Енерговитрати у цих будинках складають 35-40% від всіх енерговитрат.

					601-БМ. 11393402.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		23

В статті порівнюється динаміка зростання опору теплопередачі огорожувальних конструкцій у європейських країнах та в Україні.

Застосування навісних вентилярованих фасадів покращує вологісний стан стін, як наслідок підвищує їх теплозахисні властивості та збільшує тривалість експлуатації огороження. У статті показані перспективи застосування навісних фасадів, які забезпечують отримання енергії за рахунок їх облицювання сонячними панелями.

Огороджувальні конструкції, термічний опір, R ($\text{м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$)	ДБН В.2.6-31:2016 Теплова ізоляція будівель		ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель	
Зовнішні стіни	3,3	2,8	4,0	3,5
Світлопрозорі огорожувальні конструкції	0,75	0,6	0,9	0,7
Суміщені покриття	6,0	5,5	7,0	6,0
Покриття опалюваних горищ (технічних поверхів), мансард, горищні перекриття неопалюваних горищ	4,95	4,5	6,0	5,5
Перекриття, що межують із зовнішнім повітрям, та над неопалюваними підвалами	3,75	3,3	5,0	4,0
Зовнішні двері	0,6	0,5	0,7	0,6

Рис. 1.23 – Динаміка збільшення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій в Україні



Рис. 1.24 – Варіанти виконання зовнішніх огорожувальних конструкцій із застосуванням вентилярованих фасадів



Рис. 1.25 – Конструкція кріплення навісного фасаду

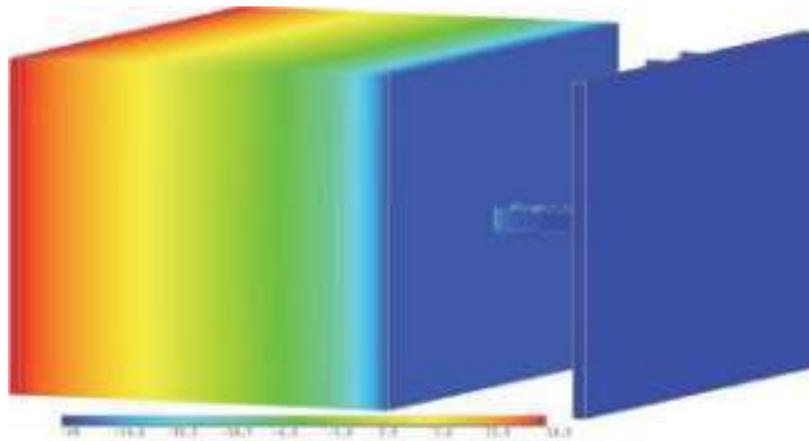


Рис. 1.26 – Температурне поле огорожувальної конструкції із застосуванням навісного фасаду.



Рис. 1.27 – Приклади використання текстильного вентиляваного фасаду

1.2. Методика розрахунку температурного поля у програмі elcut

Програмний комплекс ELCUT дозволяє розраховувати дво та тривимірні температурні поля. ELCUT використовує рівняння теплопровідності в одному з видів:

для лінійних завдань:

- у плоскому випадку

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\lambda_y \frac{\partial T}{\partial y} \right) = -q - c\rho \frac{\partial T}{\partial t}$$

- у осісиметричному

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(\lambda_r r \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\lambda_z \frac{\partial T}{\partial z} \right) = -q - c\rho \frac{\partial T}{\partial t}$$

для нелінійних задач:

- у плоскому

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda(T) \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\lambda(T) \frac{\partial T}{\partial y} \right) = -q(T) - c(T)\rho \frac{\partial T}{\partial t}$$

- у осісиметричному

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(\lambda(T) r \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\lambda(T) \frac{\partial T}{\partial z} \right) = -q(T) - c(T)\rho \frac{\partial T}{\partial t}$$

де T – температура, °C;

t – час, год.;

$\lambda_{x(y,z,r)}$ – теплопровідність, Вт/(м · К);

q - питомий тепловий потік

$c(T)$ - питома теплоємність;

ρ – густина, кг/м³.

					601-БМ. 11393402.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		26

Джерела тепла

ELCUT задає джерела тепла на поверхнях, ребрах, вершинах.

Граничні умови

Граничні умови задаються на зовнішніх і внутрішніх поверхнях розрахункової схеми.

Умова заданої температури. Задається значення температури T_0 . Вона може бути задана лінійною функцією.

Таку граничну умову називають умовою першого роду.

Умова заданого теплового потоку. Описується наступними співвідношеннями:

- на зовнішній поверхні

$$F_n = -q_s$$

- на внутрішній поверхні

$$F_n^+ - F_n^- = q_s$$

де F_n – компонента вектору теплового потоку. Для внутрішній поверхні q_s це потужність джерела, для зовнішньої – тепловий потік.

Цей вид граничної умови називають граничною умовою другого роду.

Гранична умова конвекції задається на поверхнях. Вона описує конвективний теплообмін і визначається за формулою:

$$F_n = \alpha(T - T_0)$$

де α - коефіцієнт тепловіддачі, $m^2 \cdot K/Wt$;

T_0 - температура середовища, $^{\circ}C$.

Таку граничну умову називають умовою третього роду.

Гранична умова радіації також задається на поверхнях. Вона описує радіаційний теплообмін і визначається за формулою:

					601-БМ. 11393402.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		27

$$F_n = k_{SB} \cdot \beta(T^4 - T_0^4)$$

де k_{SB} - константа Стефана-Больцмана,

β - коефіцієнт поглинання,

T_0 - температура середовища.

Примітка. Щоб задача розрахунку температурного поля була коректною, необхідно щоб хоча б в одній вершині була умова заданої температури, або на одному ребрі умову конвекції або радіації.

Фізичні величини, що обчислюються

При аналізі температурного поля ELCUT працює з наступними величинами.

Локальні величини:

- температура T , °C;
- щільності теплового потоку $F = -\lambda \text{ grad } T$;
- у площинному випадку

$$F_x = -\lambda_x \frac{\partial T}{\partial x}, \quad F_y = -\lambda_y \frac{\partial T}{\partial y}$$

- у осісиметричному

$$F_z = -\lambda_z \frac{\partial T}{\partial z}, \quad F_r = -\lambda_r \frac{\partial T}{\partial r}$$

Інтегральні величини:

- тепловий потік через поверхню

$$\Phi = \int F \cdot n ds$$

де n –вектор нормалі до поверхні.

					601-БМ. 11393402.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		28

ВИСНОВКИ ПО РОЗДІЛУ 1

1. У дослідженнях вітчизняних та закордонних авторів в основному розглядалися конструкції окремих деталей, що у значній мірі впливають на теплозахисні властивості панельної стіни.

2. При визначенні товщини додаткового утеплення панельних стін, перших масових серій, не враховували вплив стиків панелей на приведений опір теплопередачі. Тому дослідження у цьому напрямку є актуальними.

					601-БМ. 11393402.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		29

2. АНАЛІЗ ТЕПЛОЗАХИСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПАНЕЛЬНИХ СТІН БУДИНКІВ СЕРІЇ 111-94

					601-БМ. 11393402.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		30

Перші панельні будинки за серією 111-94 споруджувалися у 1960-1980 роках. Перші будинки, що будувалися за цією серією мали товщину 300 мм. Панелі виконувалися з керамзиту густиною $\rho_0 = 1400 \text{ кг/м}^3$, густина бетону замоноличування стиків панелей становила $\rho_0 = 1800 \text{ кг/м}^3$. Конструкція вертикального та кутового стика панелей наведена на рисунку 2.1.

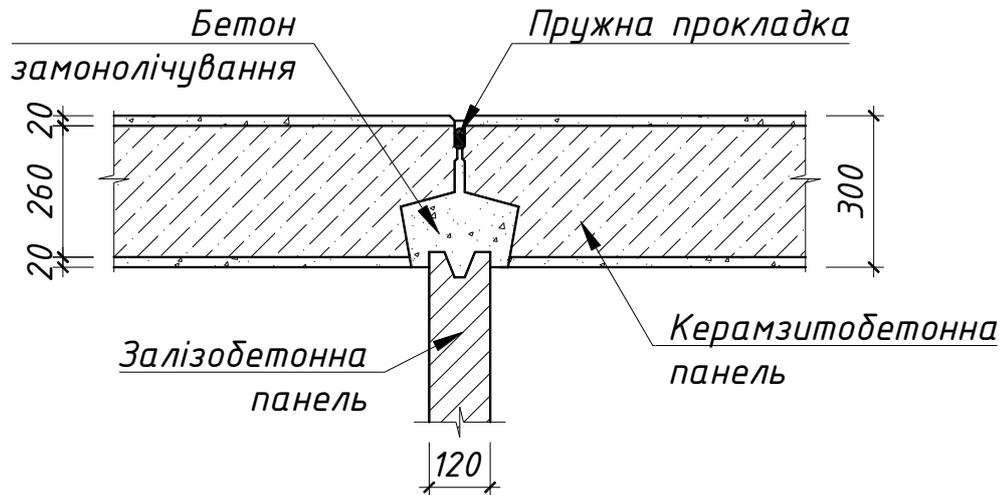


Рис. 2.1 – Рядовий стик

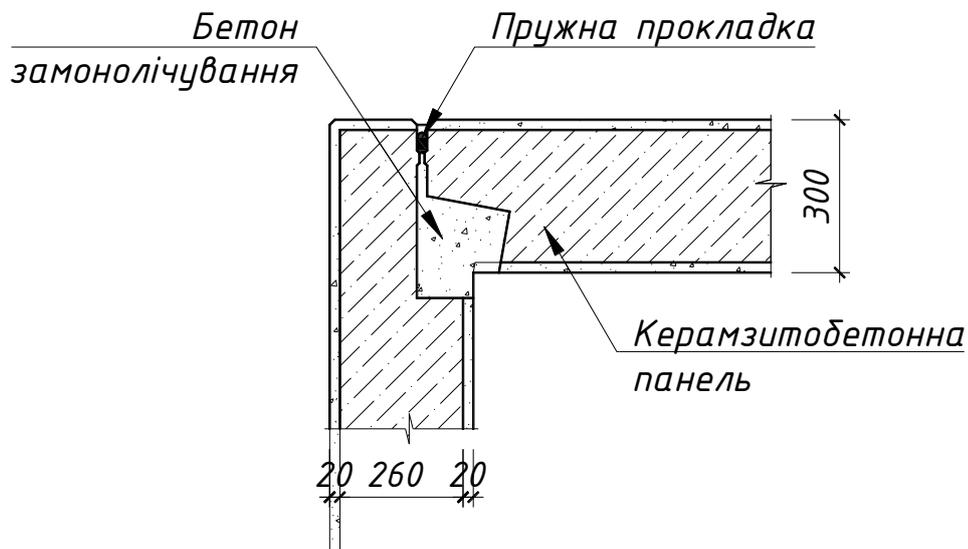


Рис. 2.2. – Кутовий стик

Теплопровідність матеріалів стінової панелі становить:

- керамзитобетону $\lambda_{p1} = 0,65 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$;
- цементно-піщаного розчину $\lambda_{p2} = 0,81 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$;
- бетону замоноличування $\lambda_{p3} = 0,81 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$.

2.1. Визначення опору теплопередачі стінової панелі товщиною 300 мм

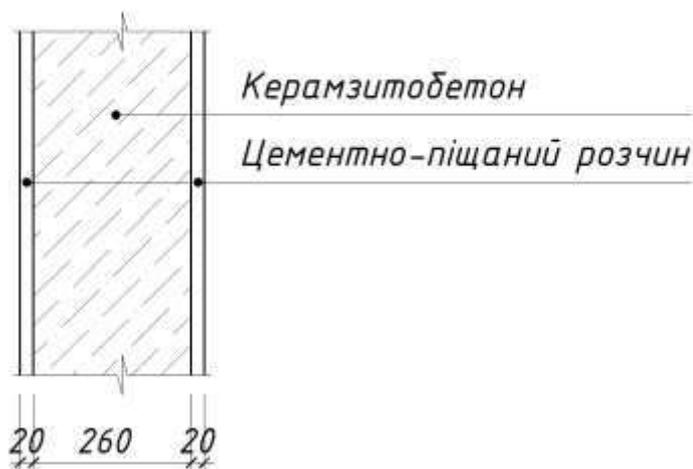


Рис. 2.3. – Розрахункова схема

Розрахунки виконувалися для кліматичних умов Полтавської області.

Розрахункова температура повітря у житловому приміщенні становить - $t_{в} = 20^{\circ}\text{C}$

Розрахункову відносну вологість у житловому приміщенні становить - $\phi_{в} = 55\%$

За нормами тепловологісний режим приміщення - нормальний;

За нормами вологісні умови в огорожувальній конструкції - Б;

Теплопровідність матеріалів:

- цементно-піщаного розчину $\lambda_{p1} = 0,81 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;
- керамзитобетону $\lambda_{p2} = 0,65 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;
- цементно-піщаного розчину $\lambda_{p3} = 0,81 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;

Температурну зону в якій знаходиться м. Полтава - І.

Згідно з п.5.2.2. норм при термомодернізації дозволяється зменшувати нормативні значення опору теплопередачі використовуючи коефіцієнт 0,75.

$$R_{q,\min} = 4 * 0,75 = 3 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

Допустима різниця між температурою внутрішнього повітря і температурою внутрішньої поверхні огороження становить $\Delta t_{cr} = 4^{\circ}\text{C}$

					601-БМ. 11393402.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		32

Визначаємо опір теплопередачі панелі за формулою

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_B} + \frac{1}{\alpha_3} + \frac{\delta_1}{\lambda_{p1}} + \frac{\delta_2}{\lambda_{p2}} + \frac{\delta_3}{\lambda_{p3}} =$$
$$= \frac{1}{8,7} + \frac{1}{23} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{0,26}{0,65} + \frac{0,02}{0,81} = 0,612 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

де α_B - коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні панелі, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$, $\alpha_B = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$

α_3 - коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні панелі, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$, $\alpha_3 = 23 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$

$R_{\Sigma} = 0,608 \text{ м}^2 \cdot \text{К} < R_{q,\text{min}} = 3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ перша вимога теплозахисту не виконується.

Знаходимо перепад температур за формулою

$$\Delta t_{\text{пр}} = \frac{t_B - t_{\text{зн}}}{R_{\Sigma\text{пр}} \times \alpha_B} = \frac{20 - (-22)}{0,612 \times 8,7} = 7,8 \text{ } ^\circ\text{C}$$

де $t_{\text{зн}}$ – температура повітря назовні, $^\circ\text{C}$ $t_{\text{зн}} = -22 \text{ } ^\circ\text{C}$

$\Delta t_{\text{пр}} = 7,8 \text{ } ^\circ\text{C} > \Delta t_{\text{ст}} = 4 \text{ } ^\circ\text{C}$ друга вимога не виконується.

Знаходимо мінімальну температуру на внутрішній поверхні за формулою

$$t_{\text{в,min}} = t_B - \frac{t_B - t_{\text{зн}}}{R_{\Sigma} \times \alpha_B} = 20 - \frac{20 - (-22)}{0,612 \times 8,7} = 12,2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

За нормами мінімальна температура на внутрішній поверхні повинна бути вище точки роси t_p .

Знаходимо температуру точки роси t_p :

За $t_B = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$ парціальний тиск насиченої водяної пари становить $E_B = 2336 \text{ Па}$.

Знаходимо парціальний тиск за формулою

					601-БМ. 11393402.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		33

$$e_B = E_B \times \varphi_B \times 0,01 = 2336 \times 55 \times 0,01 = 1287 \text{ Па}$$

де φ_B – відносна вологість повітря у приміщенні, %, для житлових будинків $\varphi_B = 55 \%$.

Тоді точка роси становить $t_p = 10,7 \text{ }^\circ\text{C}$.

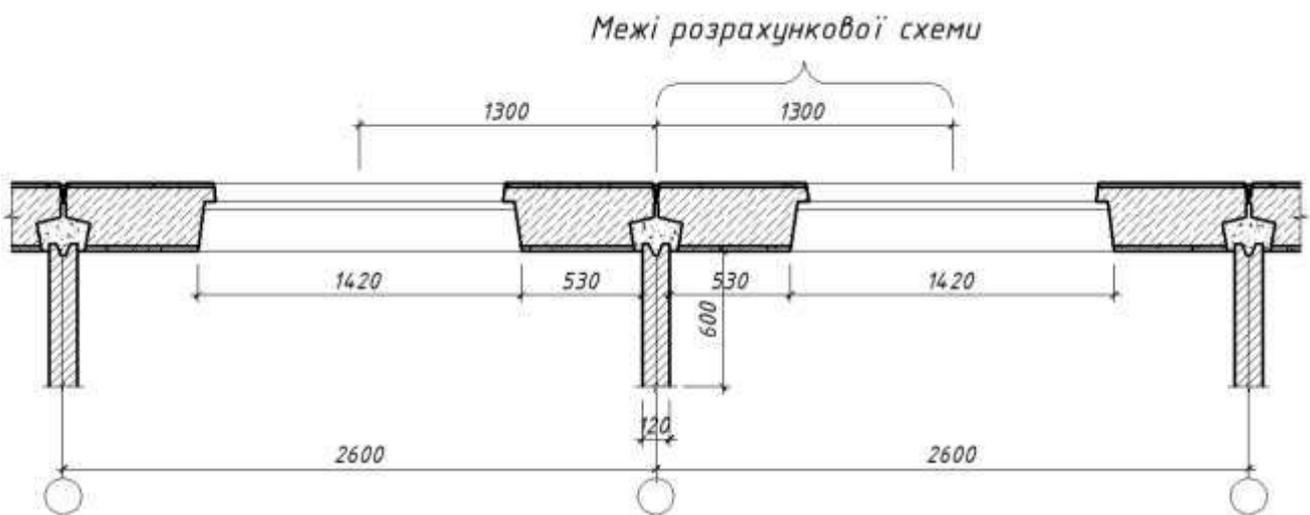
$t_{B,\text{min}} = 12,2^\circ\text{C} > t_p = 10,7 \text{ }^\circ\text{C}$ третя вимога теплозахисту виконується.

2.2. Теплозахисні властивості панелі товщиною 300 мм з урахуванням теплопровідних включень

У панельних будинках є чотири однакові ділянки.

На рис. 2.4 показані розміри розрахункових схем, що використовувалися у розрахунках температурних полів.

а)



б)



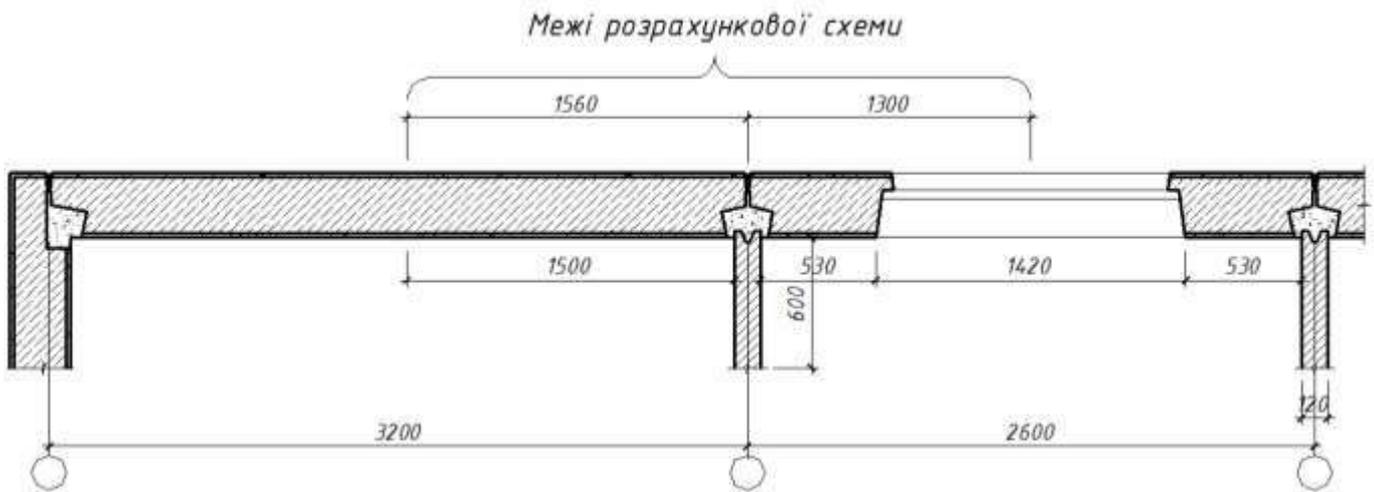
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

601-БМ. 11393402.ПЗ

Арк.

34

В)



Г)

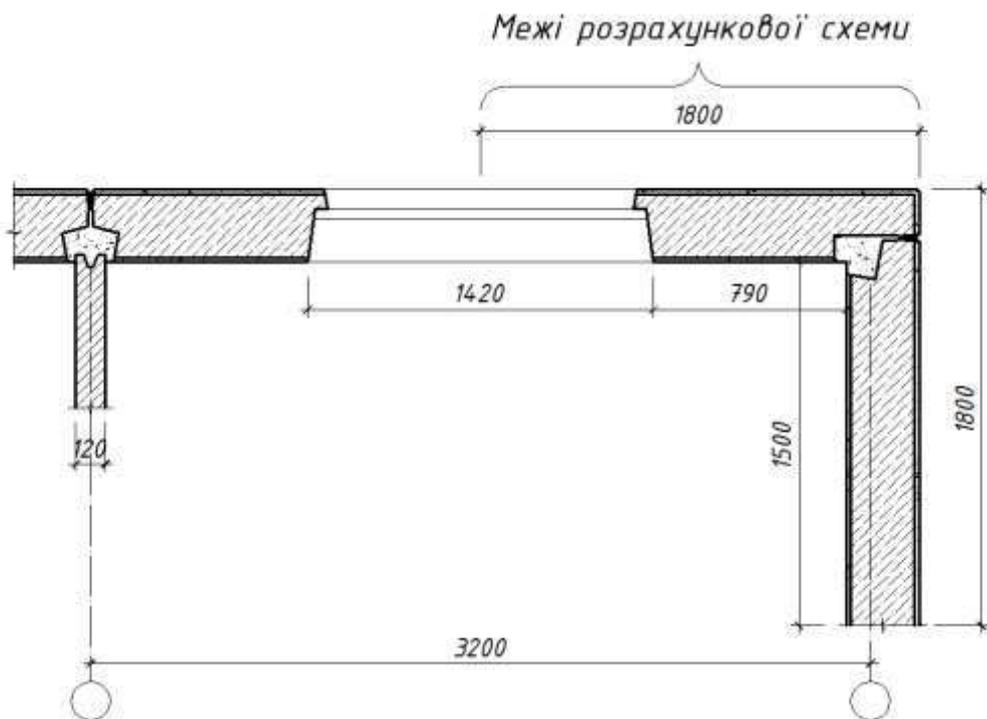


Рис. 2.4 – Розміри розрахункових схем

2.2.1 Ділянка №1

Схема ділянки №1 для розрахунку температурного поля наведена на рис. 2.5.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

601-БМ. 11393402.ПЗ

Арк.

35

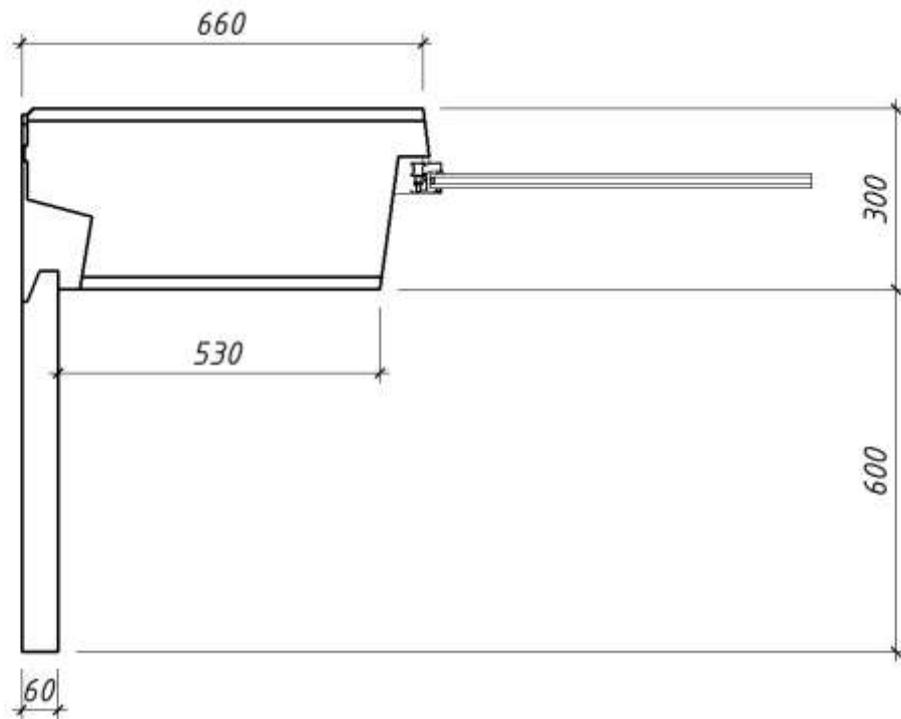


Рис. 2.5 – Ділянки № 1

Температурне поле.

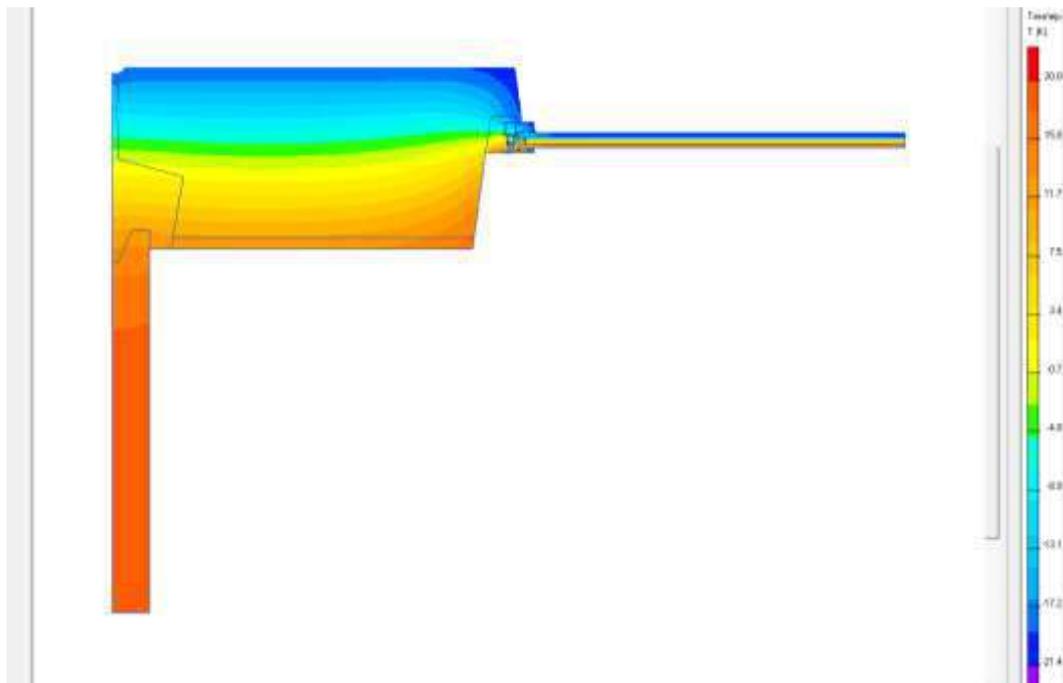


Рис. 2.6 – Температурне поле

Знаходимо приведенний опір за формулою:

					601-БМ. 11393402.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		36

$$R_{\Sigma \text{пр}} = \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{зн}})F_{\text{в}}}{Q_{\text{в}}} = \frac{(20 - (-22)) \times 0,661}{48,485} = 0,577 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт},$$

$Q_{\text{в}}$ – тепловий потік, Вт, який йде через внутрішню поверхню огороження
 $Q_{\text{в}} = 48,485 \text{ Вт}$

$F_{\text{в}}$ – площа схеми, м^2 $F_{\text{в}} = 0,661 \text{ м}^2$

Знаходимо перепад $\Delta t_{\text{пр}}$ між температурою повітря у приміщенні $t_{\text{в}}$ і середньою температурою внутрішньої поверхні $\tau_{\text{в.пр}}$ за формулою:

$$\Delta t_{\text{пр}} = t_{\text{в}} - \tau_{\text{в.пр}} = 20 - 13 = 6,9 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

де $\tau_{\text{в.пр}}$ – середня температура внутрішньої поверхні, $^{\circ}\text{C}$, $\tau_{\text{в.пр}} = 13,1^{\circ}\text{C}$

На рис. 2.7 показаний графік температури на внутрішній поверхні огороження.

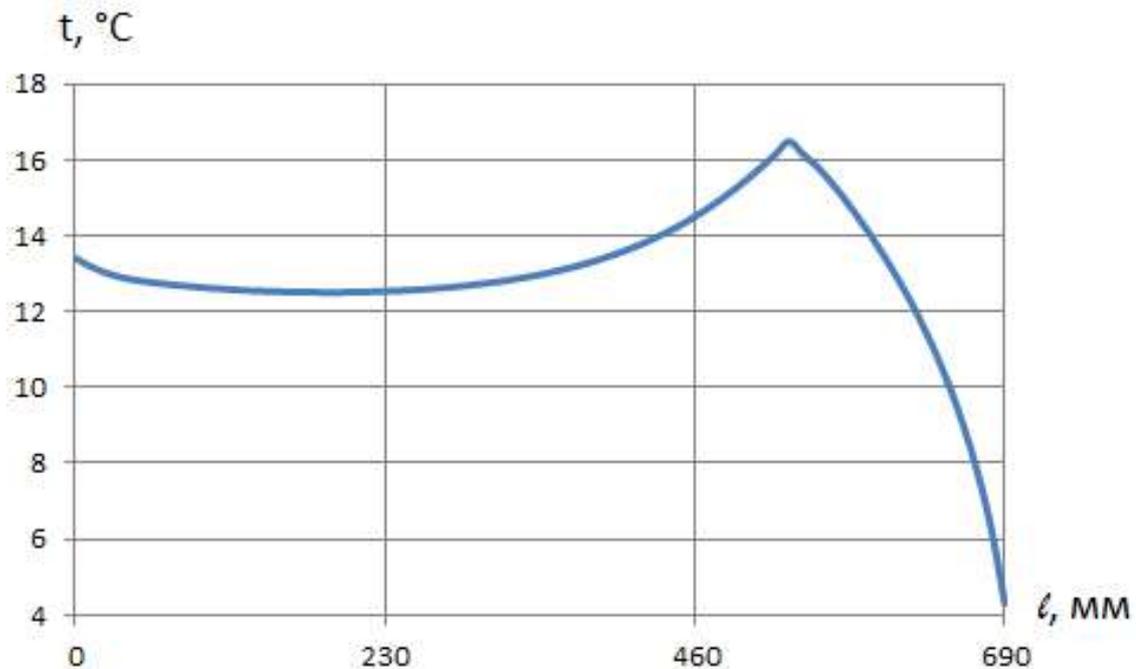


Рис. 2.7 – Графік температури на внутрішній поверхні огороження

Мінімальна температура внутрішньої поверхні $\tau_{\text{в.мін}} = 4,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Висновки:

1. $R_{\Sigma \text{пр}} = 0,577 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} < R_{\text{q min}} = 3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, перша вимога не виконується.

					601-БМ. 11393402.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		37

2. $\Delta t_{пр} = 6,9 \text{ }^\circ\text{C} > \Delta t_{сг} = 4 \text{ }^\circ\text{C}$, друга вимога не виконується.

3. $\tau_{в, min} = 4 \text{ }^\circ\text{C} < t_p = 10,7 \text{ }^\circ\text{C}$, третя вимога не виконується.

4. $R_{\Sigma пр} = 0,577 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ менше $R_{\Sigma} = 0,612 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ на 5,7%. При неврахуванні впливу стиків панелей, опір теплопередачі завищується на 5,7%.

2.2.2 Ділянка №2

Схема ділянки №2 для розрахунку температурного поля наведена на рис. 2.8.

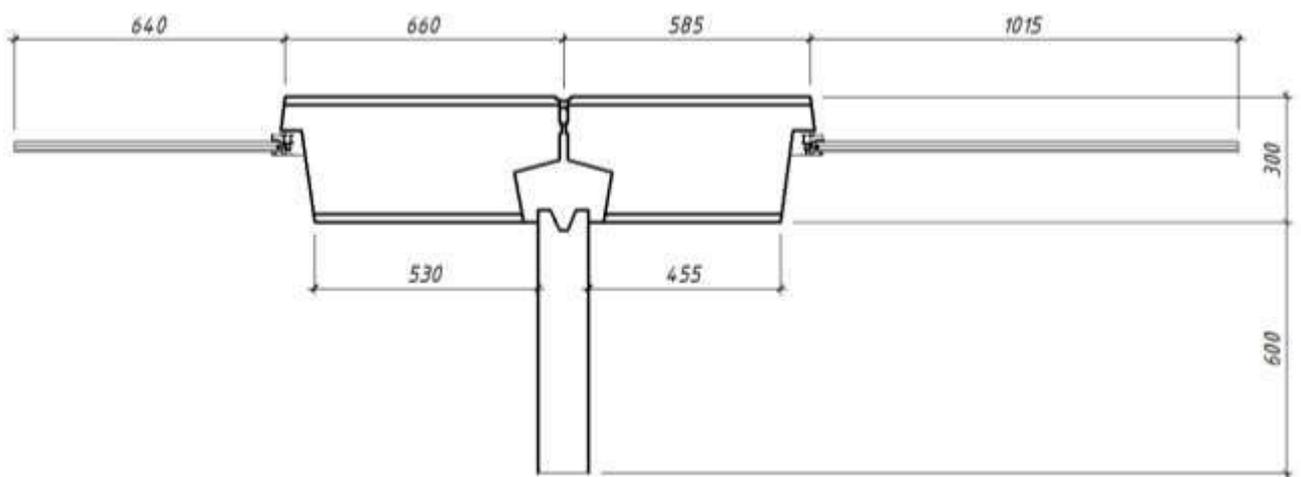


Рис. 2.8 – Ділянки №2

Температурне поле.

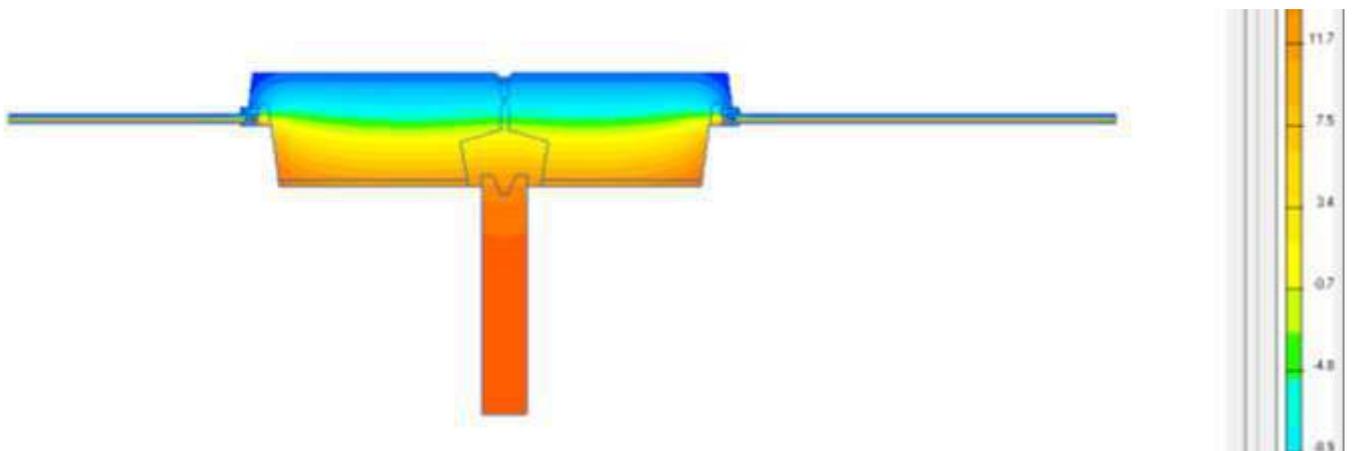


Рис. 2.9 – Температурне поле

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

601-БМ. 11393402.ПЗ

Арк.

38

Знаходимо приведенний опір за формулою:

$$R_{\Sigma пр} = \frac{(t_B - t_{3Н})F_B}{Q_B} = \frac{(20 - (-22)) \times 1,243}{91,571} = 0,573 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт},$$

Q_B – тепловий потік, Вт, який йде через внутрішню поверхню огороження

$$Q_B = 91,571 \text{ Вт}$$

F_B – площа схеми, м^2 $F_B = 1,243 \text{ м}^2$

Знаходимо перепад $\Delta t_{пр}$ між температурою повітря у приміщенні t_B і середньою температурою внутрішньої поверхні $\tau_{B пр}$ за формулою:

$$\Delta t_{пр} = t_B - \tau_{B.ср} = 20 - 13 = 6,9 \text{ }^\circ\text{C}$$

де $\tau_{B.ср}$ – середня температура внутрішньої поверхні $\tau_{B.ср} = 13,1^\circ\text{C}$

На рис. 2.10 показаний графік температури на внутрішній поверхні огороження.

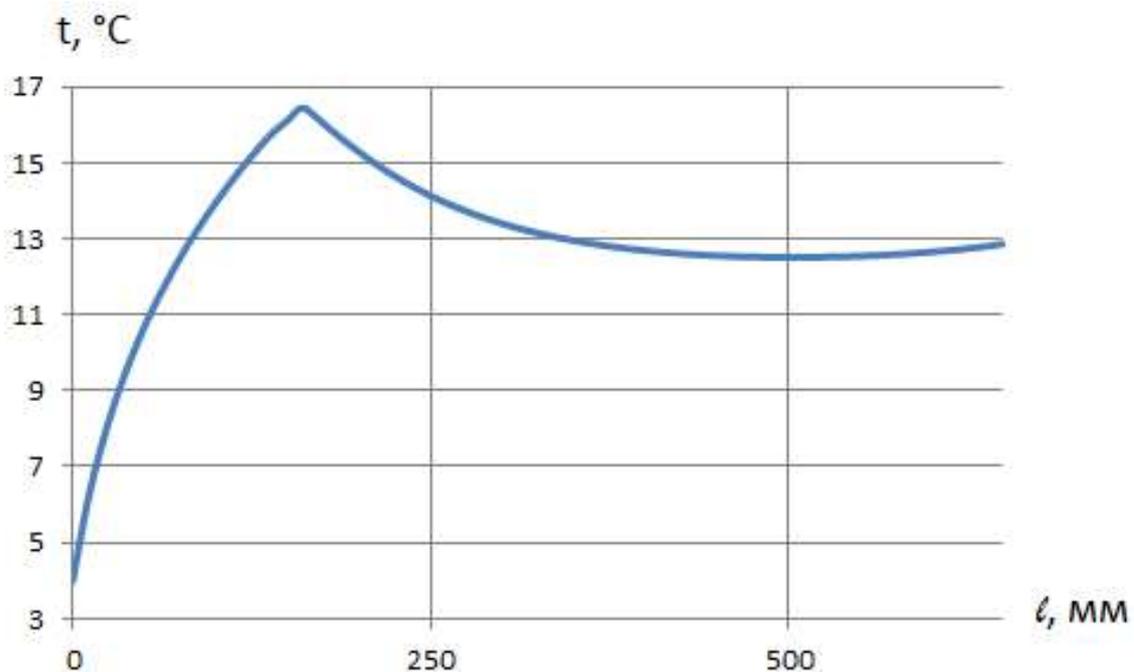


Рис. 2.10 – Графік температури на внутрішній поверхні огороження

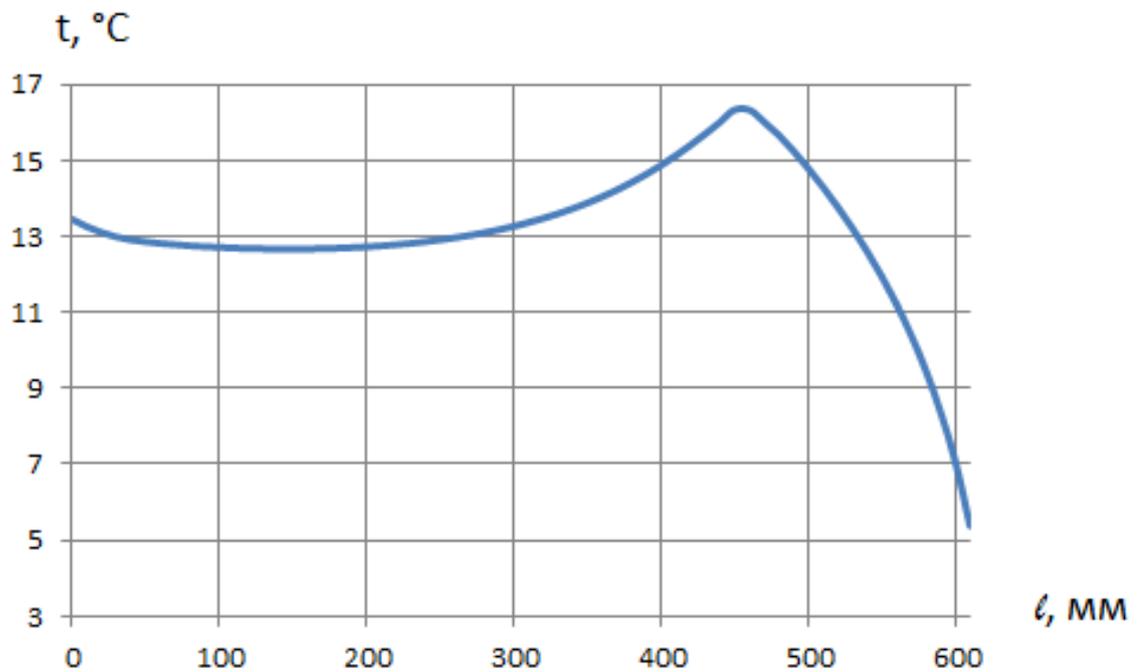


Рис. 2.11 – Графік температури на внутрішній поверхні огородження

Мінімальна температура внутрішньої поверхні $t_{в.мін} = 4 \text{ }^\circ\text{C}$.

Висновки:

- $R_{\Sigma пр} = 0,573 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} < R_{q \text{ min}} = 3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, перша вимога не виконується.
- $\Delta t_{пр} = 6,9 \text{ }^\circ\text{C} > \Delta t_{cr} = 4 \text{ }^\circ\text{C}$, друга вимога не виконується.
- $t_{в.мін} = 4 \text{ }^\circ\text{C} < t_p = 10,7 \text{ }^\circ\text{C}$, третя вимога не виконується.
- $R_{\Sigma пр} = 0,573 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ менше $R_{\Sigma} = 0,612 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ на 6,2 %. При неврахуванні впливу стиків панелей, опір теплопередачі завищується на 6,2 %.

2.2.3 Ділянка №3

Схема ділянки №3 для розрахунку температурного поля наведена на рис. 2.12.

					601-БМ. 11393402.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		40

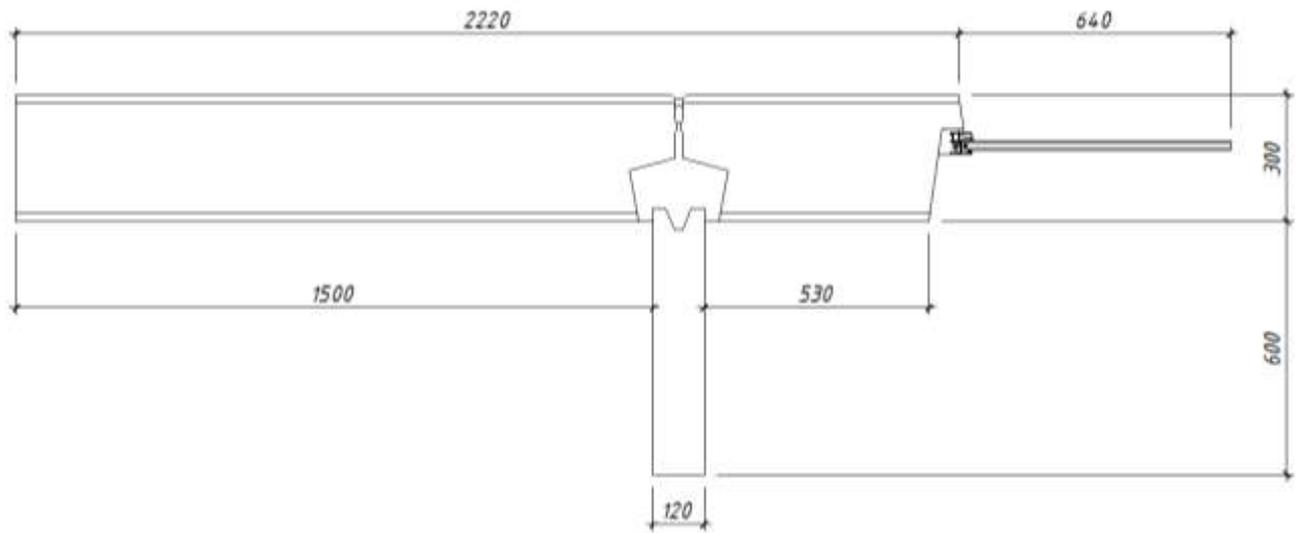


Рис. 2.12 – Ділянки №3

Температурне поле.

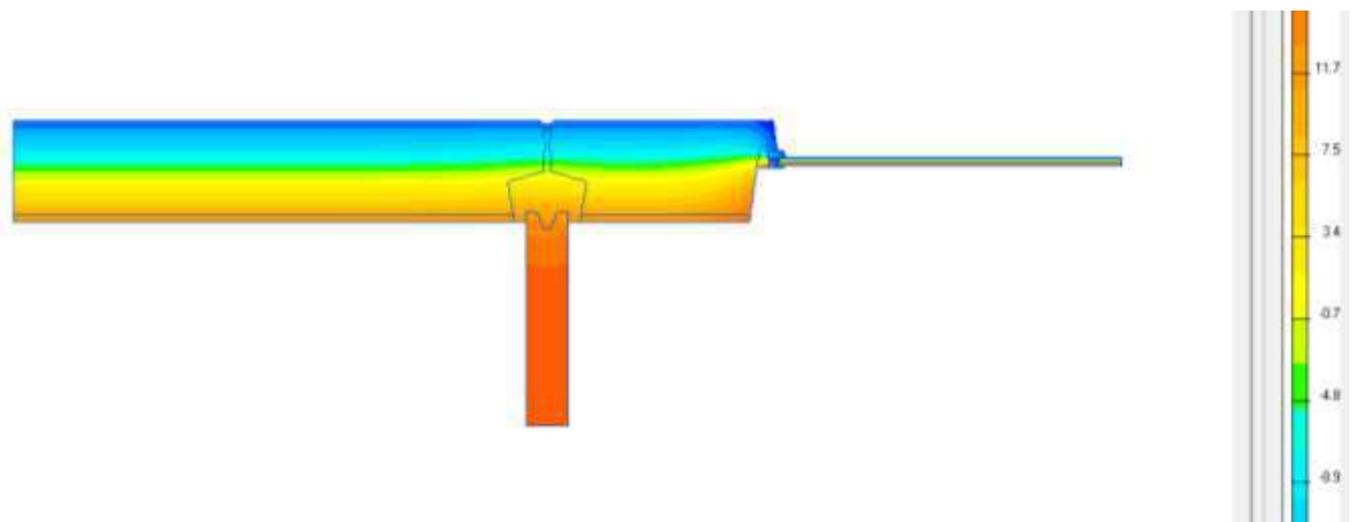


Рис. 2.13 – Температурне поле

Знаходимо приведений опір за формулою:

$$R_{\Sigma \text{пр}} = \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{зн}})F_{\text{в}}}{Q_{\text{в}}} = \frac{(20 - (-22)) \times 2,24}{157,36} = 0,596 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт},$$

$Q_{\text{в}}$ – тепловий потік, Вт, який йде через внутрішню поверхню огороження

$$Q_{\text{в}} = 157,36 \text{ Вт}$$

$F_{\text{в}}$ – площа схеми, м^2 $F_{\text{в}} = 2,24 \text{ м}^2$

					601-БМ. 11393402.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		41

Знаходимо перепад $\Delta t_{\text{пр}}$ між температурою повітря у приміщенні $t_{\text{в}}$ і середньою температурою внутрішньої поверхні $\tau_{\text{в.пр}}$ за формулою:

$$\Delta t_{\text{пр}} = t_{\text{в}} - \tau_{\text{в.пр}} = 20 - 12,2 = 7,8 \text{ } ^\circ\text{C}$$

де $\tau_{\text{в.пр}}$ – середня температура внутрішньої поверхні $\tau_{\text{в.пр}} = 12,2^\circ\text{C}$

На рис. 2.14 показаний графік температури на внутрішній поверхні огороження.

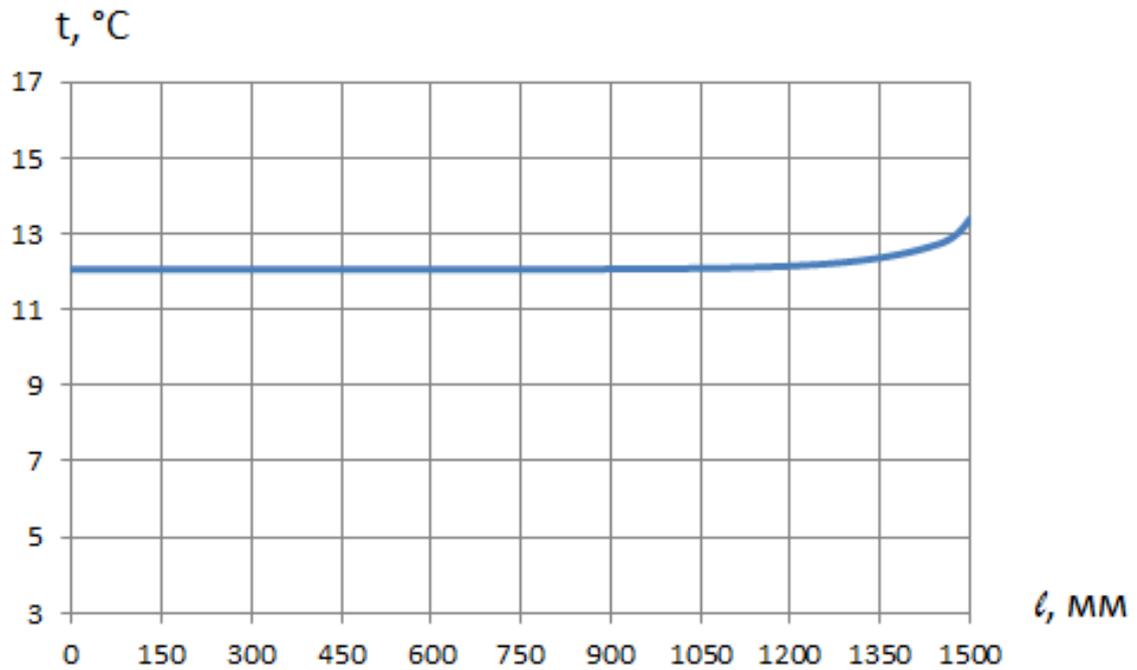
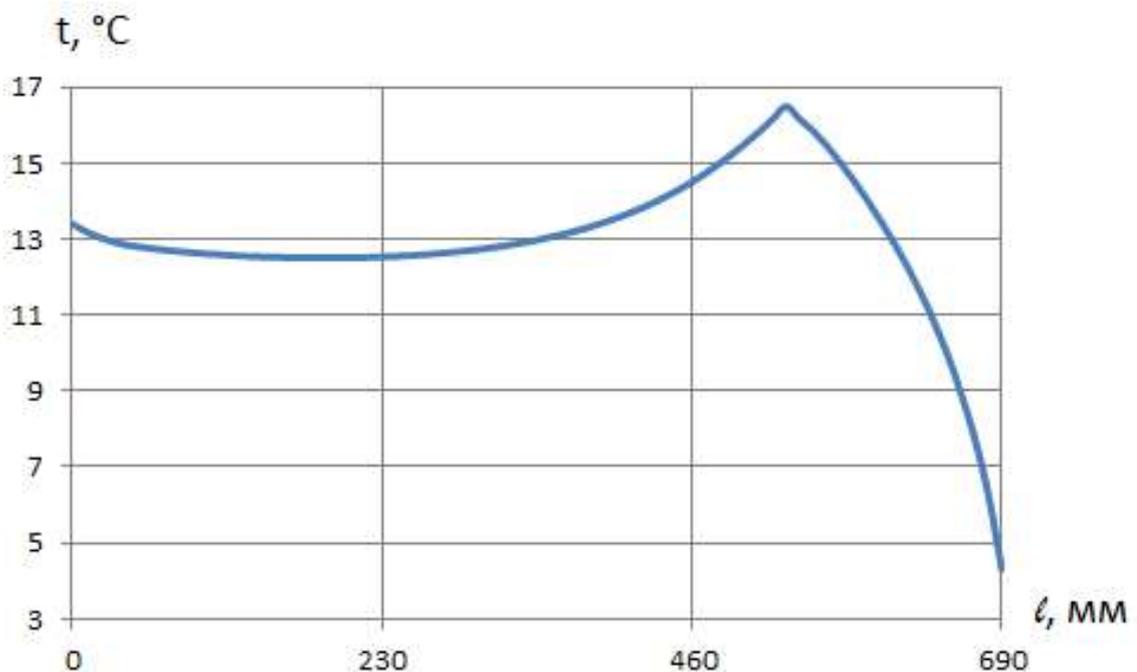


Рис. 2.14 – Графік температури на внутрішній поверхні огороження



Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

601-БМ. 11393402.ПЗ

Арк.

42

Рис. 2.15 – Графік температури на внутрішній поверхні огородження

Мінімальна температура внутрішньої поверхні $\tau_{в.мин} = 4 \text{ }^\circ\text{C}$.

Висновки:

1. $R_{\Sigma пр} = 0,596 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} < R_{q \text{ min}} = 3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, то перша вимога не виконується.
2. $\Delta t_{пр} = 7,8 \text{ }^\circ\text{C} > \Delta t_{сг} = 4 \text{ }^\circ\text{C}$, то друга вимога не виконується.
3. $\tau_{в.мин} = 4 \text{ }^\circ\text{C} < t_p = 10,7 \text{ }^\circ\text{C}$, то третя вимога не виконується.
4. $R_{\Sigma пр} = 0,596 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ менше $R_{\Sigma} = 0,608 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ на 2,55 %. При неврахуванні впливу стиків панелей, опір теплопередачі завищується на 2,55 %.

2.2.4 Ділянка №4

Схема ділянки №4 для розрахунку температурного поля наведена на рис. 2.16.

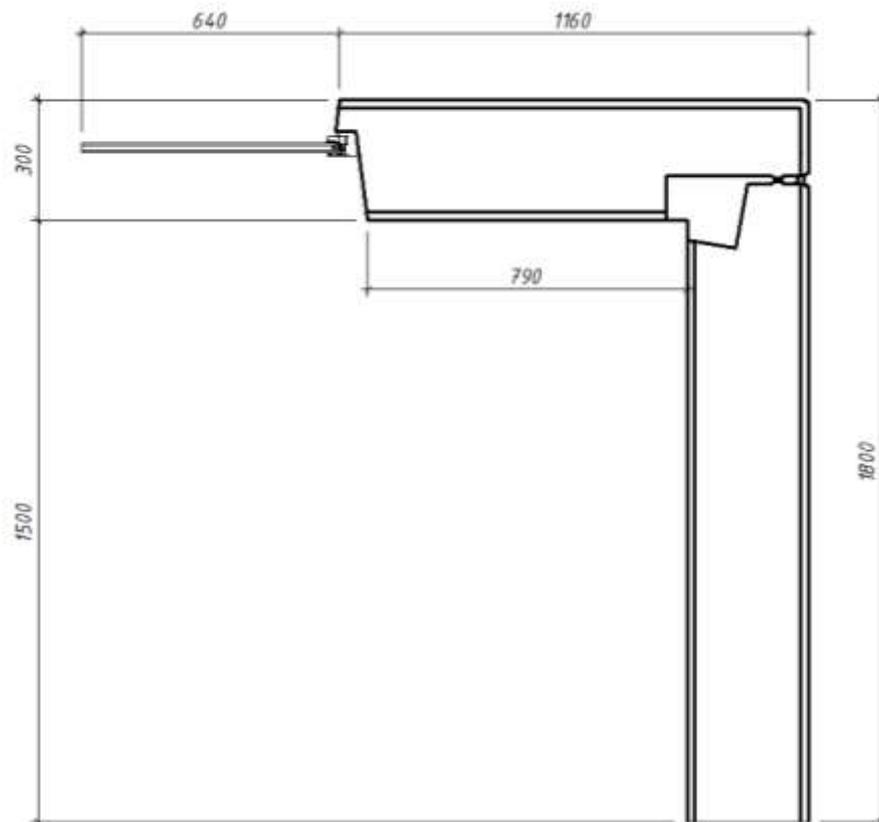


Рис. 2.16 – Ділянки №4

Температурне поле ділянки №4 наведено на рисунку 2,17.

					601-БМ. 11393402.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		43

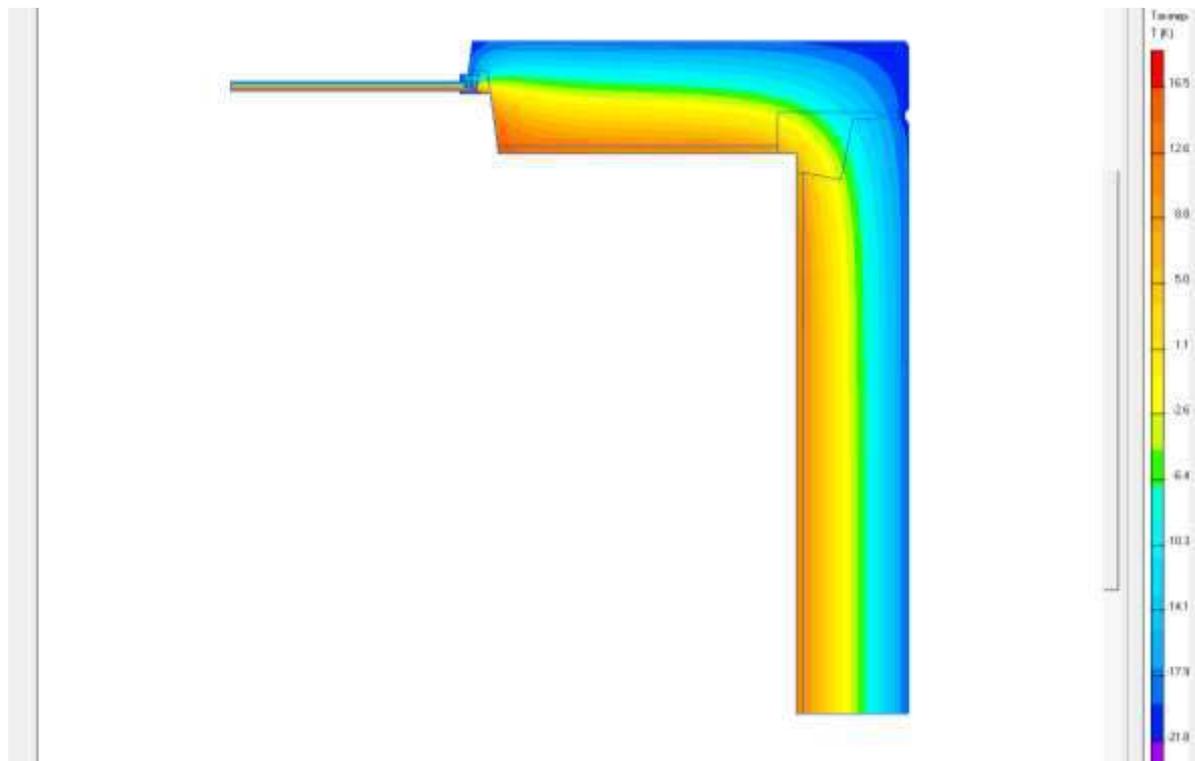


Рис. 2.17 – Температурне поле

Знаходимо приведенний опір за формулою:

$$R_{\Sigma \text{ пр}} = \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{зн}}) F_{\text{в}}}{Q_{\text{в}}} = \frac{(20 - (-22)) \times 2,41}{174,65} = 0,572 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт},$$

$Q_{\text{в}}$ – тепловий потік, Вт, який йде через внутрішню поверхню огороження

$$Q_{\text{в}} = 174,65 \text{ Вт}$$

$F_{\text{в}}$ – площа схеми, м^2 $F_{\text{в}} = 2,41 \text{ м}^2$

Знаходимо перепад $\Delta t_{\text{пр}}$ між температурою повітря у приміщенні $t_{\text{в}}$ і середньою температурою внутрішньої поверхні $\tau_{\text{в пр}}$ за формулою:

$$\Delta t_{\text{пр}} = t_{\text{в}} - \tau_{\text{в.ср}} = 20 - 11,9 = 8,1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

де $\tau_{\text{в.ср}}$ – середня температура внутрішньої поверхні $\tau_{\text{в.ср}} = 11,9^\circ\text{C}$

На рис. 2.18 показаний графік температури на внутрішній поверхні огороження.

					601-БМ. 11393402.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		44

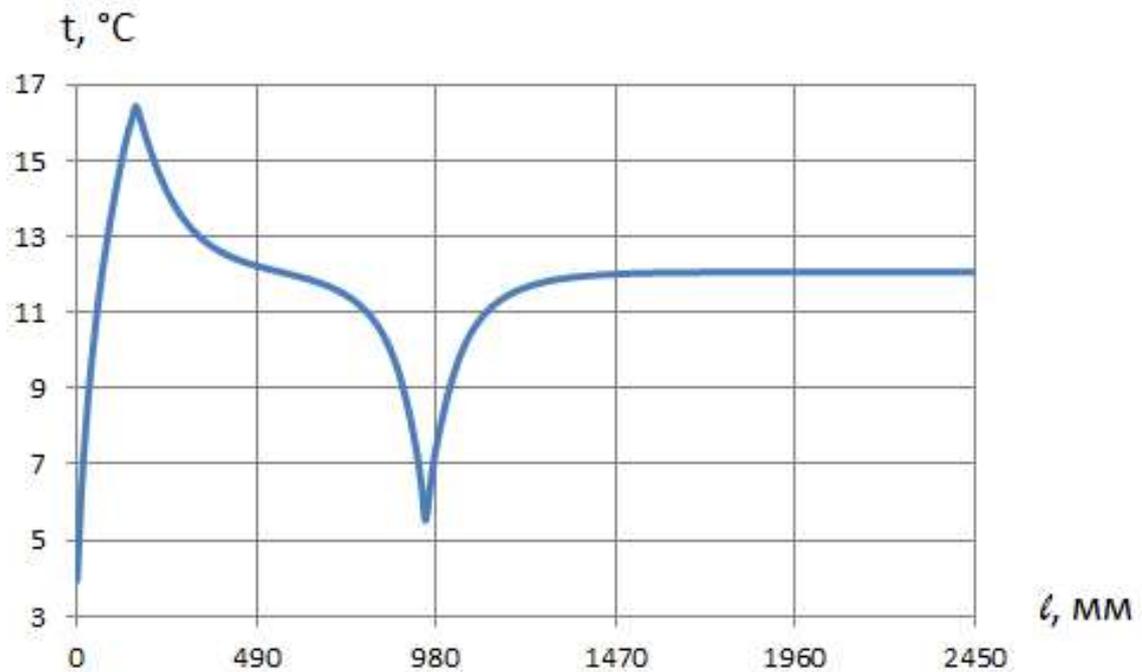


Рис. 2.18 – Графік температури на внутрішній поверхні огородження

Мінімальна температура внутрішньої поверхні $t_{в.мин} = 3,8$ °C.

Висновки:

1. $R_{\Sigma пр} = 0,572 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} < R_{q \text{ min}} = 3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, перша вимога не виконується.
2. $\Delta t_{пр} = 8,1 \text{ °C} > \Delta t_{cr} = 4 \text{ °C}$, друга вимога не виконується.
3. $t_{в.мин} = 3,8 \text{ °C} < t_p = 10,7 \text{ °C}$, третя вимога не виконується.
4. $R_{\Sigma пр} = 0,572 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ менше $R_{\Sigma} = 0,612 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ на 6,4 %. При неврахуванні впливу стиків панелей, опір теплопередачі завищується на 6,4 %.

2.3. Визначення опору теплопередачі стінової панелі товщиною 350 мм

Так як теплозахисні властивості панелей товщиною 300 мм показали незадовільні теплозахисні властивості згодом стали випускати панелі товщиною 350 мм. У порожнину стика стали встановлювати термовкладиш з пінополістиролу густиною $\rho_0 = 100 \text{ кг/м}^3$, та товщиною 40 мм.

					601-БМ. 11393402.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		45



Рис. 2.19. – Розрахункова схема

Розрахунки виконувалися для кліматичних умов Полтавської області.

Розрахункова температура повітря у житловому приміщенні становить - $t_{в} = 20^{\circ}\text{C}$

Розрахункову відносну вологість у житловому приміщенні становить - $\varphi_{в} = 55\%$

За нормами тепловологісний режим приміщення - нормальний;

За нормами вологісні умови в огорожувальній конструкції - Б;

Теплопровідність матеріалів:

- цементно-піщаного розчину $\lambda_{p1} = 0,81 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;
- керамзитобетону $\lambda_{p2} = 0,65 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;
- цементно-піщаного розчину $\lambda_{p3} = 0,81 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;

Температурну зону в якій знаходиться м. Полтава - І.

Згідно з п.5.2.2. норм при термомодернізації дозволяється зменшувати нормативні значення опору теплопередачі використовуючи коефіцієнт 0,75.

$$R_{q,\min} = 4 * 0,75 = 3 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

Допустима різниця між температурою внутрішнього повітря і температурою внутрішньої поверхні огороження становить $\Delta t_{cr} = 4^{\circ}\text{C}$

Визначаємо опір теплопередачі панелі за формулою

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_{в}} + \frac{1}{\alpha_{з}} + \frac{\delta_1}{\lambda_{p1}} + \frac{\delta_2}{\lambda_{p2}} + \frac{\delta_3}{\lambda_{p3}} =$$

					601-БМ. 11393402.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		46

$$= \frac{1}{8,7} + \frac{1}{23} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{0,31}{0,65} + \frac{0,02}{0,81} = 0,69 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

де α_B - коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні панелі, Вт/(м · °С), $\alpha_B = 8,7$ Вт/(м · К)

α_3 - коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні панелі, Вт/(м · °С), $\alpha_3 = 23$ Вт/(м · К)

$R_\Sigma = 0,69 \text{ м}^2 \cdot \text{К} < R_{q,\text{min}} = 3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ перша вимога теплозахисту не виконується.

Знаходимо перепад температур за формулою

$$\Delta t_{\text{пр}} = \frac{t_B - t_{\text{зн}}}{R_{\Sigma\text{пр}} \times \alpha_B} = \frac{20 - (-22)}{0,69 \times 8,7} = 7,1 \text{ °С}$$

де $t_{\text{зн}}$ – температура повітря назовні, °С $t_{\text{зн}} = -22 \text{ °С}$

Так як $\Delta t_{\text{пр}} = 7,1 \text{ °С} > \Delta t_{\text{сг}} = 4 \text{ °С}$ друга вимога не виконується.

Знаходимо мінімальну температуру на внутрішній поверхні за формулою

$$t_{B,\text{min}} = t_B - \frac{t_B - t_{\text{зн}}}{R_\Sigma \times \alpha_B} = 20 - \frac{20 - (-22)}{0,69 \times 8,7} = 12,8 \text{ °С}$$

За нормами мінімальна температура на внутрішній поверхні повинна бути вище точки роси t_p .

Знаходимо температуру точки роси t_p

За $t_B = 20 \text{ °С}$ парціальний тиск насиченої водяної пари становить $E_B = 2339$ Па.

Знаходимо парціальний тиск за формулою

$$e_B = E_B \times \varphi_B \times 0,01 = 2339 \times 55 \times 0,01 = 1287 \text{ Па}$$

де φ_B – відносна вологість повітря у приміщенні, %, для житлових будинків $\varphi_B = 55 \%$.

					601-БМ. 11393402.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		47

Тоді точка роси становить $t_p = 10,7 \text{ }^\circ\text{C}$.

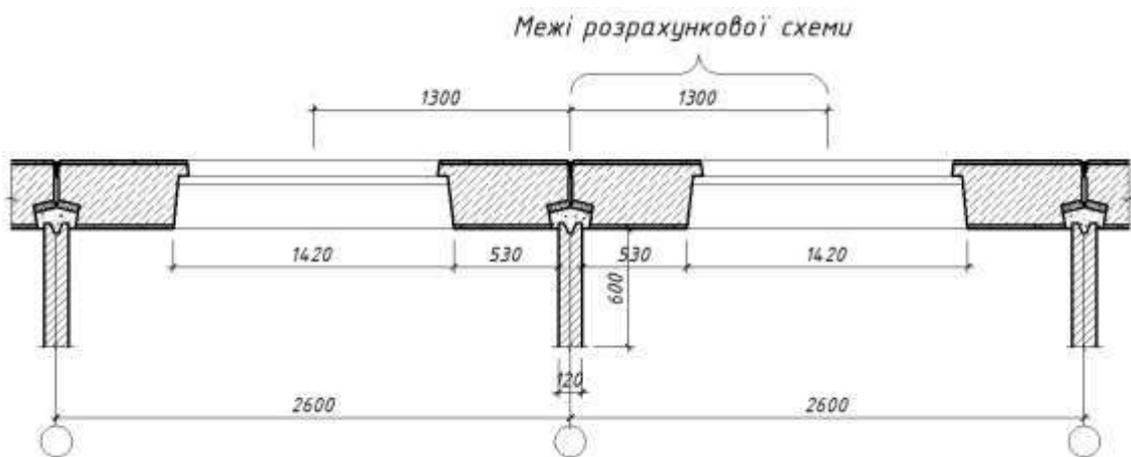
$\tau_{в.мин} = 12,8^\circ\text{C} > t_p = 10,7 \text{ }^\circ\text{C}$ третя вимога теплозахисту виконується.

2.4. Теплозахисні властивості панелі товщиною 300 мм з урахуванням теплопровідних включень

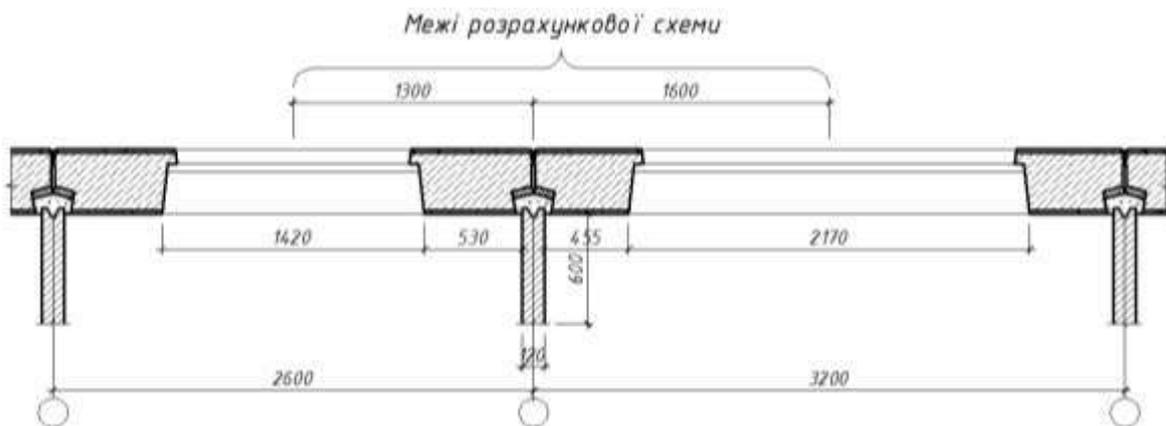
У панельних будинках є чотири однакові ділянки.

На рис. 2.20 показані розміри розрахункових схем, що використовувалися у розрахунках температурних полів.

а)



б)



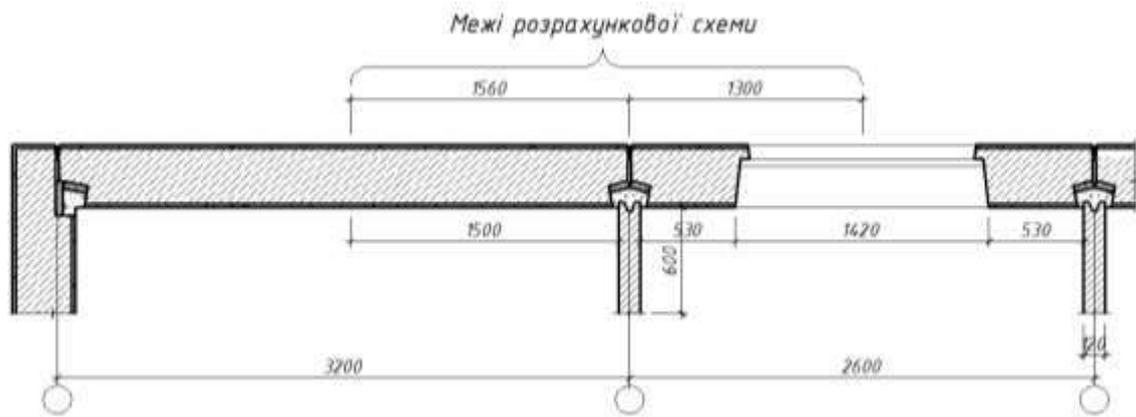
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

601-БМ. 11393402.ПЗ

Арк.

48

В)



Г)

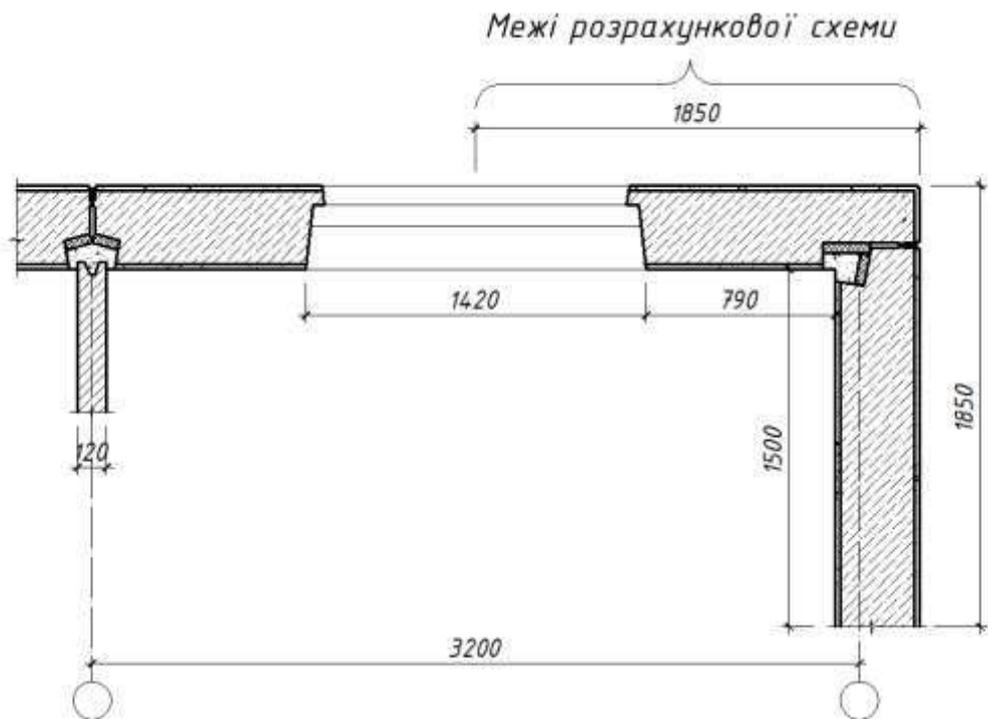


Рис. 2.20 – Розміри розрахункових схем

2.4.1 Ділянка №1

Схема ділянки №1 для розрахунку температурного поля наведена на рис. 2.21.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

601-БМ. 11393402.ПЗ

Арк.

49

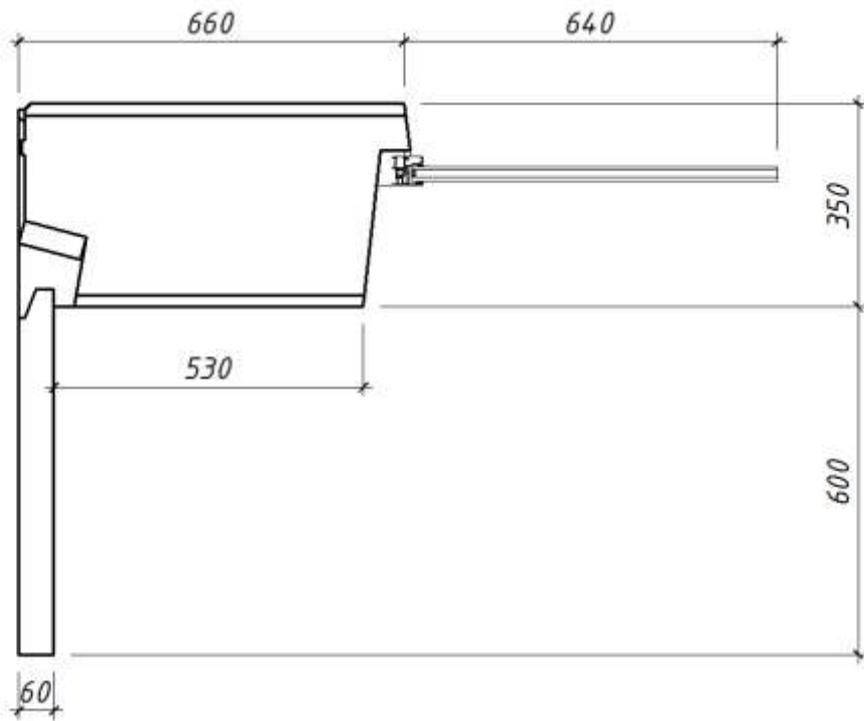


Рис. 2.21 – Ділянки № 1

Температурне поле.

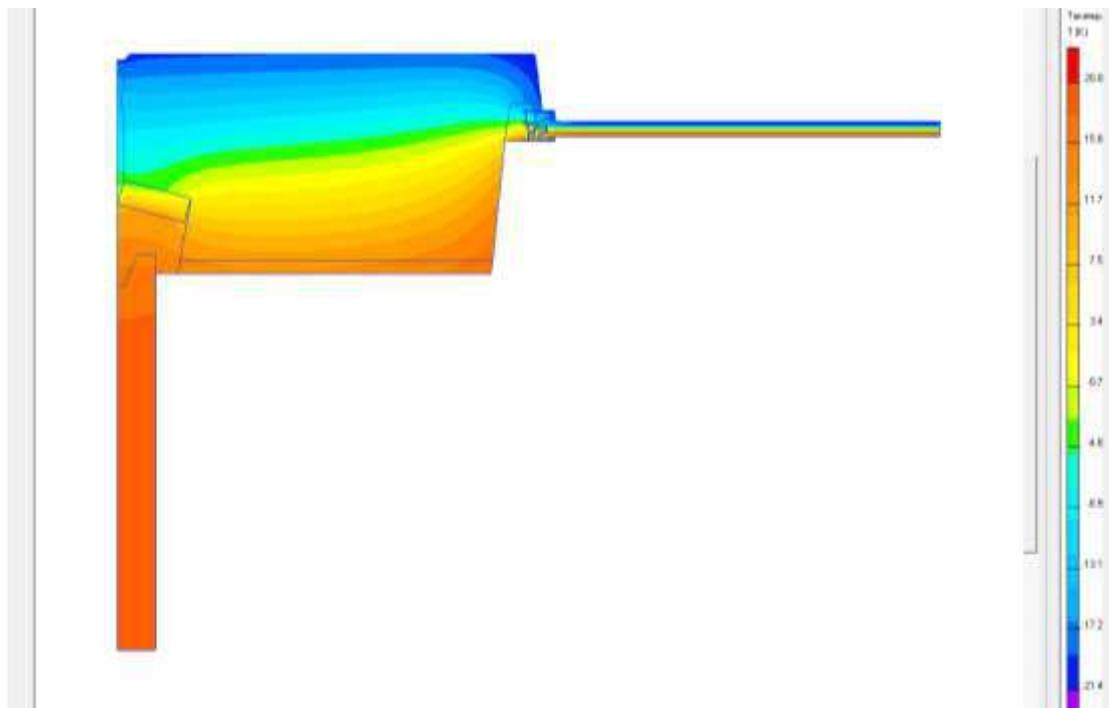


Рис. 2.22 – Температурне поле

Знаходимо приведений опір за формулою:

					601-БМ. 11393402.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		50

$$R_{\Sigma \text{пр}} = \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{зН}})F_{\text{в}}}{Q_{\text{в}}} = \frac{(20 - (-22)) \times 0,67}{42,2} = 0,66 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт},$$

$Q_{\text{в}}$ – тепловий потік, Вт, який йде через внутрішню поверхню огороження

$$Q_{\text{в}} = 42,2 \text{ Вт}$$

$F_{\text{в}}$ – площа схеми, м^2

$$F_{\text{в}} = 0,67 \text{ м}^2$$

Знаходимо перепад $\Delta t_{\text{пр}}$ між температурою повітря у приміщенні $t_{\text{в}}$ і середньою температурою внутрішньої поверхні $\tau_{\text{в.пр}}$ за формулою:

$$\Delta t_{\text{пр}} = t_{\text{в}} - \tau_{\text{в.пр}} = 20 - 14,1 = 5,9 \text{ }^\circ\text{C}$$

де $\tau_{\text{в.пр}}$ – середня температура внутрішньої поверхні $\tau_{\text{в.пр}} = 14,1 \text{ }^\circ\text{C}$

На рис. 2.23 показаний графік температури на внутрішній поверхні огороження.

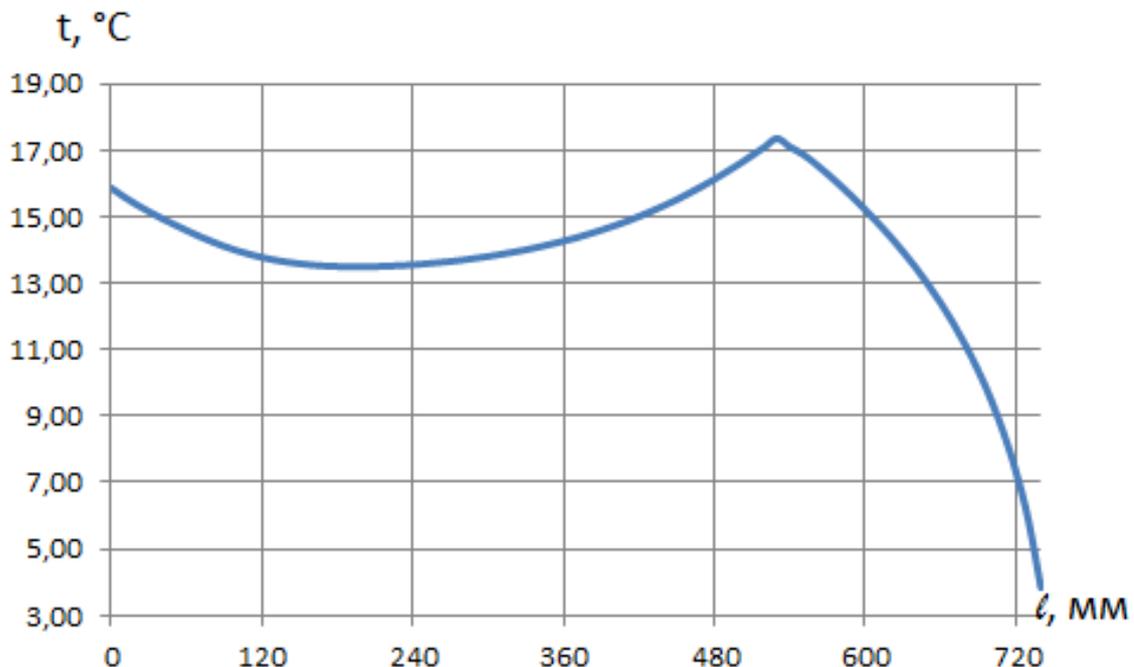


Рис. 2.23 – Графік температури на внутрішній поверхні огороження

Мінімальна температура внутрішньої поверхні $\tau_{\text{в.мін}} = 3,5 \text{ }^\circ\text{C}$.

Висновки:

1. $R_{\Sigma пр} = 0,66 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} < R_{q \text{ min}} = 3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, перша вимога не виконується.
2. $\Delta t_{пр} = 5,9 \text{ }^\circ\text{C} > \Delta t_{cr} = 4 \text{ }^\circ\text{C}$, друга вимога не виконується.
3. $\tau_{в. \text{ min}} = 3,5 \text{ }^\circ\text{C} < t_p = 10,7 \text{ }^\circ\text{C}$, третя вимога не виконується.
4. $R_{\Sigma пр} = 0,66 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ менше $R_{\Sigma} = 0,69 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ на 4,4 %. При неврахуванні впливу стиків панелей, опір теплопередачі завищується завищується на 4,4 %.

2.4.2 Ділянка №2

Схема ділянки №2 для розрахунку температурного поля наведена на рис. 2.24.

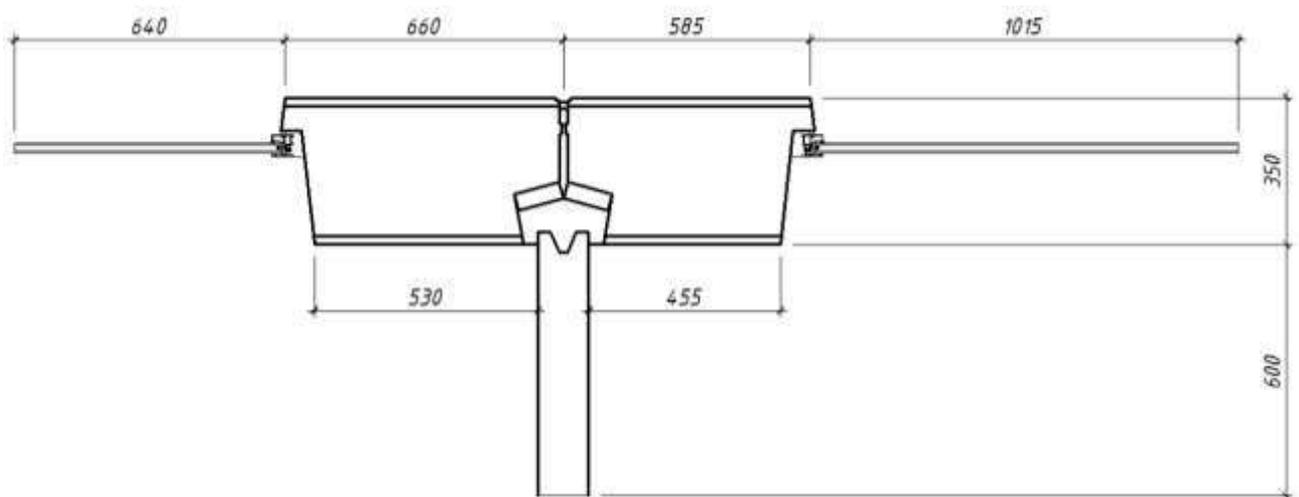


Рис. 2.24 – Ділянки № 2

Температурне поле.

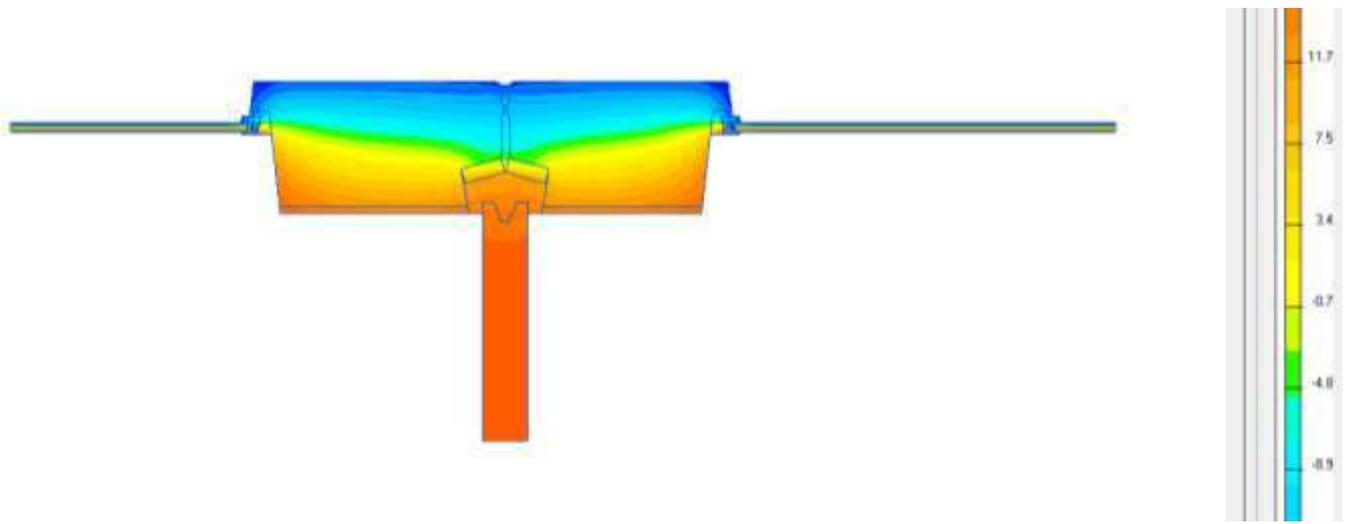


Рис. 2.25 – Температурне поле

Знаходимо приведенний опір за формулою:

$$R_{\Sigma пр} = \frac{(t_{в} - t_{зн})F_{в}}{Q_{в}} = \frac{(20 - (-22)) \times 1,25}{79,9} = 0,657 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт},$$

$Q_{в}$ – тепловий потік, Вт, який йде через внутрішню поверхню огороження

$$Q_{в} = 79,9 \text{ Вт}$$

$F_{в}$ – площа схеми, м^2 $F_{в} = 1,25 \text{ м}^2$

Знаходимо перепад $\Delta t_{пр}$ між температурою повітря у приміщенні $t_{в}$ і середньою температурою внутрішньої поверхні $\tau_{в пр}$ за формулою:

$$\Delta t_{пр} = t_{в} - \tau_{в.ср} = 20 - 14,2 = 5,8 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

де $\tau_{в.ср}$ – середня температура внутрішньої поверхні $\tau_{в.ср} = 14,2^{\circ}\text{C}$

На рис. 2.26 показаний графік температури на внутрішній поверхні огороження.

					601-БМ. 11393402.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		53

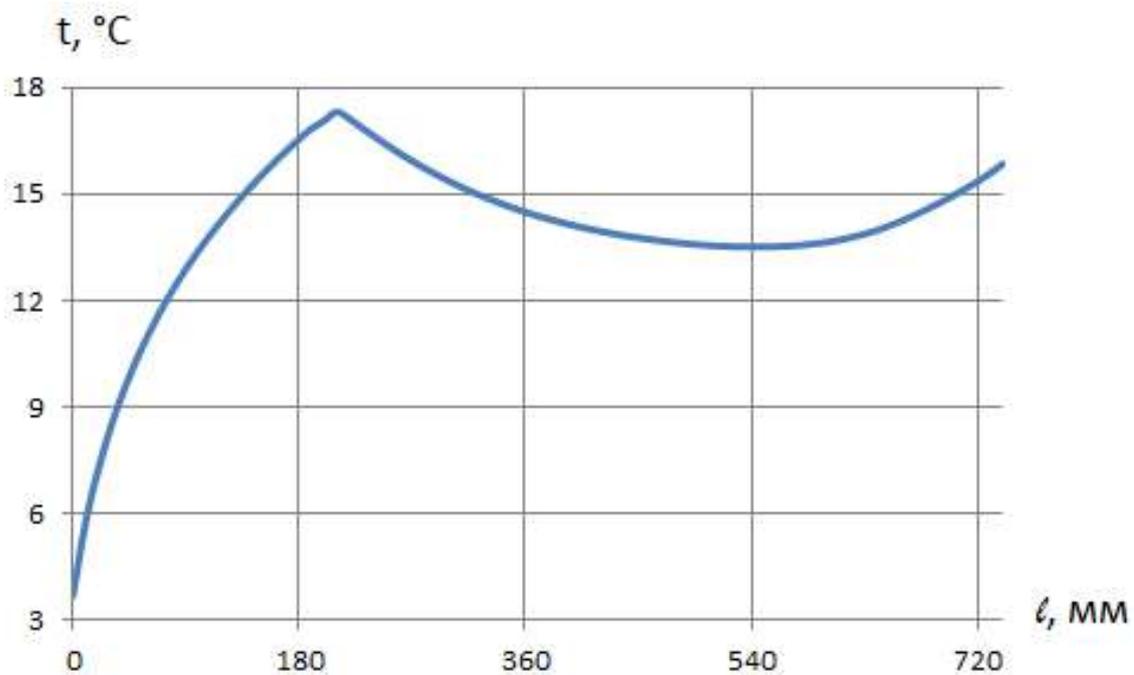


Рис. 2.26 – Графік температури на внутрішній поверхні огородження

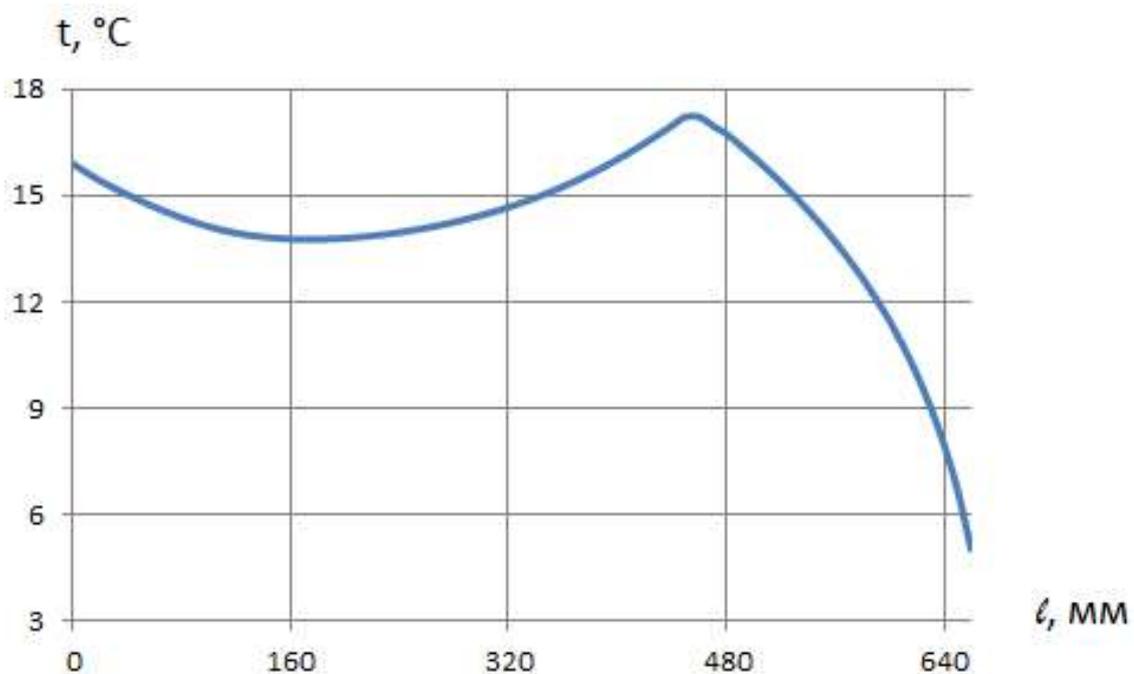


Рис. 2.27 – Графік температури на внутрішній поверхні огородження

Мінімальна температура внутрішньої поверхні $t_{в.мін} = 3,8$ °С.

Висновки:

1. $R_{\Sigma пр} = 0,657 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} < R_{q \text{ min}} = 3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, перша вимога не виконується.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

2. $\Delta t_{\text{пр}} = 5,8 \text{ }^\circ\text{C} > \Delta t_{\text{ср}} = 4 \text{ }^\circ\text{C}$, друга вимога не виконується.
3. $\tau_{\text{в, min}} = 3,8 \text{ }^\circ\text{C} < t_{\text{р}} = 10,7 \text{ }^\circ\text{C}$, третя вимога не виконується.
4. $R_{\Sigma\text{пр}} = 0,657 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ менше $R_{\Sigma} = 0,69 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ на 4,6 %. При неврахуванні впливу стиків панелей, опір теплопередачі завищується на 4,6 %.

2.4.3 Ділянка №3

Схема ділянки №3 для розрахунку температурного поля наведена на рис. 2.28.

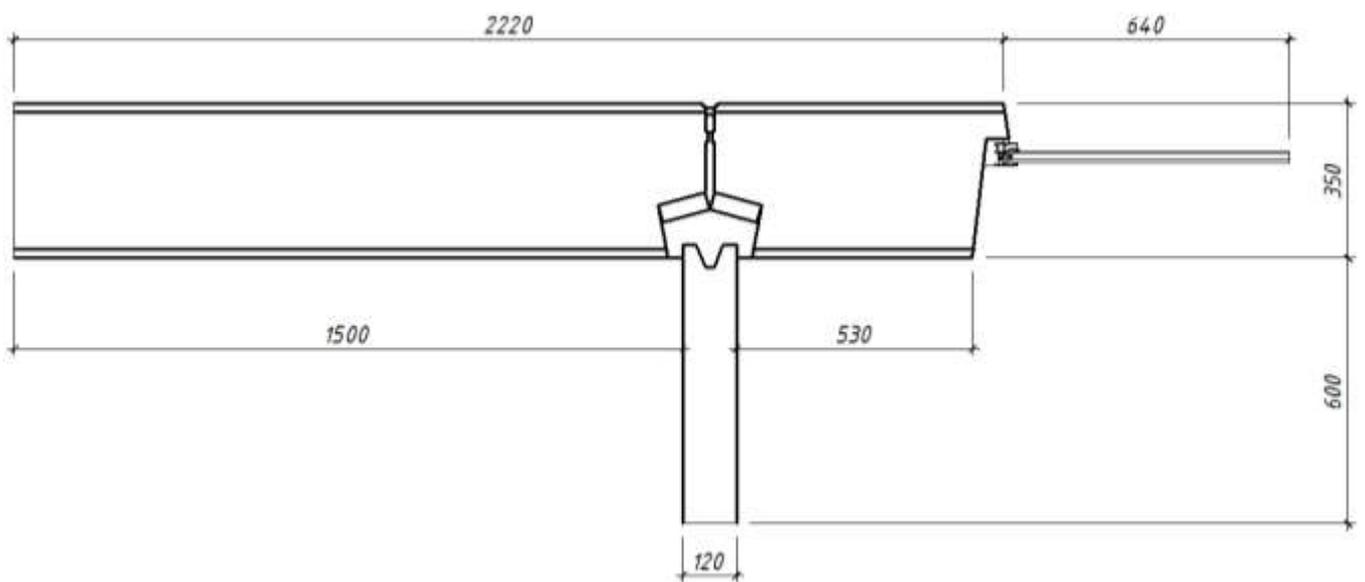


Рис. 2.28 – Ділянки №3

Температурне поле.

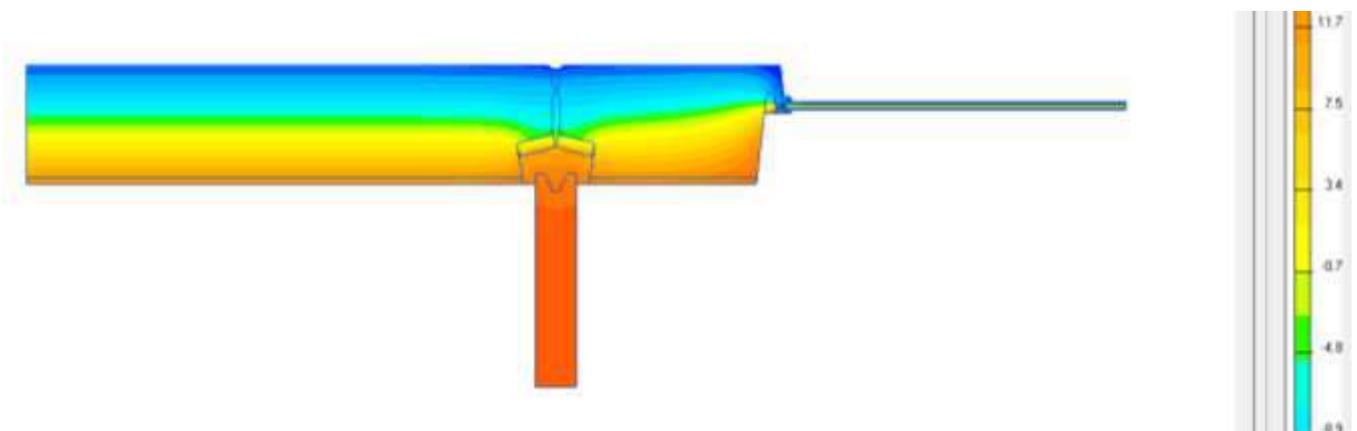


Рис. 2.29 – Температурне поле

					601-БМ. 11393402.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		55

Знаходимо приведенний опір за формулою:

$$R_{\Sigma \text{ пр}} = \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{зн}})F_{\text{в}}}{Q_{\text{в}}} = \frac{(20 - (-22)) \times 2,2}{136,5} = 0,685 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт},$$

$Q_{\text{в}}$ – який йде через внутрішню поверхню огороження $Q_{\text{в}} = 136,5 \text{ Вт}$

$F_{\text{в}}$ – площа схеми, м^2 $F_{\text{в}} = 2,2 \text{ м}^2$

Знаходимо перепад $\Delta t_{\text{пр}}$ між температурою повітря у приміщенні $t_{\text{в}}$ і середньою температурою внутрішньої поверхні $\tau_{\text{в пр}}$ за формулою:

$$\Delta t_{\text{пр}} = t_{\text{в}} - \tau_{\text{в.ср}} = 20 - 13,6 = 6,2 \text{ }^\circ\text{C}$$

де $\tau_{\text{в.ср}}$ – середня температура внутрішньої поверхні $\tau_{\text{в.ср}} = 13,6^\circ\text{C}$

На рис. 2.30 показаний графік температури на внутрішній поверхні огороження.

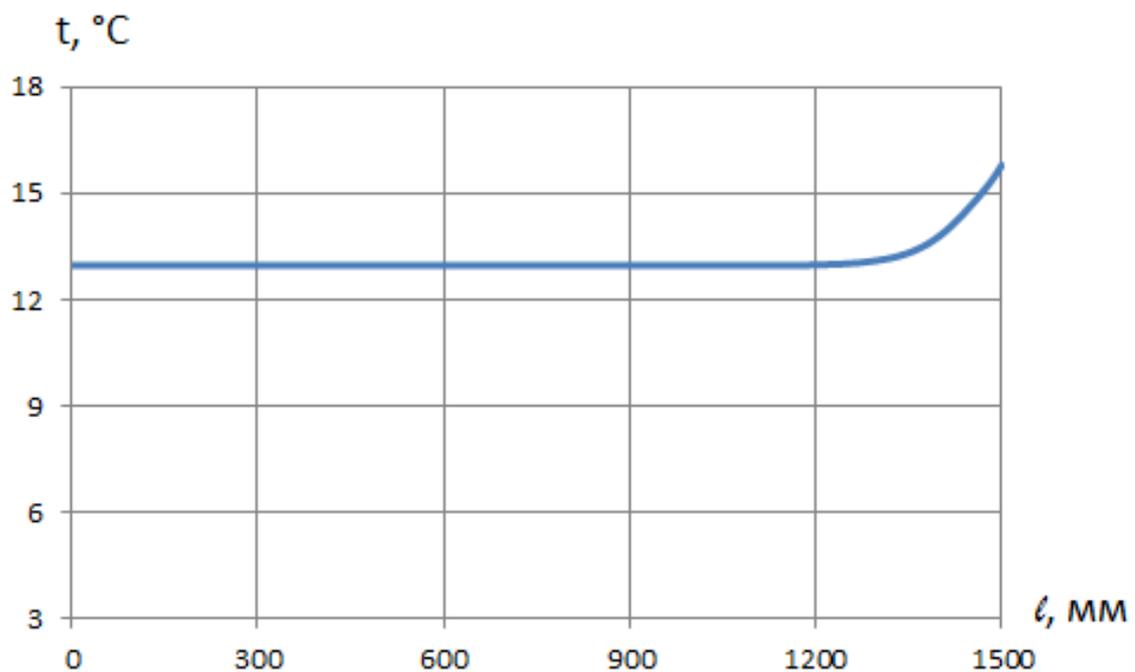


Рис. 2.30 – Графік температури на внутрішній поверхні огороження

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

601-БМ. 11393402.ПЗ

Арк.

56

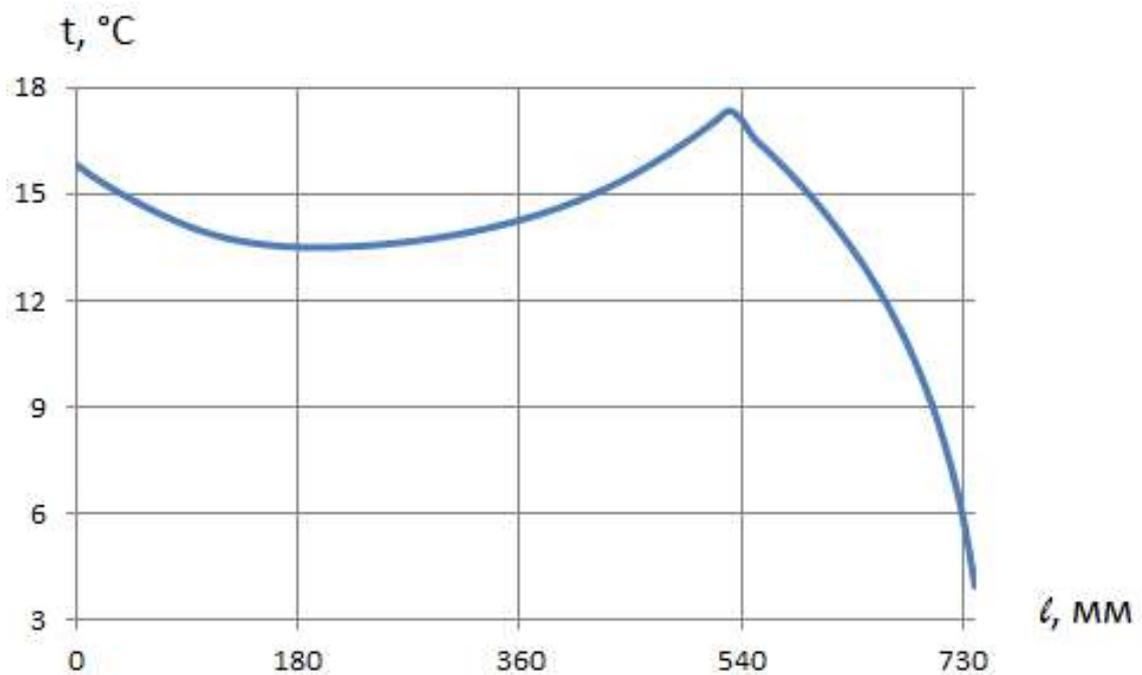


Рис. 2.31 – Графік температури на внутрішній поверхні огороження

За графіками мінімальна температура внутрішньої поверхні $t_{в.мін} = 3,5 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Висновки:

1. $R_{\Sigma пр} = 0,685 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} < R_{q \text{ min}} = 3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, перша вимога теплозахисту не виконується.
2. $\Delta t_{пр} = 6,2 \text{ } ^\circ\text{C} > \Delta t_{cr} = 4 \text{ } ^\circ\text{C}$, друга вимога теплозахисту не виконується.
3. $t_{в.мін} = 3,5 \text{ } ^\circ\text{C} < t_p = 10,7 \text{ } ^\circ\text{C}$, третя вимога теплозахисту не виконується.
4. $R_{\Sigma пр} = 0,685 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ менше $R_{\Sigma} = 0,69 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ на 0,2 %. При неврахуванні впливу стиків панелей, опір теплопередачі завищується на 0,2 %.

2.4.4 Ділянка №4

Схема ділянки №4 для розрахунку температурного поля наведена на рис. 2.32.

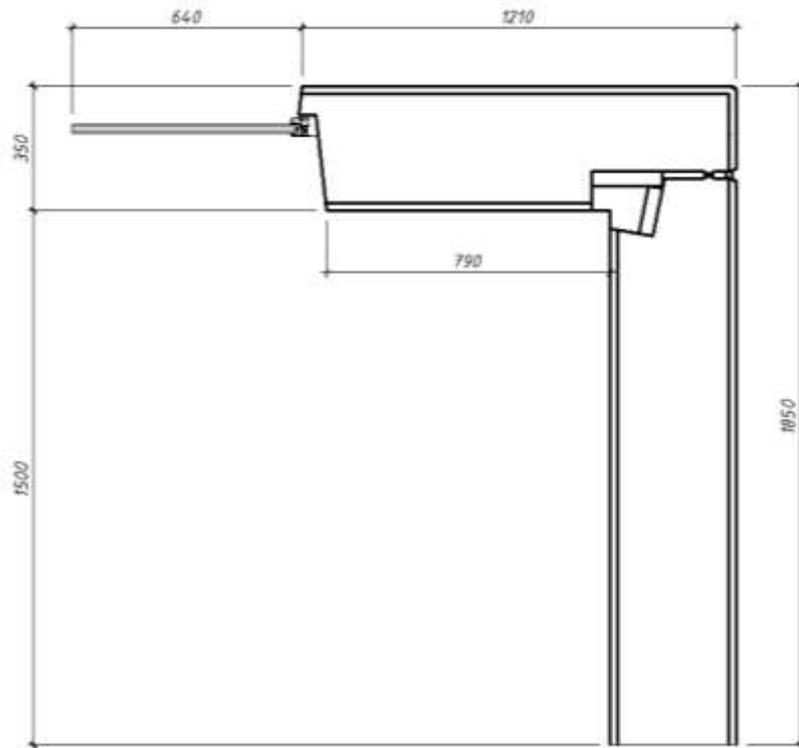


Рис. 2.32 – Ділянки №4

Температурне поле ділянки №4 наведено на рисунку 2.33.

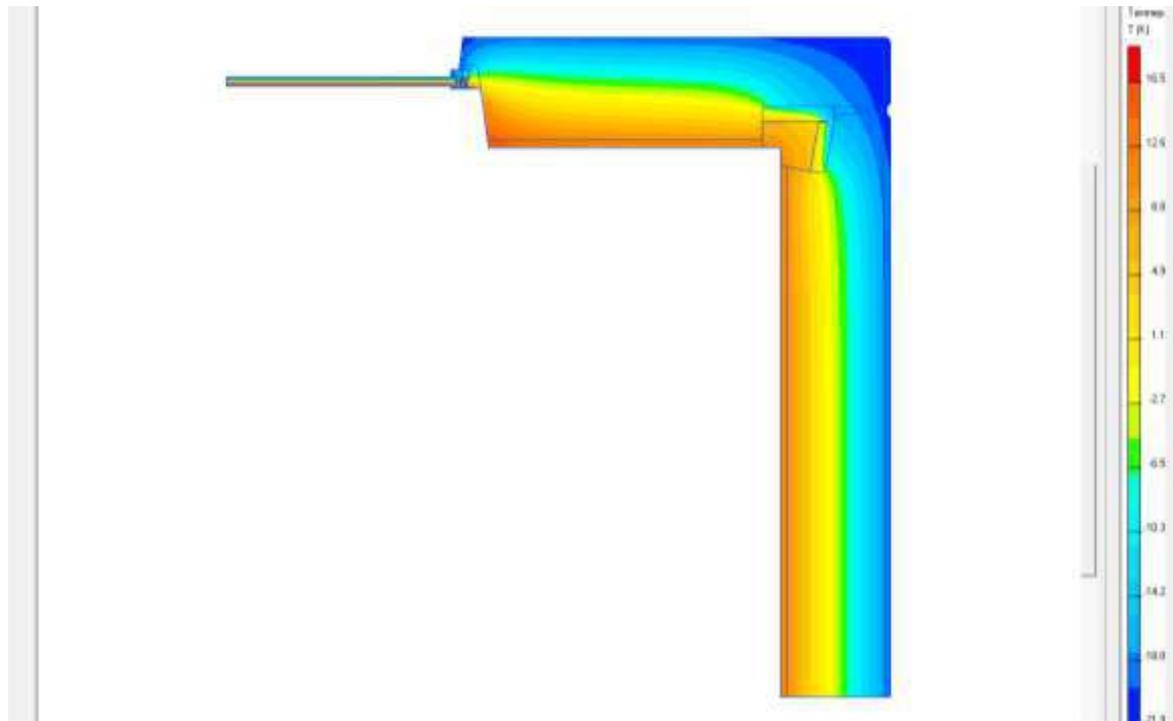


Рис. 2.33 – Температурне поле

Знаходимо приведений опір за формулою:

$$R_{\Sigma \text{ пр}} = \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{зн}})F_{\text{в}}}{Q_{\text{в}}} = \frac{(20 - (-22)) \times 2,32}{152,6} = 0,655 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт},$$

$Q_{\text{в}}$ – тепловий потік, Вт, який йде через внутрішню поверхню огороження

$$Q_{\text{в}} = 152,6 \text{ Вт}$$

$F_{\text{в}}$ – площа схеми, м^2 $F_{\text{в}} = 2,32 \text{ м}^2$

Знаходимо перепад $\Delta t_{\text{пр}}$ між температурою повітря у приміщенні $t_{\text{в}}$ і середньою температурою внутрішньої поверхні $\tau_{\text{в пр}}$ за формулою:

$$\Delta t_{\text{пр}} = t_{\text{в}} - \tau_{\text{в.ср}} = 20 - 13,1 = 6,9 \text{ }^\circ\text{C}$$

де $\tau_{\text{в.ср}}$ – середня температура внутрішньої поверхні $\tau_{\text{в.ср}} = 13,1^\circ\text{C}$

На рис. 2.34 показаний графік температури на внутрішній поверхні огороження.

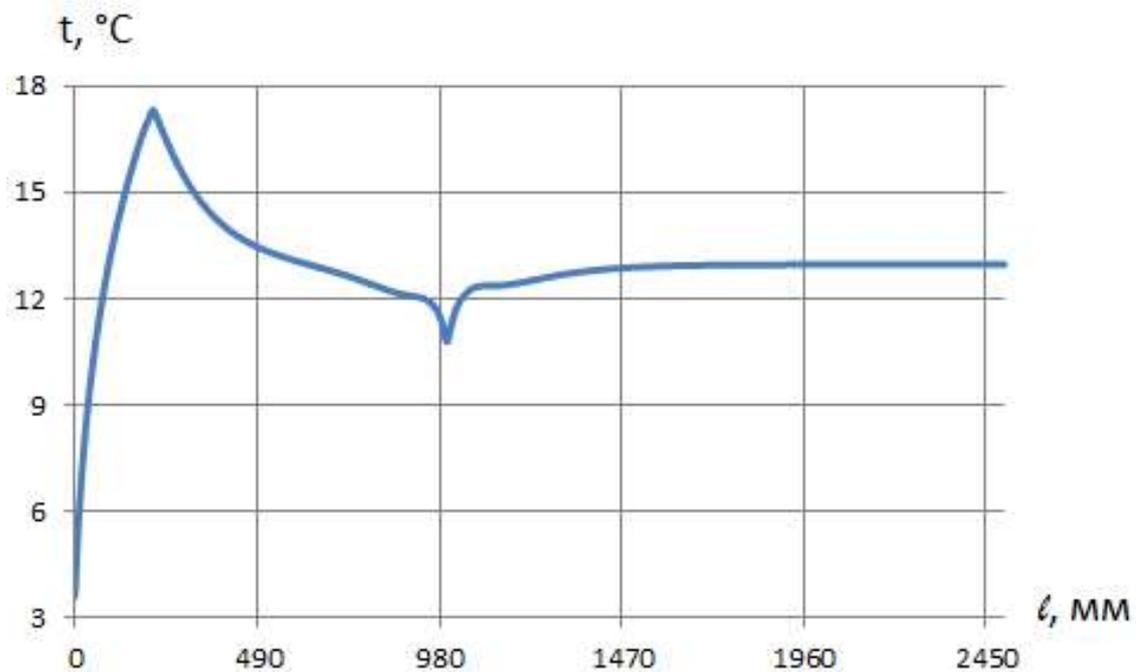


Рис. 2.34 – Графік температури на внутрішній поверхні огороження

Мінімальна температура внутрішньої поверхні $\tau_{\text{в.min}} = 3,7 \text{ }^\circ\text{C}$.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

Висновки:

1. $R_{\Sigma пр} = 0,655 \text{ м}^2 \cdot \frac{\text{К}}{\text{Вт}} < R_{q \text{ min}} = 3 \text{ м}^2 \cdot \frac{\text{К}}{\text{Вт}}$, перша вимога не виконується.
2. $\Delta t_{пр} = 6,9 \text{ }^\circ\text{C} > \Delta t_{cr} = 4 \text{ }^\circ\text{C}$, друга вимога не виконується.
3. $\tau_{в. min} = 3,7 \text{ }^\circ\text{C} < t_p = 10,7 \text{ }^\circ\text{C}$, третя вимога не виконується.
4. $R_{\Sigma пр} = 0,655 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ менше $R_{\Sigma} = 0,69 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ на 5,1 %. При неврахуванні впливу стиків панелей, опір теплопередачі завищується на 5,1 %.

2.5. Результати дослідження теплозахисних властивостей стінових панелей будинків серії 111-94

Результати дослідження наведені у таблиці 1.

Таблиця 1

Результати дослідження теплозахисних властивостей стінових панелей будинків серії 111-94

Товщина панелей, мм	№ ділянки	R_{Σ} , $\text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$	$R_{\Sigma пр}$, $\text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$	$\Delta t_{пр}$, $^\circ\text{C}$	$\tau_{в. min}$, $^\circ\text{C}$
300 мм	1	0,608	0,572	6,9	3,9
	2		0,573	7	4
	3		0,595	7,5	4
	4		0,57	8,3	3,8
350 мм	1	0,685	0,658	6	3,5
	2		0,656	5,7	3,6
	3		0,682	6,5	3,7
	4		0,65	6,9	3,5

Нормативні значення теплозахисту:

- $R_{q. min} = 3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$
- $\Delta t_{cr} = 4 \text{ }^\circ\text{C}$
- $t_{min} = 10,7 \text{ }^\circ\text{C}$

де $R_{q. min}$ – нормований приведений опір теплопередачі;

					601-БМ. 11393402.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		60

Δt_{cr} – допустима різниця між температурою повітря у приміщенні та температурою внутрішньої поверхні панелі, °С;

t_{min} – допустиме значення температури внутрішньої поверхні панелі, °С.

Дослідження показали, що у стінових панелей будинків серії 111-94 споруджених у 60-80 роках 20-го сторіччя не одна нормативна вимога не виконується.

На який відсоток приведений опір панелей менше нормативного значення показано у табл. 2.

Таблиця 2

Відсоток зменшення опору

Товщина панелей, мм	№ ділянки	Відсоток зменшення фактичного опору у порівнянні з нормованим	
		R_{Σ} , м ² · К/Вт	$R_{\Sigma пр}$, м ² · К/Вт
300 мм	1	82	82,6
	2		82,7
	3		82,
	4		82,8
350 мм	1	79,5	80,1
	2		80,2
	3		79,3
	4		80,3

Відсоток зменшення приведенного опору при врахуванні теплопровідних включень наведений у таблиці 3.

Таблиця 3

Відсоток зменшення приведенного опору при врахуванні теплопровідних включень

Товщина панелей, мм	№ ділянки	Відсоток зменшення приведенного опору при врахуванні теплопровідних включень
300 мм	1	5,9
	2	6
	3	2,6
	4	6,8
350 мм	1	4,1
	2	4,5
	3	0,2
	4	5,1

ВИСНОВКИ ПО РОЗДІЛУ 2

1. Стінові панелі будинків серії 111-94 споруджених у 60-80 роках 20-го сторіччя не відповідають нормам.
2. Опір теплопередачі цих панелей менше нормованого у межах від 79,5 % до 82 %.
3. Якщо враховувати теплопровідні включення то приведений опір теплопередачі зменшується на 4,5 %.

					601-БМ. 11393402.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		62

**3. АНАЛІЗ ТЕПЛОЗАХИСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ
ПАНЕЛЬНИХ СТІН БУДИНКІВ СЕРІЇ 111-94 ПІСЛЯ
ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ**

					601-БМ. 11393402.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		63

Для термомодернізації панельних стін приймаємо плити з кам'яної вати густиною $\rho_0 = 120 \text{ кг/м}^3$. Теплопровідність плит $\lambda_p = 0,036 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$.

3.1. Визначення товщини утеплювача необхідної для термомодернізації стінової панелі товщиною 300 мм

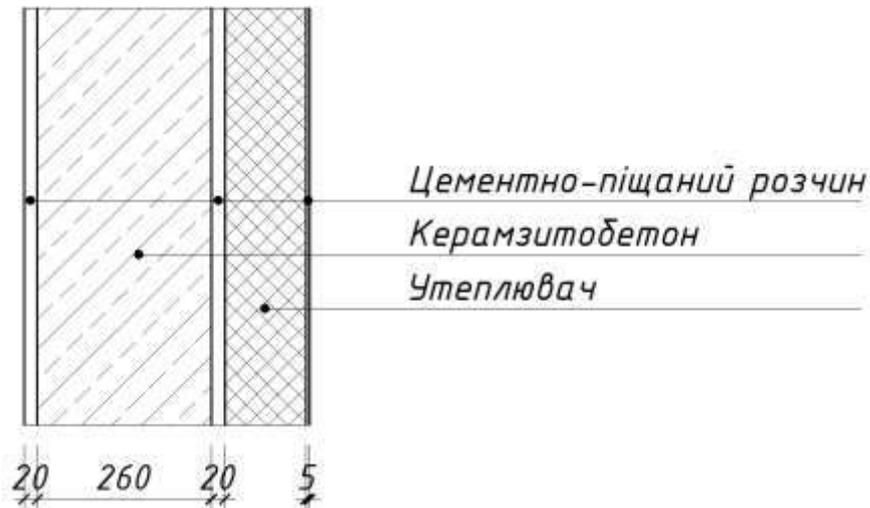


Рис. 3.1. – Розрахункова схема

Розрахунки виконувалися для кліматичних умов Полтавської області.

Розрахункова температура повітря у житловому приміщенні становить - $t_{\text{в}} = 20^\circ\text{C}$

Розрахункову відносну вологість у житловому приміщенні становить - $\varphi_{\text{в}} = 55\%$

За нормами тепловологісний режим приміщення - нормальний;

За нормами вологісні умови в огорожувальній конструкції - Б;

Теплопровідність матеріалів:

- цементно-піщаного розчину $\lambda_{p1} = 0,81 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$;
- керамзитобетону $\lambda_{p2} = 0,65 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$;
- цементно-піщаного розчину $\lambda_{p3} = 0,81 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$;
- плит з кам'яної вати $\lambda_{p4} = 0,036 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$;
- цементно-піщаного розчину $\lambda_{p5} = 0,81 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$.

Температурну зону в якій знаходиться м. Полтава - I.

					601-БМ. 11393402.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		64

Згідно з п.5.2.2. норм при термомодернізації дозволяється зменшувати нормативні значення опору теплопередачі використовуючи коефіцієнт 0,75.

$$R_{q,\min} = 4 * 0,75 = 3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Допустима різниця між температурою внутрішнього повітря і температурою внутрішньої поверхні огороження становить $\Delta t_{\text{cr}} = 4^\circ\text{C}$

Визначаємо товщину утеплювача за формулою

$$\begin{aligned} \delta_{\text{ут}}^R &= \lambda_4 \left(R_{q,\min} - \frac{1}{\alpha_B} - \frac{1}{\alpha_3} - \frac{\delta_1}{\lambda_1} - \frac{\delta_2}{\lambda_2} - \frac{\delta_3}{\lambda_3} - \frac{\delta_5}{\lambda_5} \right) = \\ &= 0,036 \left(3 - \frac{1}{8,7} - \frac{1}{23} - \frac{0,02}{0,81} - \frac{0,26}{0,65} - \frac{0,02}{0,81} - \frac{0,005}{0,81} \right) = 0,097 \text{ м} \end{aligned}$$

де α_B - коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні панелі, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$, $\alpha_B = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$

α_3 - коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні панелі, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$, $\alpha_3 = 23 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$

Визначаємо товщину утеплювача за формулою

$$\begin{aligned} \delta_{\text{ут}}^{\Delta t} &= \lambda_{\text{ут}} \left(\frac{t_B - t_{\text{зн}}}{\Delta t_{\text{cr}} \times \alpha_B} - \frac{1}{\alpha_B} - \frac{1}{\alpha_3} - \frac{\delta_1}{\lambda_1} - \frac{\delta_2}{\lambda_2} - \frac{\delta_3}{\lambda_3} - \frac{\delta_5}{\lambda_5} \right) = \\ \delta_{\text{ут}}^{\Delta t} &= 0,036 \left(\frac{20 - (-22)}{4 \times 8,7} - \frac{1}{8,7} - \frac{1}{23} - \frac{0,02}{0,81} - \frac{0,26}{0,65} - \frac{0,02}{0,81} - \frac{0,005}{0,81} \right) = 0,021 \text{ м} \end{aligned}$$

де $t_{\text{зн}}$ - температура повітря назовні, $^\circ\text{C}$ $t_{\text{зн}} = -22^\circ\text{C}$

Приймаємо більшу за $\delta_{\text{ут}}^R = 0,0967 \text{ м}$ та $\delta_{\text{ут}}^{\Delta t} = 0,0213 \text{ м}$ уніфіковану товщину утеплювача $\delta_{\text{ут}}^{\text{ун}} = 0,1 \text{ м}$.

Визначаємо опір теплопередачі за формулою

$$\begin{aligned} R_\Sigma &= \frac{1}{\alpha_B} + \frac{1}{\alpha_3} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{\delta_5}{\lambda_5} = \\ &= \frac{1}{8,7} + \frac{1}{23} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{0,26}{0,65} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{0,1}{0,036} + \frac{0,005}{0,81} = 3,37 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} \end{aligned}$$

					601-БМ. 11393402.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		65

$R_{\Sigma} = 3,37 \text{ м}^2 \cdot \text{К} > R_{q,\text{min}} = 3 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ перша вимога виконується.

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

$$\Delta t_{\text{пр}} = \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{зн}}}{R_{\Sigma\text{пр}} \times \alpha_{\text{в}}} = \frac{20 - (-22)}{3,37 \times 8,7} = 1,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

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

Визначаємо $\tau_{\text{в},\text{min}}$ за формулою

$$\tau_{\text{в},\text{min}} = t_{\text{в}} - \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{зн}}}{R_{\Sigma} \times \alpha_{\text{в}}} = 20 - \frac{20 - (-22)}{3,37 \times 8,7} = 18,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

За нормами мінімальна температура на внутрішній поверхні повинна бути вище точки роси $t_{\text{р}}$.

Знаходимо температуру точки роси $t_{\text{р}}$:

За $t_{\text{в}} = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$ парціальний тиск насиченої водяної пари становить $E_{\text{в}} = 2338 \text{ Па}$.

Знаходимо парціальний тиск за формулою

$$e_{\text{в}} = E_{\text{в}} \times \varphi_{\text{в}} \times 0,01 = 2338 \times 55 \times 0,01 = 1287 \text{ Па}$$

де $\varphi_{\text{в}}$ – відносна вологість повітря у приміщенні, %, для житлових будинків $\varphi_{\text{в}} = 55 \text{ } \%$.

Тоді точка роси становить $t_{\text{р}} = 10,7 \text{ } ^\circ\text{C}$.

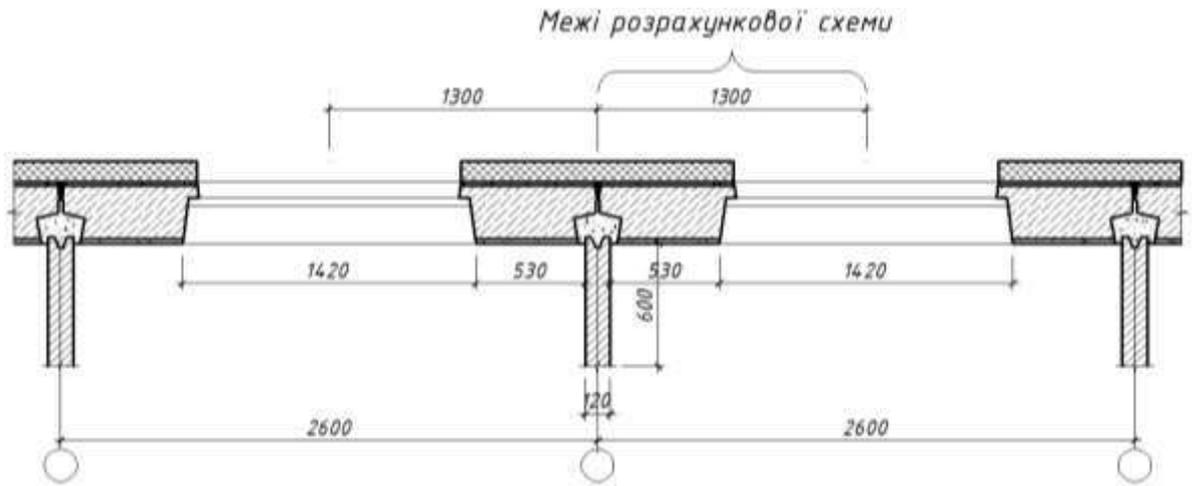
$\tau_{\text{в},\text{min}} = 18,5 \text{ } ^\circ\text{C} > t_{\text{р}} = 10,7 \text{ } ^\circ\text{C}$ то третя вимога виконується.

3.2. Теплозахисні властивості панелі товщиною 300 мм з урахуванням теплопровідних включень після термомодернізації

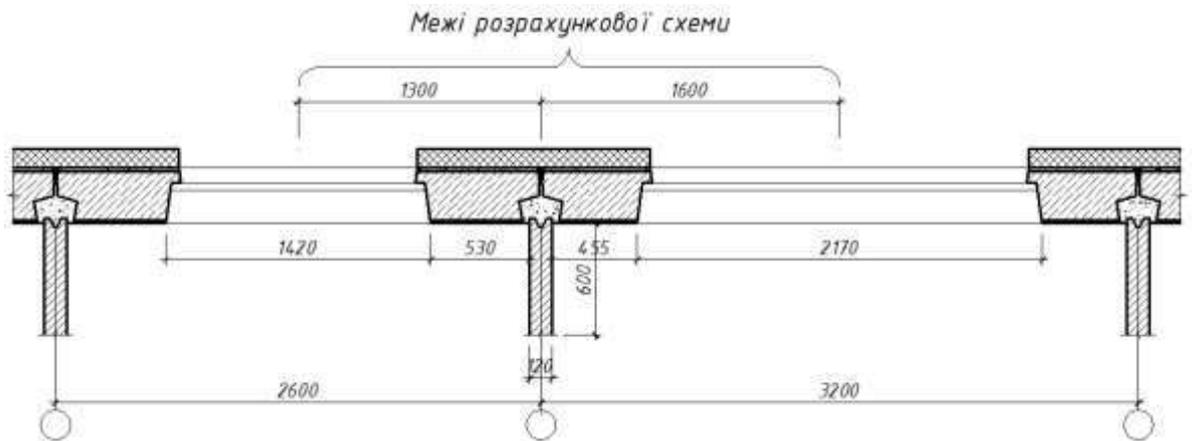
Розрахункові схеми, що використовувалися у розрахунках температурних полів наведені на рис. 3.2.

					601-БМ. 11393402.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		66

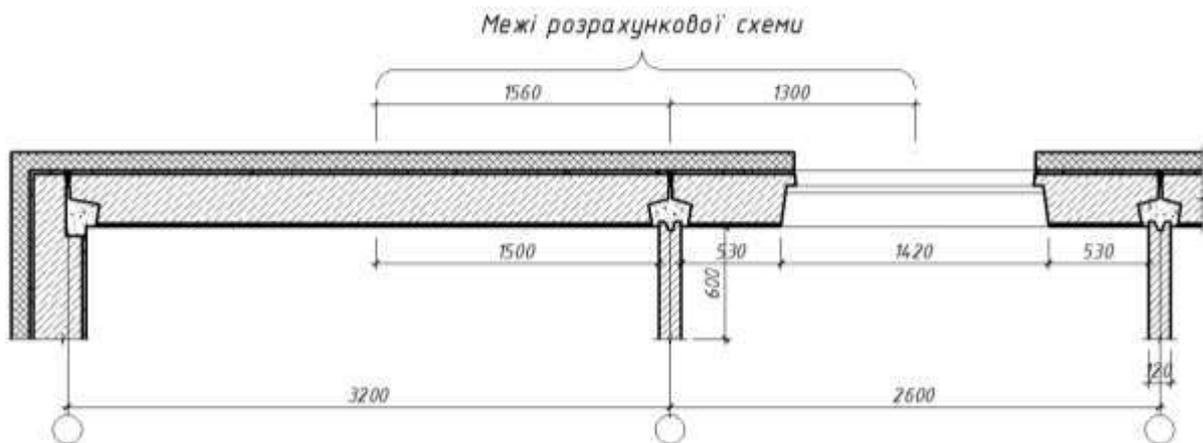
a)



б)



в)



Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

601-БМ. 11393402.ПЗ

Арк.

67

г)



Рис. 3.2 – Розміри розрахункових схем

3.2.1 Ділянка №1

Схема ділянки №1 для розрахунку температурного поля наведена на рис. 3.3.

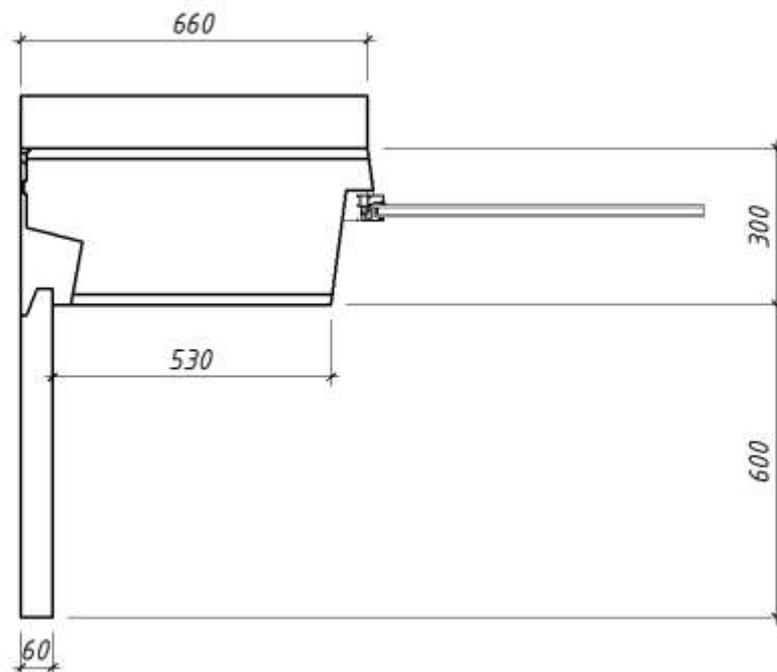


Рис. 3.3 – Ділянки №1

Температурне поле.

					601-БМ. 11393402.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		68

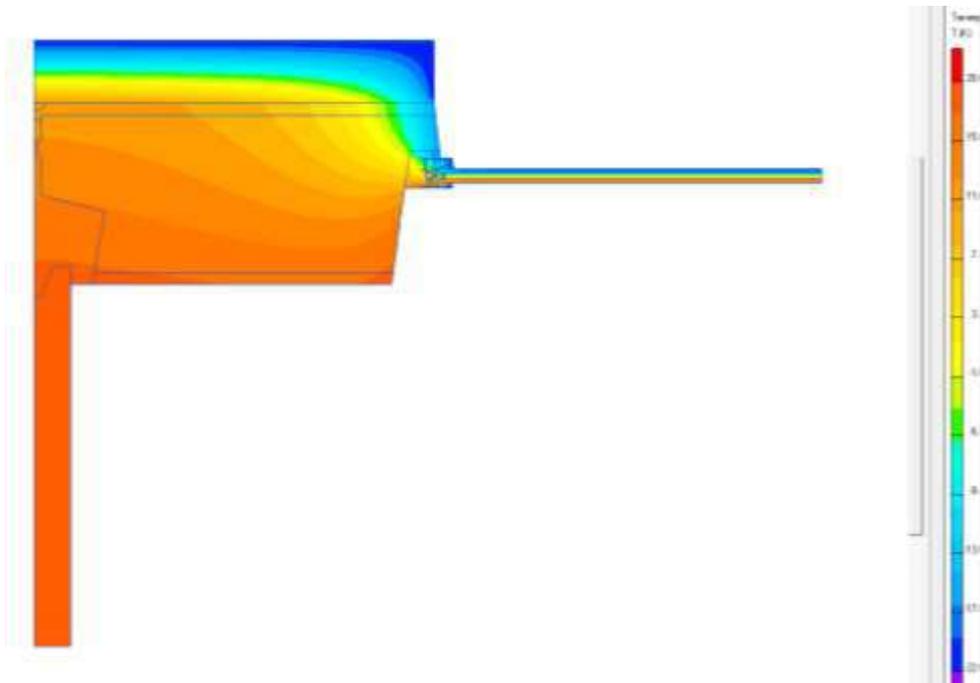


Рис. 3.4 – Температурне поле

Знаходимо приведенний опір за формулою:

$$R_{\Sigma \text{пр}} = \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{зн}})F_{\text{в}}}{Q_{\text{в}}} = \frac{(20 - (-22)) \times 0,65}{17,4} = 1,61 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт},$$

Приведений опір становить $R_{\Sigma \text{пр}} = 1,61 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, що менше нормованого значення $R_{\text{q min}} = 3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

Якщо не враховувати теплопровідні включення то фактичний опір завищується на 51,6 %.

Підвищити опір можна за рахунок:

- більшої товщини утеплювача;
- додаткового утеплення відкосів з внутрішньої сторони вікна;
- додаткового утеплення відкосів з зовнішньої сторони вікна;
- комбінований.

Результати розрахунку наведених способів підвищення опору показані у таблиці 4

					601-БМ. 11393402.ПЗ	Арк.
						69
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Результати розрахунку наведених способів підвищення опору теплопередачі

Способи підвищення приведенного опору	$R_{\Sigma пр}, \text{ м}^2 \cdot \text{ К/Вт}$
Збільшення товщини утеплювача до 200 мм	1,88
Додаткове утеплення відкосів з внутрішньої сторони вікна шаром товщиною 50 мм	1,67
Додаткове утеплення відкосів з внутрішньої сторони вікна шаром товщиною 30 мм	2,33
Збільшення товщини утеплювача до 150 мм, утеплення відкосів з внутрішньої сторони вікна шаром товщиною 30 мм та застосувати утеплювач з теплопровідністю на 17 % менше ніж прийнятому у теплотехнічному розрахунку $\lambda_p = 0,03 \text{ Вт}/(\text{ м} \cdot \text{ К})$	3,33

Виконані дослідження дозволяють зробити висновок, що досягнути норм можливо лише із застосуванням комбінованого способу.

Схема утеплення з комбінованим способом показана на рис. 3.5.

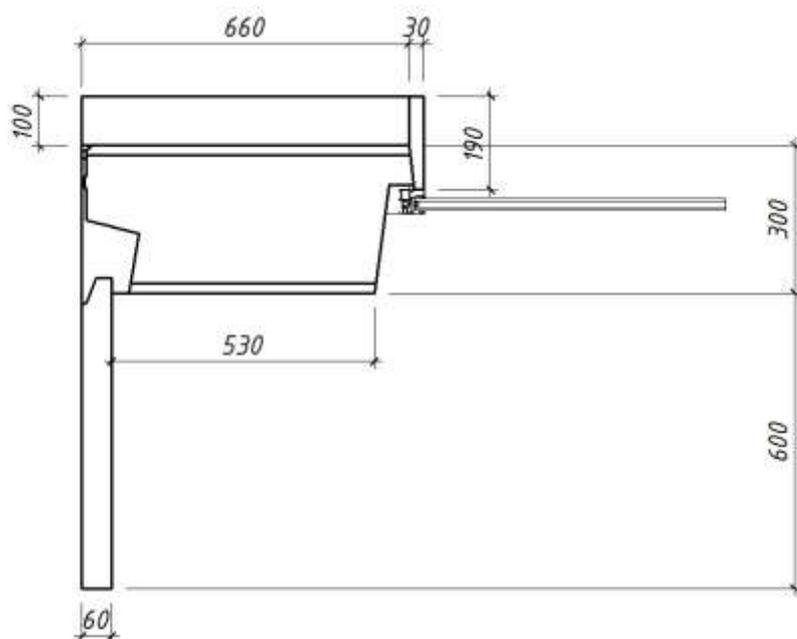


Рис. 3.5 – Схема утеплення з комбінованим способом

Температурне поле з комбінованим способом утеплення показано на рис. 3.6.

					601-БМ. 11393402.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		70

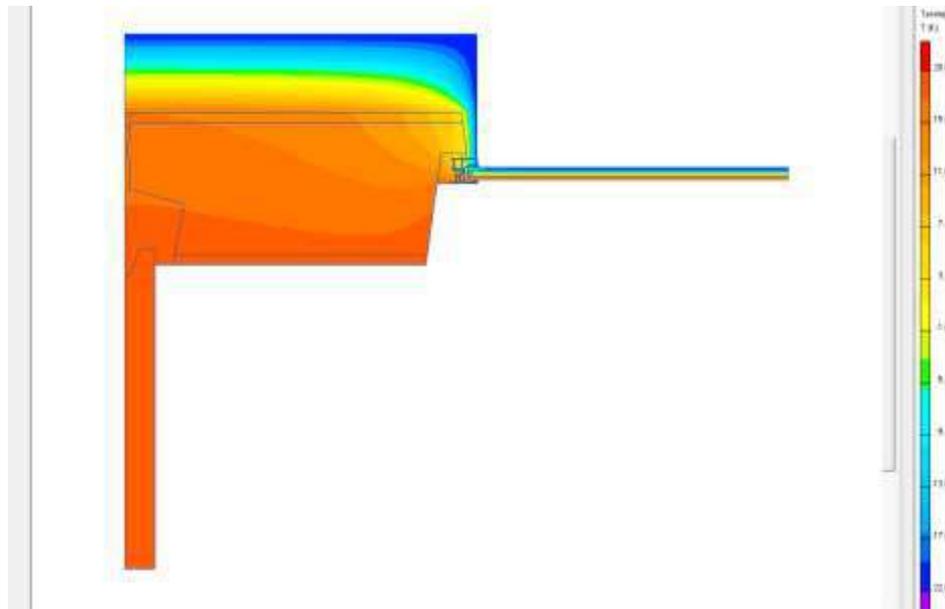


Рис. 3.6 – Температурне поле

При комбінованому способі утеплення:

- $R_{\Sigma пр} = 3,33 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} > R_{q \text{ min}} = 3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$;
- $\Delta t_{пр} = 1,5 \text{ }^\circ\text{C} < \Delta t_{cr} = 4 \text{ }^\circ\text{C}$;
- $\tau_{в.min} = 15,6 \text{ }^\circ\text{C} > t_p = 10,7 \text{ }^\circ\text{C}$.

Вимоги теплозахисту виконуються.

Висновки:

1. Приведений опір теплопередачі панелі з товщиною додаткового утеплювача 100 мм прийнятою за теплотехнічним розрахунком, менше нормативного значення на 51,9 %.
2. Для приведення теплозахисту до нормативних вимог необхідно збільшити товщину утеплювача до 150 мм, утеплити відкос вікна з зовнішньої сторони шаром товщиною 30 мм та застосувати утеплювач з $\lambda_p = 0,03 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$

3.2.2 Ділянка №2

Схема ділянки №2 для розрахунку температурного поля наведена на рис. 3.7.

					601-БМ. 11393402.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		71

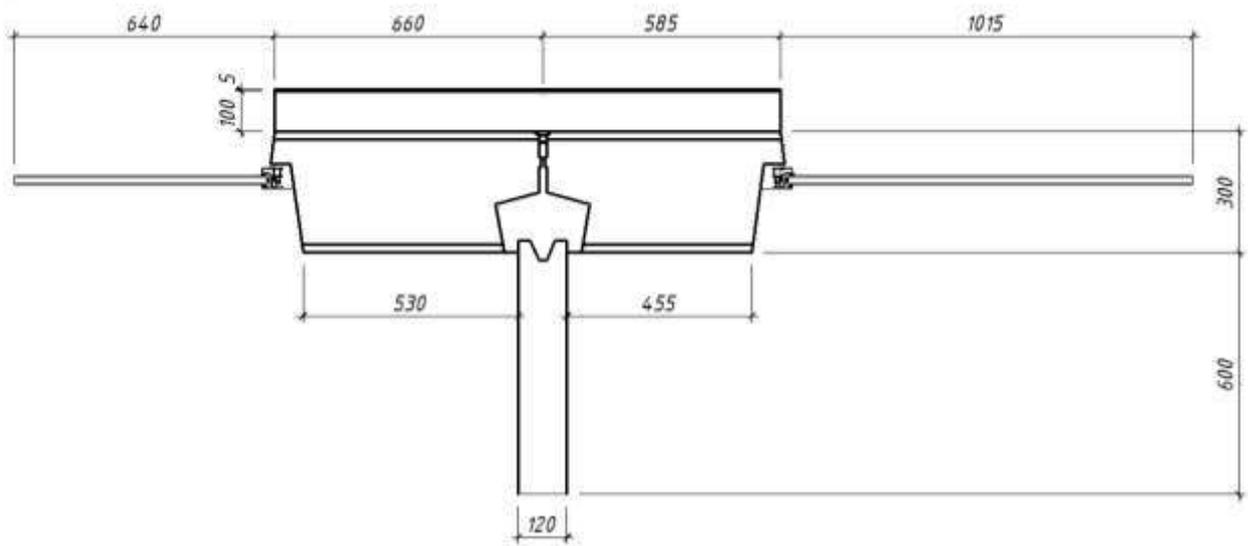


Рис. 3.7 – Ділянки №2

Температурне поле.

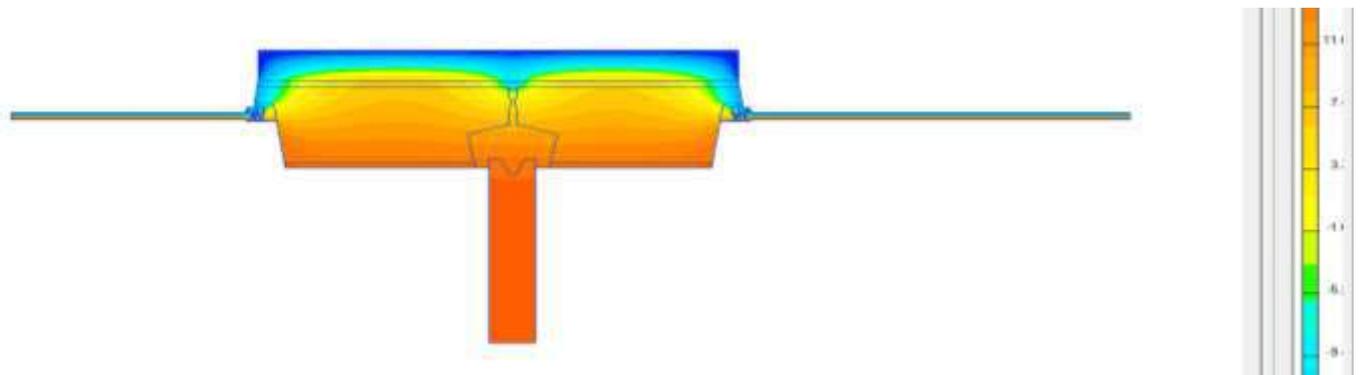


Рис. 3.8 – Температурне поле

Знаходимо приведений опір панелі з товщиною утеплювача 100 мм за формулою:

$$R_{\Sigma \text{пр}} = \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{зн}})F_{\text{в}}}{Q_{\text{в}}} = \frac{(20 - (-22)) \times 1,25}{45,1} = 1,166 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт},$$

Приведений опір становить $R_{\Sigma \text{пр}} = 1,166 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, що менше нормованого значення $R_{\text{q min}} = 3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

Якщо не враховувати теплопровідні включення то фактичний опір завищується на 65,2 %.

					601-БМ. 11393402.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		72

Застосовуємо комбінований спосіб утеплення. Приймаємо товщину утеплювача 150 мм, утеплюємо відкос з зовнішньої сторони вікна шаром товщиною 30 мм та приймаємо утеплювач з $\lambda_p = 0,03 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$

Схема утеплення з комбінованим способом показана на рис. 3.9.

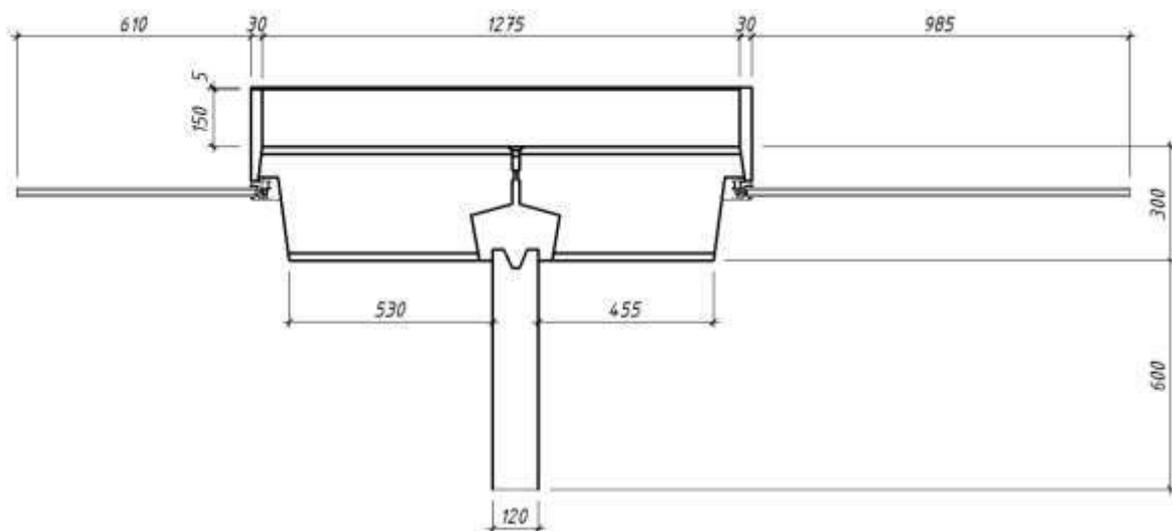


Рис. 3.9 – Схема утеплення з комбінованим способом

Температурне поле з комбінованим способом утеплення показано на рис. 3.10.

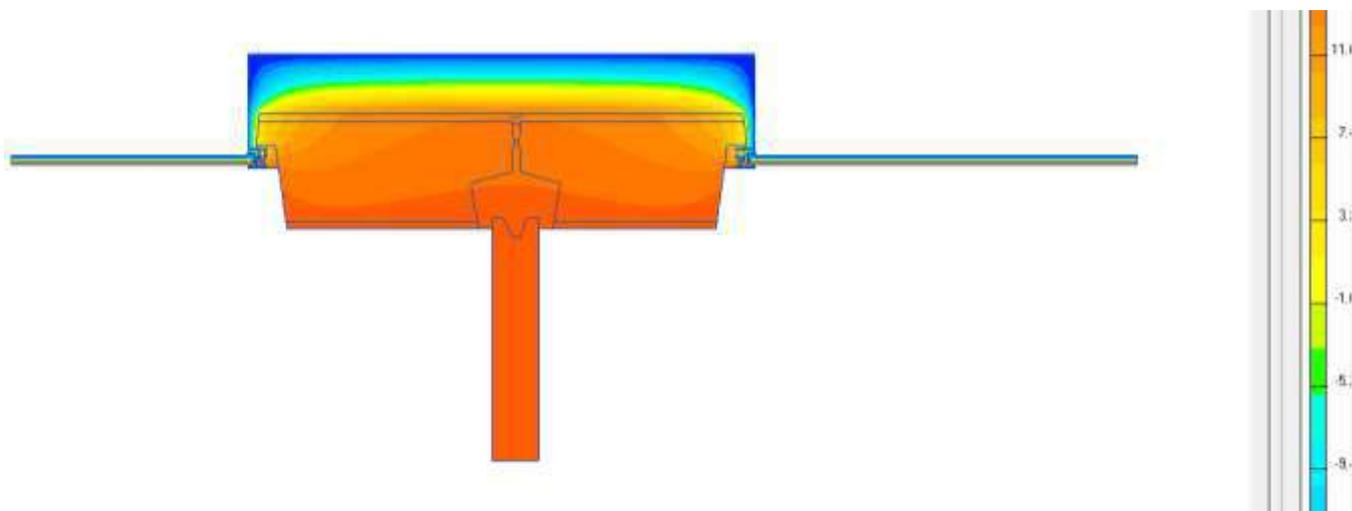


Рис. 3.10 – Температурне поле

При комбінованому способі утеплення:

- $R_{\Sigma пр} = 3,28 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт} > R_{q \text{ min}} = 3 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$;
- $\Delta t_{пр} = 1,4 \text{ }^\circ\text{C} < \Delta t_{cr} = 4 \text{ }^\circ\text{C}$;
- $\tau_{в. \text{ min}} = 15,8 \text{ }^\circ\text{C} > t_p = 10,7 \text{ }^\circ\text{C}$.

Вимоги теплозахисту виконуються.

					601-БМ. 11393402.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		73

Висновки:

1. Приведений опір теплопередачі панелі з товщиною додаткового утеплювача 100 мм прийнятою за теплотехнічним розрахунком, менше нормативного значення на 65,1 %.
2. Для приведення теплозахисту до нормативних вимог необхідно збільшити товщину утеплювача до 150 мм, утеплити відкос вікна з зовнішньої сторони шаром товщиною 30 мм та застосувати утеплювач з $\lambda_p = 0,03$ Вт/(м · К).

3.2.3 Ділянка №3

Схема ділянки №3 для розрахунку температурного поля наведена на рис. 3.11.

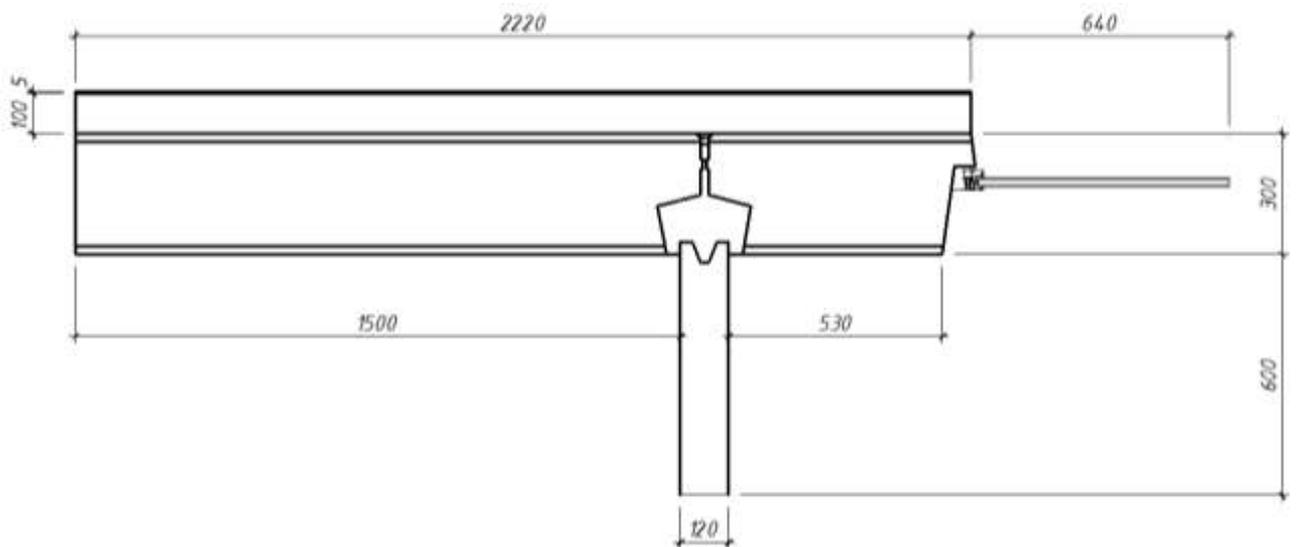


Рис. 3.11 – Ділянки №3

Температурне поле.

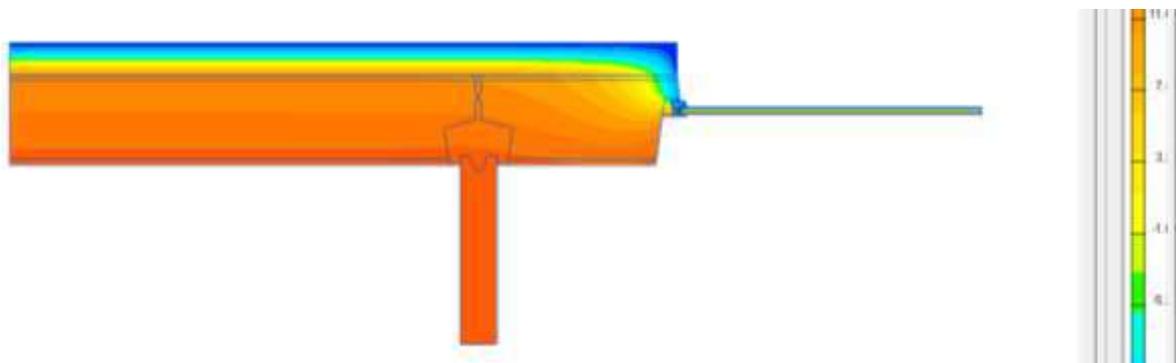


Рис. 3.12 – Температурне поле

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

601-БМ. 11393402.ПЗ

Арк.

74

Знаходимо приведений опір панелі з товщиною утеплювача 100 мм за формулою:

$$R_{\Sigma \text{пр}} = \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{зн}})F_{\text{в}}}{Q_{\text{в}}} = \frac{(20 - (-22)) \times 2,25}{36,66} = 2,55 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт},$$

Приведений опір становить $R_{\Sigma \text{пр}} = 2,55 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, що менше нормованого значення $R_{\text{q min}} = 3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

Якщо не враховувати теплопровідні включення то фактичний опір завищується на 23,1 %.

Застосовуємо комбінований спосіб утеплення. Приймаємо товщину утеплювача 130 мм, утеплюємо відкоси з зовнішньої сторони вікна шаром товщиною 30 мм.

Схема утеплення з комбінованим способом показана на рис. 3.13.

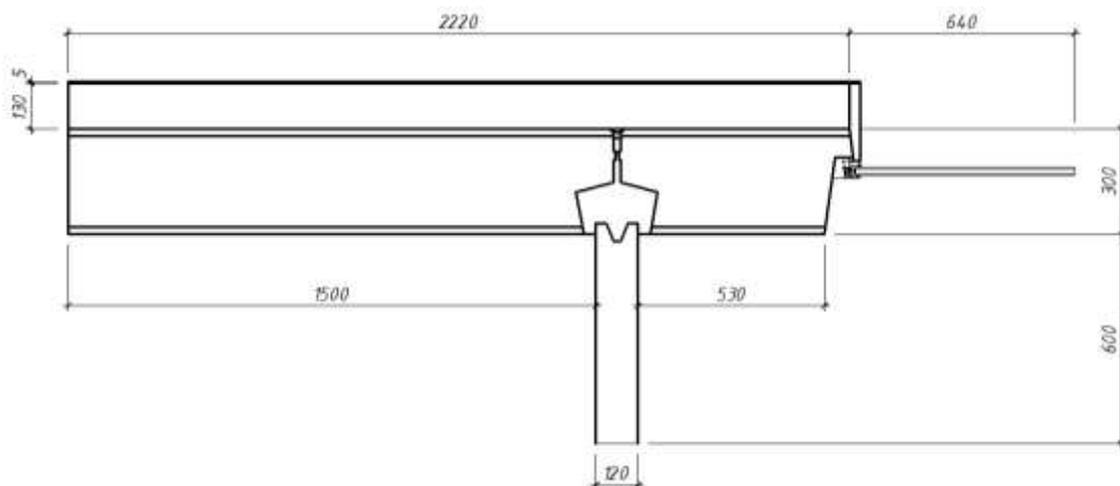


Рис. 3.13 – Схема утеплення з комбінованим способом

Температурне поле з комбінованим способом утеплення показано на рис. 3.14.

					601-БМ. 11393402.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		75

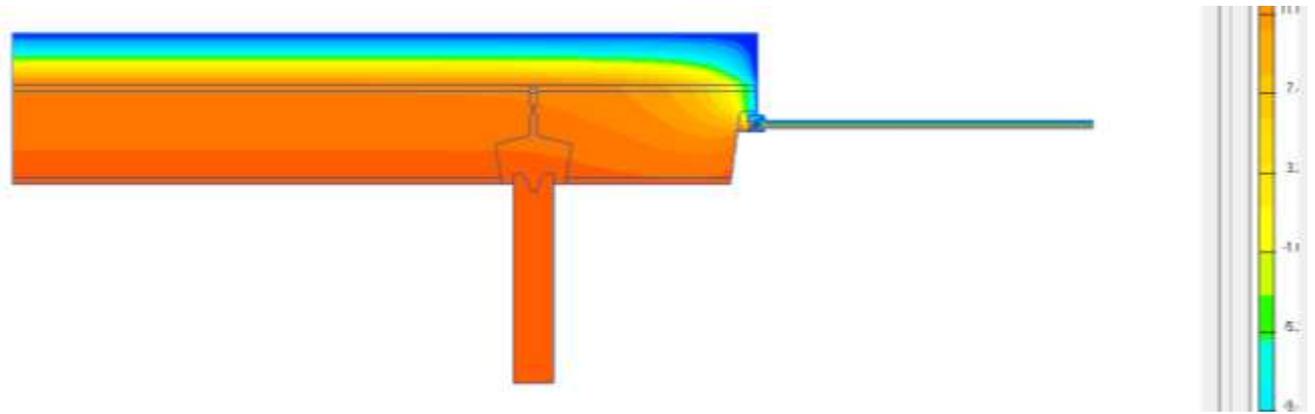


Рис. 3.14 – Температурне поле

При комбінованому способі утеплення:

- $R_{\Sigma пр} = 3,316 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} > R_{q \text{ min}} = 3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$;
- $\Delta t_{пр} = 1,5 \text{ }^\circ\text{C} < \Delta t_{сг} = 4 \text{ }^\circ\text{C}$;
- $\tau_{в. min} = 15,2 \text{ }^\circ\text{C} > t_p = 10,7 \text{ }^\circ\text{C}$.

Вимоги теплозахисту виконуються.

При такому способі утеплення, немає необхідності зменшувати теплопровідність утеплювача.

Застосовувати утеплювач на різних ділянках стіни з різною теплопровідністю доволі складно тому уточнюємо теплозахисні властивості ділянки з використанням утеплювача який має $\lambda_p = 0,03 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$.

Виявилось, що при використанні утеплювача з $\lambda_p = 0,03 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ достатньо товщини утеплювача 100 мм.

Тоді:

- $R_{\Sigma пр} = 3,305 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} > R_{q \text{ min}} = 3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$;
- $\Delta t_{пр} = 1,6 \text{ }^\circ\text{C} < \Delta t_{сг} = 4 \text{ }^\circ\text{C}$;
- $\tau_{в. min} = 14,4 \text{ }^\circ\text{C} > t_p = 10,7 \text{ }^\circ\text{C}$.

Висновки:

1. Приведений опір теплопередачі панелі з товщиною додаткового утеплювача 100 мм прийнятою за теплотехнічним розрахунком, менше нормативного значення на 23,6 %.

					601-БМ. 11393402.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		76

2. Для приведення теплозахисту до нормативних вимог необхідно утеплити відкоси вікна з зовнішньої сторони шаром товщиною 30 мм та застосувати утеплювач з $\lambda_p = 0,03 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$

3.2.4 Ділянка №4

Схема ділянки №4 для розрахунку температурного поля наведена на рис. 3.15.

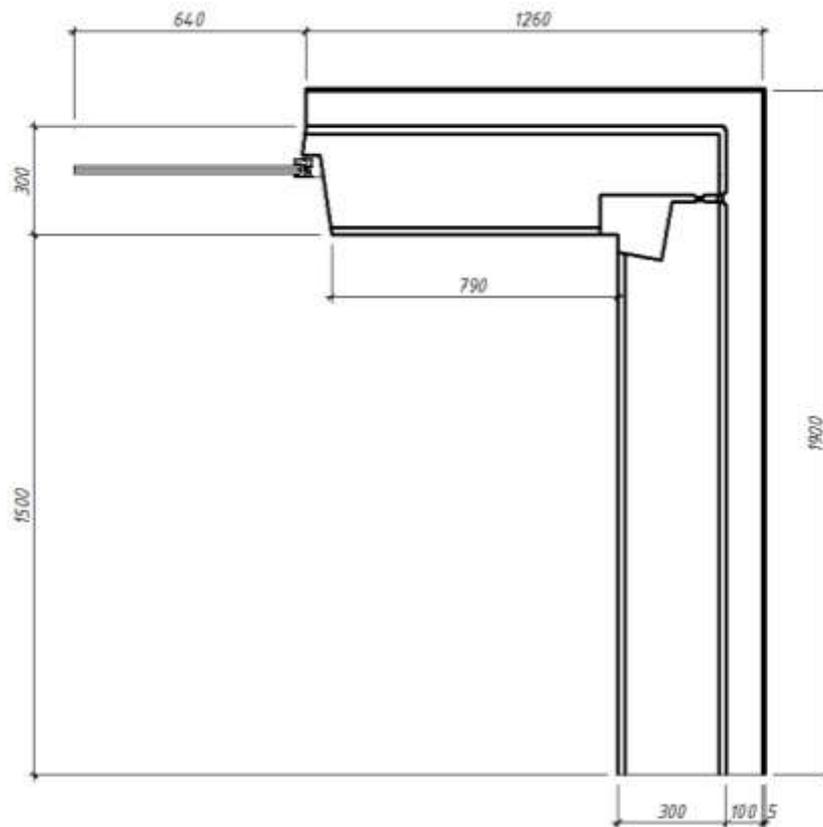


Рис. 3.15 – Ділянки №4

Температурне поле.

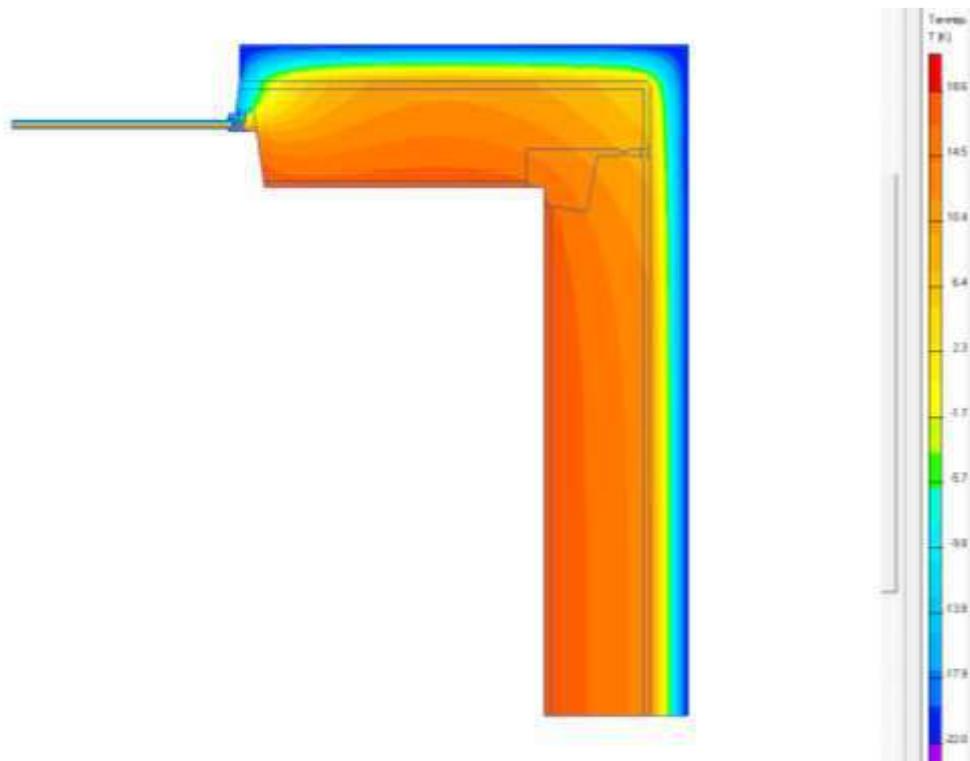


Рис. 3.16 – Температурне поле

Знаходимо приведений опір панелі з товщиною утеплювача 100 мм за формулою:

$$R_{\Sigma \text{пр}} = \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{зн}})F_{\text{в}}}{Q_{\text{в}}} = \frac{(20 - (-22)) \times 2,35}{44,22} = 2,242 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт},$$

Приведений опір становить $R_{\Sigma \text{пр}} = 2,242 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, що менше нормованого значення $R_{\text{q min}} = 3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

Якщо не враховувати теплопровідні включення то фактичний опір завищується на 33,4 %.

Ділянки №4 утеплюємо за комбінованим способом.

Як було виявлено раніше для виконання вимог теплозахисту по поздовжнім стінам необхідно:

- прийняти товщину утеплювача до 150 мм;
- утеплити відкос вікна з зовнішньої сторони шаром товщиною 30 мм;
- утеплення виконувати утеплювачем з $\lambda_{\text{р}} = 0,03 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$.

По торцевих стінах:

- утеплити відсок вікна з зовнішньої сторони шаром товщиною 30 мм;
- утеплення виконувати утеплювачем з $\lambda_p = 0,03 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$.

Приймаємо товщину утеплювача по поздовжній стіні 150 мм, а по торцевій 110 мм. Утеплюємо відкоси вікна з зовнішньої сторони шаром товщиною 30 мм. Теплопровідність утеплювача приймаємо $\lambda_p = 0,03 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$.

Схема утеплення з комбінованим способом показана на рис. 3.17.

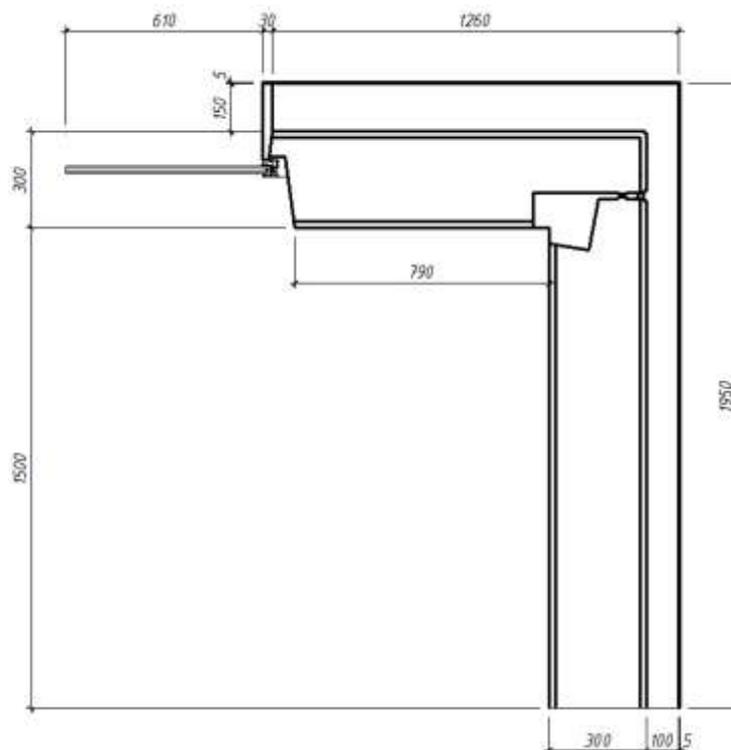


Рис. 3.17 – Схема утеплення з комбінованим способом

Температурне поле з комбінованим способом утеплення показано на рис. 3.18.

					601-БМ. 11393402.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		79

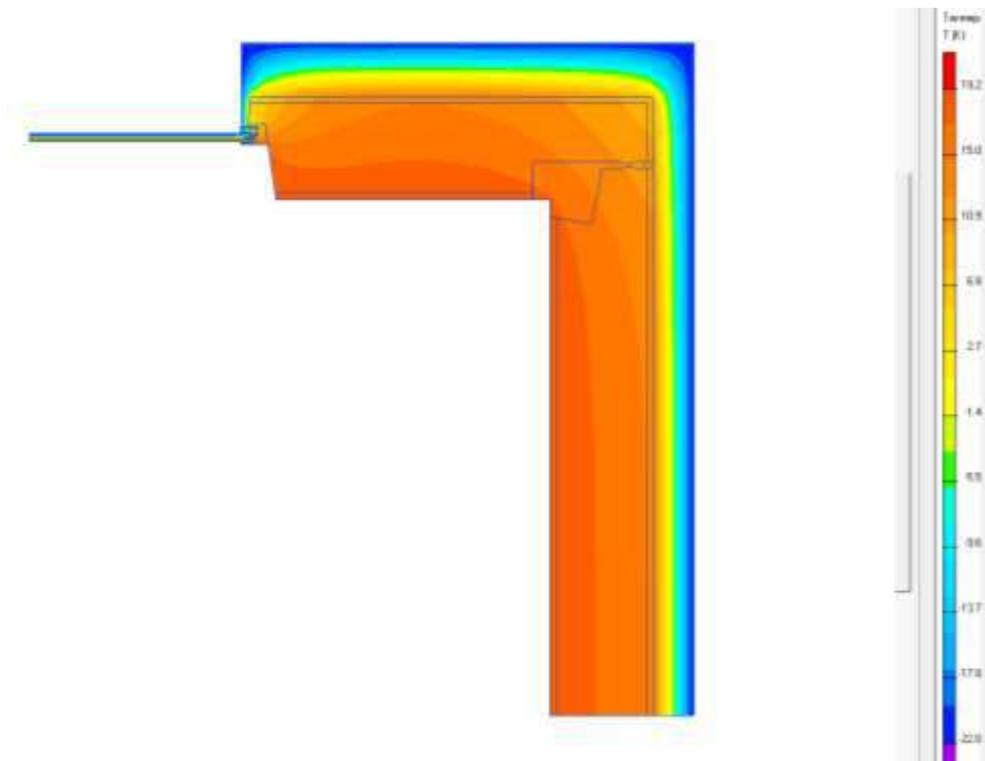


Рис. 3.18 – Температурне поле

При комбінованому способі утеплення:

- $R_{\Sigma пр} = 3,232 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} > R_{q \text{ min}} = 3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$;
- $\Delta t_{пр} = 1,6 \text{ }^\circ\text{C} < \Delta t_{cr} = 4 \text{ }^\circ\text{C}$;
- $\tau_{в. min} = 15,6 \text{ }^\circ\text{C} > t_p = 10,7 \text{ }^\circ\text{C}$.

Всі вимоги теплозахисту виконуються.

Висновки:

1. Приведений опір теплопередачі панелі з товщиною додаткового утеплювача 100 мм прийнятою за теплотехнічним розрахунком, менше нормативного значення на 32,8 %.
2. Для приведення теплозахисту до нормативних вимог необхідно по поздовжній стіні прийняти товщину утеплювача 150 мм, утеплити відкоси вікна з зовнішньої сторони шаром товщиною 30 мм та застосувати утеплювач з $\lambda_p = 0,03 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$.

					601-БМ. 11393402.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		80

3.3. Визначення товщини утеплювача необхідної для термомодернізації стінової панелі товщиною 350 мм

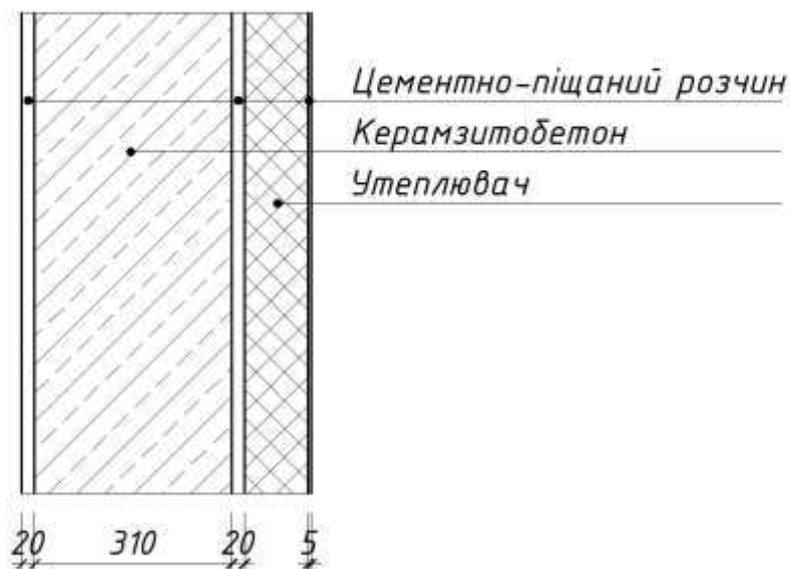


Рис. 3.19. – Розрахункова схема

Розрахунки виконувалися для кліматичних умов Полтавської області.

Розрахункова температура повітря у житловому приміщенні становить - $t_{в} = 20^{\circ}\text{C}$

Розрахункову відносну вологість у житловому приміщенні становить - $\varphi_{в} = 55\%$

За нормами тепловологісний режим приміщення - нормальний;

За нормами вологісні умови в огорожувальній конструкції - Б;

Теплопровідність матеріалів:

- цементно-піщаного розчину $\lambda_{p1} = 0,81 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К});$
- керамзитобетону $\lambda_{p2} = 0,65 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К});$
- цементно-піщаного розчину $\lambda_{p3} = 0,81 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К});$
- плит з кам'яної вати $\lambda_{p4} = 0,036 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К});$
- цементно-піщаного розчину $\lambda_{p5} = 0,81 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}).$

Температурну зону в якій знаходиться м. Полтава - І.

Згідно з п.5.2.2. норм при термомодернізації дозволяється зменшувати нормативні значення опору теплопередачі використовуючи коефіцієнт 0,75.

					601-БМ. 11393402.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		81

$$R_{q,\min} = 4 * 0,75 = 3 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

Допустима різниця між температурою внутрішнього повітря і температурою внутрішньої поверхні огороження становить $\Delta t_{\text{cr}} = 4^\circ\text{C}$

Визначаємо товщину утеплювача за формулою

$$\begin{aligned} \delta_{\text{ут}}^R &= \lambda_4 \left(R_{q,\min} - \frac{1}{\alpha_B} - \frac{1}{\alpha_3} - \frac{\delta_1}{\lambda_1} - \frac{\delta_2}{\lambda_2} - \frac{\delta_3}{\lambda_3} - \frac{\delta_5}{\lambda_5} \right) = \\ &= 0,036 \left(3,3 - \frac{1}{8,7} - \frac{1}{23} - \frac{0,02}{0,81} - \frac{0,21}{0,65} - \frac{0,02}{0,81} - \frac{0,005}{0,81} \right) = 0,095 \text{ м} \end{aligned}$$

де α_B - коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні панелі, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$, $\alpha_B = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$

α_3 - коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні панелі, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$, $\alpha_3 = 23 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$

Визначаємо товщину утеплювача за формулою

$$\begin{aligned} \delta_{\text{ут}}^{\Delta t} &= \lambda_{\text{ут}} \left(\frac{t_B - t_{\text{зн}}}{\Delta t_{\text{cr}} \times \alpha_B} - \frac{1}{\alpha_B} - \frac{1}{\alpha_3} - \frac{\delta_1}{\lambda_1} - \frac{\delta_2}{\lambda_2} - \frac{\delta_3}{\lambda_3} - \frac{\delta_5}{\lambda_5} \right) = \\ \delta_{\text{ут}}^{\Delta t} &= 0,036 \left(\frac{20 - (-22)}{4 \times 8,7} - \frac{1}{8,7} - \frac{1}{23} - \frac{0,02}{0,81} - \frac{0,31}{0,65} - \frac{0,02}{0,81} - \frac{0,005}{0,81} \right) = 0,021 \text{ м} \end{aligned}$$

де $t_{\text{зн}}$ - температура повітря назовні, $^\circ\text{C}$ $t_{\text{зн}} = -22^\circ\text{C}$

Приймаємо більшу за $\delta_{\text{ут}}^R = 0,0995 \text{ м}$ та $\delta_{\text{ут}}^{\Delta t} = 0,021 \text{ м}$ уніфіковану товщину утеплювача $\delta_{\text{ут}}^{\text{ун}} = 0,1 \text{ м}$.

Визначаємо опір теплопередачі за формулою

$$\begin{aligned} R_{\Sigma} &= \frac{1}{\alpha_B} + \frac{1}{\alpha_3} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{\delta_5}{\lambda_5} = \\ &= \frac{1}{8,7} + \frac{1}{23} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{0,31}{0,65} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{0,1}{0,036} + \frac{0,005}{0,81} = 3,411 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт} \end{aligned}$$

$R_{\Sigma} = 3,411 \text{ м}^2 \cdot \text{К} > R_{q,\min} = 3 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ перша вимога виконується.

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

					601-БМ. 11393402.ПЗ	Арк.
						82
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta t_{\text{пр}} = \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{зн}}}{R_{\Sigma \text{пр}} \times \alpha_{\text{в}}} = \frac{20 - (-22)}{3,411 \times 8,7} = 1,3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

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

Визначаємо $\tau_{\text{в. min}}$ за формулою

$$\tau_{\text{в. min}} = t_{\text{в}} - \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{зн}}}{R_{\Sigma} \times \alpha_{\text{в}}} = 20 - \frac{20 - (-22)}{3,411 \times 8,7} = 18,8 \text{ } ^\circ\text{C}$$

За нормами мінімальна температура на внутрішній поверхні повинна бути вище точки роси $t_{\text{р}}$.

Знаходимо температуру точки роси $t_{\text{р}}$:

За $t_{\text{в}} = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$ парціальний тиск насиченої водяної пари становить $E_{\text{в}} = 2337 \text{ Па}$.

Знаходимо парціальний тиск за формулою

$$e_{\text{в}} = E_{\text{в}} \times \varphi_{\text{в}} \times 0,01 = 2337 \times 55 \times 0,01 = 1285 \text{ Па}$$

де $\varphi_{\text{в}}$ – відносна вологість повітря у приміщенні, %, для житлових будинків $\varphi_{\text{в}} = 55 \text{ } \%$.

Тоді точка роси становить $t_{\text{р}} = 10,7 \text{ } ^\circ\text{C}$.

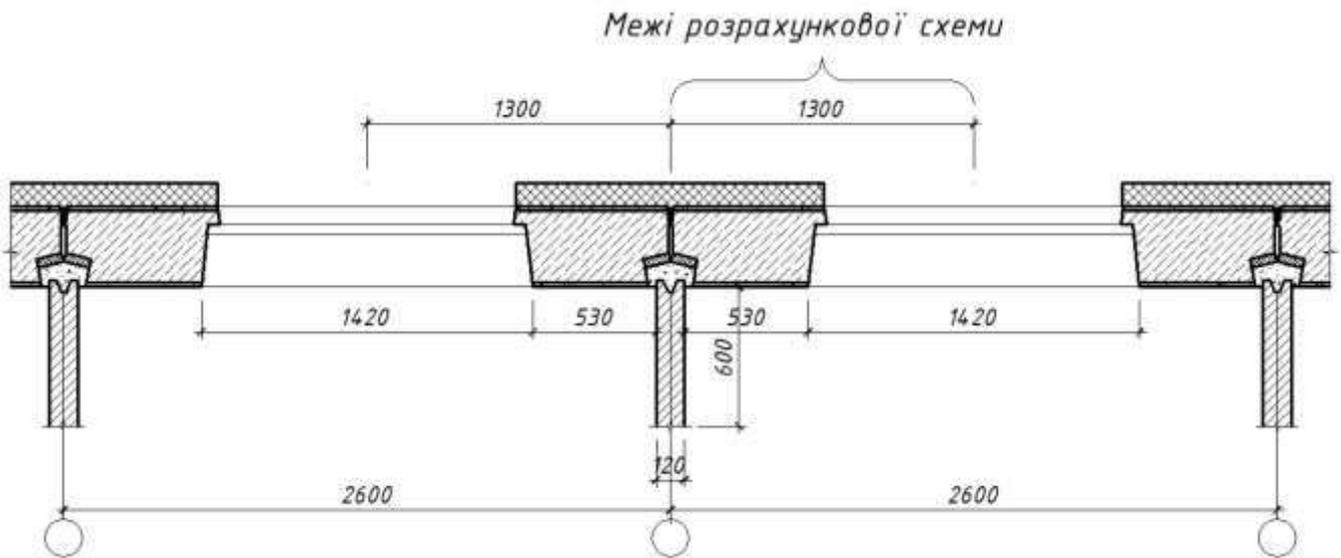
$\tau_{\text{в. min}} = 18,8 \text{ } ^\circ\text{C} > t_{\text{р}} = 10,7 \text{ } ^\circ\text{C}$ то третя вимога виконується.

3.4. Теплозахисні властивості панелі товщиною 350 мм з урахуванням теплопровідних включень після термомодернізації

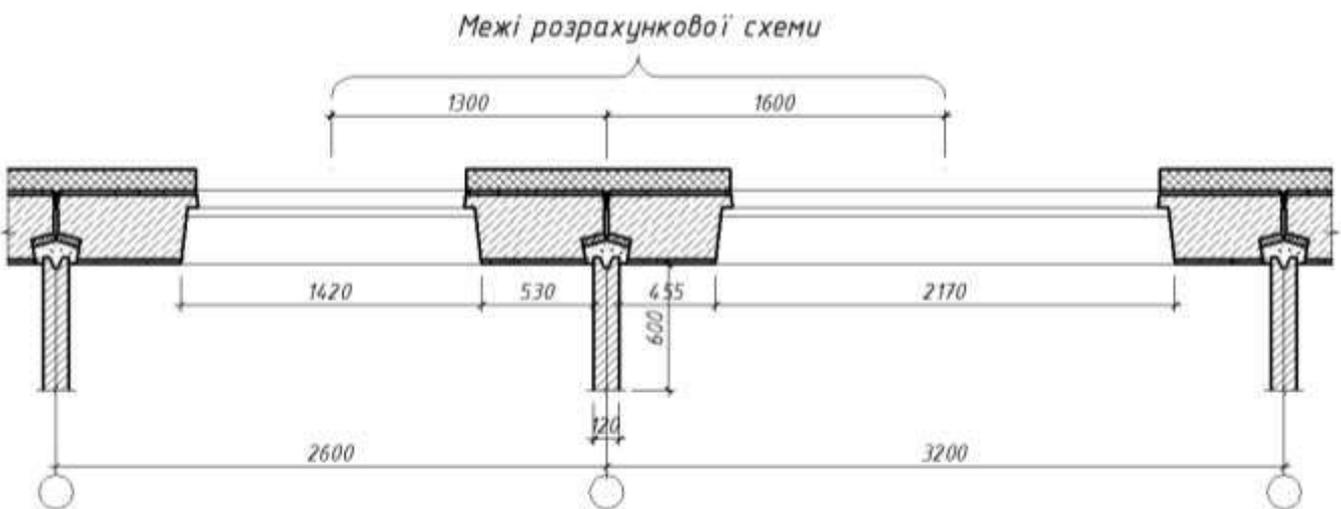
Розрахункові схеми, що використовувалися у розрахунках температурних полів наведені на рис. 3.20.

					601-БМ. 11393402.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		83

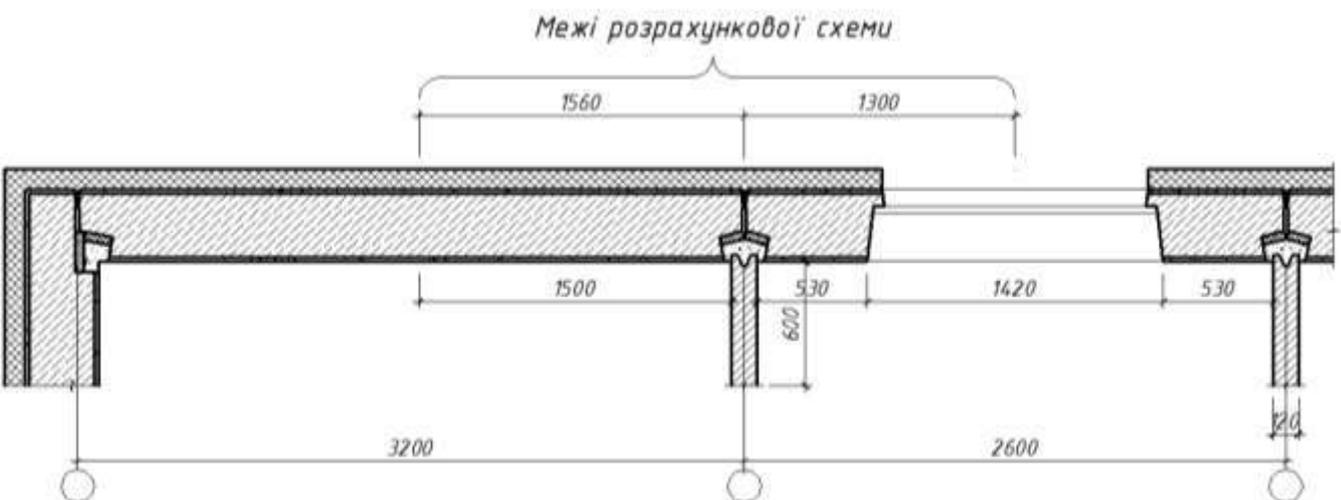
а)



б)



в)



Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

601-БМ. 11393402.ПЗ

Арк.

84

г)

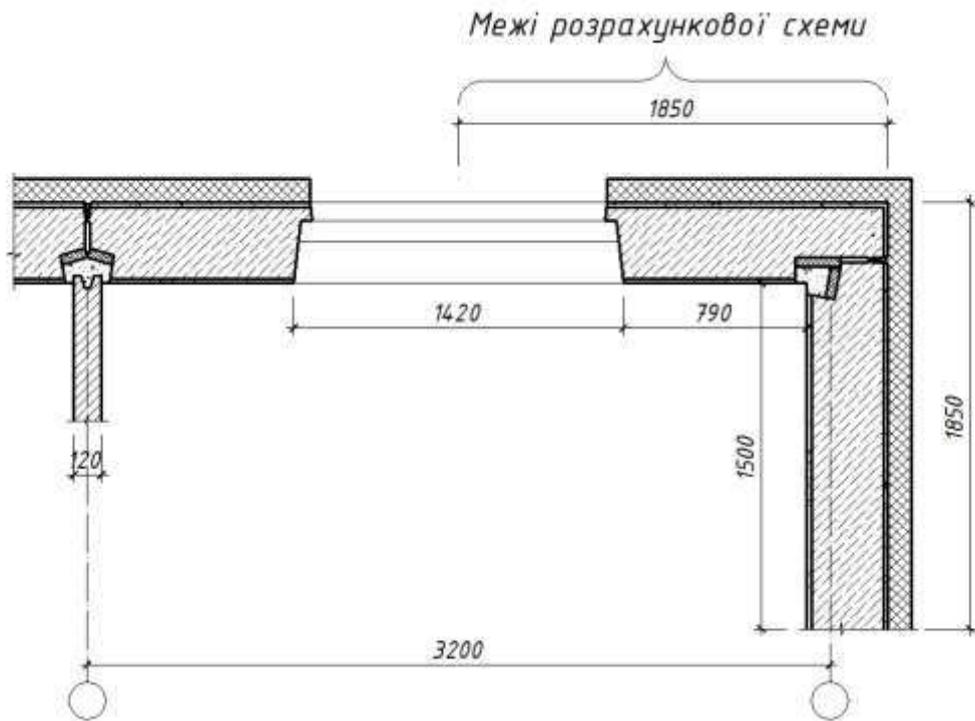


Рис. 3.20 – Розміри розрахункових схем

3.4.1 Ділянка №1

Схема ділянки №1 для розрахунку температурного поля наведена на рис. 3.21.

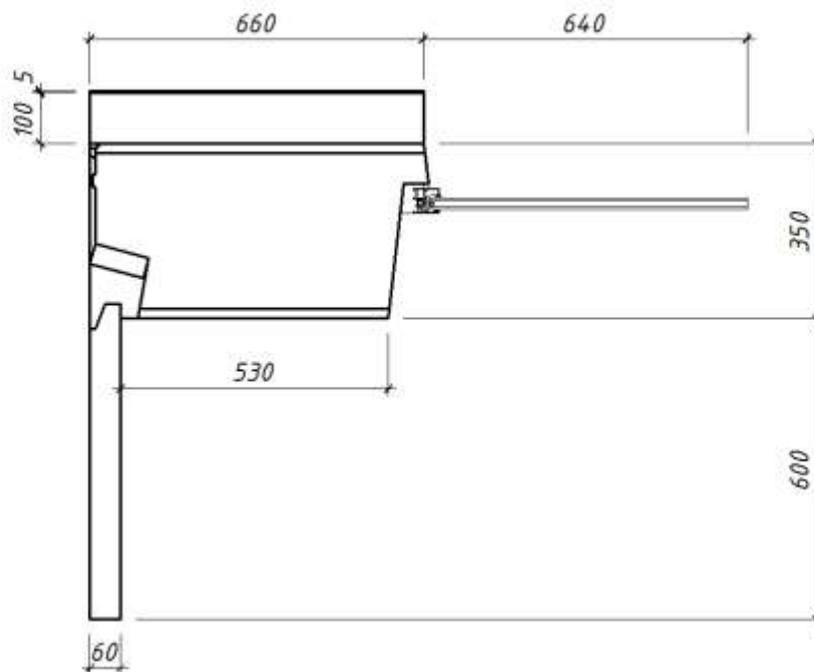


Рис. 3.21 – Ділянки №1

Температурне поле.

					601-БМ. 11393402.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		85

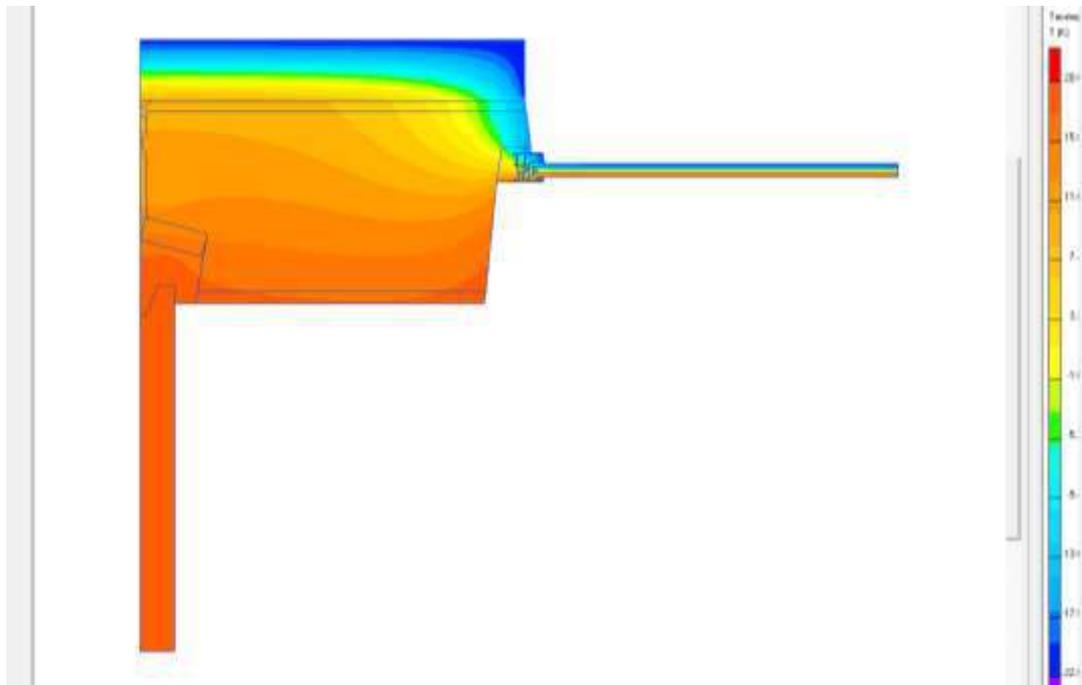


Рис. 3.22 – Температурне поле

Знаходимо приведенний опір за формулою:

$$R_{\Sigma \text{пр}} = \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{зн}})F_{\text{в}}}{Q_{\text{в}}} = \frac{(20 - (-22)) \times 0,66}{16,8} = 1,65 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт},$$

Приведений опір становить $R_{\Sigma \text{пр}} = 1,65 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, що менше нормованого значення $R_{\text{q min}} = 3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

Якщо не враховувати теплопровідні включення то фактичний опір завищується на 50 %.

Підвищити опір можна за рахунок:

- більшої товщини утеплювача;
- додаткового утеплення відкосів з внутрішньої сторони вікна;
- додаткового утеплення відкосів з зовнішньої сторони вікна;
- комбінований.

Результати розрахунку наведених способів підвищення опору показані у таблиці 5

					601-БМ. 11393402.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		86

Результати розрахунку наведених способів підвищення опору теплопередачі

Способи підвищення приведенного опору	$R_{\Sigma пр}, \text{ м}^2 \cdot \text{ К/Вт}$
Збільшення товщини утеплювача до 200 мм	1,88
Додаткове утеплення відкосів з внутрішньої сторони вікна шаром товщиною 50 мм	1,725
Додаткове утеплення відкосів з внутрішньої сторони вікна шаром товщиною 30 мм	2,464
Збільшення товщини утеплювача до 150 мм, утеплення відкосів з внутрішньої сторони вікна шаром товщиною 30 мм та застосувати утеплювач з теплопровідністю на 17 % менше ніж прийнятому у теплотехнічному розрахунку $\lambda_p = 0,03 \text{ Вт}/(\text{ м} \cdot \text{ К})$	3,301

Виконані дослідження дозволяють зробити висновок, що досягнути норм можливо лише із застосуванням комбінованого способу.

Схема утеплення з комбінованим способом показана на рис. 3.23.

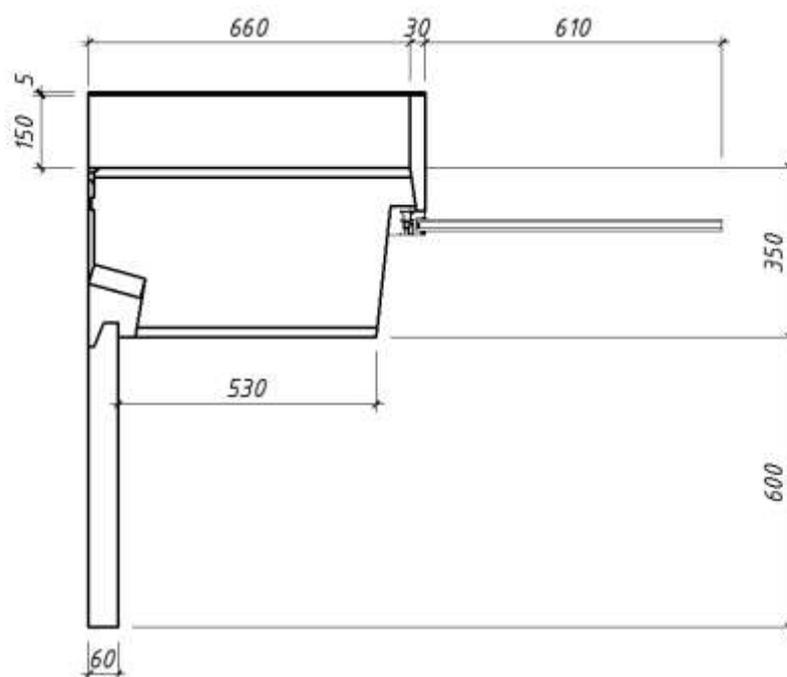


Рис. 3.27 – Схема утеплення з комбінованим способом

Температурне поле з комбінованим способом утеплення показано на рис. 3.28.

					601-БМ. 11393402.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		87

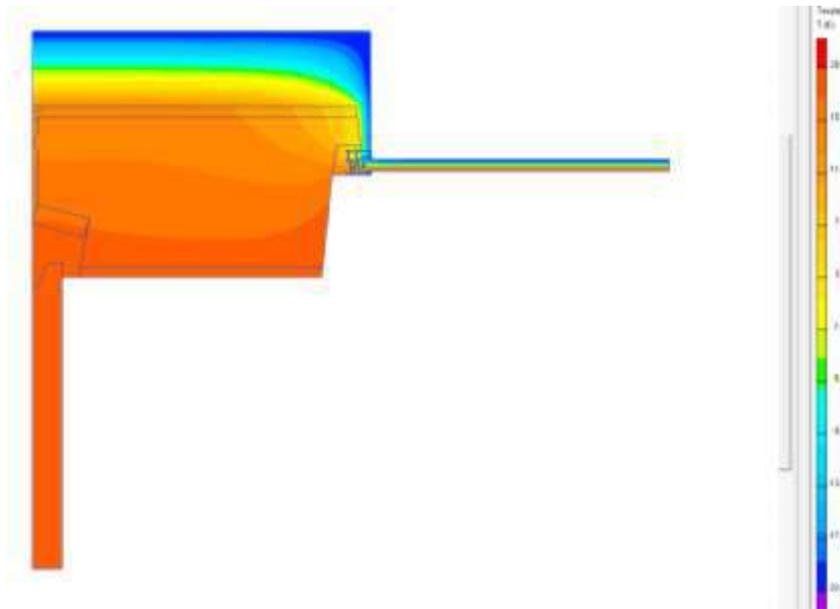


Рис. 3.28 – Температурне поле

При комбінованому способі утеплення:

- $R_{\Sigma пр} = 3,301 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} > R_{q \text{ min}} = 3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$;
- $\Delta t_{пр} = 1,3 \text{ }^\circ\text{C} < \Delta t_{cr} = 4 \text{ }^\circ\text{C}$;
- $\tau_{в. min} = 15,4 \text{ }^\circ\text{C} > t_p = 10,7 \text{ }^\circ\text{C}$.

Вимоги теплозахисту виконуються.

Висновки:

1. Приведений опір теплопередачі панелі з товщиною додаткового утеплювача 100 мм прийнятою за теплотехнічним розрахунком, менше нормативного значення на 50 %.
2. Для приведення теплозахисту до нормативних вимог необхідно збільшити товщину утеплювача до 150 мм, утеплити відкос вікна з зовнішньої сторони шаром товщиною 30 мм та застосувати утеплювач з $\lambda_p = 0,03 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$

3.4.2 Ділянка №2

Схема ділянки №2 для розрахунку температурного поля наведена на рис. 3.29.

					601-БМ. 11393402.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		88

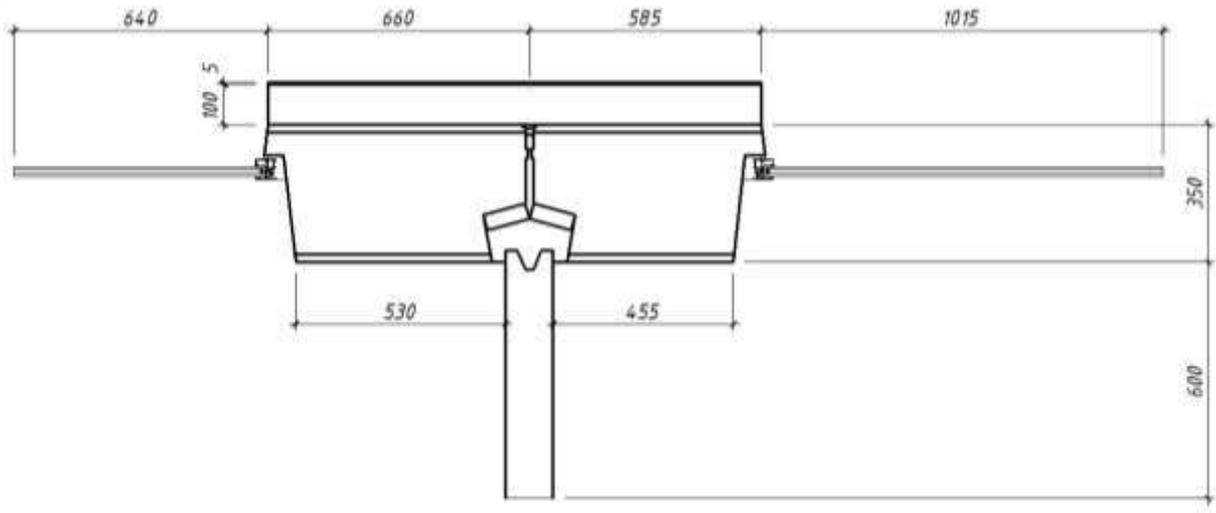


Рис. 3.29 – Ділянки №2

Температурне поле.

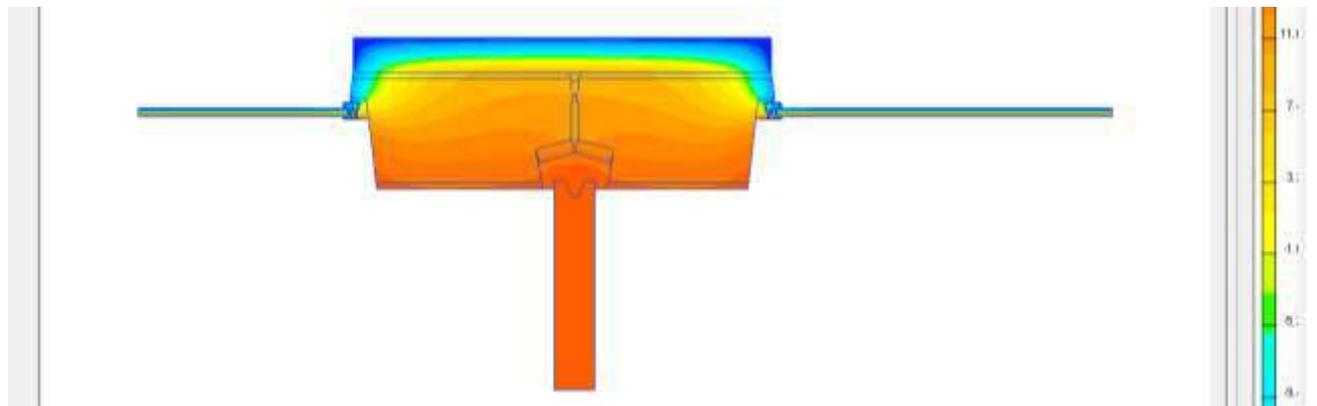


Рис. 3.29 – Температурне поле

Знаходимо приведений опір панелі з товщиною утеплювача 100 мм за формулою:

$$R_{\Sigma пр} = \frac{(t_{в} - t_{зн})F_{в}}{Q_{в}} = \frac{(20 - (-22)) \times 1,245}{32,744} = 1,582 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт},$$

Приведений опір становить $R_{\Sigma пр} = 1,582 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, що менше нормованого значення $R_{q \text{ min}} = 3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

Якщо не враховувати теплопровідні включення то фактичний опір завищується на 52,3 %.

					601-БМ. 11393402.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		89

Застосовуємо комбінований спосіб утеплення. Приймаємо товщину утеплювача 150 мм, утеплюємо відкоси з зовнішньої сторони вікна шаром товщиною 30 мм та приймаємо утеплювач з $\lambda_p = 0,03 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$

Схема утеплення з комбінованим способом показана на рис. 3.30.

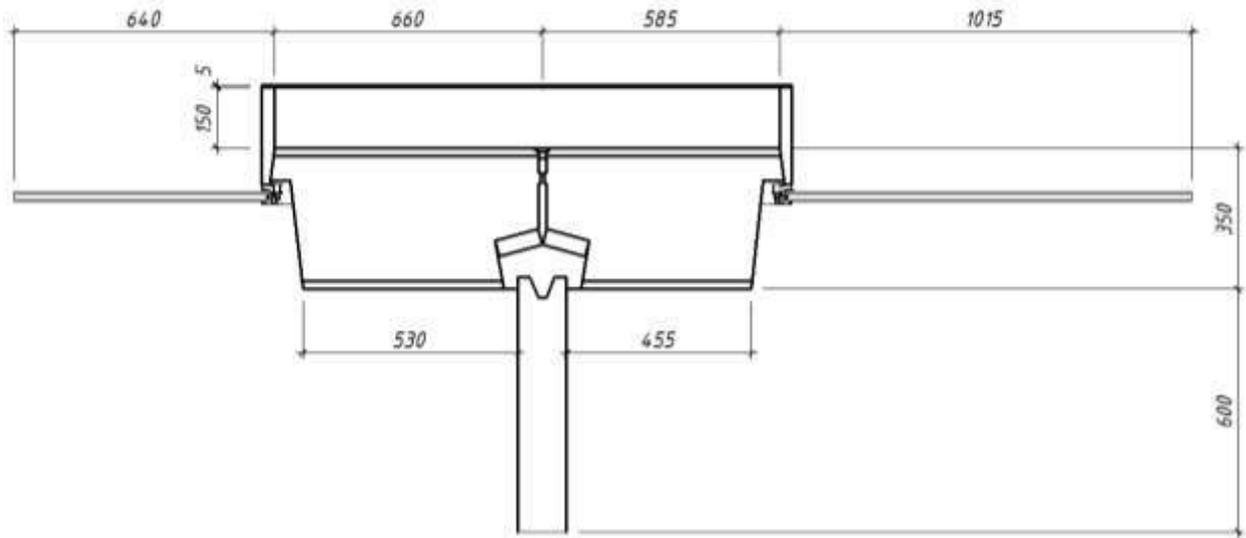


Рис. 3.30 – Схема утеплення з комбінованим способом

Температурне поле з комбінованим способом утеплення показано на рис. 3.31.

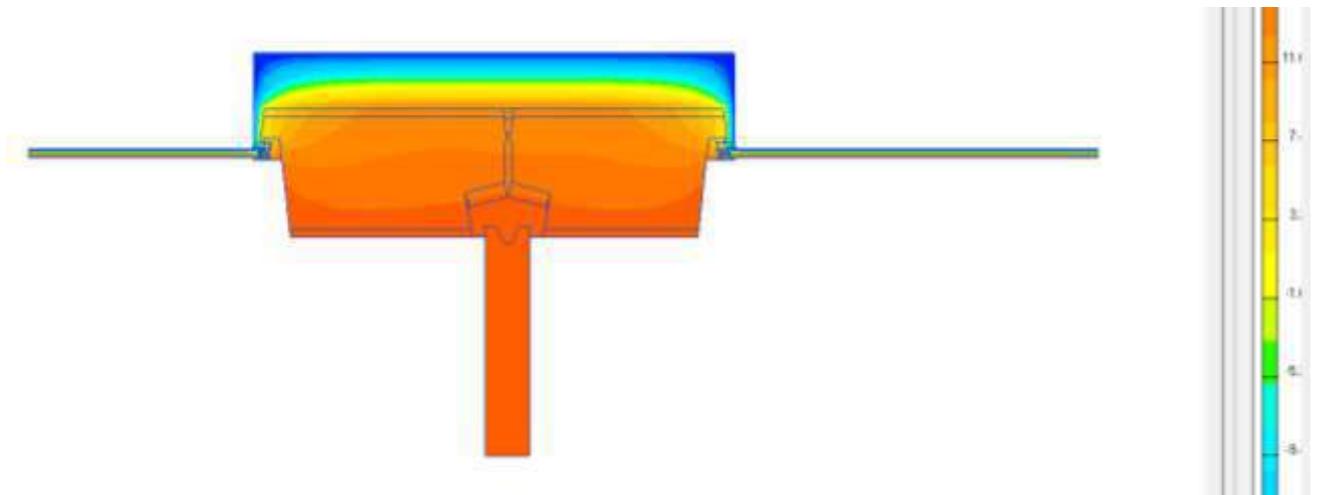


Рис. 3.31 – Температурне поле

При комбінованому способі утеплення:

- $R_{\Sigma пр} = 3,09 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт} > R_{q \text{ min}} = 3 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$;
- $\Delta t_{пр} = 1,4 \text{ }^\circ\text{C} < \Delta t_{cr} = 4 \text{ }^\circ\text{C}$;
- $\tau_{в.min} = 15,3 \text{ }^\circ\text{C} > t_p = 10,7 \text{ }^\circ\text{C}$.

					601-БМ. 11393402.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		90

Вимоги теплозахисту виконуються.

Висновки:

1. Приведений опір теплопередачі панелі з товщиною додаткового утеплювача 100 мм прийнятою за теплотехнічним розрахунком, менше нормативного значення на 52,3 %.
3. Для приведення теплозахисту до нормативних вимог необхідно збільшити товщину утеплювача до 150 мм, утеплити відкос вікна з зовнішньої сторони шаром товщиною 30 мм та застосувати утеплювач з $\lambda_p = 0,03 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$.

3.4.3 Ділянка №3

Схема ділянки №3 для розрахунку температурного поля наведена на рис. 3.32.

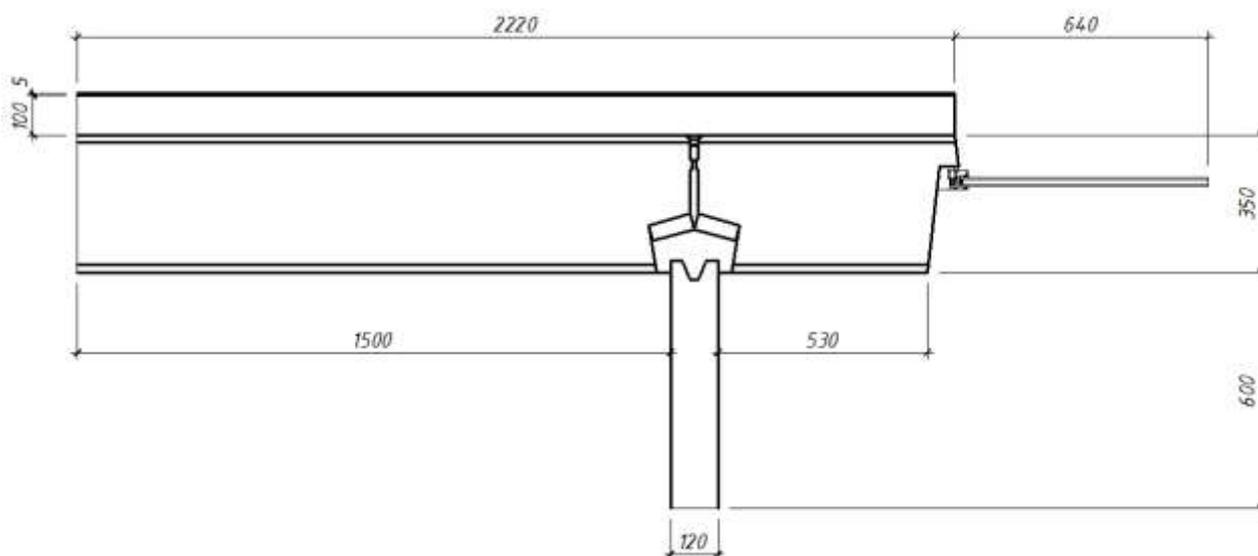


Рис. 3.32 – Ділянки №3

Температурне поле.

					601-БМ. 11393402.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		91

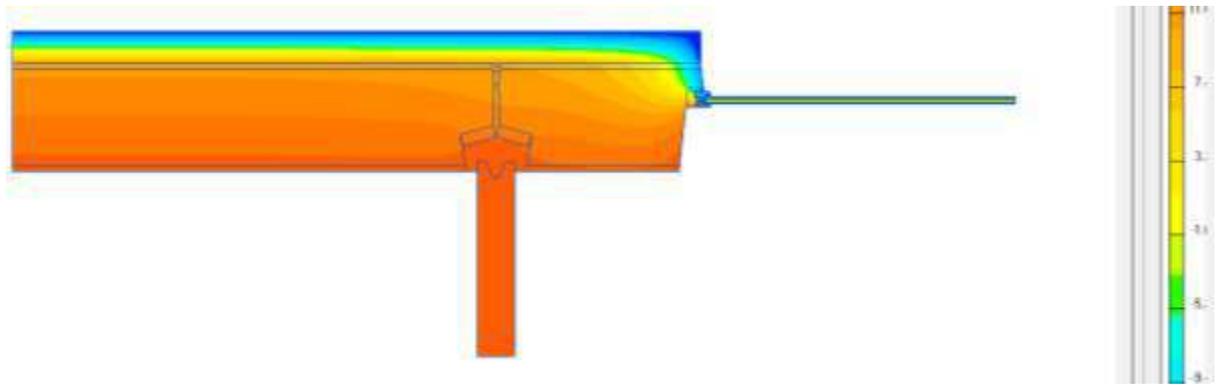


Рис. 3.33 – Температурне поле

Знаходимо приведенний опір панелі з товщиною утеплювача 100 мм за формулою:

$$R_{\Sigma \text{пр}} = \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{зн}})F_{\text{в}}}{Q_{\text{в}}} = \frac{(20 - (-22)) \times 2,28}{35,2} = 2,625 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт},$$

Приведений опір становить $R_{\Sigma \text{пр}} = 2,625 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, що менше нормованого значення $R_{\text{q min}} = 3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

Якщо не враховувати теплопровідні включення то фактичний опір завищується на 20,9 %.

Виконуємо додаткове утеплення ділянки № 3 за комбінованим способом. Теплопровідність утеплювача приймаємо $\lambda_{\text{р}} = 0,03 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$.

Застосовуємо комбінований спосіб утеплення. Приймаємо товщину утеплювача 90 мм, та утеплюємо відкоси з зовнішньої сторони вікна шаром товщиною 30 мм.

Схема утеплення з комбінованим способом показана на рис. 3.34.

					601-БМ. 11393402.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		92

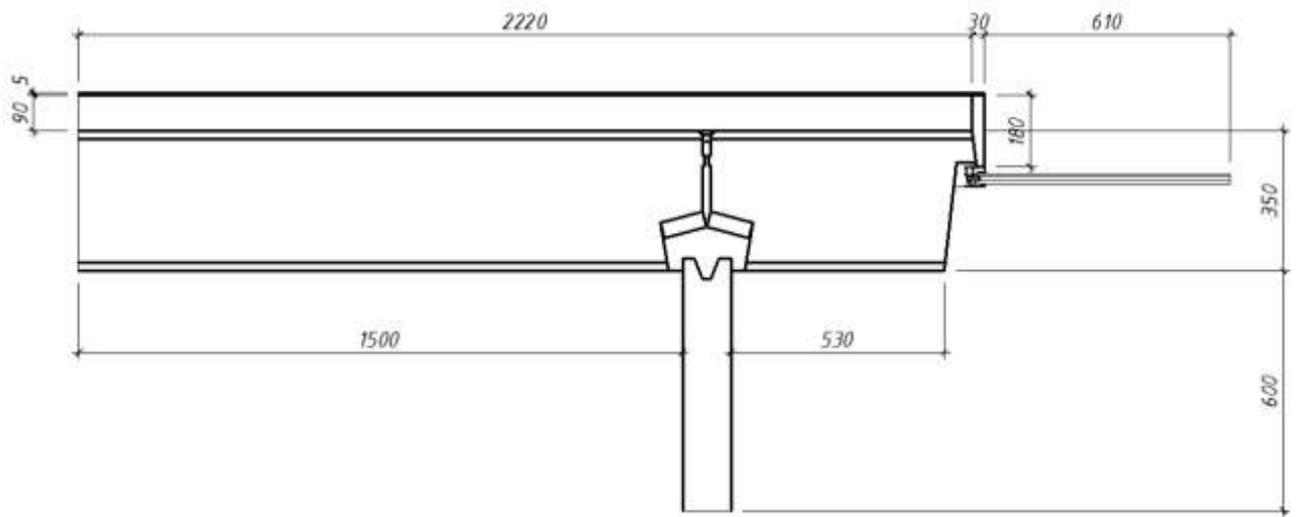


Рис. 3.34 – Схема утеплення з комбінованим способом

Температурне поле з комбінованим способом утеплення показано на рис. 3.35.

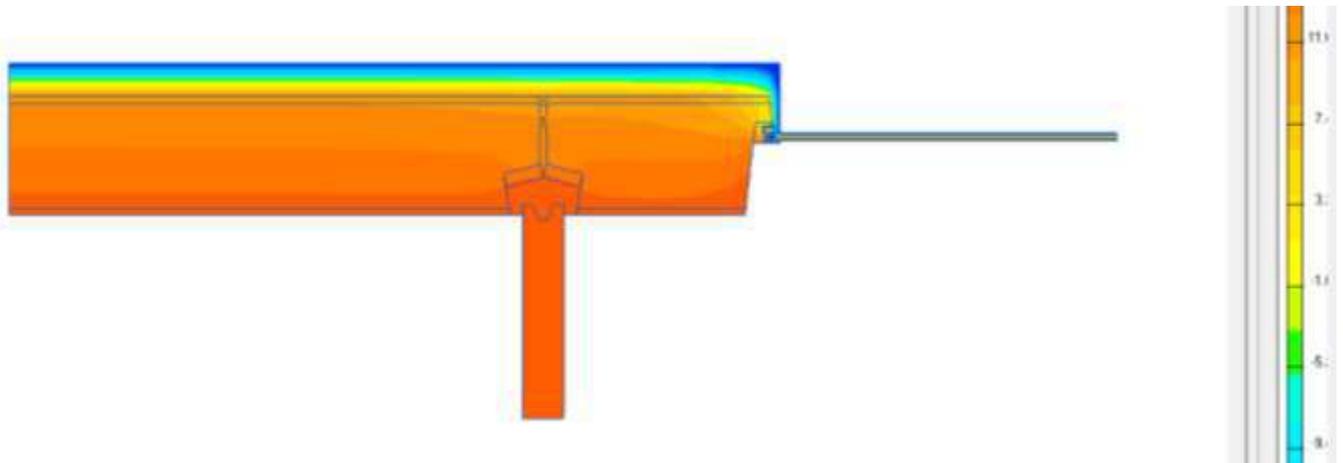


Рис. 3.35 – Температурне поле

При комбінованому способі утеплення:

- $R_{\Sigma пр} = 3,301 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} > R_{q \text{ min}} = 3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$;
- $\Delta t_{пр} = 1,6 \text{ }^\circ\text{C} < \Delta t_{ср} = 4 \text{ }^\circ\text{C}$;
- $\tau_{в. \text{ min}} = 14,9 \text{ }^\circ\text{C} > t_p = 10,7 \text{ }^\circ\text{C}$.

Вимоги теплозахисту виконуються.

Висновки:

1. Приведений опір теплопередачі панелі з товщиною додаткового утеплювача 100 мм прийнятою за теплотехнічним розрахунком, менше нормативного значення на 22,5 %.
2. Для приведення теплозахисту до нормативних вимог необхідно утеплити відкоси вікна з зовнішньої сторони шаром товщиною 30 мм, застосувати утеплювач з $\lambda_p = 0,03 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ та зменшити його товщину до 90 мм.

3.4.4 Ділянка №4

Схема ділянки №4 для розрахунку температурного поля наведена на рис. 3.36.

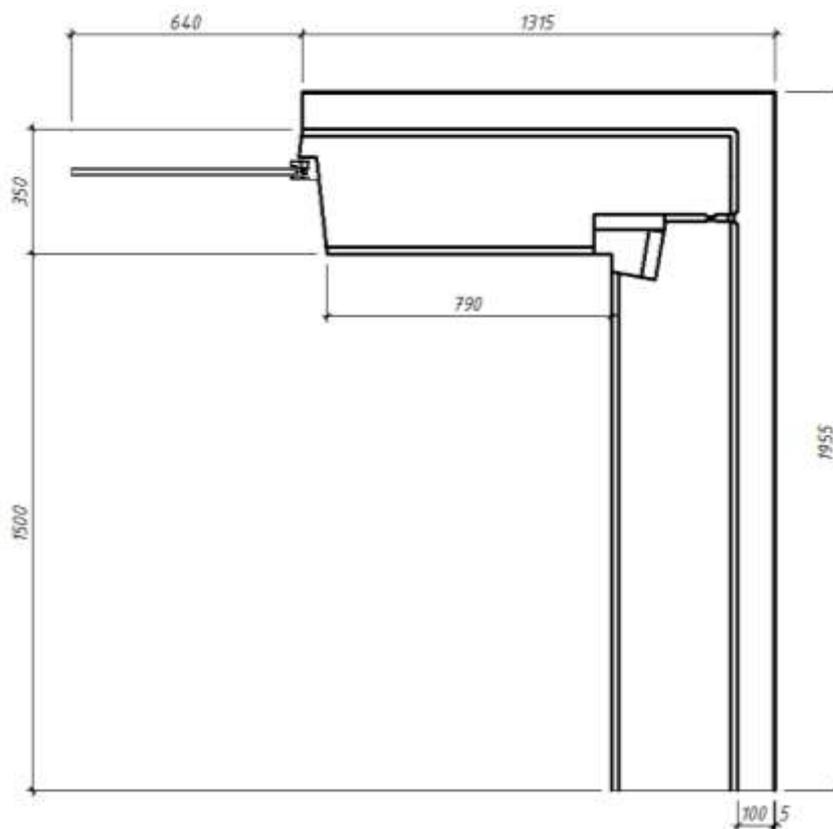


Рис. 3.36 – Ділянки №4

Температурне поле.

					601-БМ. 11393402.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		94

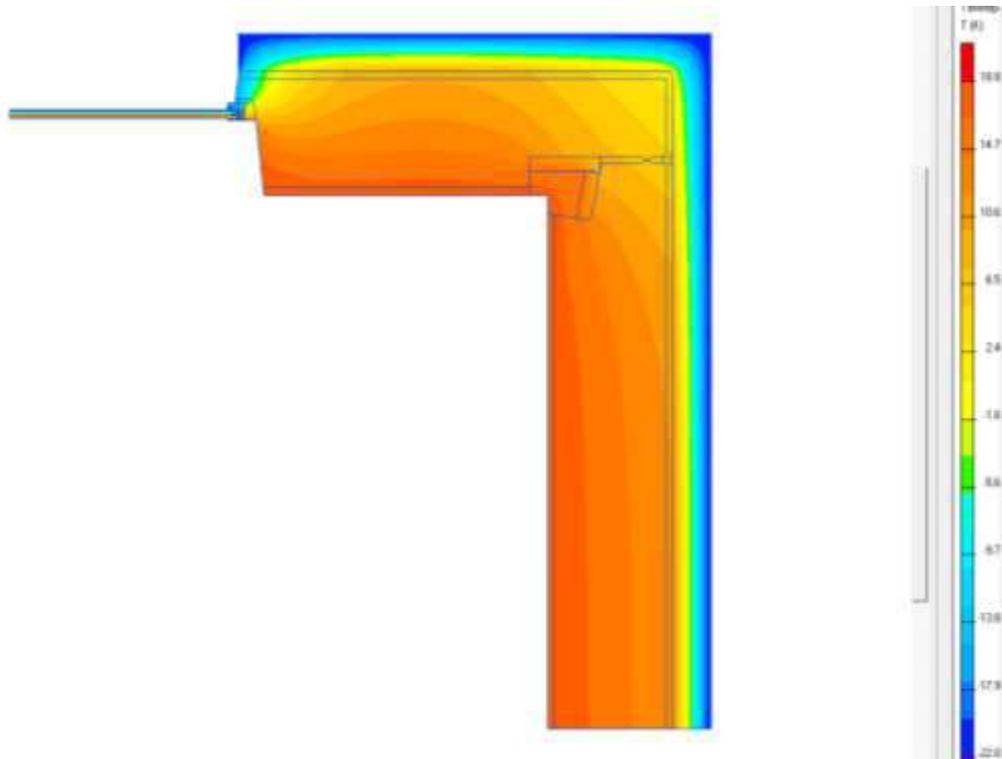


Рис. 3.37 – Температурне поле

Знаходимо приведений опір панелі з товщиною утеплювача 100 мм за формулою:

$$R_{\Sigma \text{пр}} = \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{зн}})F_{\text{в}}}{Q_{\text{в}}} = \frac{(20 - (-22)) \times 2,31}{43,005} = 2,23 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт},$$

Приведений опір становить $R_{\Sigma \text{пр}} = 2,23 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, що менше нормованого значення $R_{\text{q min}} = 3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

Якщо не враховувати теплопровідні вклучення то фактичний опір завищується на 32,8 %.

Ділянки №4 утеплюємо за комбінованим способом.

Як було виявлено раніше для виконання вимог теплозахисту по поздовжнім стінам необхідно:

- прийняти товщину утеплювача до 150 мм;
- утеплити відкос вікна з зовнішньої сторони шаром товщиною 30 мм;
- утеплення виконувати утеплювачем з $\lambda_{\text{р}} = 0,03 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$.

					601-БМ. 11393402.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		95

По торцевих стінах:

- зменшити товщину утеплювача до 90 мм;
- утеплити відсок вікна з зовнішньої сторони шаром товщиною 30 мм;
- утеплення виконувати утеплювачем з $\lambda_p = 0,03 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$.

Приймаємо товщину утеплювача по поздовжній стіні 150 мм, а по торцевій 90 мм. Утеплюємо відкоси вікна з зовнішньої сторони шаром товщиною 30 мм. Теплопровідність утеплювача приймаємо $\lambda_p = 0,03 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$.

Схема утеплення з комбінованим способом показана на рис. 3.38.

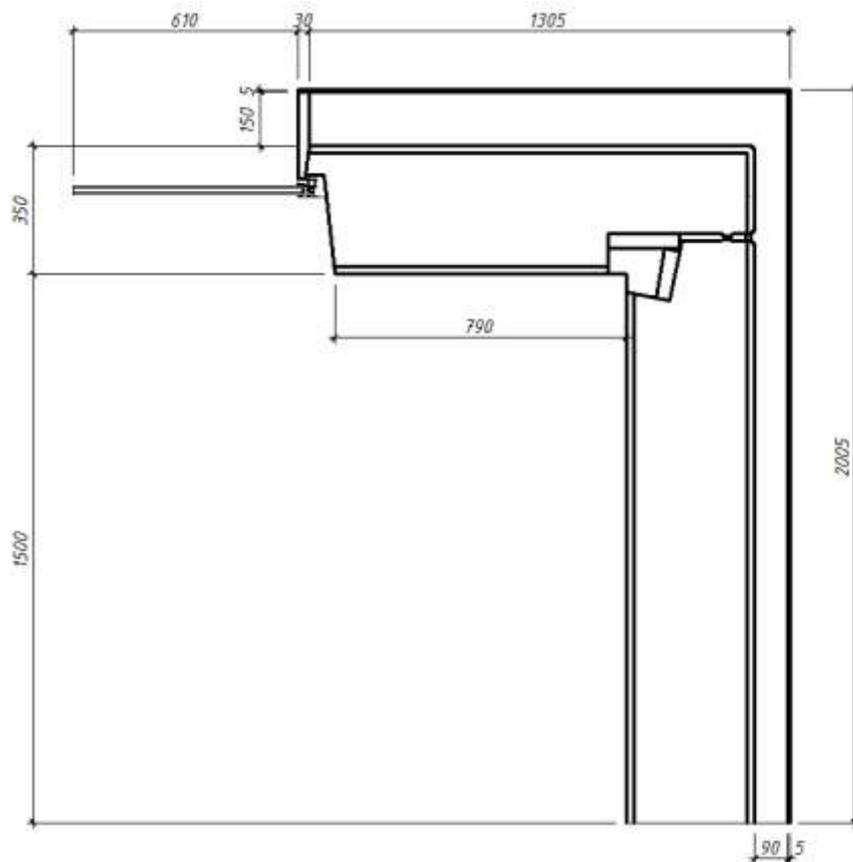


Рис. 3.38 – Схема утеплення з комбінованим способом

Температурне поле з комбінованим способом утеплення показано на рис. 3.39.

					601-БМ. 11393402.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		96

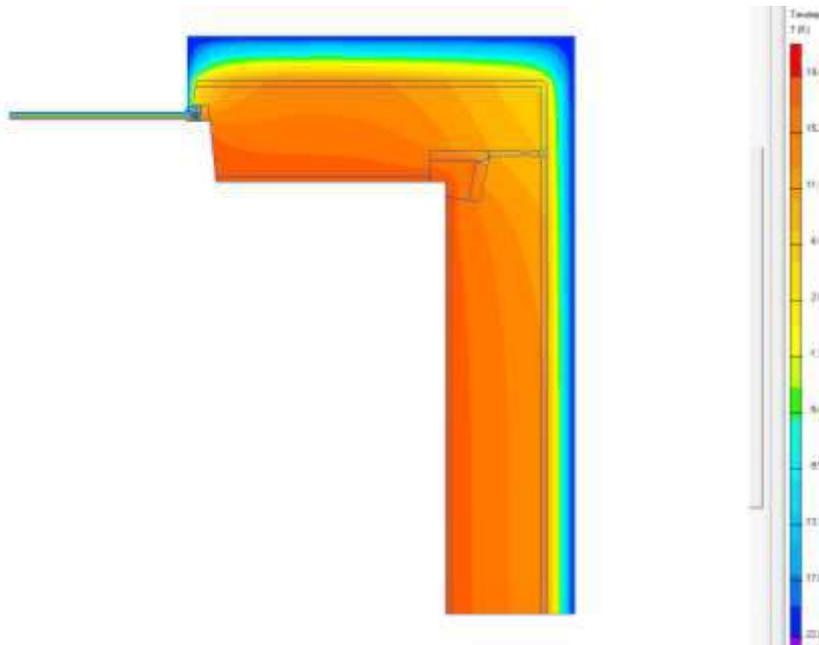


Рис. 3.39 – Температурне поле

При комбінованому способі утеплення: $R_{\Sigma пр} = 2,923 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} < R_{q \text{ min}} = 3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$;

Перша вимога теплозахисту не виконується.

Приймаємо товщину утеплювача по торцевій стіні 110 мм.

Схема ділянки №4 для розрахунку температурного поля наведена на рис. 3.40.

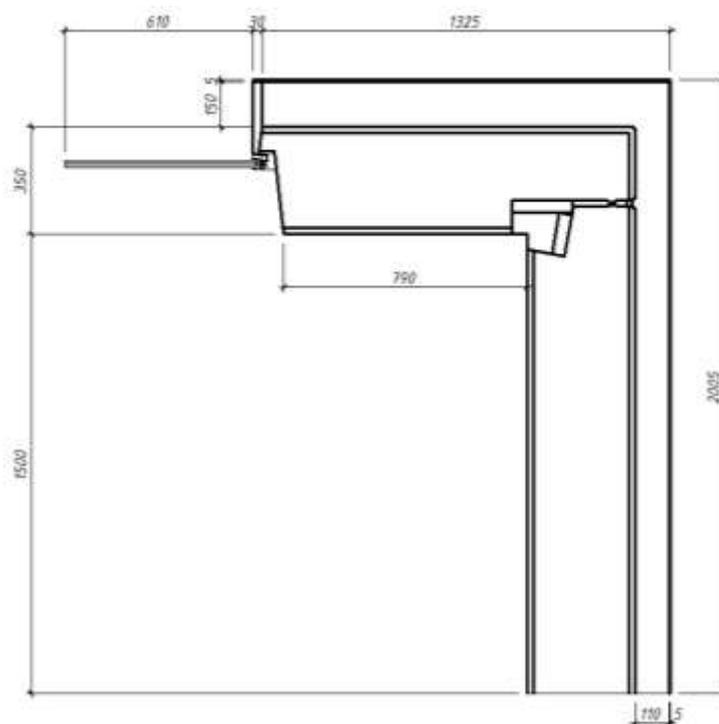


Рис. 3.40 – Ділянки №4

					601-БМ. 11393402.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		97

Температурне поле.

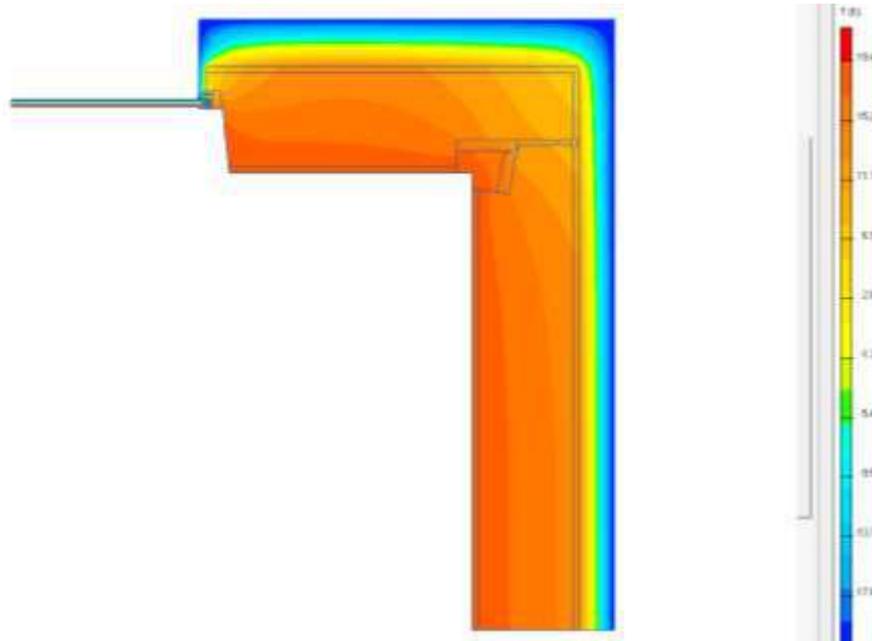


Рис. 3.41 – Температурне поле

При такому методі утеплення:

- $R_{\Sigma пр} = 3,406 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} > R_{q \text{ min}} = 3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$;
- $\Delta t_{пр} = 1,5 \text{ }^\circ\text{C} < \Delta t_{сг} = 4 \text{ }^\circ\text{C}$;
- $\tau_{в. min} = 15,6 \text{ }^\circ\text{C} > t_p = 10,7 \text{ }^\circ\text{C}$.

Всі вимоги теплозахисту виконуються.

Висновки:

1. Приведений опір теплопередачі панелі з товщиною додаткового утеплювача 100 мм прийнятою за теплотехнічним розрахунком, менше нормативного значення на 33,7 %.
2. Для приведення теплозахисту до нормативних вимог необхідно збільшити товщину утеплювача по торцевій стіні до 110 мм а по поздовжній до 150 мм, утеплити відкоси вікна з зовнішньої сторони шаром товщиною 30 мм та застосувати утеплювач з $\lambda_p = 0,03 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$.

					601-БМ. 11393402.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		98

ВИСНОВКИ ПО РОЗДІЛУ 3

1. Якщо при термомодернізації панельних будинків серії 111-94 визначати товщину додаткового утеплювача без урахування впливу теплопровідних включень на приведений опір теплопередачі то він виявляється менше нормованого на 20%-65%.
2. Для виконання нормативних вимог необхідно: збільшити товщину утеплювача на поздовжній стіні на 50 %, а по торцевій на 10 %.
3. По торцевій стіні між вікнами прийняти товщину утеплювача 150 мм.
4. утеплити відкоси вікна з зовнішньої сторони шаром товщиною 30 мм.
5. Застосувати утеплювач з теплопровідністю на 17 % менше ніж у теплотехнічному розрахунку де не враховуються теплопровідні включення.

					601-БМ. 11393402.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		99

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Опір теплопередачі стін панелей будинків серії 111-94 менше нормативного значення у межах від 78 % до 84 %.
2. Якщо не враховувати вплив теплопровідних включень на опір теплопередачі виявляється більше фактичного на 4,4 %.
3. При термомодернізації цей відсоток становить від 20% до 65 %.
4. Для виконання нормативних вимог необхідно: прийняти товщину утеплювача на поздовжній стіні 150 мм, по торцевій 110 мм крім ділянки між вікнами де товщина повинна бути 150 мм.
5. Утеплити відкоси вікна з зовнішньої сторони шаром товщиною 30 мм.
6. Застосувати утеплювач з теплопровідністю на 17 % менше ніж у теплотехнічному розрахунку де не враховуються теплопровідні включення.
7. Для більш точного розрахунку приведенного опору теплопередачі таких конструкцій необхідно використовувати розрахунки тривимірних температурних полів.

					601-БМ. 11393402.ПЗ	Арк.
						100
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Література

1. Фощ, А. В. "Термомодернізація будівель – ресурс енергозбереження в Україні." Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури 65 (2016): 137-141.
2. Очеретний В.П. Термомодернізація будинку - пріоритетний напрямок енергозбереження в Україні / В.П. Очеретний, А.С. Бойко. – Науково-технічний збірник «Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві». – Вінниця: ВНТУ, 2012. – Том 13, № 2. – С. 162-166.
3. Кондратенко Н.О. Аспекти проблеми нормування енерговитрат в житловому будівництві / Н.О. Кондратенко, І.С. Баландіна // Комунальне господарство міст: Науч.-техн. сб. Серія: Економічні науки. – К.: Техніка, 2009. – Вып.87. – С. 70-76.
4. Пашинський, В. А. "Теплові характеристики вузлів примикання вікон до цегляних та залізобетонних стін цивільних будівель на території Кіровоградської області." (2020).
5. Сердюк, В. Р. "Організаційно-технологічні заходи термомодернізації застарілого житлового фонду." Вісник Вінницького політехнічного інституту. № 2: 6-17. (2022).
6. Галінська, Т. А., and Д. М. Овсій. "ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ ЗОВНІШНЬОЇ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЇ П'ЯТИПОВЕРХОВИХ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ 1960-1975 РОКІВ ЗАБУДОВИ МІКРОРАЙОНУ “АЛМАЗНИЙ” В м. ПОЛТАВІ." Комунальне господарство міст 107: 109-135.
7. Немировський, Ілля Абрамович, and О. В. Булгаков. "Аналіз сучасного стану будівель та заходів з підвищення їх енергоефективності." Матеріали IV Міжнародної науково-технічної конференції „Теоретичні та прикладні аспекти радіотехніки, приладобудування і комп’ютерних технологій “присвячена 80-ти річчю з дня народження професора ЯІ Проця (2019): 325-328.
8. Сердюк, Т., С. Франишина. "Актуальність реновації застарілого житлового фонду в контексті забезпечення його енергоефективності." Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. Т. 30, № 1: 140-147. (2021).

					601-БМ. 11393402.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		101

9. Сунак, П. О. "Аналіз заходів реконструкції житлового фонду закордоном." Містобудування та територіальне планування 54 (2014): 397-410.
10. Данько, К. С. "Досвід підвищення енергоефективності багатоквартирних житлових будинків шляхом проведення санації." (2013).
11. Термомодернізація житлового фонду: організаційний, юридичний, соціальний, фінансовий і технічний аспекти: практичний посібник [Текст] / за заг. редакцією В.Брагілевича. – Львів, ФОП П’ятаков Ю.О., 2012. – 262 с.
12. Дьомін М.М., Биваліна М.В. Проблеми та методи модернізації районів масової житлової забудови 60-70-х років (на прикладі м. Києва) [Текст] / М. М. Дьомін, М. В. Биваліна // Містобудування та терит. планув.: Наук.-техн. збірник. — К: КНУБА. — 2005. —Вип. 21. — С. 67-75.
13. Андрухов В.М. Оцінка технічного стану житлових будинків перших масових серій індустріального зведення та варіанти їх перспективи у майбутньому [Текст] / В. М. Андрухов, А.О. Колесник, Л.В. Мартинова, В.В. Матвійчук [Текст] // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві: Наук.-техн. збірник – ІнБТЕГП, ВНТУ. – 2010. - Вип. 1 (8). - С. 103-111.
14. Жураковська М.О. Стан житлового фонду та необхідність проведення капітального ремонту (на прикладі міста Алчевська) [Текст] / М.О. Жураковська // Комунальне господарство міст: Наук.-техн. збірник Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. - Харків : ХНУМГ. – 2013. – Вип. 108. – С. 55-59.
15. Про заходи щодо реконструкції житлових будинків перших масових серій: Постанова від 14.05.1999 р. (із Змінами за Постановою КМ №32 (32-2002-п) від 10.01.2002 №820). – К., 2002. – 5 с.
16. Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings [Електронний ресурс] // Official Journal of the European Union - L 153/13. Режим доступу: <http://ec.europa.eu>
17. Основи РЕМ-стереофрактографічних досліджень у матеріалознавстві та трибології: Монографія [Текст] / А.В. Шостак, В.В. Широков, В.В. Божидарнік, С.В. Синій. – Луцьк: Ред.-вид. відд. Луцького НТУ, 2013. - 300 с.
18. Маліновський А.А. Централізоване теплопостачання має перспективу в Україні [Текст] / А.А. Маліновський, В.Г. Турковський, А.З. Музичак // Проблеми

					601-БМ. 11393402.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		102

загальної енергетики: Наук. збірник. (Інститут загальної енергетики НАН України) – К.: Логос. - 2009. – Вип. 19. – С. 50-56.

19. A Stolarska, J Strzałkowski, Halina Garbalińska. Using CFD software for the evaluation of hygrothermal conditions at wall-window perimeters. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2018. Vol. 415. DOI:10.1088/1757-899X/415/1/012046

20. Вплив положення віконних блоків по товщині стіни на теплотехнічні характеристики вузла їх примикання / Пашинський В.А. та ін. Sciences of Europe. 2017. No 21, Vol 3. С. 8-13

21. Баландіна І.С. Визначення заходів щодо ресурсозбереження та зниження втрат теплової енергії в будівлях і спорудах / І.С. Баландіна // Комунальне господарство міст: Науч.-техн. сб. Серія: Економічні науки. – К.: Техніка, 2010. – Вип. 92. – С. 128-133.

22. Маляренко В.А. Енергозбереження в житлово-комунальному господарстві / В.А. Маляренко, Л.М. Шутенко // Енергозбереження. Енергетика. Енергоаудит. Ч.2. Концептуальні положення і головні напрями енерго- й ресурсозбереження в ЖКГ. – 2005. – №7. – С. 11-15.

23. Gabriel I., Ladener H. Rekonstruktsiya zdaniy po standartam energoeffektivnogo doma [Reconstruction of Buildings Using Energy Effective Houses Standarts]. St. Petersburg, BHV-Peterburg Publ., 2011. – 470 p.

24. Faist V. Osnovnye polozheniya po proektirovaniyu passivnykh domov [Passive House Designing Basics]. Moscow, ABC Publ., 2008. – 144 p.

25. Bad'in G.M. Stroitel'stvo i rekonstruktsiya maloetazhnogo energoeffektivnogo doma [Energy Effective Low-Rise Houses Constucting and Reconstructing]. St. Petersburg, BHV-Peterburg Publ., 2011. – 432 p.

26. Юнгйоган А. Німецька енергетична трансформація. Аргументи на користь поновлюваної енергетики майбутнього [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ua.boell.org/uk/2013/12/10/nimecka-energetichna-transformaciya-ekologiya-ta-energetika>

27. Очеретний, В. П., А. С. Бойко. "Термомодернізація будинку–пріоритетний напрямок енергозбереження в Україні." (2012).

					601-БМ. 11393402.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		103

28. Головань, Олександр, Богдан Торохтій, Станіслав Джирма. "Аналіз розташування віконних блоків по товщині стін існуючих житлових серійних будинків в м. Кропивницький." Автоматика, комп'ютерно-інтегровані технології та проблеми енергоефективності в промисловості і сільському господарстві (АКІТ-2022): Матеріали міжнародної науково-технічної конференції.–Кропивницький: ПП «Ексклюзив-Систем», 2022.–243 с.

29. Вплив положення віконних блоків по товщині стіни на теплотехнічні характеристики вузла їх примикання / В. А. Пашинський, В. А. Настоящий , С. О. Джирма та ін. // Sciences of Europe. - Praha : Global Science Center LP, 2017. - Vol 3, № 21. - С. 8-13.

30. Правиленко Н.М., Джирма С.О. Зниження тепловтрат будівель шляхом застосування енергоефективних проектних і технологічних рішень вузлів примикань сучасних світлопрозорих огорожуючих конструкцій / Правиленко Н.М., Джирма С.О. // Збірник праць молодих науковців КНТУ. – Вип. 3. – Кіровоград: КНТУ, 2014. – С. 510-513.

31. Тукало, О. С. Дослідження впливу положення вікон з ПВХ в товщі стін на тепловтрати існуючих житлових будівель вторинного ринку нерухомості в м. Кіровоград / О. С. Тукало, С. О. Джирма // Досвід впровадження у навчальній процес сучасних комп'ютерних технологій : IV Всеукраїн. студ. наук.-практ. семінар : зб. тез доп. / М-во освіти і науки Укр., Кіровоград. нац. техн. ун-т. - Кіровоград : КНТУ, 2016. - С. 59-66.

32. Галінська, Т. А., Д. М. Овсій. "ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ ЗОВНІШНЬОЇ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЇ П'ЯТИПОВЕРХОВИХ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ 1960-1975 РОКІВ ЗАБУДОВИ МІКРОРАЙОНУ “АЛМАЗНИЙ” В м. ПОЛТАВІ." Комунальне господарство міст 107: 109-135.

33. Немировський, Ілля Абрамович, О. В. Булгаков. "Аналіз сучасного стану будівель та заходів з підвищення їх енергоефективності." Матеріали IV Міжнародної науково-технічної конференції „Теоретичні та прикладні аспекти радіотехніки, приладобудування і комп'ютерних технологій “присвячена 80-ти річчю з дня народження професора ЯІ Проця (2019): 325-328.

					601-БМ. 11393402.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		104

34. ISO 10211:2007 Thermal bridges in building construction – Heat flows and surface temperatures – Detailed calculations.
35. ISO 14683:2005 Thermal bridges in building construction – Linear thermal transmittance – Simplified methods and default values.
36. Система скріпленої зовнішньої теплоізоляції будівель і споруд «CERESIT» : Посібник по проектуванню, монтажу і експлуатації системи. – К.: Хенкель-Баутехнік (Україна), МП Леся, 2005. – 280 с.
37. Конструкції будівель і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування, улаштування та експлуатації: ДБН В 2.6-33:2008. [Чинні від 2009-07-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 24 с. – (Національний стандарт України).
38. Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією. Класифікація і загальні умови: ДСТУ Б В.2.6-34:2008. [Чинний від 2009-07-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 32 с. – (Національний стандарт України).
39. Технічні рішення огороджувальних конструкцій житлових та громадських будинків із утеплювачами фірми «Isover». – К., УкрНДІПцивільсьсьбуд, 1998. – 60 с.
40. Основи забезпечення енергоефективності будинків та теплової надійності огороджувальних конструкцій / Фаренюк Г.Г. – К.: Гама-Принт. – 2009. – 216 с.
41. Тимофєєв М.В. Розрахунки теплової ізоляції будівель. / М.В. Тимофєєв,
42. Тимофєєв М.В. Математичне моделювання потрібних опорів теплопередачі елементів зовнішньої оболонки будинків / М.В. Тимофєєв, С.О. Сахновська, В.В. Жмихова // Вісник Донбаської нац. акад. буд-ва і арх. - 2010-2 (82). – С. 32 – 37.
43. Фаренюк Г.Г. Методологічні аспекти забезпечення енергоефективності та теплової надійності будинків / Г.Г. Фаренюк // 165
44. Строй А.Ф. Діапазон оптимізації теплотехнічних характеристик огороджувальних конструкцій за допомогою повітряних прошарків / А.Ф. Строй, Л.В. Гирман // Комунальне господарство міст: наук.-техн. зб. – К.: Техніка, 2007. – Вип. 76. – С. 247 – 250.
45. Завойський А.К. Енергозощаджуючі конструктивно-технологічні рішення улаштування зовнішніх стін в цегляних та каркасно-монолітних житлових будинках

					601-БМ. 11393402.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		105

/ А.К. Завойський, С.О. Полонська // Нові технології в будівництві, №1 (3), 2002. С. 5-8.

46. Прищенко А.М. Підвищення енергоефективності будинків за рахунок нових конструктивних рішень зовнішніх стін / А.М. Прищенко // Науково-технічний збірник «енергоефективність в будівництві та архітектурі». – К.: КНУБА. 2013. – Випуск 5. – с. 221-225.

47. Metoda “LEKKA” ocieplania steian zewnetrznych budynkow. Institut Techniki Budowlanej . Swiadectwo nr. 530/85. – Warszawa, 1992. – 28 str.

48. González-Aguilera D., Rodriguez-Gonzalvez P., Armesto J., Lagüela S. (2012). Novel approach to 3D thermography and energy efficiency evaluation. Energy and Buildings. 2012. Vol. 54. pp. 436 – 443. 164

49. Taylor T., Counsell J., Gill S. (2014). Combining thermography and computer simulation to identify and assess insulation defects in the construction of building façades. Energy and Buildings. 2014. Vol. 76. pp. 130 – 142.

50. Taylor T., Counsell J., Gill S. (2013). Energy efficiency is more than skin deep: Improving construction quality control in new-build housing using thermography. Energy and Buildings. 2013. Vol. 66. pp. 222 – 231.

51. Vidas S., Moghadam P. (2013). HeatWave: A handheld 3D thermography system for energy auditing. Energy and Buildings. 2013. Vol. 66. pp. 445 – 460.

52. Korniyenko S.V. The Experimental Analysis and Calculative Assessment of Building Energy Efficiency. Applied Mechanics and Materials. 2014. Vol. 618. pp. 509 – 513.

53. Pavlovas, V. Energy savings in existing Swedish apartment buildings. Chamlers University of Technology, Göteborg, 2006, pp. 17 – 83.

54. Korniyenko S.V. The Experimental Analysis and Calculative Assessment of Building Energy Efficiency. Applied Mechanics and Materials. 2014. Vol. 618. pp. 509 – 513. 168

55. Berglund, L.G. and Gonzalez, R.R. Application of Acceptable Temperature Drifts to Built Environments as a Mode of Energy Conservation, ASHRAE Transactions 84, 1978. pp. 110 – 121.

					601-БМ. 11393402.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		106

56. Lukas, H., Kalousek M. Advisable way of placing the windows. / 12 th Int. Scientific Conf., April 20-22, 2009 Brno, Czech Republic. – pp. 37 – 40.

57. Mojzisova, A., Matejka L. Comparing choice methods under consideration defects and disorders engineering construction. / 12 th Int. Scientific Conf., April 20-22, 2009 Brno, Czech Republic. – pp. 107 – 110.

58. Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією. Класифікація і загальні умови: ДСТУ Б В.2.6-34:2008. [Чинний від 2009-07-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 32 с. – (Національний стандарт України).

59. Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням штукатурками. Загальні технічні умови: ДСТУ Б В.2.6-36:2008 – [Чинний від 2009-06-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 36 с. – (Національний стандарт України).

60. Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель: ДСТУ Б В.2.6-189:2013 – [Чинний від 2014-01-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2014. – 46 с. – (Національний стандарт України).

61. Посібник для проектування теплоізоляційної оболонки будівель згідно ДСТУ Б В.2.6-189:2013 «Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель» – К.: НДІБК, 2014. – 99 с.

62. Теплопровідні включення в будівельних конструкціях. Обчислення теплового потоку та поверхневої температури. Частина 1. Загальні методи. ДСТУ ISO 120211-1:2005. – [Чинний від 2008-03-01]. – К.: Держбуд України, 2008. – 38 с. – (Національний стандарт України).

63. Теплопровідні включення в будівельних конструкціях. Частина 2. Лінійні теплопровідні включення. ДСТУ ISO 10211- 2:2005. – [Чинний від 2008-03-01]. – К.: Держбуд України, 2008. – 12 с. – (Національний стандарт України).

64. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6-31:2006. – [Чинні від 2007-04-01]. – К.: Держбуд України, 2006. – 71 с. (Національний стандарт України). Зі Зміною №1 від 01.07.2013 р.

65. Будинки і споруди. Метод визначення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій: ДСТУ Б В.2.6-101:2010 – [Чинний від 2010-10-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – 83 с. – (Національний стандарт України).

					601-БМ. 11393402.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		107

66. Методика М00013184.5.023-01 Визначення теплових потоків крізь огорожувальні конструкції // Нормативний документ Державного комітету України з енергозбереження та Державного комітету України з будівництва та архітектури. Київ:Логос, 2002. 131 с.

67. Будинки і споруди. Метод визначення питомих тепловитрат на опалення будинків. ДСТУ Б В.2.2-21:2008. [Чинний від 2009-06-01].– К.: Мінрегіонбуд Ук Проектування. Настанова з розроблення та складання енергетичного паспорта будівель при новому будівництві та реконструкції: ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007. [Чинний від 2008-07-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2008. – 43 с. – (Національний стандарт України).

68. Рекомендації з улаштування зовнішніх стін із теплоізоляційно-опоряджувальними фасадними системами в житлових і громадських будинках. – К.: НДІБВ, 2006. – 144 с.

69. Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель: ДСТУ Б В.2.6-189:2013 – [Чинний від 2014-01-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2014. – 46 с.

70. Енергоефективність будівель. Розрахунок енергоспоживання на опалення та охолодження (EN ISO 13790:2008, IDT): ДСТУ Б EN ISO 13790:2013. [Чинний від 2013-10-01]. - К.: Мінрегіонбуд України, 2013. - 228 с.- (Національний стандарт України).

71. Основні вимоги до будівель і споруд. Економія енергії. ДБН В.1.2-11:2008. [Чинний від 2008-10-01]. - К.: Мінрегіонбуд України, 2009. - 16 с.- (Національний стандарт України).

72. Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung – EnEV) vom 16. No162. ember 2001.

73. STR 2.01.03:2003. Statybinių medžiagų ir gaminių šiluminių-techninių dydžių, deklaruojamos ir projektinės vertės. – Vilnius, Žin., 2003, Nr., 80-3670 174

74. EN ISO 6946, Building components and building elements – Thermal resistance and thermal transmittance – Calculation method (ISO 6946:1996).

					601-БМ. 11393402.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		108

75. Directive 2002/91/EC of the European Parliament and the Council of 16 December 2002 on the Energy Performance of Buildings. Official Journal, 4.1.2003, pp. 65 – 70 (Директива 2002/91/ЕС з енергетичної ефективності будівель).

76. EN ISO 13790:2008, ITD. Energy performance of buildings – Calculation of energy use for space heating and cooling (Енергоефективність будівель – Розрахунок енергоспоживання при опаленні та охолодженні).

77. DIN 4108-2-2001 Thermal protection and energy economy in buildings – Part 2: Minimum requirements to thermal insulation.

78. EnEV 2002. Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung – EnEV) vom 16. November 2001.

79. Ibrahim M., Wurtz E., Biwole P. H., Achard P. Performance evaluation of buildings with advanced

80. thermal insulation system: A numerical study. Journal of Facade Design and Engineering. 2016. 4. P. 19–34. DOI : 10.3233/FDE-160048

81. Lucchesi F., Svendsen S., Koldtoft K. Internal Insulation of Preservation Worthy Facades. Journal of Physics: Conference Series. 2021. 2069 (1), [012084]. DOI: 10.1088/1742-6596/2069/1/012084

82. Сердюк, Василь Романович. "Розширення функціональних властивостей навісних вентиляованих фасадів при утепленні будівель." Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. № 1: 91-100. (2023).

					601-БМ. 11393402.ПЗ	Арк.
						109
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		