

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

«Отримання залежностей для розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі ділянок огорожувальних конструкцій з теплопровідними включеннями»

Виконав: студент 2 курсу, групи 2МБП

192 Будівництво та цивільна інженерія

Мостовіюк Ігор Андрійович

Керівник: д.т.н., проф. Семко О.В.

Полтава – 2022 року

ЗМІСТ

1. Вступ	4
Розділ 1. Аналіз лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплових вузлів зовнішніх огорожувальних конструкцій	6
Висновки по розділу 1	21
Розділ 2. Розрахункові схеми теплових вузлів зовнішніх огорожувальних конструкцій будівлі корпусу «Ф» НУПП ім. Юрія Кондратюка	23
Висновки по розділу 2	32
Розділ 3. Отримання залежностей для визначення лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплових вузлів зовнішніх огорожувальних конструкцій корпусу «Ф» НУПП ім. Юрія Кондратюка	33
3.1 Методика визначення лінійного коефіцієнта теплопередачі.....	33
3.2 Методика розрахунку двомірного температурного поля.....	34
3.3 Лінійний коефіцієнт теплопередачі теплового вузла спирання плити перекриття на стіну (вузол 1).	38
3.4 Лінійний коефіцієнт теплопередачі теплового вузла примикання плити перекриття на стіну (вузол 2).	45
3.5 Лінійний коефіцієнт теплопередачі теплового вузла примикання вікна до простінка (вузол 3).	51
3.6 Лінійний коефіцієнт теплопередачі теплового вузла спирання плити перекриття на стіну над вікном (вузол 4).....	58
3.7 Лінійний коефіцієнт теплопередачі теплового вузла примикання вікна до стіни в зоні підвіконня (вузол 5).	64
3.8 Лінійний коефіцієнт теплопередачі теплового вузла спирання плити горіщного перекриття на стіну над вікном (вузол 6).....	70

					2МБП. 9975516.ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Мостовіюк І.А.			Стадія	Арк.	Аркцшів
Перевір.		Семко О.В.				2	130
Консульт.		Семко О.В.			НУПП ім. Юрія Кондратюка Кафедра БтаЦІ		
Н. Контр.		Семко О.В.					
Затверд.		Семко О.В.					

Отримання залежностей для розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі ділянок огорожувальних конструкцій з теплопровідними включеннями

3.9 Лінійний коефіцієнт теплопередачі теплового вузла спирання залізобетонного козирка на стіну (вузол 7).....	77
3.10 Лінійний коефіцієнт теплопередачі теплового вузла цоколя (вузол 8).....	83
3.11 Лінійний коефіцієнт теплопередачі теплового вузла спирання плити горищного перекриття на стіну (вузол 9).	90
3.12 Лінійний коефіцієнт теплопередачі теплового вузла спирання підвального перекриття на внутрішню стіну (вузол 10).....	97
3.13 Лінійний коефіцієнт теплопередачі теплового вузла спирання горищного перекриття на внутрішню стіну (вузол 11).....	103
Висновки по розділу 3	110
Розділ 4. Аналіз визначення приведенного опору теплопередачі за різними методиками розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі	111
4.1. Визначення приведенного опору теплопередачі при розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі за нормативними документами.	112
4.2. Визначення приведенного опору теплопередачі при розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі за розрахунками температурних полів.	114
4.3. Визначення приведенного опору теплопередачі при розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі за формулами.....	115
Висновки по розділу 4	116
Загальні висновки	117
ЛІТЕРАТУРА	118

1. Вступ

Актуальність теми.

Від точності розрахунку приведенного опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій залежить величина тепловтрат, що відбувається крізь них.

Точність розрахунку приведенного опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій у великій мірі залежить від точності визначення лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплових вузлів в огорожувальних конструкціях. До теплових вузлів огорожувальних конструкцій корпусу «Ф» НУПП ім. Юрія Кондратюка відносяться: відкоси вікон, кути огорожень, пілястри, місця спирання плит перекриття на зовнішні стіни, місця спирання перемичок на зовнішні стіни, примикання внутрішніх стін та перегородок до зовнішніх стін і т. ін. Сучасні нормативні документи дають досить обмежену кількість лінійних коефіцієнтів теплопередачі. До того ж вони наведені для сучасних огорожувальних конструкцій. Застосування їх для будинків, що потребують термомодернізації приводить до неточності визначення приведенного опору теплопередачі. Тому для таких теплових вузлів лінійні коефіцієнти теплопередачі необхідно визначати на основі розрахунку температурних полів. Розрахунок температурного поля досить трудомістка задача та потребує певних навичок. Тому для інженерних розрахунків доцільно застосовувати формули. Отримання таких формул є актуальною задачею.

Зв'язок роботи з науковими програмами

Дана робота пов'язана з впровадженням в Україні нових нормативних документів в частині визначення теплотехнічних характеристик огорожувальних конструкцій та забезпечення достатніх рівнів комфорту перебування людей в приміщеннях. Також робота пов'язана з напрямками наукових досліджень кафедри БтаЦІ.

Метою роботи є отримання формул, що дозволяють визначати лінійні коефіцієнти теплопередачі теплових вузлів огорожувальних конструкцій при термомодернізації будинків.

Задачі дослідження:

					2МБП. 9975516.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		4

– виконати аналіз лінійних коефіцієнтів теплопередачі, що застосовуються при визначенні приведенного опору теплопередачі;

– визначити схеми найбільш поширених теплових вузлів зовнішніх огорожувальних конструкцій на прикладі будівлі корпусу «Ф» НУПП ім. Юрія Кондратюка;

- отримати формули для визначення лінійних коефіцієнтів теплопередачі найбільш поширених теплових вузлів, що зустрічаються при термомодернізації будівель.

Об’єкт дослідження: найбільш поширені теплові вузли зовнішніх огорожувальних конструкцій на прикладі будівлі корпусу «Ф» НУПП ім. Юрія Кондратюка.

Методи дослідження: розрахунки температурних полів теплових вузлів зовнішніх огорожувальних конструкцій.

Наукова новизна.

– отримані формулу, що дозволяють визначати лінійні коефіцієнти теплопередачі найбільш поширених теплових вузлів, що зустрічаються при термомодернізації будівель.

Обсяг та структура роботи. Робота складається з 12 плакатів, пояснювальної записки на 130 сторінках, у тому числі 51 рисунок та 100 таблиць, списку з 138 використаних джерел. Основний текст роботи містить вступ, 4 розділи, висновки.

					2МБП. 9975516.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		5

Розділ 1. Аналіз лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплових вузлів зовнішніх огорожувальних конструкцій

Питаннями визначення лінійних коефіцієнтів теплопередачі та їх застосуванням при визначенні приведенного опору теплопередачі огорожувальних конструкцій займалися багато дослідників.

Визначенням лінійних та точкових коефіцієнтів теплопередачі найпоширеніших теплопровідних включень в огорожувальних конструкціях займався **Колісник Є.С.** [1]. Розрахункові схеми для визначення лінійних та точкових коефіцієнтів теплопередачі наведені на рисунку 1.

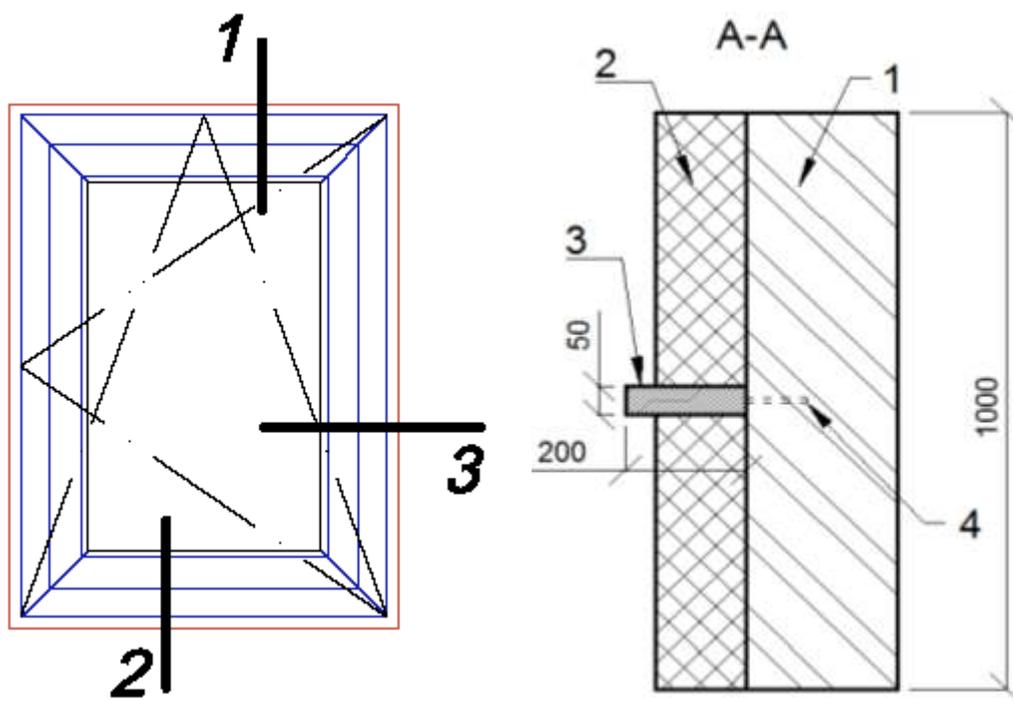


Рисунок 1 – Розрахункові схеми для визначення лінійних та точкових коефіцієнтів теплопередачі.

Є. Колесник, Є. Фаренюк, В. Ральчук розробили посібник з проектування де навели методи розрахунку теплоізоляції огорожувальних конструкцій [2] з використанням лінійних та точкових коефіцієнтів теплопередачі.

					2МБП. 9975516.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		6

Так аналізом варіантів утеплення цокольних вузлів із застосуванням лінійних коефіцієнтів теплопередачі займалися **Белоус А. Н., Оверченко М. В., Белоус О. Е.** [2]. Один з варіантів утеплення наведено на рисунку 2.

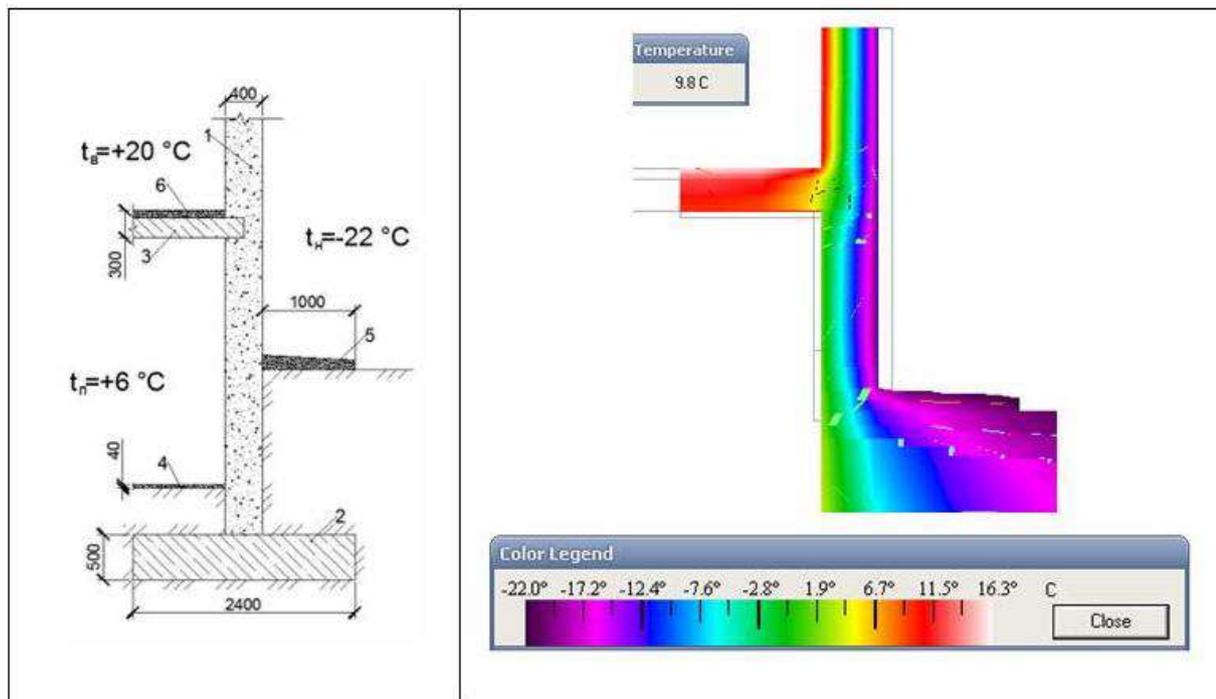


Рисунок 2 – Базовий цокольний вузол великоблочного будинку.

В.М. Тусніна займалася питаннями впливу точності розрахунку температурного поля на величину приведенного опору теплопередачі. [3].

Скокова А.О. в [4] дає аналіз результатів визначення товщини теплоізоляційного шару стінового огороження за критерієм допустимого значення опору теплопередачі відповідно до різних методик (у тому числі із застосуванням лінійних та точкових коефіцієнтів теплопередачі) розрахунку і порівняння отриманих результатів.

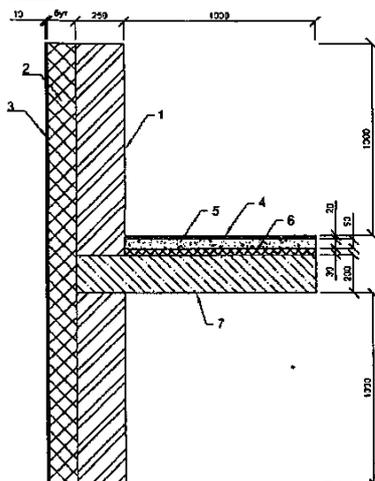
Взагалі питанням енергоефективності будівель присвячені роботи багатьох як вітчизняних так і закордонних авторів [67, 69-73, 76-82, 88-95, 98-105, 107-112, 116-120, 122, 124-129, 131, 132, 134, 136].

Питання енергоефективності будівель регламентуються наступними нормативними документами [15, 36, 38, 40, 45, 50, 74, 75, 83-88, 96, 97, 106, 115, 121, 130, 133, 135,].

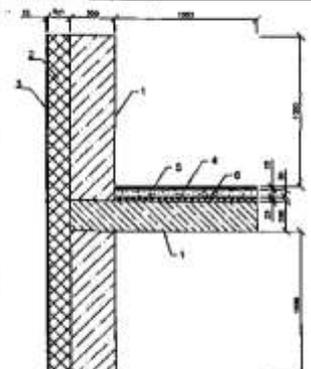
Більшість лінійних та точкових коефіцієнтів теплопередачі наведені у [51].

На рисунку 3 наведені схеми теплових вузлів примикання до цегляних залізобетонних стін та стін з нiздрюватого бетону конструкції перекриття.

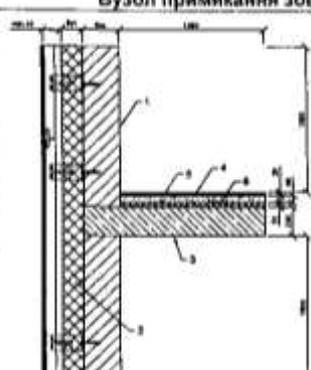
а)

Ч.ч.	Тип теплопровiдного включення, його характеристики	Лiнiйний коефiцiєнт теплопередачi k , Вт/(м·К), залежно вiд параметрiв теплоiзоляцiйного шару			
		розрахункова теплопровiднiсть λ , Вт/(м·К)	товщина теплоiзоляцiї δ_{yt}		
1	2	3	4	5	6
1	<p>Вузол примикання зовнiшнiх стiн iз цегли з опорядженням штукатуркою до мiжповерхового перекриття</p>  <ul style="list-style-type: none"> 1 – цегляна кладка, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$; 2 – шар теплоiзоляцiї; 3 – опоряджувальна штукатурка, $\rho = 1300 \text{ кг/м}^3$; 4 – дерев'яне покриття пiдлоги, $\rho = 700 \text{ кг/м}^3$; 5 – розчин цементно-пiщаний, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$; 6 – звукоiзоляцiйний шар – мiнераловатна плита, $\rho = 100 \text{ кг/м}^3$; 7 – залiзобетон, $\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$. 		120 мм	150 мм	180 мм
		0,040	0,080	0,073	0,062
		0,045	0,087	0,082	0,069
		0,050	0,094	0,090	0,076

б)

2	<p>Вузол примикання зовнiшнiх стiн iз залiзобетону з опорядженням штукатуркою до мiжповерхового перекриття</p>  <ul style="list-style-type: none"> 1 – залiзобетон, $\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$; 2 – шар теплоiзоляцiї; 3 – опоряджувальна штукатурка, $\rho = 1300 \text{ кг/м}^3$; 4 – дерев'яне покриття пiдлоги, $\rho = 700 \text{ кг/м}^3$; 5 – розчин цементно-пiщаний, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$; 6 – звукоiзоляцiйний шар – мiнераловатна плита, $\rho = 100 \text{ кг/м}^3$. 				
		3	4	5	6
			120 мм	150 мм	180 мм
		0,040	0,090	0,074	0,062
		0,045	0,100	0,082	0,069
		0,050	0,110	0,090	0,076

в)

3	<p>Вузол примикання зовнiшнiх стiн iз вентиляованим повітряним прошарком до мiжповерхового перекриття</p>  <ul style="list-style-type: none"> 1 – цегляна кладка, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$ товщиною $\delta = 250 \text{ мм}$ або залiзобетон, $\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$ товщиною $\delta = 300 \text{ мм}$; 2 – шар теплоiзоляцiї; 3 – залiзобетон, $\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$; 4 – дерев'яне покриття пiдлоги, $\rho = 700 \text{ кг/м}^3$; 5 – розчин цементно-пiщаний, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$; 6 – звукоiзоляцiйний шар – мiнераловатна плита, $\rho = 100 \text{ кг/м}^3$. 				
		3	4	5	6
			150 мм	200 мм	250 мм
		0,040	0,074	0,056	0,046
		0,045	0,082	0,063	0,051
		0,050	0,091	0,070	0,056

Зм.	Лист	№ докум.	Пiдпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

2МБП. 9975516.ПЗ

Арк.

8

г)

Продовження таблиці Г.1

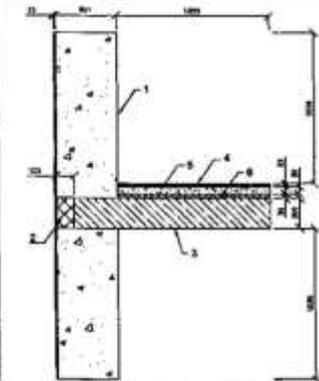
1	2	3	4	5	6
4	 <p>1 – кладка з ніздрюватого бетону; 2 – теплоізоляційний матеріал; 3 – залізобетон, $\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$; 4 – дерев'яне покриття підлоги, $\rho = 700 \text{ кг/м}^3$; 5 – розчин цементно-піщаний, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$; 6 – звукоізоляційний шар – мінераловатна плита, $\rho = 100 \text{ кг/м}^3$.</p>	марка бетону	300 мм	400 мм	500 мм
		D300	0,147	0,155	0,159
		D400	0,166	0,175	0,179
		D500	0,184	0,193	0,196

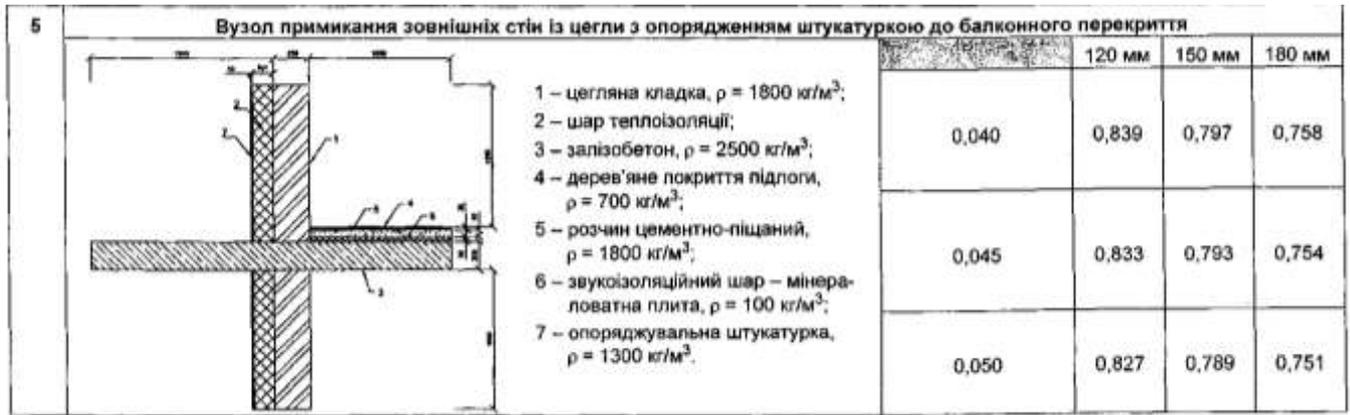
Рисунок 3 – Схеми теплових вузлів: а) - примикання зовнішніх стін із цегли з опорядженням штукатуркою до міжповерхового перекриття; б) – примикання зовнішніх стін із залізобетону з опорядженням штукатуркою до міжповерхового перекриття; в) – примикання зовнішніх стін із вентиляваним повітряним прошарком до міжповерхового перекриття; г) - примикання зовнішніх стін із ніздрюватого бетону до міжповерхового перекриття.

В наведених схемах зовнішня стіна із цегляної кладки товщиною 250 мм, залізобетону 300 мм та ніздрюватого бетону. У схемі застосована суцільна монолітна плита товщиною 200 мм, що перерізає зовнішнє огороження. Конструкція підлоги дерев'яна по шару цементно-піщаного розчина.

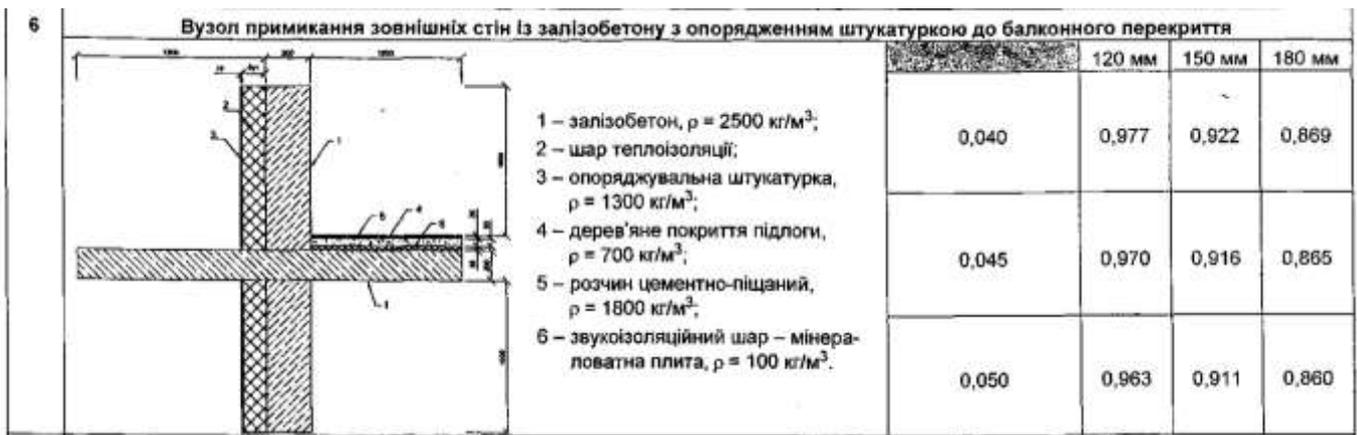
Такі схеми складно використати при термомодернізації існуючих будівель. Будівлі, що підлягають термомодернізації мають товщину зовнішньої цегляної стіни від 0,38 м до 1,03 м. Перекриття зазвичай виконується з порожнистих залізобетонних плит товщиною 220 мм або по балках. Плити не перерізають шар цегли а спираються на нього. Конструкція дерев'яної підлоги в таких будинках виконується по лагах.

На рисунку 4 наведені схеми теплових вузлів примикання до цегляних залізобетонних стін та стін з ніздрюватого бетону балконного перекриття.

а)



б)



в)

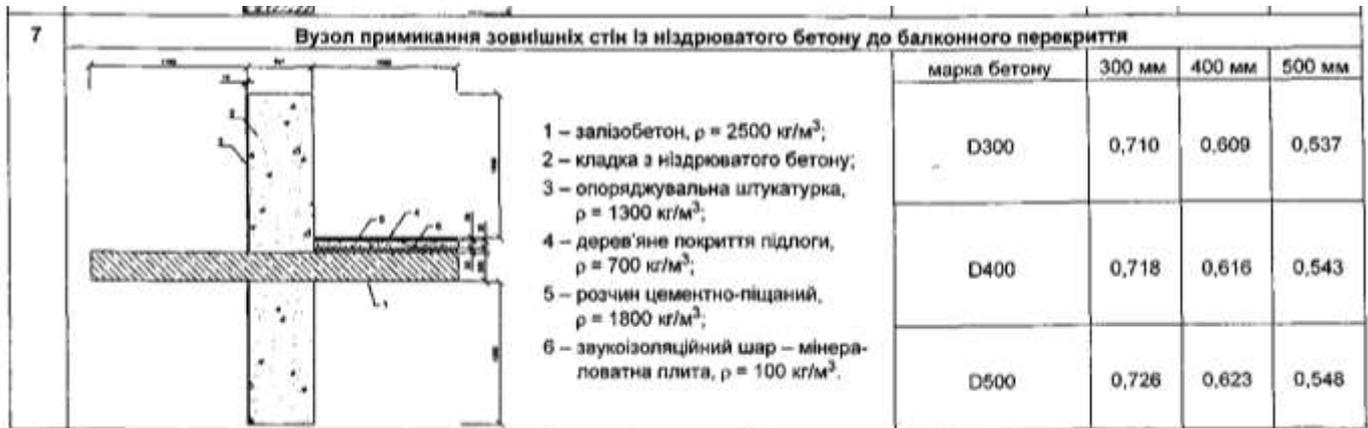


Рисунок 4 – Схеми теплових вузлів: а) - примикання зовнішніх стін із цегли з опорядженням штукатуркою до балконного перекриття; б) – примикання зовнішніх стін із залізобетону з опорядженням штукатуркою до балконного перекриття; в) - примикання зовнішніх стін із ніздрюватого бетону до балконного перекриття.

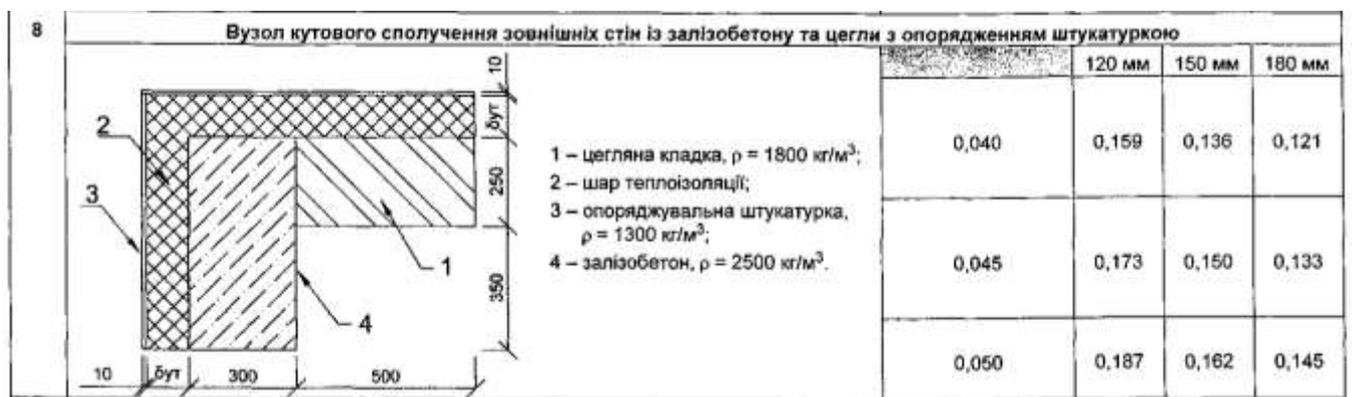
В наведених схема зовнішня стіна із цегляної кладки товщиною 250 мм, залізобетону 300 мм та ніздрюватого бетону. У схемі застосована суцільна

монолітна плита товщиною 200 мм, що перерізає зовнішнє огороження та виходить назовні утворюючи балконну плиту тієї ж товщини. Конструкція підлоги дерев'яна по шару цементно-піщаного розчина.

Застосування наведених схем обмежене з причин наведених у попередніх схемах. Крім цього слід зазначити, що балконна плита виконується окремо та має складний переріз. Між плитою перекриття та балконною плитою є проміжок заповнений цеглою.

На рисунку 5 наведені схеми теплових вузлів кутового сполучення зовнішніх стін з цегли, ніздрюватого бетону та сполучення стін з залізобетону та цегли і ніздрюватого бетону.

а)



б)



Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

2МБП. 9975516.ПЗ

Арк.

11

В)

10 Вузол кутового сполучення зовнішніх стін із залізобетону з утепленням та ніздрюватого бетону				
	марка бетону	300 мм	400 мм	500 мм
	D300	0,174	0,200	0,222
	D400	0,178	0,205	0,228
	D500	0,182	0,210	0,234

1 – кладка з ніздрюватого бетону;
 2 – шар теплоізоляції;
 3 – опоряджувальна штукатурка, $\rho = 1300 \text{ кг/м}^3$;
 4 – залізобетон, $\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$.

Г)

11 Вузол кутового сполучення зовнішніх стін із цегли з опорядженням штукатуркою				
		120 мм	150 мм	180 мм
	0,040	0,131	0,115	0,103
	0,045	0,142	0,125	0,107
	0,050	0,152	0,135	0,121

1 – цегляна кладка, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$;
 2 – шар теплоізоляції;
 3 – опоряджувальна штукатурка, $\rho = 1300 \text{ кг/м}^3$.

Д)

12 Вузол кутового сполучення зовнішніх стін із цегли з вентиляованим повітряним прошарком				
		150 мм	200 мм	250 мм
	0,040	0,115	0,096	0,084
	0,045	0,125	0,106	0,092
	0,050	0,135	0,114	0,100

1 – цегляна кладка, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$;
 2 – шар теплоізоляції.

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

2МБП. 9975516.ПЗ

Арк.

12

е)

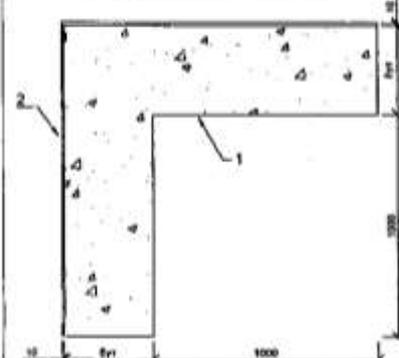
13 Вузол кутового сполучення зовнішніх стін із ніздрюватого бетону				
	марка бетону	300 мм	400 мм	500 мм
	D300	0,051	0,052	0,053
	D400	0,064	0,066	0,067
D500	0,077	0,079	0,081	

Рисунок 5 – Схеми теплових вузлів: а) - кутового сполучення зовнішніх стін із залізобетону та цегли з опорядженням штукатуркою; б) – кутового сполучення зовнішніх стін із залізобетону та цегли з вентиляльованим повітряним прошарком; в) - кутового сполучення зовнішніх стін із залізобетону з утепленням та ніздрюватого бетону; г) - кутового сполучення зовнішніх стін із цегли з опорядженням штукатуркою; д) - кутового сполучення зовнішніх стін із цегли з вентиляльованим повітряним прошарком; е) - кутового сполучення зовнішніх стін із ніздрюватого бетону

В наведених схема зовнішня стіна із цегляної кладки товщиною 250 мм, залізобетону 300 мм та ніздрюватого бетону, комбінації залізобетонних стін з цегляною кладкою або ніздрюватим бетоном Конструкція підлоги дерев'яна по шару цементно-піщаного розчина.

Наведені схеми обмежені тим, що товщина зовнішніх стін з цегли тільки 250 мм. У той же час будівлі, що підлягають термомодернізації мають товщину зовнішньої цегляної стіни від 0,38 м до 1,03 м.

Крім того слід відзначити, що комбінації залізобетонних стін з цегляною кладкою або ніздрюватим бетоном не характерно для будівель, що підлягають термомодернізації.

На рисунку 6 наведені схеми теплових вузлів примикання віконної конструкції до стін з залізобетону, цегли та ніздрюватого бетону.

а)

14 Вузол примикання віконної конструкції до зовнішніх стін із цегли з опорядженням штукатуркою в зоні перемички				
		120 мм	150 мм	180 мм
<p>1 – залізобетон, $\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$; 2 – шар теплоізоляції; 3 – опоряджувальна штукатурка, $\rho = 1300 \text{ кг/м}^3$; 4 – розчин цементно-піщаний, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$.</p>	0,045±0,005	0,081	0,081	0,08

б)

15 Вузол примикання віконної конструкції до зовнішніх стін із цегли з опорядженням штукатуркою в зоні підвіконня				
		120 мм	150 мм	180 мм
<p>1 – цегляна кладка, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$; 2 – шар теплоізоляції; 3 – опоряджувальна штукатурка, $\rho = 1300 \text{ кг/м}^3$; 4 – розчин цементно-піщаний, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$; 5 – ПВХ підвіконня.</p>	0,045±0,005	0,059	0,064	0,068

в)

16 Вузол примикання віконної конструкції до зовнішніх стін із цегли з опорядженням штукатуркою в зоні рядового сполучення				
		120 мм	150 мм	180 мм
<p>1 – цегляна кладка, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$; 2 – шар теплоізоляції; 3 – опоряджувальна штукатурка, $\rho = 1300 \text{ кг/м}^3$; 4 – розчин цементно-піщаний, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$.</p>	0,045±0,005	0,068	0,071	0,073

г)

17 Вузол примикання віконної конструкції до зовнішніх стін із цегли з вентиляованим повітряним прошарком в зоні перемички				
		150 мм	200 мм	250 мм
<p>1 – залізобетон, $\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$; 2 – шар теплоізоляції; 3 – розчин цементно-піщаний, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$.</p>	0,045±0,005	0,063	0,062	0,062

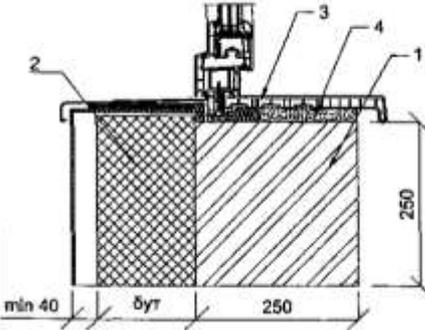
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

2МБП. 9975516.ПЗ

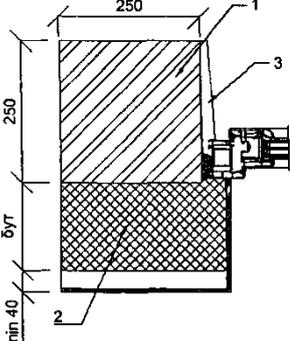
Арк.

14

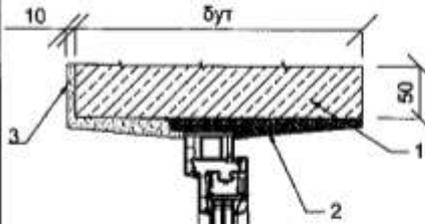
Д)

18 Вузол примикання віконної конструкції до зовнішніх стін із цегли з вентиляваним повітряним прошарком у зоні підвіконня				
	150 мм	200 мм	250 мм	
 <p>1 – цегляна кладка, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$; 2 – шар теплоізоляції; 3 – ПВХ підвіконня; 4 – розчин цементно-піщаний, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$.</p>	0,045±0,005	0,035	0,041	0,046

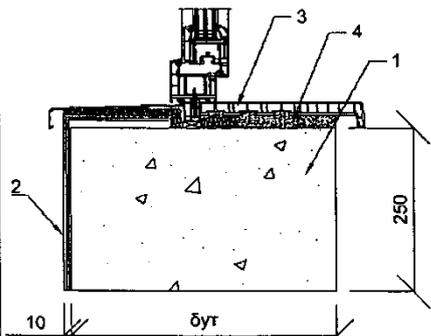
е)

19 Вузол примикання віконної конструкції до зовнішніх стін із цегли з вентиляваним повітряним прошарком у зоні рядового сполучення				
	150 мм	200 мм	250 мм	
 <p>1 – цегляна кладка, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$; 2 – шар теплоізоляції; 3 – розчин цементно-піщаний, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$.</p>	0,045±0,005	0,049	0,053	0,058

ж)

20 Вузол примикання віконної конструкції до зовнішніх стін із ніздрюватого бетону в зоні перемички				
	марка бетону	300 мм	400 мм	500 мм
 <p>1 – перемичка з армованого ніздрюватого бетону, $\rho = 800 \text{ кг/м}^3$; 2 – розчин цементно-піщаний, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$; 3 – опоряджувальна штукатурка, $\rho = 1300 \text{ кг/м}^3$.</p>	D800	0,075	0,091	0,101

з)

21 Вузол примикання віконної конструкції до зовнішніх стін із ніздрюватого бетону в зоні підвіконня				
	марка бетону	300 мм	400 мм	500 мм
 <p>1 – кладка з ніздрюватого бетону; 2 – опоряджувальна штукатурка, $\rho = 1300 \text{ кг/м}^3$; 3 – ПВХ підвіконня; 4 – розчин цементно-піщаний, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$.</p>	D300 D400 D500	0,077	0,079	0,085

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

2МБП. 9975516.ПЗ

Арк.

15

к)

22 Вузол примикання віконної конструкції до зовнішніх стін із ніздрюватого бетону в зоні рядового сполучення				
	марка бетону	300 мм	400 мм	500 мм
	1 – кладка з ніздрюватого бетону; 2 – розчин цементно-піщаний, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$; 3 – опоряджувальна штукатурка, $\rho = 1300 \text{ кг/м}^3$.	D300 D400 D500	0,052	0,066

- Рисунок 6 – Схеми теплових вузлів: а) - примикання віконної конструкції до зовнішніх стін із цегли з опорядженням штукатуркою в зоні перемички; б) – примикання віконної конструкції до зовнішніх стін із цегли з опорядженням штукатуркою в зоні підвіконня; в) - примикання віконної конструкції до зовнішніх стін із цегли з опорядженням штукатуркою в зоні рядового сполучення; г) - примикання віконної конструкції до зовнішніх стін із цегли з вентиляльованим повітряним прошарком зоні перемички; д) - примикання віконної конструкції до зовнішніх стін із цегли з вентиляльованим повітряним прошарком зоні підвіконня; е) - примикання віконної конструкції до зовнішніх стін із цегли з вентиляльованим повітряним прошарком зоні рядового сполучення; ж) - примикання віконної конструкції до зовнішніх стін із ніздрюватого бетону в зоні перемички; з) - примикання віконної конструкції до зовнішніх стін із ніздрюватого бетону в зоні підвіконня; к) - примикання віконної конструкції до зовнішніх стін із ніздрюватого бетону в зоні рядового сполучення

В наведених схемах зовнішня стіна із цегляної кладки товщиною 250 мм, залізобетону 300 мм та ніздрюватого бетон. Довжина розрахункової схеми (від вікна до її краю) прийнята 50 мм та 250 мм. Примикання вікна до стін виконано без цегляних та залізобетонних четвертей. Їх замінюють напуски на вікно з утеплювача.

Наведені схеми обмежені у застосуванні як за товщиною стіни так і відсутності четвертей на вікнах.

					2МБП. 9975516.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		16

На рисунку 7 наведена схема теплового вузла примикання зовнішньої стіни із тришарової панелі на основі важкого бетону до міжповерхового перекриття.

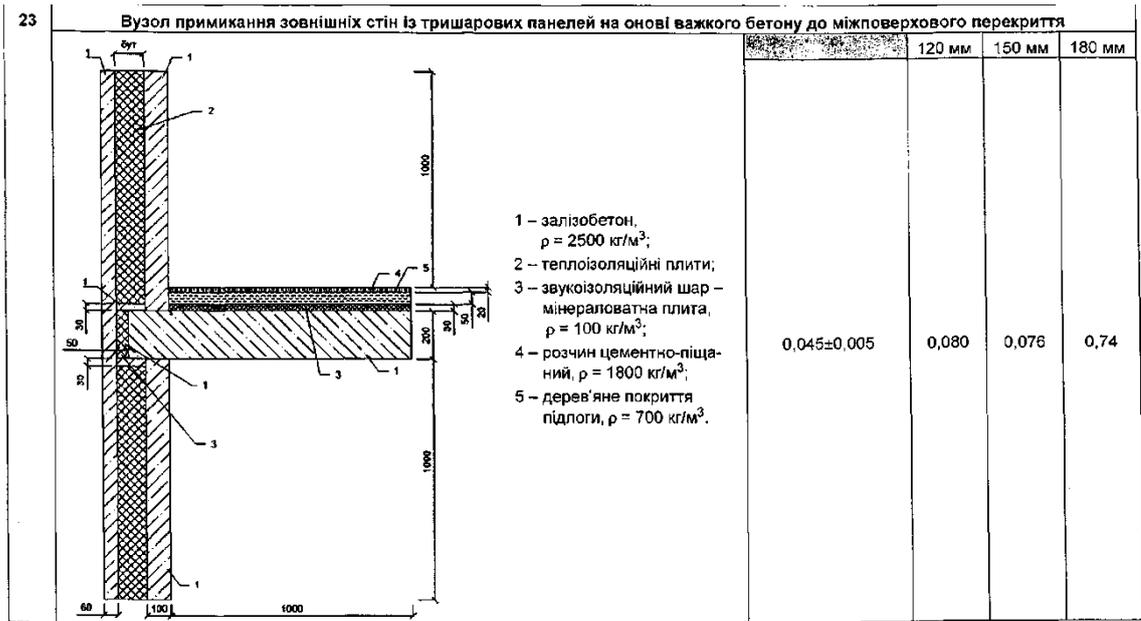


Рисунок 7 – Схема теплового вузла примикання зовнішньої стіни із тришарової панелі на основі важкого бетону до міжповерхового перекриття

Цей вид панелей застосовуються у сучасному будівництві.

На рисунку 8 наведена схема теплового вузла влаштування зовнішньої стіни із вентиляльованим повітряним прошарком на основі дерев'яного каркасу.

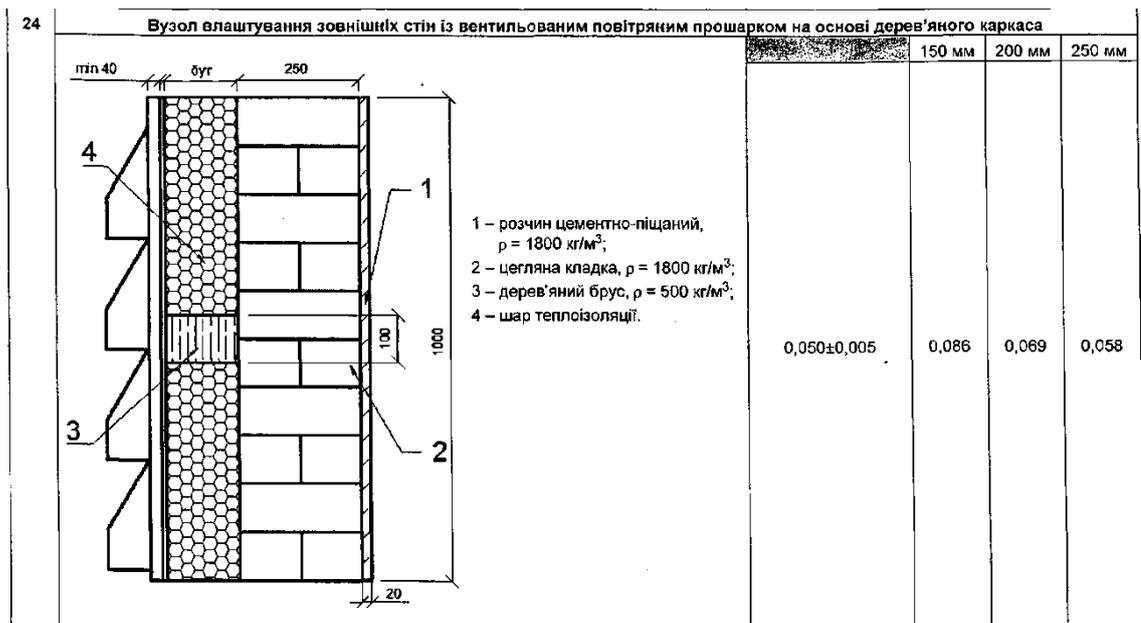


Рисунок 8 – Схема теплового вузла влаштування зовнішньої стіни із вентиляльованим повітряним прошарком на основі дерев'яного каркасу

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

2МБП. 9975516.ПЗ

Арк.

17

Застосування схеми обмежене одним варіантом цегляної стіни товщиною 250 мм.

На рисунку 9 наведена схема теплового вузла примикання конструкції перекриття до внутрішньої стіни.

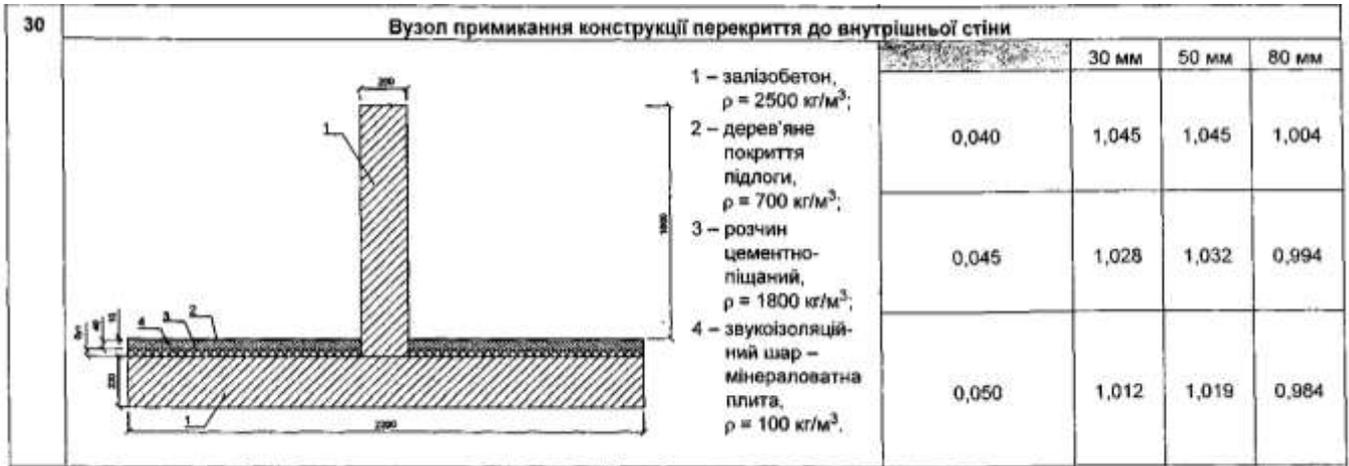
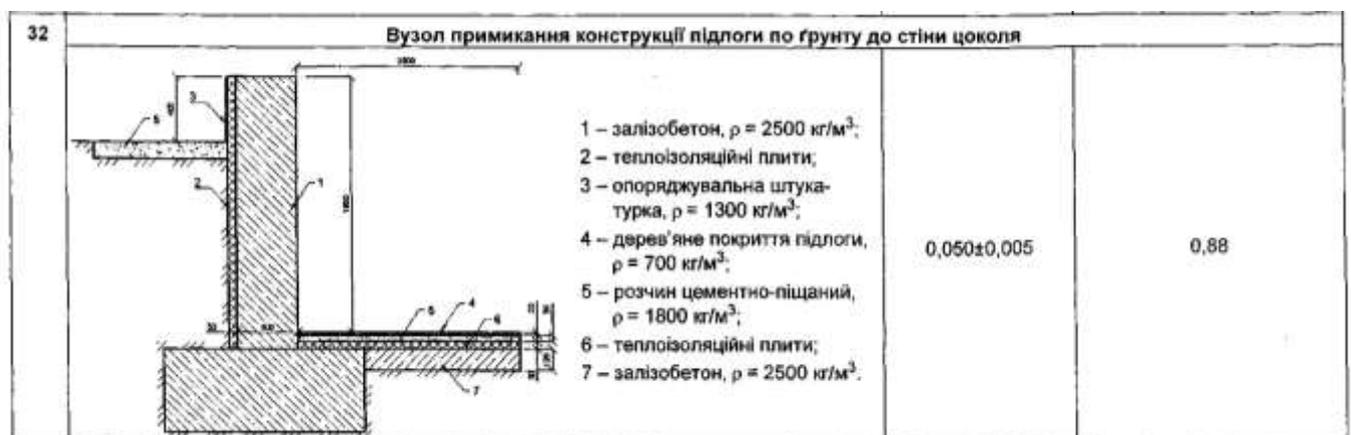


Рисунок 9 – Схема теплового вузла примикання конструкції перекриття до внутрішньої стіни

Вузол може застосовуватися тільки для залізобетонних внутрішніх стін товщиною 200 мм. При термомодернізації будівель в таких вузлах наявні цегляні стіни товщиною від 120 мм до 640 мм.

На рисунку 10 наведені схеми теплових вузлів примикання конструкції підлоги по ґрунту до стіни цоколя та підвала.

а)



б)

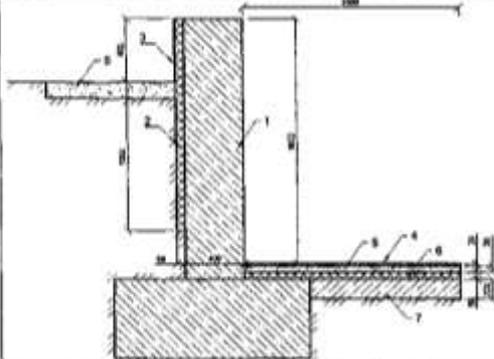
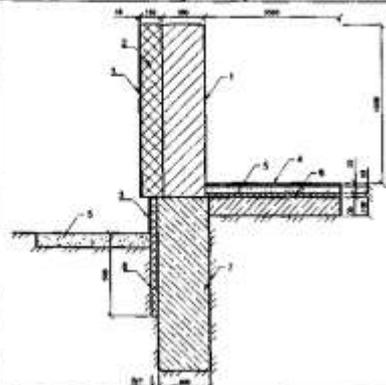
33 Вузол примикання конструкції підлоги по ґрунту до стіни підвала			
	1 – залізобетон, $\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$ товщиною $\delta = 300 \text{ мм}$; 2 – теплоізоляційні плити; 3 – опоряджувальна штукатурка, $\rho = 1300 \text{ кг/м}^3$; 4 – дерев'яне покриття підлоги, $\rho = 700 \text{ кг/м}^3$; 5 – розчин цементно-піщаний, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$; 6 – теплоізоляційні плити; 7 – залізобетон, $\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$.	0,050±0,005	1,05

Рисунок 10 – Схема теплового вузла: а) примикання конструкції підлоги по ґрунту до стіни цоколя; б) примикання конструкції підлоги по ґрунту до стіни підвала

Застосування вузла обмежене тим, що стіни підвалу виконані з залізобетону. В той час як у будинках, що підлягають термомодернізації стіни виконують зазвичай з бетонних блоків. Також на обмеження по використанню впливає тільки одна товщина стіни 300 мм, та одна товщина утеплювача 50 мм.

На рисунку 11 наведені схеми теплових вузлів примикання конструкції підлоги по ґрунту до стін з фасадною теплоізоляцією та стін з блоків з ніздрюватого бетону.

а)

34 Вузол примикання конструкції підлоги по ґрунту до зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією				
	1 – цегляна кладка, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$; 2 – теплоізоляційні плити; 3 – опоряджувальна штукатурка, $\rho = 1300 \text{ кг/м}^3$; 4 – дерев'яне покриття підлоги, $\rho = 700 \text{ кг/м}^3$; 5 – розчин цементно-піщаний, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$; 6 – звукоізоляційний шар – мінераловатна плита, $\rho = 100 \text{ кг/м}^3$; 7 – залізобетон, $\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$; 8 – теплоізоляційні плити.	0,050±0,005	50 мм	100 мм

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

2МБП. 9975516.ПЗ

Арк.

19

б)

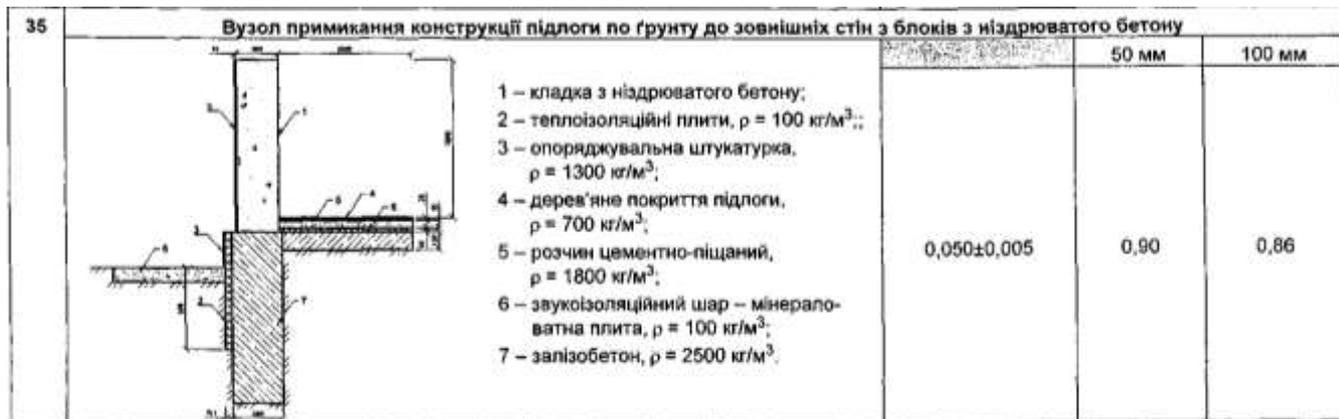


Рисунок 11 – Схема теплового вузла: а) примикання конструкції підлоги по ґрунту до стін з фасадною теплоізоляцією; б) примикання конструкції підлоги по ґрунту до стін з блоків з ніздрюватого бетону

В вузлах представлені одна товщина бетонного фундаменту та одна товщина зовнішньої стіни. Це обмежує їх використання.

На рисунку 12 наведена схема теплового вузла кутового сполучення зовнішньої стіни з цегли з додатковою теплоізоляцією та опорядженням штукатуркою.

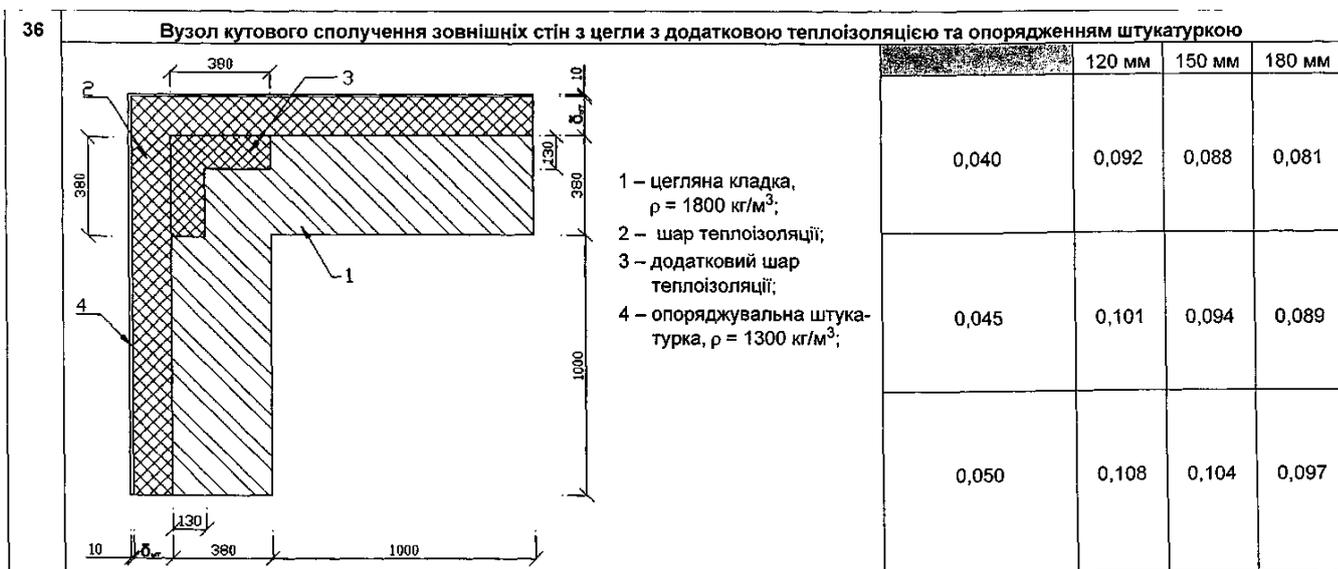


Рисунок 12 – Схема теплового вузла кутового сполучення зовнішньої стіни з цегли з додатковою теплоізоляцією та опорядженням штукатуркою

Наведена схема може застосовуватися тільки при новому будівництві.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

2МБП. 9975516.ПЗ

Арк.

20

Висновки по розділу 1

1. Наведені схеми теплових вузлів можна використовувати в основному при новому будівництві.
2. В них передбачено використання цегляних стін товщиною тільки 250 мм. В той час як у будинках, що підлягають термомодернізації зовнішні цегляні стіни товщиною від 0,38 м до 1,03 м.
3. Також в схемах застосоване монолітне перекриття з суцільної залізобетонної плити товщиною 200 мм, а в існуючих будинках перекриття виконується з порожнистих плит товщиною 220 мм або з балок.
4. В наведених схемах конструкція перекриття перерізає зовнішню стіну повністю. Це не характерно для існуючих будинків де плити спираються на частину стіни.
5. Конструкція дерев'яної підлоги в будинках, що підлягають термомодернізації виконується по лагах, а на розглянутих схема по цементній стяжці.
6. В розглянутих схемах застосована суцільна монолітна плита товщиною 200 мм, що перерізає зовнішнє огороження та виходить назовні утворюючи балконну плиту тієї ж товщини. В більшості існуючих будинків балконна плита виконується окремо та має складний переріз. Між плитою перекриття та балконною плитою є проміжок заповнений цеглою.
7. Комбінація залізобетонних стін з цегляною кладкою або ніздрюватим бетоном не характерно для будівель, що підлягають термомодернізації.
8. Наведені схеми обмежені у використанні із за відсутності четвертей на вікнах, що не характерно для будинків з великим терміном експлуатації.
9. Тришарові залізобетонні панелі не займають значного місця у вітчизняному будівництві житлових та громадських будівель.
10. Схема з внутрішньою залізобетонною стіною товщиною 200 мм, що спирається на перекриття характерна для нового будівництва.
11. Застосування вузлів примикання у підвальній частині обмежене тим, що стіни підвалу виконані з залізобетону. В той час як у будинках, що підлягають термомодернізації стіни виконують зазвичай з бетонних блоків. Також на

					2МБП. 9975516.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		21

обмеження по використанню впливає тільки одна товщина стіни підвалу 300 мм, та одна товщина утеплювача 50 мм.

12. Схема теплового вузла кутового сполучення зовнішньої стіни з цегли з додатковою теплоізоляцією може застосовуватися тільки при новому будівництві.

13. Не зрозуміло, чому довжина розрахункових схем примикання віконної конструкції до зовнішніх стін прийнята 50 мм та 250 мм, а не 1 м як у інших схемах.

					2МБП. 9975516.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		22

Розділ 2. Розрахункові схеми теплових вузлів зовнішніх огорожувальних конструкцій будівлі корпусу «Ф» НУПІ ім. Юрія Кондратюка

На рисунку 13 наведені фасади будівлі корпусу «Ф».



Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

2МБП. 9975516.ПЗ

Арк.

23



Рисунок 13 – Фасади корпусу «Ф» НУПП ім. Юрія Кондратюка

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

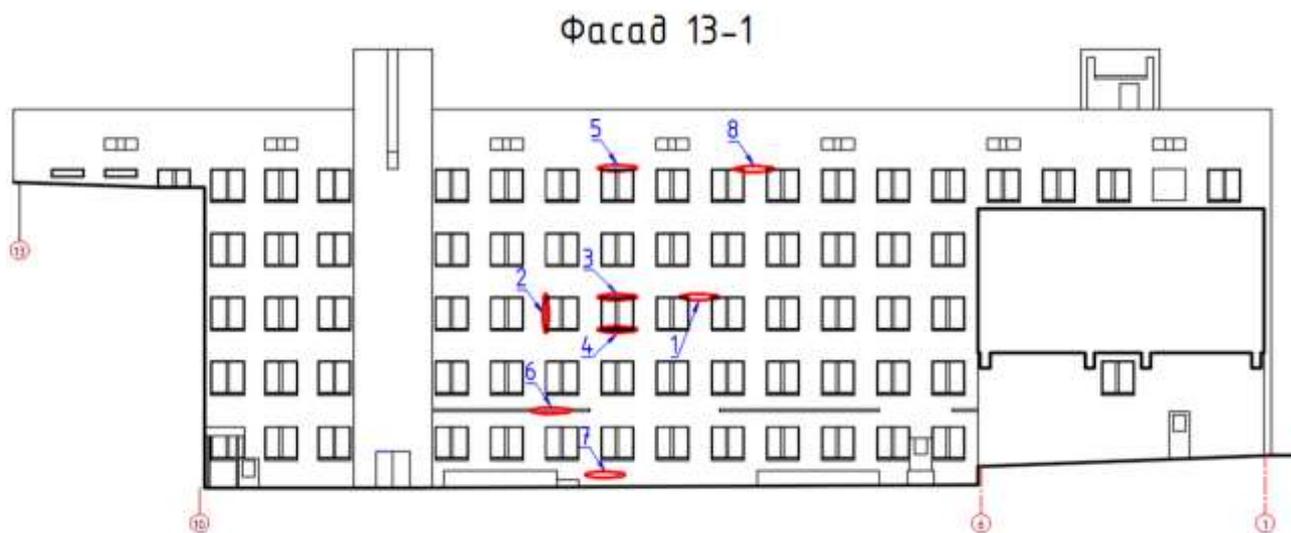
2МБП. 9975516.ПЗ

Арк.

24

На рисунку 14 наведено розташування теплових вузлів на зовнішніх огорожувальних конструкціях корпусу «Ф».

а)



б)

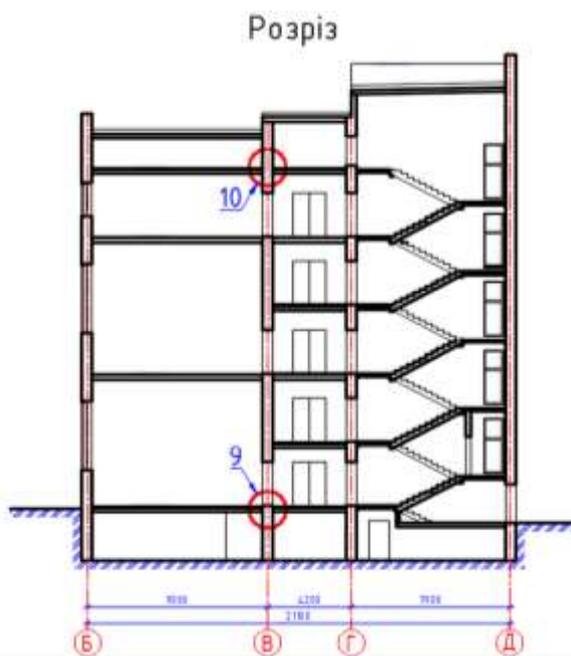


Рисунок 14 – Розташування теплових вузлів: а) на фасаді будівлі; б) на розрізі будівлі. 1 – спирання плити перекриття на стіну; 2 – примикання вікна до простінка; 3 - спирання плити перекриття на стіну над вікном; 4 – примикання вікна до стіни в зоні підвіконня; 5 - спирання плити горищного перекриття на стіну над вікном; 6 – спирання залізобетонного козирка на стіну; 7 – цокольний вузол; 8 - спирання плити горищного перекриття на стіну; 9 – спирання підвального перекриття на внутрішню стіну; 10 - спирання горищного перекриття на внутрішню стіну

					2МБП. 9975516.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		25

На рисунку 15 наведена розрахункова схема теплового вузла спирання плити перекриття на стіну.

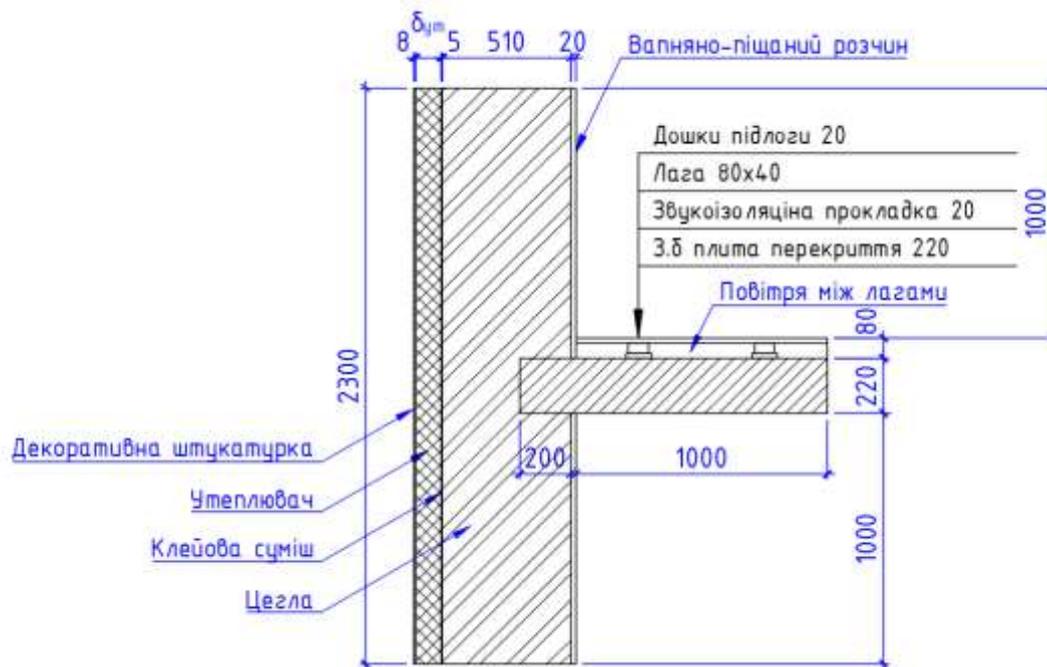


Рисунок 15 – Розрахункова схема теплового вузла спирання плити перекриття на стіну

На рисунку 16 наведена розрахункова схема теплового вузла примикання плити перекриття до стіни.

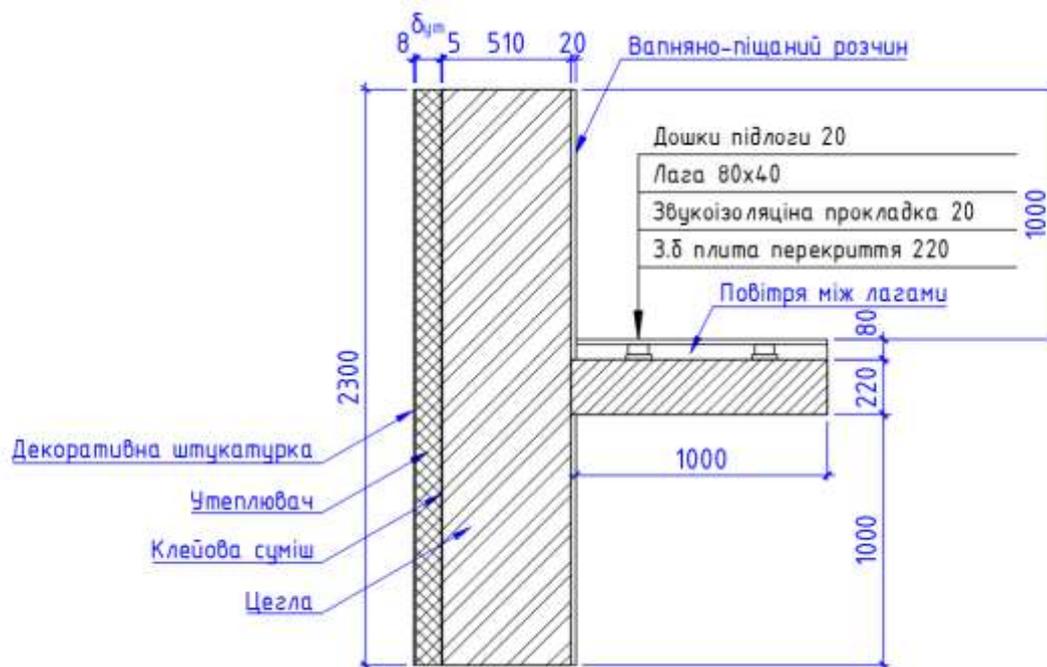


Рисунок 16 – Розрахункова схема теплового вузла примикання плити перекриття до стіни

На рисунку 17 наведена розрахункова схема теплового вузла примикання вікна до простінка.

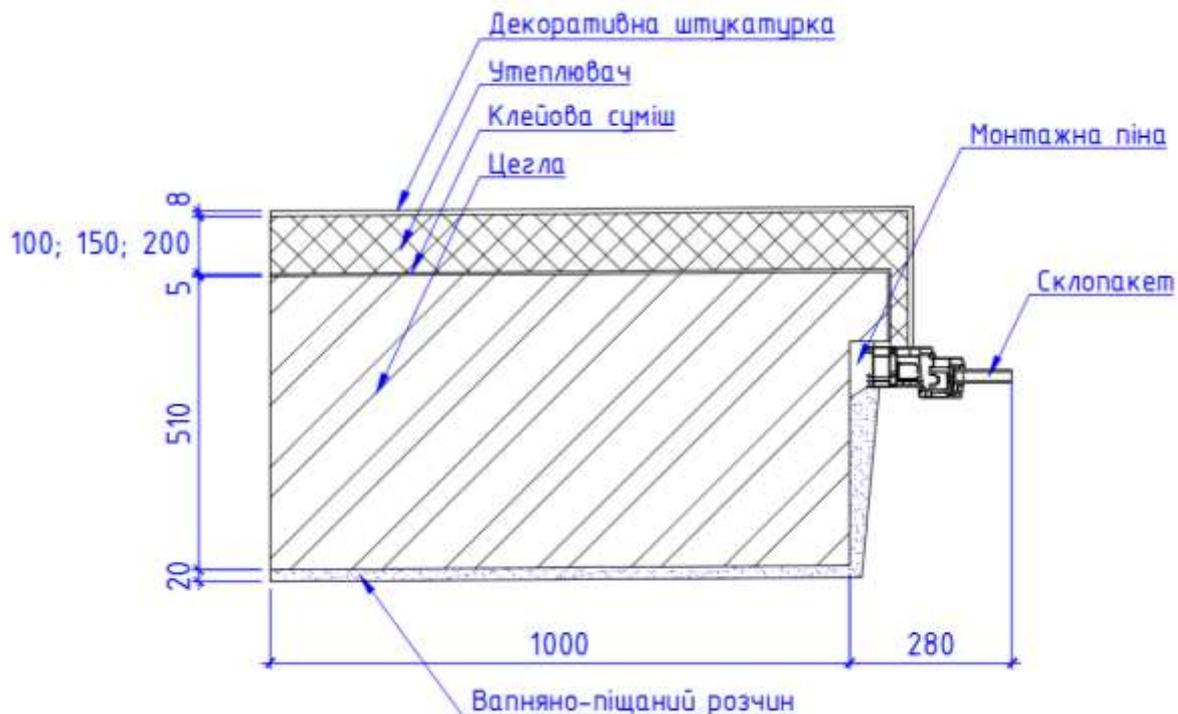


Рисунок 17 – Розрахункова схема теплового вузла примикання вікна до простінка

На рисунку 18 наведена розрахункова схема теплового вузла спирання плити перекриття на стіну над вікном.

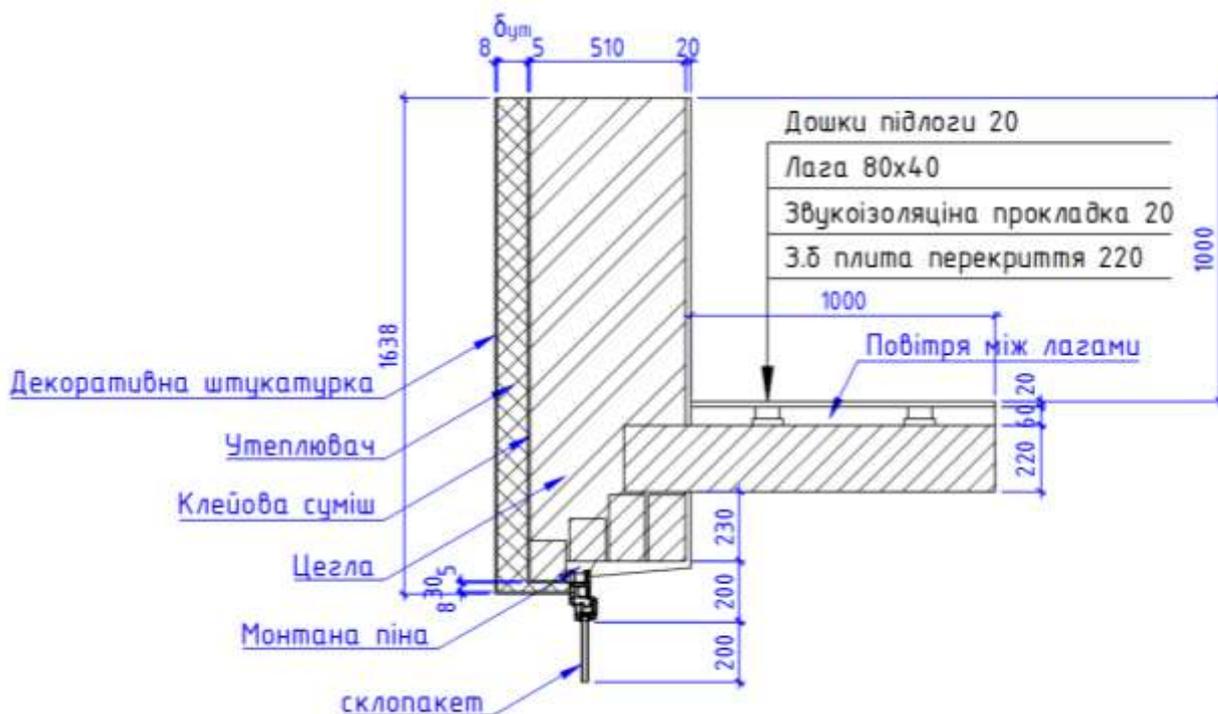


Рисунок 18 – Розрахункова схема теплового вузла спирання плити перекриття на стіну над вікном

На рисунку 19 наведена розрахункова схема теплового вузла примикання вікна до стіни в зоні підвіконня.

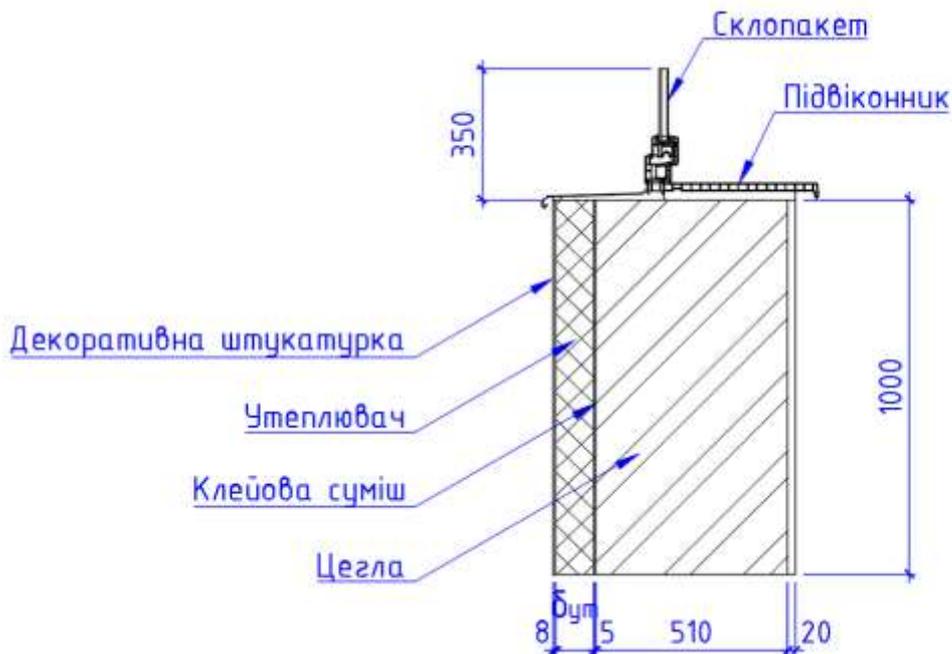


Рисунок 19 – Розрахункова схема теплового вузла примикання вікна до стіни в зоні підвіконня

На рисунку 20 наведена розрахункова схема теплового вузла спирання плити горіщного перекриття на стіну над вікном.

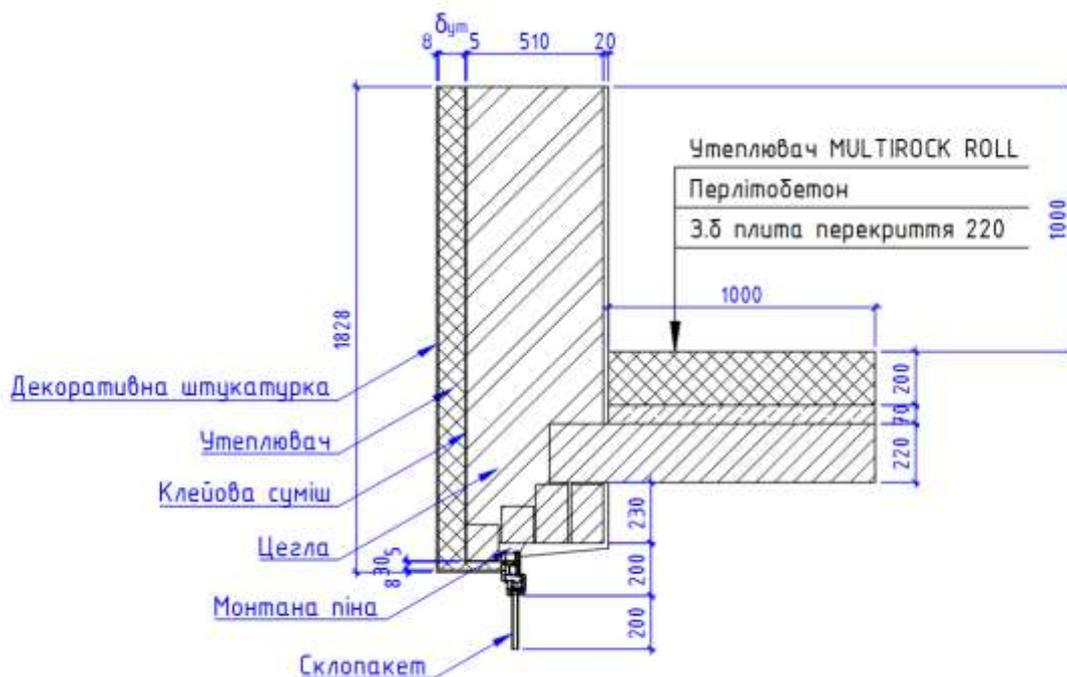


Рисунок 20 – Розрахункова схема теплового вузла спирання плити горіщного перекриття на стіну над вікном

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

2МБП. 9975516.ПЗ

Арк.

28

На рисунку 21 наведена розрахункова схема теплового вузла спирання залізобетонного козирка на стіну.

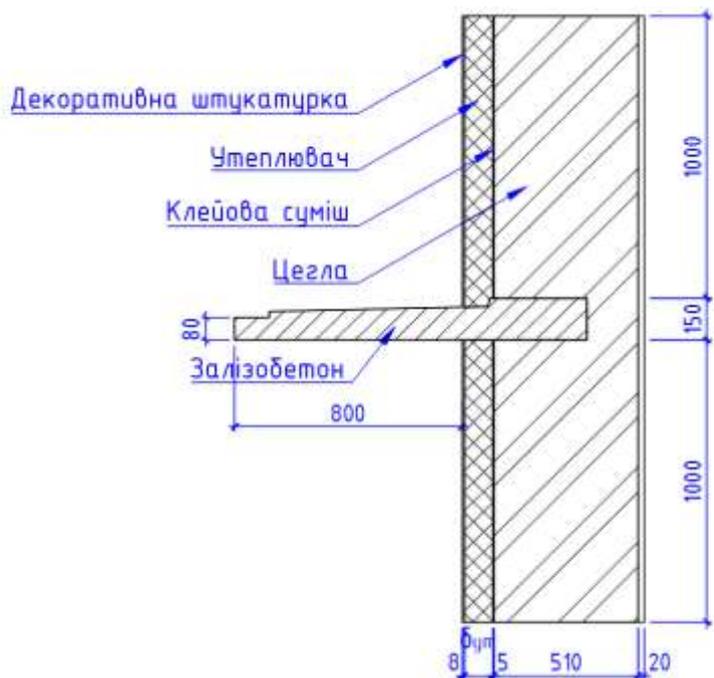


Рисунок 21 – Розрахункова схема теплового вузла спирання залізобетонного козирка на стіну

На рисунку 22 наведена розрахункова схема теплового вузла цоколя.

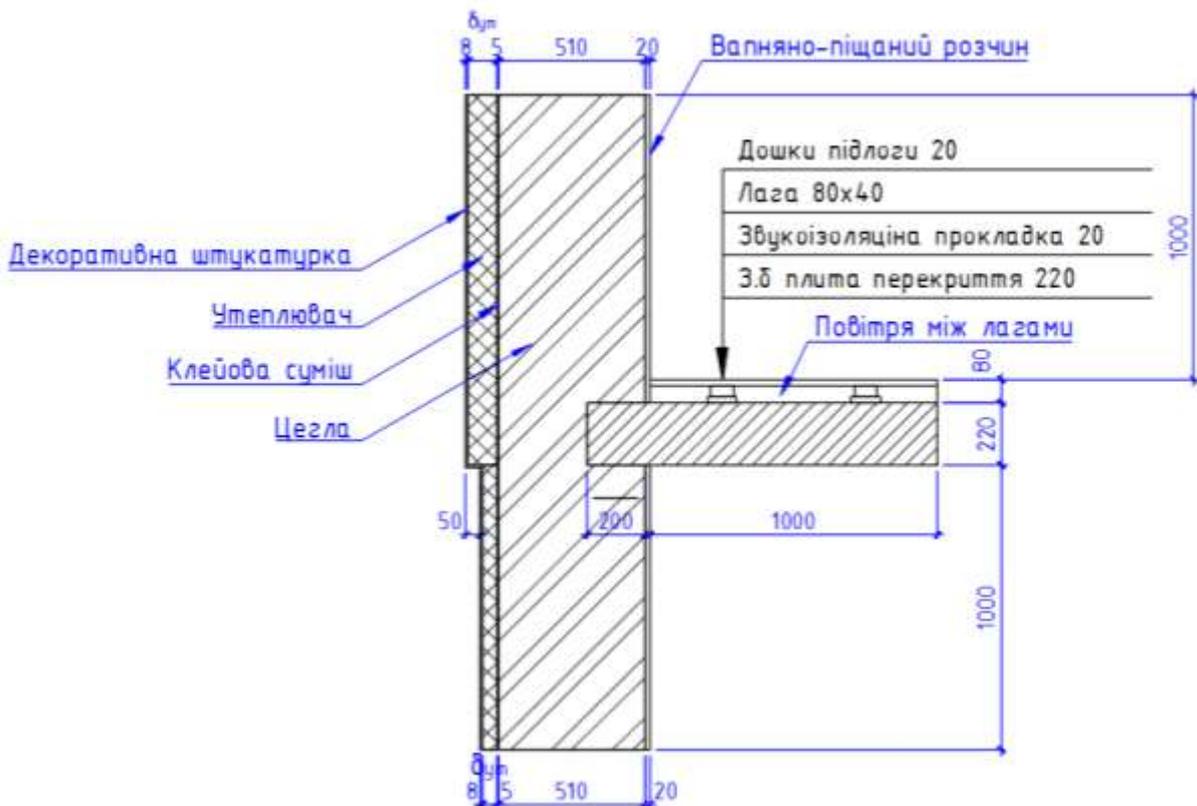


Рисунок 22 – Розрахункова схема теплового вузла цоколя

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

2МБП. 9975516.ПЗ

Арк.

29

На рисунку 23 наведена розрахункова схема теплового вузла спирання плити горіщного перекриття на стіну.

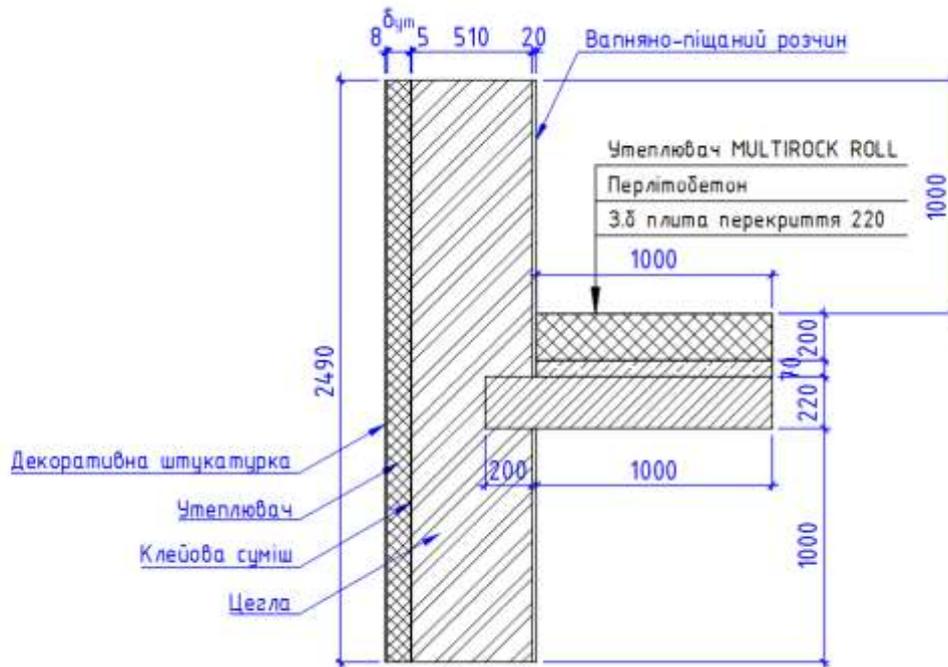


Рисунок 23 – Розрахункова схема теплового вузла спирання плити горіщного перекриття на стіну

На рисунку 24 наведена розрахункова схема теплового вузла спирання підвального перекриття на внутрішню стіну.

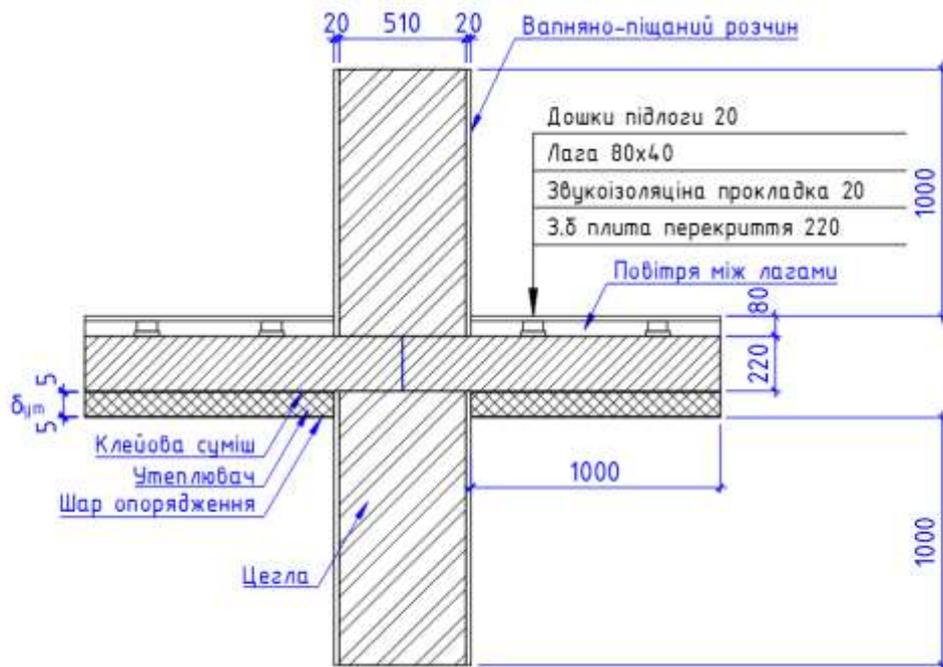


Рисунок 24 – Розрахункова схема теплового вузла спирання підвального перекриття на внутрішню стіну

На рисунку 25 наведена розрахункова схема теплового вузла спірання горищного перекриття на внутрішню стіну.

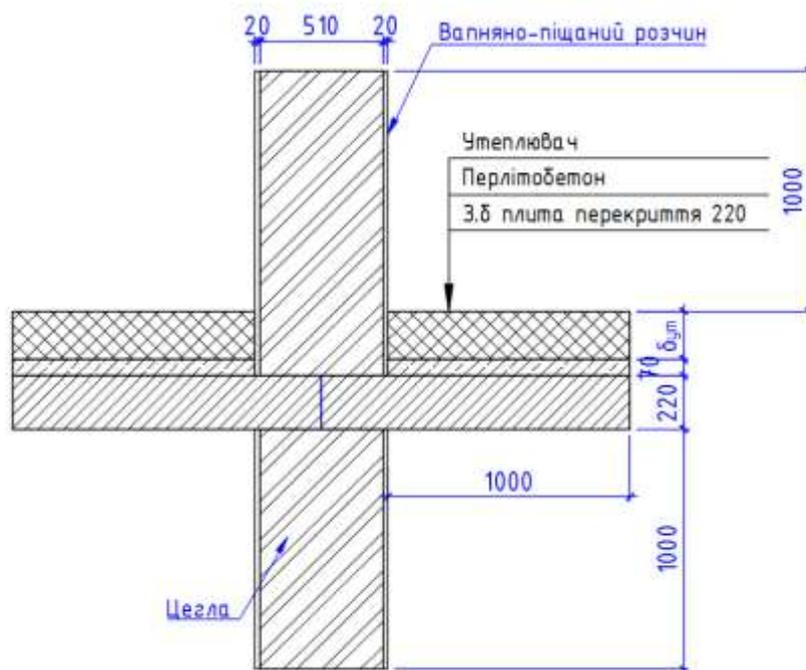


Рисунок 25 – Розрахункова схема теплового вузла спірання горищного перекриття на внутрішню стіну

Конструкція та матеріали, що застосовані у наведених розрахункових схемах теплових вузлів:

- Зовнішні та внутрішні стіни корпусу «Ф» цегляні товщиною 510 мм.
- Плити перекриття залізобетонні, порожнисті товщиною 220 мм.
- Пластикова рама вікна.
- Склопакет.
- Повітря пластикової рами вікна.
- Перемички залізобетонні.
- Підлога дерев'яна по лагах.
- Повітря між лагами.
- Штукатурка з вапняно-піщаного розчину.
- Клейова суміш.
- Декоративна штукатурка.
- Перлітобетон.
- Звукоізоляційна прокладка.

					2МБП. 9975516.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		31

Утеплювач зовнішньої стіни та на горищному і підвальному перекритті з кам'яної вати. Характеристики матеріалів в теплових вузлах наведені у таблиці 1.

Таблиця 1

Теплопровідність матеріалів в теплових вузлах

№	Матеріал	Теплопровідність, Вт/(м · К)
1	Цегла	0,81
2	Залізобетон	2,04
3	Вапняно-піщаний розчин	0,81
4	Клейова суміш	0,93
5	Декоративна штукатурка	0,93
6	Дерево	0,18/0,35
7	Звукоізоляційна прокладка	0,048
8	Утеплювач зовнішньої стіни	0,035-0,05
9	Утеплювач горищного перекриття MULTIROCK ROLL	0,044
10	Пластик	0,23
11	Склопакет	0,032
12	Резина	0,15
13	Повітря рами	0,16
14	Повітря між лагами	0,5
15	Монтажна піна	0,05
16	Алюміній	221
17	Перлітобетон	0,06

Висновки по розділу 2

1. У розділі 2 наведені найбільш поширені розрахункові схеми теплових вузлів зовнішніх огорожувальних конструкцій будівлі корпусу «Ф» НУШП ім. Юрія Кондратюка.

2. Схеми суттєво відрізняються від наведених у нормативних документах.

Розділ 3. Отримання залежностей для визначення лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплових вузлів зовнішніх огорожувальних конструкцій корпусу «Ф» НУПП ім. Юрія Кондратюка

3.1 Методика визначення лінійного коефіцієнта теплопередачі

Розрахунок лінійного коефіцієнта теплопередачі виконуємо згідно з [1] за формулою:

$$k_i = L^{2D} - \sum_{i=1}^j U_j \cdot l_j$$

де L^{2D} – лінійний коефіцієнт теплового зв'язку, Вт/К, визначаємо за формулою

$$L^{2D} = \frac{Q_{\text{заг}}}{t_{\text{в}} - t_{\text{з}}}$$

де $Q_{\text{заг}}$ - тепловий потік, що проходить через розрахункову ділянку огорожувальної конструкції з теплопровідним включенням, Вт, визначають на підставі результатів розрахунку двомірного температурного поля;

де $t_{\text{в}}$, $t_{\text{з}}$ – температура, °С, відповідно внутрішнього та зовнішнього повітря. Розрахунок виконуємо для учбового корпусу розташованого у І-й температурній зоні. Тоді за таблицею В.2 додатку В [3] $t_{\text{в}} = 21$ °С; а за таблицею В.4 додатку В [3] $t_{\text{з}} = -22$ °С;

U_j – коефіцієнт теплопередачі одновимірного фрагмента, Вт/(м² · К), який розділяє два досліджуваних середовища визначаємо за формулою

$$U_1 = \frac{1}{R_{\Sigma}}$$

де R_{Σ} – опір теплопередачі термічно однорідної частини конструкції, м² · К/Вт, визначаємо за формулою:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_{\text{з}}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{з}}}$$

де δ_i – товщини шарів огорожувальної конструкції, м;

					2МБП. 9975516.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		33

$\lambda_{p,i}$ – теплопровідність шарів огорожувальної конструкції, Вт/(м · К), приймаємо за табл. А1 [1] та [2];

α_B, α_3 – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, Вт/(м² · К), які приймають згідно з додатком Б [1];

$$\alpha_B = 8,7 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}; \alpha_{3H} = 23 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)};$$

l_i – довжина, м, до якої застосовано значення U_i .

3.2 Методика розрахунку двомірного температурного поля

ELCUT дозволяє вирішувати задачі теплопередачі (стаціонарні та нестаціонарні) в лінійній та нелінійній постановках. При вирішенні теплових задач використовується 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 випадку

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

для нелінійних задач:

- у плоскому випадку

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

- у осісиметричному випадку

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

де T – температура, °С;

t – час, год.;

$\lambda_{x(y,z,r)}$ – компоненти тензора теплопровідності (у лінійній постановці), Вт/(м · К);

$\lambda(T)$ – теплопровідність, як функція температури, представлена кубічним сплайном (анізотропія не підтримується у нелінійній постановці), Вт/(м · К);

					2МБП. 9975516.ПЗ	Арк.
						34
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

q - питома потужність тепловиділення, в лінійній постановці - константа, в нелінійній постановці - задається кубічним сплайном функція температури;

$c(T)$ - питома теплоємність, в лінійній постановці - константа, в нелінійній постановці - задається кубічним сплайном функція температури;

ρ – щільність, кг/м³.

У стаціонарній задачі останній доданок в правій частині рівнянь дорівнює нулю.

Всі параметри рівнянь в лінійній постановці постійні у межах кожного блоку моделі.

Постановка задачі розподілу температурного поля в тонких пластинах досить схожа на формулювання плоско-паралельної задачі.

Джерела тепла

ELCUT дозволяє задати джерела тепла в блоках, ребрах або окремих вершинах моделі. Джерело, задане в конкретній точці площини xu , описує нагрівач у вигляді струни, слідом якої служить дана точка площині, і задається потужністю тепловиділення на одиницю довжини. У осісиметричному випадку точкове джерело поля представляє нагрівач у вигляді кола навколо осі симетрії або точкове джерело, розташований на осі. Щоб охопити обидва ці випадки, точкове джерело в осісиметричному випадку завжди описується повною тепловою потужністю, яка для окружності пов'язана з лінійною щільністю тепловиділення співвідношенням $q = 2\pi r \cdot q_l$. Джерело тепла, задане на ребрі моделі, відповідає тепловиділяючій поверхні в тривимірному світі. Воно характеризується поверхневою щільністю тепловиділення і описується за допомогою граничної умови другого роду для ребра. Густина тепловиділення, що задана для блоку моделі, відповідає об'ємному джерелу тепла.

Граничні умови

Наступні види граничних умов можуть бути задані на зовнішніх і внутрішніх гранях розрахункової області.

					2МБП. 9975516.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		35

Умова заданої температури задає на ребрі або у вершині моделі відоме значення температури T_0 (наприклад, при інтенсивному омивання поверхні рідиною постійної температури). Значення T_0 на ребрі може бути задане у вигляді лінійної функції координат. Параметри функції можуть мінятися від ребра до ребра, але повинні бути узгоджені так, щоб функція T_0 не змінювалася у точках дотику ребер.

Цей вид граничного умови іноді називають умовою першого роду.

Умова заданого теплового потоку описується наступними співвідношеннями:

- на зовнішніх межах

$$F_n = -q_s$$

- на внутрішніх межах

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

де F_n – нормальна компонента вектора щільності теплового потоку, індекси «+» і «-» означають «зліва від межі» і «праворуч від межі» відповідно. Для внутрішньої межі q_s означає поверхневу потужність джерела, для зовнішньої – відоме значення теплового потоку через межу. Якщо q_s дорівнює нулю, гранична умова називається однорідною. Однорідна умова другого роду на зовнішній межі означає відсутність теплового потоку через зазначену поверхню. Однорідна умова другого роду є природньою, вона встановлюється за умовчанням на всіх тих сторонах, складових зовнішньої межі, де явно не вказано інша гранична умова. Цей вид граничної умови вживається в двох випадках: на площині симетрії задачі (якщо через симетричність геометрії та джерел задача вирішується тільки на частині області), а також для опису адіабатичної межі.

Якщо потужність тепловиділення задана на зовнішньому ребрі, що є площиною симетрії задачі, справжнє значення потужності тепловиділення слід розділити навпіл.

Цей вид граничної умови іноді називають граничною умовою другого роду.

Гранична умова конвекції може бути задана на зовнішній межі моделі. Вона описує конвективний теплообмін і визначається наступним чином:

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

де α - коефіцієнт тепловіддачі, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$;

					2МБП. 9975516.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		36

T_0 - температура навколишнього середовища, °С.

Параметри α і T_0 можуть мінятися від ребра до ребра.

Гранична умова цього типу іноді називають граничною умовою третього роду.

Гранична умова радіації може бути задана на зовнішній межі моделі.

Вона описує радіаційний теплообмін і визначається наступним чином:

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

де k_{SB} - константа Стефана-Больцмана,

β - коефіцієнт поглинання поверхні,

T_0 - температура поглинаючого середовища.

Параметри β і T_0 можуть змінюватися від ребра до ребра

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

Гранична умова рівної температури може бути використана для опису тіл з дуже високою, в порівнянні оточуючими тілами, теплопровідністю. Внутрішність такого тіла може бути виключена з розрахунку температурного поля, за умови опису всій його поверхні як поверхні рівної температури. Дана умова відрізняється від умови першого роду тим, що температура на описуваній поверхні не відома заздалегідь.

Зауваження. Ребро, описане умовою рівної температури, не повинно стикатися з будь-яким ребром, де температура задана явно. В останньому випадку ребро з умовою рівної температури повинно бути перевизначено за допомогою граничної умови першого роду з відповідним значенням температури.

Фізичні величини, що обчислюються

При аналізі результатів задачі розтікання струмів ELCUT дозволяє оперувати з наступними локальними і інтегральними фізичними величинами.

Локальні величини:

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

					2МБП. 9975516.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		37

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

- у осісиметричному випадку

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

Інтегральні величини:

- потік тепла через задану поверхню

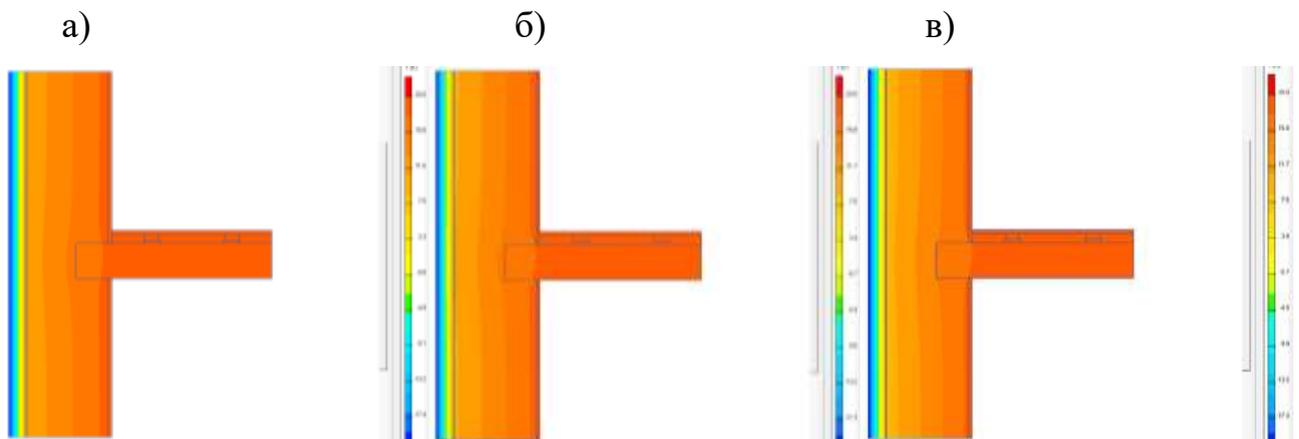
$$\Phi = \int F \cdot nds$$

де n – одиничний вектор нормалі до поверхні. Поверхню інтегрування задається контуром в площині моделі, що складається з відрізків та дуг окружностей.

3.3 Лінійний коефіцієнт теплопередачі теплового вузла спірання плити перекриття на стіну (вузол 1).

Для отримання залежності між лінійним коефіцієнтом теплопередачі та товщиною і теплопровідністю утеплювача виконуємо розрахунки температурних полів теплового вузла з товщиною утеплювача 100 мм, 150 мм та 200 мм і його теплопровідністю від 0,035 Вт/(м · К) до 0,05 Вт/(м · К) з кроком 0,005 Вт/(м · К).

Результати розрахунків температурних полів наведено на рисунку 26.



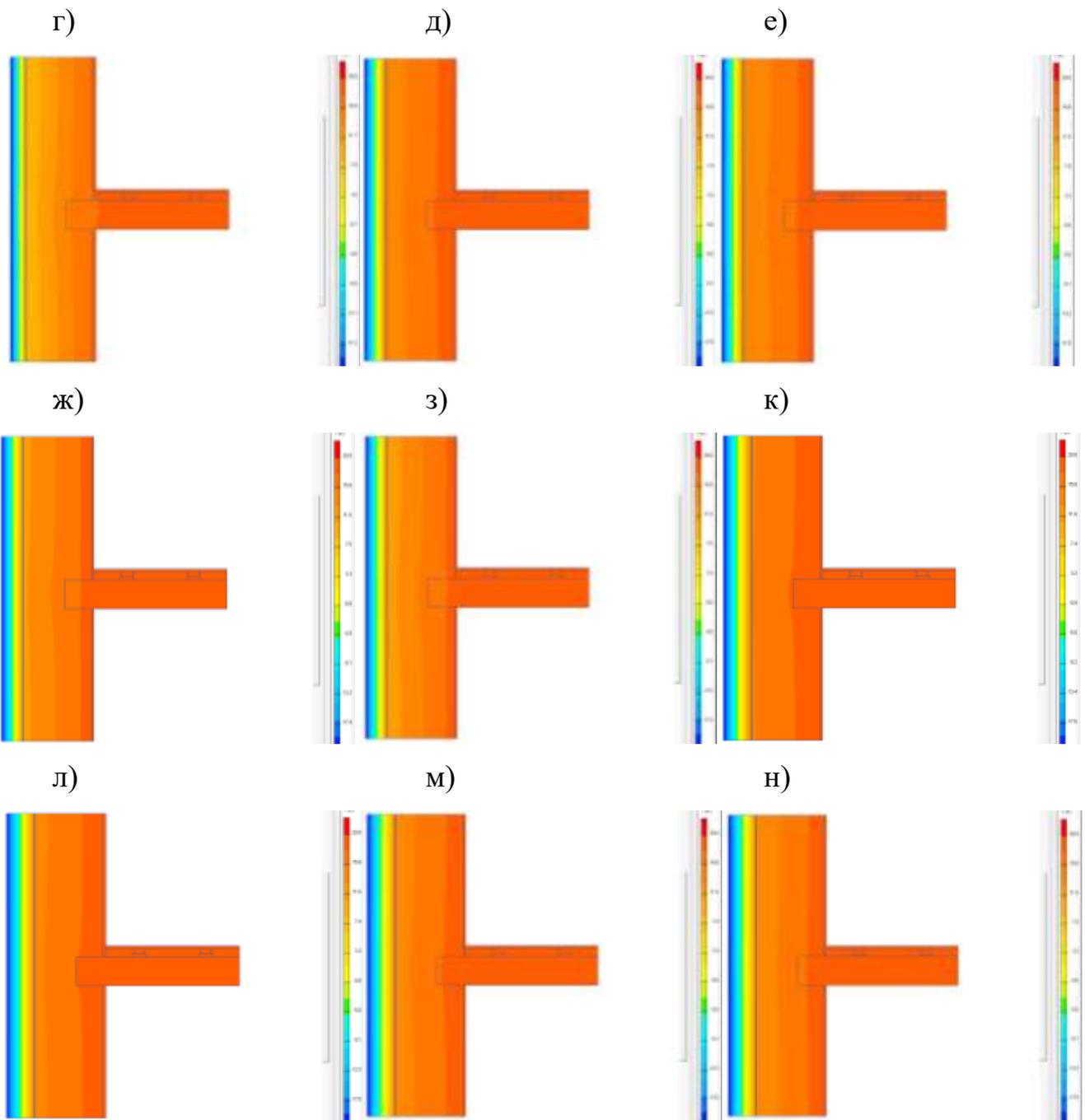


Рисунок 26 – Температурні поля вузла 1: товщина утеплювача 100 мм

а) $\lambda_p = 0,035 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; б) $\lambda_p = 0,04 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; в) $\lambda_p = 0,045 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;

г) $\lambda_p = 0,05 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; товщина утеплювача 150 мм д) $\lambda_p = 0,035 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;

е) $\lambda_p = 0,04 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; ж) $\lambda_p = 0,045 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; з) $\lambda_p = 0,05 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; товщина

утеплювача 200 мм к) $\lambda_p = 0,035 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; л) $\lambda_p = 0,04 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;

м) $\lambda_p = 0,045 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; н) $\lambda_p = 0,05 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$

Значення лінійних коефіцієнтів теплопередачі за даними розрахунків температурних полів наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Лінійні коефіцієнти теплопередачі теплового вузла 1 (за даними розрахунків температурних полів)

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м·К)	Лінійний коефіцієнт теплопередачі при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0,0836	0,0594	0,0462
0,04	0,0929	0,0666	0,0520
0,045	0,1018	0,0735	0,0576
0,05	0,1102	0,0801	0,0631

Поверхня, що відображає залежність лінійного коефіцієнту теплопередачі від теплопровідності та товщини утеплювача наведена на рисунку 27.

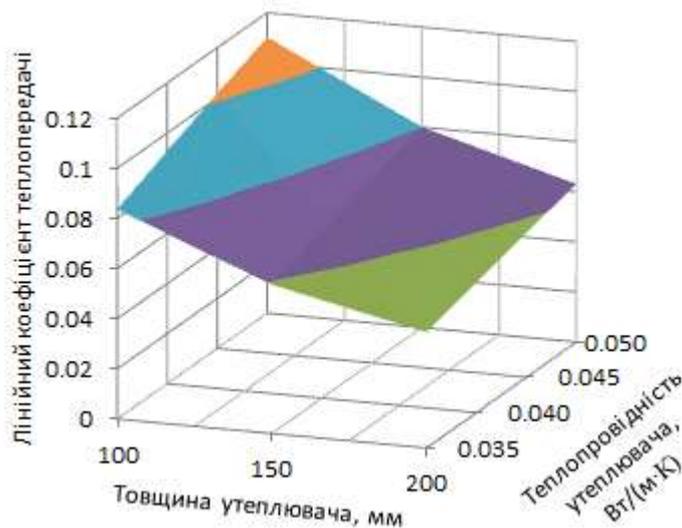


Рисунок 27 – Поверхня, що відображає залежність лінійного коефіцієнту теплопередачі теплового вузла 1 від теплопровідності та товщини утеплювача

Використовуючи координати трьох точок на поверхні отримуємо формулу площини, що відображає залежність лінійного коефіцієнту теплопередачі теплового вузла 1 від теплопровідності та товщини утеплювача.

Варіант 1.

Координати точок: 1(100; 0,035; 0.0836), 2(200; 0,035; 0.0462), 3(150; 0,05; 0,0801).

Формула залежності лінійного коефіцієнту теплопередачі теплового вузла 1 від товщини та теплопровідності утеплювача.

$$k = -0.000374\delta + 1.013333333\lambda + 0.085533333$$

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі за отриманою формулою наведені в таблиці 2.

Таблиця 3

Лінійні коефіцієнти теплопередачі теплового вузла 1 (за отриманою формулою)

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м·К)	Лінійний коефіцієнт теплопередачі при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0,0836	0,0594	0,0462
0,04	0,0929	0,0666	0,052
0,045	0,1018	0,0735	0,0576
0,05	0,1102	0,0801	0,0631

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплового вузла №1 знайдених за розрахунками температурних полів та за формулою, наведений у таблиці 2.

Таблиця 4

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі вузла №1 знайдених за розрахунками температурних полів

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м·К)	Відсоток розходження, при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0	9,3	0
0,04	-4,6	5,1	-1,4
0,045	-7,9	2,1	-2,2
0,05	-10,3	0	-2,7

Середнє розходження 3,8 %.

Максимальне розходження 10,3 %.

					2МБП. 9975516.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		41

Варіант 2.

Координати точок: 1(100; 0,05; 0.1102), 2(200; 0,05; 0.0631), 3(150; 0,035; 0,0594).

Формула залежності лінійного коефіцієнту теплопередачі теплового вузла 1 від товщини та теплопровідності утеплювача.

$$k = -0.000471\delta + 1.816666667\lambda + 0.066466667$$

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі за отриманою формулою наведені в таблиці 5.

Таблиця 5

Лінійні коефіцієнти теплопередачі теплового вузла 1 (за отриманою формулою)

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м·К)	Лінійний коефіцієнт теплопередачі при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.08295	0.0594	0.03585
0,04	0.092033	0.068483	0.044933
0,045	0.101117	0.077567	0.054017
0,05	0.1102	0.08665	0.0631

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплового вузла №1 знайдених за розрахунками температурних полів та за формулою, наведений у таблиці 6.

Таблиця 6

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі вузла №1 знайдених за розрахунками температурних полів

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м·К)	Відсоток розходження, при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	-0.8	0.0	-22.4
0,04	-0.9	2.8	-13.6
0,045	-0.7	5.5	-6.2
0,05	0.0	8.2	0.0

Середнє розходження 5,1 %.

Максимальне розходження 22,4 %.

					2МБП. 9975516.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		42

Варіант 3.

Координати точок: 1(100; 0,035; 0.0836), 2(100; 0,05; 0.1102), 3(200; 0,04; 0,052).

Формула залежності лінійного коефіцієнту теплопередачі теплового вузла 1 від товщини та теплопровідності утеплювача.

$$k = -0.000404667\delta + 1.773333333\lambda + 0.062$$

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі за отриманою формулою наведені в таблиці 7.

Таблиця 7

Лінійні коефіцієнти теплопередачі теплового вузла 1 (за отриманою формулою)

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м·К)	Лінійний коефіцієнт теплопередачі при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.0836	0.063367	0.043133
0,04	0.092467	0.072233	0.052
0,045	0.101333	0.0811	0.060867
0,05	0.1102	0.089967	0.069733

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплового вузла №1 знайдених за розрахунками температурних полів та за формулою, наведений у таблиці 8.

Таблиця 9

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі вузла №1 знайдених за розрахунками температурних полів

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м·К)	Відсоток розходження, при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.0	6.7	-6.6
0,04	-0.5	8.5	0.0
0,045	-0.5	10.3	5.7
0,05	0.0	12.3	10.5

Середнє розходження 5,1 %.

Максимальне розходження 12,3 %.

					2МБП. 9975516.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		43

Варіант 4.

Координати точок: 1(200; 0,035; 0.0462), 2(200; 0,05; 0.0631), 3(100; 0,045; 0,1018).

Формула залежності лінійного коефіцієнту теплопередачі теплового вузла 1 від товщини та теплопровідності утеплювача.

$$k = -0.000443333\delta + 1.126666667\lambda + 0.095433333$$

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі за отриманою формулою наведені в таблиці 10.

Таблиця 10

Лінійні коефіцієнти теплопередачі теплового вузла 1 (за отриманою формулою)

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м·К)	Лінійний коефіцієнт теплопередачі при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.090533	0.068367	0.0462
0,04	0.096167	0.074	0.051833
0,045	0.1018	0.079633	0.057467
0,05	0.107433	0.085267	0.0631

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплового вузла №1 знайдених за розрахунками температурних полів та за формулою, наведений у таблиці 11.

Таблиця 11

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі вузла 1 знайдених за розрахунками температурних полів

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м·К)	Відсоток розходження, при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	8.3	15.1	0.0
0,04	3.5	11.1	-0.3
0,045	0.0	8.3	-0.2
0,05	-2.5	6.5	0.0

Середнє розходження 4,7 %.

Максимальне розходження 15,1 %.

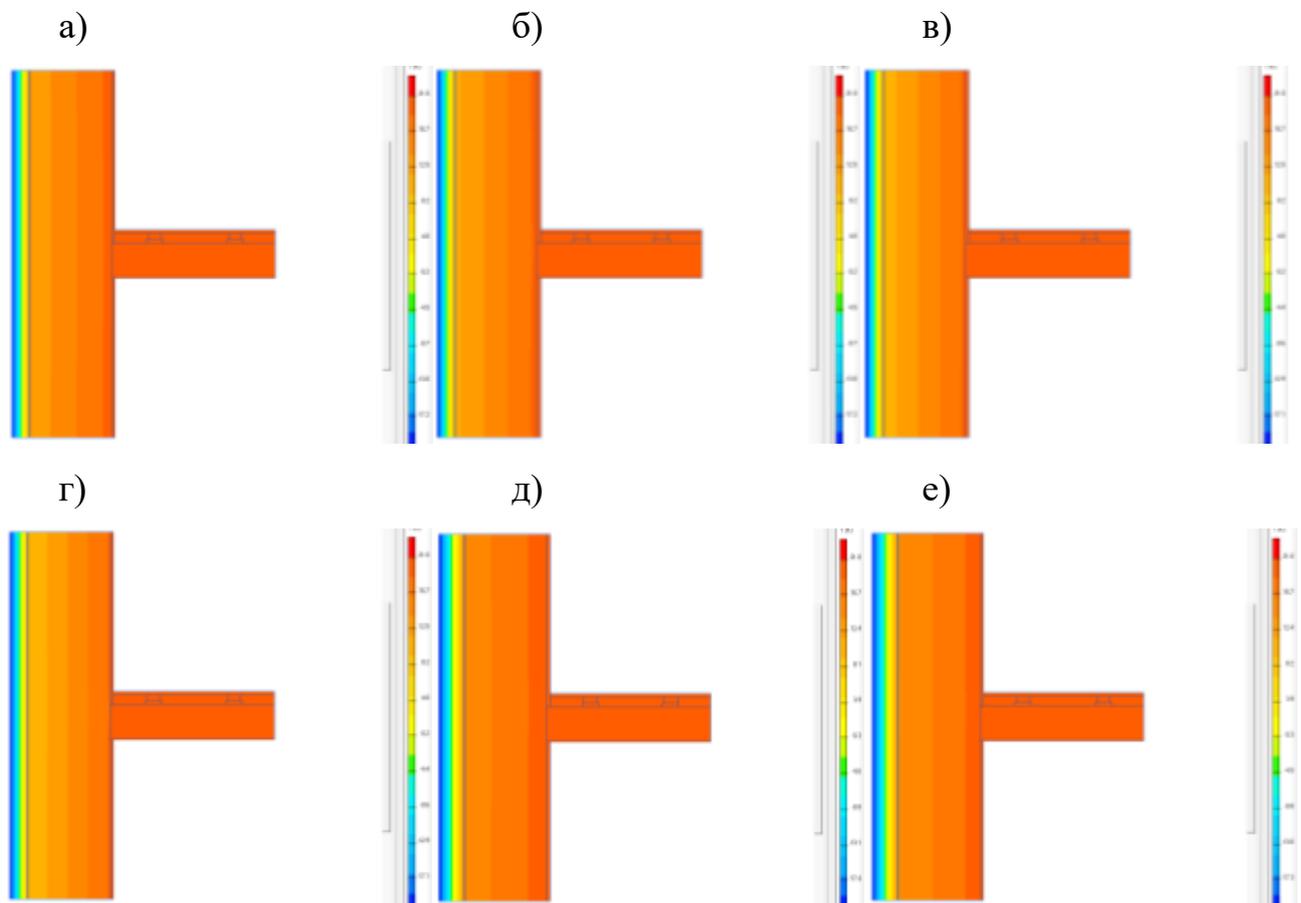
					2МБП. 9975516.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		44

Найбільша точність визначення лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплового вузла 1 за формулою по варіанту 1.

3.4 Лінійний коефіцієнт теплопередачі теплового вузла примикання плити перекриття на стіну (вузол 2).

Для отримання залежності між лінійним коефіцієнтом теплопередачі та товщиною і теплопровідністю утеплювача виконуємо розрахунки температурних полів теплового вузла з товщиною утеплювача 100 мм, 150 мм та 200 мм і його теплопровідністю від 0,035 Вт/(м · К) до 0,05 Вт/(м · К) з кроком 0,005 Вт/(м · К).

Результати розрахунків температурних полів наведені на рисунку 28.



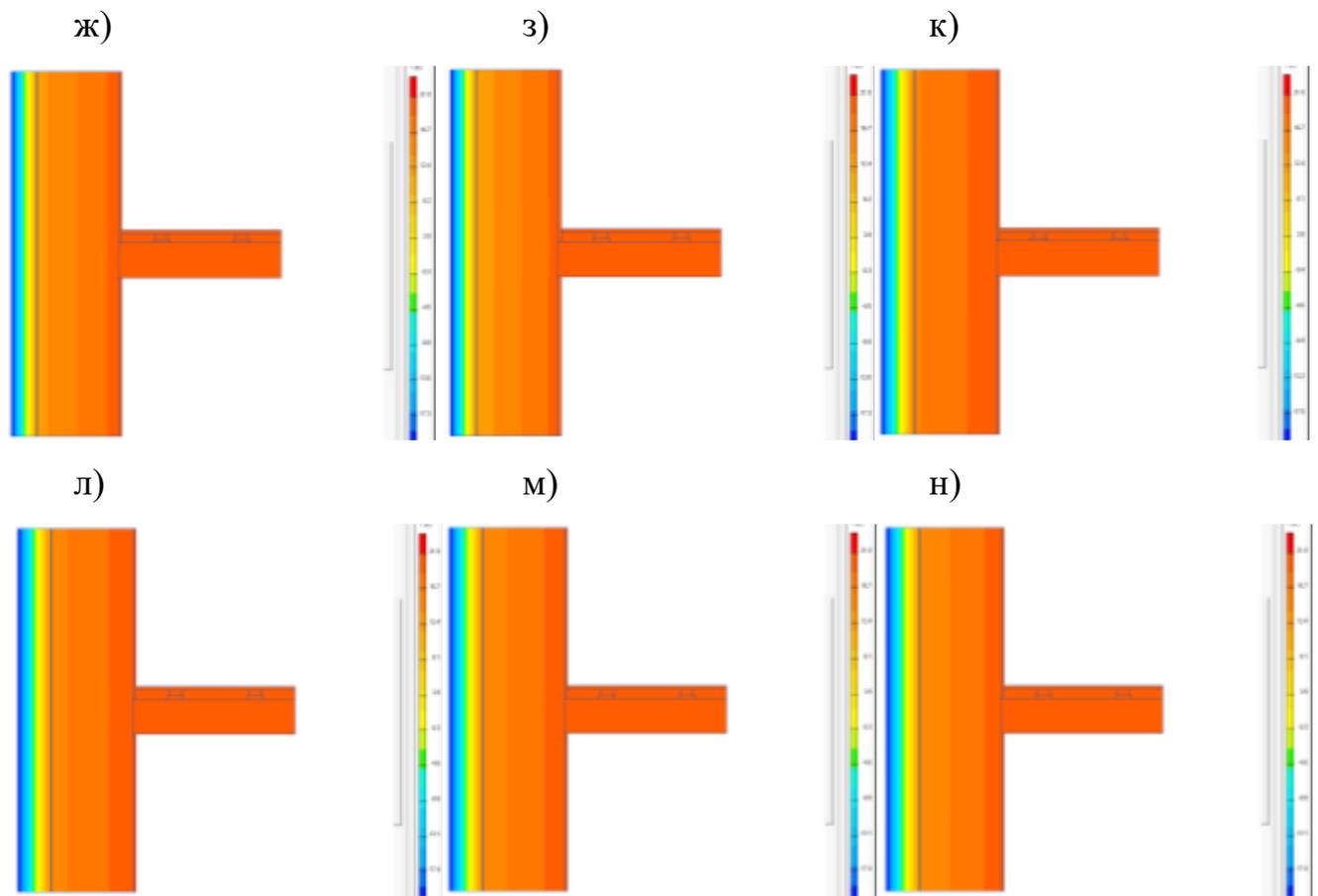


Рисунок 28 – Температурні поля вузла 2: товщина утеплювача 100 мм

- а) $\lambda_p = 0,035 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; б) $\lambda_p = 0,04 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; в) $\lambda_p = 0,045 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;
 г) $\lambda_p = 0,05 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; товщина утеплювача 150 мм д) $\lambda_p = 0,035 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;
 е) $\lambda_p = 0,04 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; ж) $\lambda_p = 0,045 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; з) $\lambda_p = 0,05 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; товщина
 утеплювача 200 мм к) $\lambda_p = 0,035 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; л) $\lambda_p = 0,04 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;
 м) $\lambda_p = 0,045 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; н) $\lambda_p = 0,05 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$

Значення лінійних коефіцієнтів теплопередачі за даними розрахунків температурних полів наведені в таблиці 12.

Таблиця 12

Лінійні коефіцієнти теплопередачі теплового вузла 2 (за даними розрахунків температурних полів)

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійний коефіцієнт теплопередачі при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.0801	0.0576	0.0451

0,04	0.0885	0.0645	0.0506
0,045	0.0965	0.0708	0.0559
0,05	0.1041	0.0770	0.0610

Поверхня, що відображає залежність лінійного коефіцієнту теплопередачі від теплопровідності та товщини утеплювача наведена на рисунку 29.

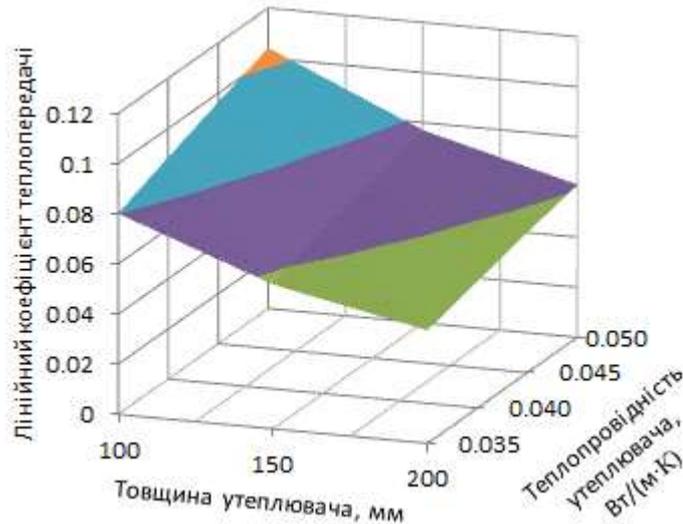


Рисунок 29 – Поверхня, що відображає залежність лінійного коефіцієнту теплопередачі теплового вузла 2 від теплопровідності та товщини утеплювача

Використовуючи координати трьох точок на поверхні отримуємо формулу площини, що відображає залежність лінійного коефіцієнту теплопередачі теплового вузла 2 від теплопровідності та товщини утеплювача.

Варіант 1.

Координати точок: 1(100; 0,035; 0.0801), 2(200; 0,035; 0.0451), 3(150; 0,05; 0,077).

Формула залежності лінійного коефіцієнту теплопередачі теплового вузла 1 від товщини та теплопровідності утеплювача.

$$k = -0.00035\delta + 0.96\lambda + 0.0815$$

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі за отриманою формулою наведені в таблиці 13.

Таблиця 13

Лінійні коефіцієнти теплопередачі теплового вузла 2 (за отриманою формулою)

					2МБП. 9975516.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		47

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійний коефіцієнт теплопередачі при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.0801	0.0626	0.0451
0,04	0.0849	0.0674	0.0499
0,045	0.0897	0.0722	0.0547
0,05	0.0945	0.077	0.0595

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплового вузла 2 знайдених за розрахунками температурних полів та за формулою, наведений у таблиці 14.

Таблиця 14

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі вузла 2 знайдених за розрахунками температурних полів

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Відсоток розходження, при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.0	8.7	0.0
0,04	-4.1	4.5	-1.4
0,045	-7.0	2.0	-2.1
0,05	-9.2	0.0	-2.5

Середнє розходження 3,5 %.

Максимальне розходження 9,2 %.

Варіант 2.

Координати точок: 1(100; 0,05; 0.1041), 2(200; 0,05; 0.061), 3(150; 0,035; 0,0576).

Формула залежності лінійного коефіцієнту теплопередачі теплового вузла 1 від товщини та теплопровідності утеплювача.

$$k = -0.000431\delta + 1.663333333\lambda + 0.064033333$$

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі за отриманою формулою наведені в таблиці 15.

					2МБП. 9975516.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		48

Лінійні коефіцієнти теплопередачі теплового вузла 2 (за отриманою формулою)

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійний коефіцієнт теплопередачі при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.0792	0.0576	0.0361
0,04	0.0875	0.0659	0.0444
0,045	0.0958	0.0742	0.0527
0,05	0.1041	0.0826	0.0610

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплового вузла 2 знайдених за розрахунками температурних полів та за формулою, наведений у таблиці 16.

Таблиця 16

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі вузла 2 знайдених за розрахунками температурних полів

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Відсоток розходження, при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	-1.2	0.0	-20.1
0,04	-1.2	2.2	-12.3
0,045	-0.7	4.8	-5.8
0,05	0.0	7.2	0.0

Середнє розходження 4,6 %.

Максимальне розходження 20,1 %.

Варіант 3.

Координати точок: 1(100; 0,035; 0.0801), 2(100; 0,05; 0.1041), 3(200; 0,04; 0,0506).

Формула залежності лінійного коефіцієнту теплопередачі теплового вузла 1 від товщини та теплопровідності утеплювача.

$$k = -0.000375\delta + 1.6\lambda + 0.0616$$

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі за отриманою формулою наведені в таблиці 17.

					2МБП. 9975516.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		49

Лінійні коефіцієнти теплопередачі теплового вузла 2 (за отриманою формулою)

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійний коефіцієнт теплопередачі при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.0801	0.0614	0.0426
0,04	0.0881	0.0694	0.0506
0,045	0.0961	0.0774	0.0586
0,05	0.1041	0.0854	0.0666

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплового вузла 2 знайдених за розрахунками температурних полів та за формулою, наведений у таблиці 18.

Таблиця 18

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі вузла 2 знайдених за розрахунками температурних полів

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Відсоток розходження, при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.0	6.5	-5.5
0,04	-0.5	7.5	0.0
0,045	-0.4	9.3	4.8
0,05	0.0	10.8	9.2

Середнє розходження 4,5 %.

Максимальне розходження 10,8 %.

Варіант 4.

Координати точок: 1(200; 0,035; 0.0451), 2(200; 0,05; 0.061), 3(100; 0,045; 0,0965).

Формула залежності лінійного коефіцієнту теплопередачі теплового вузла 2 від товщини та теплопровідності утеплювача.

$$k = -0.000408\delta + 1.06\lambda + 0.0896$$

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі за отриманою формулою наведені в таблиці 19.

					2МБП. 9975516.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		50

Лінійні коефіцієнти теплопередачі теплового вузла 2 (за отриманою формулою)

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійний коефіцієнт теплопередачі при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.0859	0.0655	0.0451
0,04	0.0912	0.0708	0.0504
0,045	0.0965	0.0761	0.0557
0,05	0.1018	0.0814	0.0610

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплового вузла 2 знайдених за розрахунками температурних полів та за формулою, наведений у таблиці 20.

Таблиця 20

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі вузла 2 знайдених за розрахунками температурних полів

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Відсоток розходження, при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	7.2	13.7	0.0
0,04	3.1	9.8	-0.4
0,045	0.0	7.5	-0.4
0,05	-2.2	5.7	0.0

Середнє розходження 4,2 %.

Максимальне розходження 13,7 %.

Найбільша точність визначення лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплового вузла 2 за формулою по варіанту 1.

3.5 Лінійний коефіцієнт теплопередачі теплового вузла примикання вікна до простінка (вузол 3).

Для отримання залежності між лінійним коефіцієнтом теплопередачі та товщиною і теплопровідністю утеплювача виконуємо розрахунки температурних

					2МБП. 9975516.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		51

полів теплового вузла з товщиною утеплювача 100 мм, 150 мм та 200 мм і його теплопровідністю від 0,035 Вт/(м · К) до 0,05 Вт/(м · К) з кроком 0,005 Вт/(м · К).

Результати розрахунків температурних полів наведені на рисунку 30.

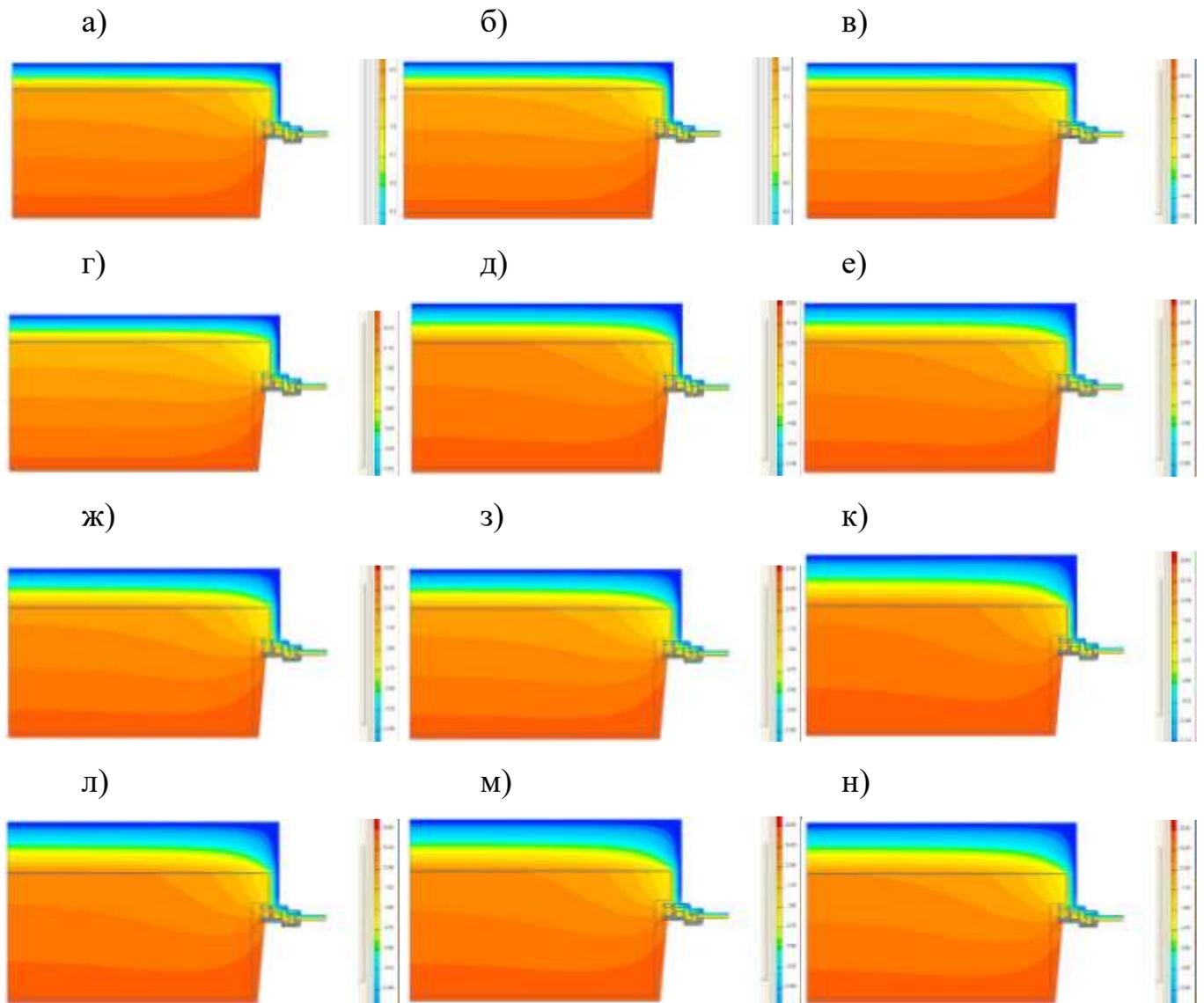


Рисунок 30 – Температурні поля вузла 3: товщина утеплювача 100 мм

а) $\lambda_p = 0,035$ Вт/(м · К); б) $\lambda_p = 0,04$ Вт/(м · К); в) $\lambda_p = 0,045$ Вт/(м · К);

г) $\lambda_p = 0,05$ Вт/(м · К); товщина утеплювача 150 мм д) $\lambda_p = 0,035$ Вт/(м · К);

е) $\lambda_p = 0,04$ Вт/(м · К); ж) $\lambda_p = 0,045$ Вт/(м · К); з) $\lambda_p = 0,05$ Вт/(м · К); товщина

утеплювача 200 мм к) $\lambda_p = 0,035$ Вт/(м · К); л) $\lambda_p = 0,04$ Вт/(м · К);

м) $\lambda_p = 0,045$ Вт/(м · К); н) $\lambda_p = 0,05$ Вт/(м · К)

Значення лінійних коефіцієнтів теплопередачі за даними розрахунків температурних полів наведені в таблиці 21.

					2МБП. 9975516.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		52

Лінійні коефіцієнти теплопередачі теплового вузла 3 (за даними розрахунків температурних полів)

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м·К)	Лінійний коефіцієнт теплопередачі при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.1293	0.1376	0.1438
0,04	0.1337	0.1429	0.1498
0,045	0.1375	0.1474	0.1550
0,05	0.1408	0.1514	0.1596

Поверхня, що відображає залежність лінійного коефіцієнту теплопередачі від теплопровідності та товщини утеплювача наведена на рисунку 31.

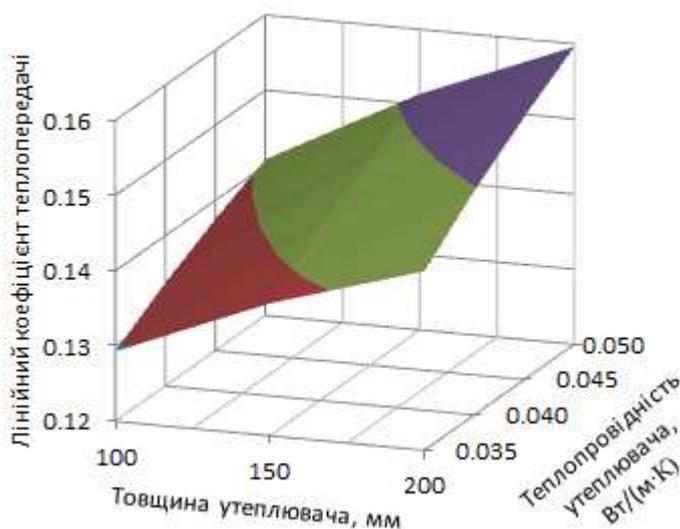


Рисунок 31 – Поверхня, що відображає залежність лінійного коефіцієнту теплопередачі теплового вузла 3 від теплопровідності та товщини утеплювача

Використовуючи координати трьох точок на поверхні отримуємо формулу площини, що відображає залежність лінійного коефіцієнту теплопередачі теплового вузла 3 від теплопровідності та товщини утеплювача.

Варіант 1.

Координати точок: 1(100; 0,035; 0.1293), 2(200; 0,035; 0.1438), 3(150; 0,05; 0,1514).

Формула залежності лінійного коефіцієнту теплопередачі теплового вузла 1 від товщини та теплопровідності утеплювача.

$$k = 0.0001\delta + 1.02333333\lambda + 0.0799833$$

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі за отриманою формулою наведені в таблиці 22.

Таблиця 22

Лінійні коефіцієнти теплопередачі теплового вузла 3 (за отриманою формулою)

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м·К)	Лінійний коефіцієнт теплопередачі при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.1293	0.1361	0.1428
0,04	0.1344	0.1412	0.1479
0,045	0.1395	0.1463	0.1530
0,05	0.1447	0.1514	0.1582

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплового вузла 3 знайдених за розрахунками температурних полів та за формулою, наведений у таблиці 23.

Таблиця 23

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі вузла 3 знайдених за розрахунками температурних полів

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м·К)	Відсоток розходження, при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.0	-1.1	-0.7
0,04	0.5	-1.2	-1.3
0,045	1.5	-0.8	-1.3
0,05	2.7	0.0	-0.9

Середнє розходження 1 %.

Максимальне розходження 2,7 %.

Варіант 2.

Координати точок: 1(100; 0,05; 0.1408), 2(200; 0,05; 0.1596), 3(150; 0,035; 0,1376).

Формула залежності лінійного коефіцієнту теплопередачі теплового вузла 3 від товщини та теплопровідності утеплювача.

$$k = 0.0002\delta + 0.84\lambda + 0.08$$

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі за отриманою формулою наведені в таблиці 24.

Таблиця 24

Лінійні коефіцієнти теплопередачі теплового вузла 3 (за отриманою формулою)

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м·К)	Лінійний коефіцієнт теплопередачі при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.1282	0.1376	0.1470
0,04	0.1324	0.1418	0.1512
0,045	0.1366	0.1460	0.1554
0,05	0.1408	0.1502	0.1596

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплового вузла 3 знайдених за розрахунками температурних полів та за формулою, наведений у таблиці 25.

Таблиця 25

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі вузла 3 знайдених за розрахунками температурних полів

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м·К)	Відсоток розходження, при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	-0.9	0.0	2.2
0,04	-1.0	-0.8	0.9
0,045	-0.7	-0.9	0.3
0,05	0.0	-0.8	0.0

Середнє розходження 0,7 %.

Максимальне розходження 2,2 %.

Варіант 3.

Координати точок: 1(100; 0,035; 0.1293), 2(100; 0,05; 0.1408), 3(200; 0,04; 0,1498).

Формула залежності лінійного коефіцієнту теплопередачі теплового вузла 3 від товщини та теплопровідності утеплювача.

$$k = 0.0002\delta + 0.76666667\lambda + 0.0858000$$

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі за отриманою формулою наведені в таблиці 26.

Таблиця 26

Лінійні коефіцієнти теплопередачі теплового вузла 2 (за отриманою формулою)

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м·К)	Лінійний коефіцієнт теплопередачі при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.1293	0.1376	0.1460
0,04	0.1331	0.1415	0.1498
0,045	0.1370	0.1453	0.1536
0,05	0.1408	0.1491	0.1575

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплового вузла 3 знайдених за розрахунками температурних полів та за формулою, наведений у таблиці 27.

Таблиця 27

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі вузла 3 знайдених за розрахунками температурних полів

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м·К)	Відсоток розходження, при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.0	0.0	1.5
0,04	-0.4	-1.0	0.0
0,045	-0.4	-1.4	-0.9
0,05	0.0	-1.5	-1.3

Середнє розходження 0,7 %.

Максимальне розходження 1,5 %.

Варіант 4.

Координати точок: 1(200; 0,035; 0.1438), 2(200; 0,05; 0.1596), 3(100; 0,045; 0,1375).

					2МБП. 9975516.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		56

Формула залежності лінійного коефіцієнту теплопередачі теплового вузла 3 від товщини та теплопровідності утеплювача.

$$k = 0.0002\delta + 1.05333333\lambda + 0.0896$$

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі за отриманою формулою наведені в таблиці 28.

Таблиця 28

Лінійні коефіцієнти теплопередачі теплового вузла 3 (за отриманою формулою)

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м·К)	Лінійний коефіцієнт теплопередачі при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.1270	0.1354	0.1438
0,04	0.1322	0.1407	0.1491
0,045	0.1375	0.1459	0.1543
0,05	0.1428	0.1512	0.1596

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплового вузла 3 знайдених за розрахунками температурних полів та за формулою, наведений у таблиці 29.

Таблиця 29

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі вузла 3 знайдених за розрахунками температурних полів

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м·К)	Відсоток розходження, при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	-1.8	-1.6	0.0
0,04	-1.1	-1.6	-0.5
0,045	0.0	-1.0	-0.4
0,05	1.4	-0.1	0.0

Середнє розходження 0,8 %.

Максимальне розходження 1,8 %.

Найбільша точність визначення лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплового вузла 3 за формулою по варіанту 3.

3.6 Лінійний коефіцієнт теплопередачі теплового вузла спирання плити покриття на стіну над вікном (вузол 4).

Для отримання залежності між лінійним коефіцієнтом теплопередачі та товщиною і теплопровідністю утеплювача виконуємо розрахунки температурних полів теплового вузла з товщиною утеплювача 100 мм, 150 мм та 200 мм і його теплопровідністю від 0,035 Вт/(м · К) до 0,05 Вт/(м · К) з кроком 0,005 Вт/(м · К).

Результати розрахунків температурних полів наведені на рисунку 32.

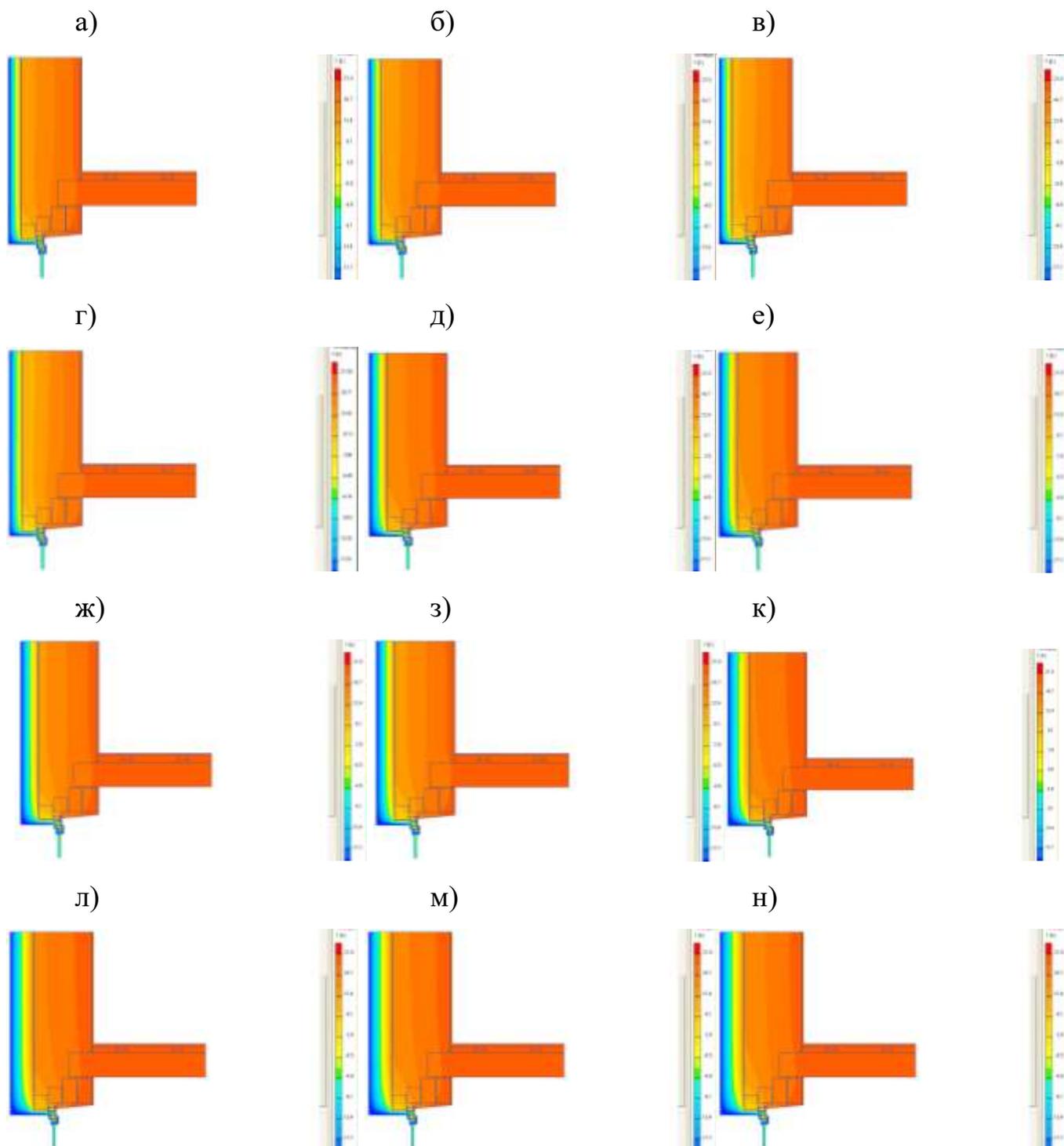


Рисунок 32 – Температурні поля вузла 4: товщина утеплювача 100 мм

а) $\lambda_p = 0,035 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; б) $\lambda_p = 0,04 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; в) $\lambda_p = 0,045 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;

г) $\lambda_p = 0,05 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; товщина утеплювача 150 мм д) $\lambda_p = 0,035 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;

е) $\lambda_p = 0,04 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; ж) $\lambda_p = 0,045 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; з) $\lambda_p = 0,05 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; товщина

утеплювача 200 мм к) $\lambda_p = 0,035 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; л) $\lambda_p = 0,04 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;

м) $\lambda_p = 0,045 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; н) $\lambda_p = 0,05 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$

Значення лінійних коефіцієнтів теплопередачі за даними розрахунків температурних полів наведені в таблиці 30.

Таблиця 30

Лінійні коефіцієнти теплопередачі теплового вузла 4 (за даними розрахунків температурних полів)

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійний коефіцієнт теплопередачі при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.3145	0.2783	0.2600
0,04	0.3396	0.3002	0.2802
0,045	0.3631	0.3210	0.2993
0,05	0.3852	0.3405	0.3173

Поверхня, що відображає залежність лінійного коефіцієнту теплопередачі від теплопровідності та товщини утеплювача наведена на рисунку 33.

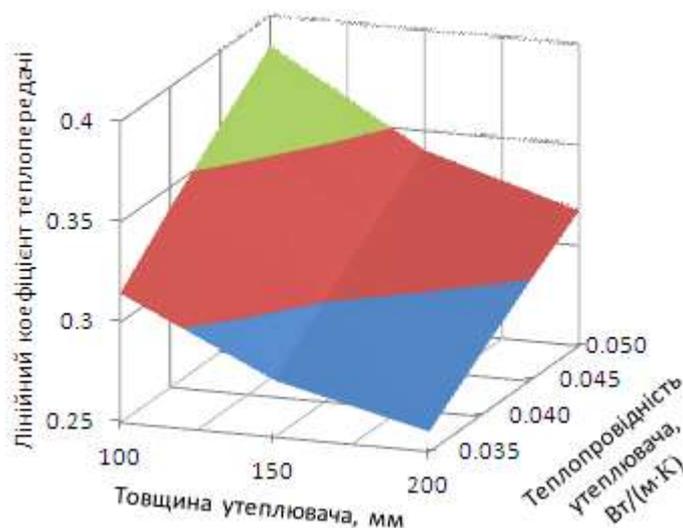


Рисунок 33 – Поверхня, що відображає залежність лінійного коефіцієнту теплопередачі теплового вузла 4 від теплопровідності та товщини утеплювача

Використовуючи координати трьох точок на поверхні отримуємо формулу площини, що відображає залежність лінійного коефіцієнту теплопередачі теплового вузла 4 від теплопровідності та товщини утеплювача.

Варіант 1.

Координати точок: 1(100; 0,035; 0.3145), 2(200; 0,035; 0.26), 3(150; 0,05; 0,3405).

Формула залежності лінійного коефіцієнту теплопередачі теплового вузла 4 від товщини та теплопровідності утеплювача.

$$k = -0.000545\delta + 3.55\lambda + 0.24475$$

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі за отриманою формулою наведені в таблиці 31.

Таблиця 31

Лінійні коефіцієнти теплопередачі теплового вузла 4 (за отриманою формулою)

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійний коефіцієнт теплопередачі при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.3145	0.2873	0.2600
0,04	0.3323	0.3050	0.2778
0,045	0.3500	0.3228	0.2955
0,05	0.3678	0.3405	0.3133

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплового вузла 4 знайдених за розрахунками температурних полів та за формулою, наведений у таблиці 32.

Таблиця 32

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі вузла 4 знайдених за розрахунками температурних полів

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Відсоток розходження, при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.0	3.2	0.0
0,04	-2.2	1.6	-0.9
0,045	-3.6	0.5	-1.3
0,05	-4.5	0.0	-1.3

Середнє розходження 1,6 %.

Максимальне розходження 4,5 %.

Варіант 2.

Координати точок: 1(100; 0,05; 0.3852), 2(200; 0,05; 0.3173), 3(150; 0,035; 0,2783).

Формула залежності лінійного коефіцієнту теплопередачі теплового вузла 5 від товщини та теплопровідності утеплювача.

$$k = -0.000679\delta + 4.863333333\lambda + 0.209933333$$

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі за отриманою формулою наведені в таблиці 33.

Таблиця 33

Лінійні коефіцієнти теплопередачі теплового вузла 4 (за отриманою формулою)

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м·К)	Лінійний коефіцієнт теплопередачі при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.3123	0.2783	0.2444
0,04	0.3366	0.3026	0.2687
0,045	0.3609	0.3269	0.2930
0,05	0.3852	0.3513	0.3173

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплового вузла 4 знайдених за розрахунками температурних полів та за формулою, наведений у таблиці 34.

Таблиця 34

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі вузла 4 знайдених за розрахунками температурних полів

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м·К)	Відсоток розходження, при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	-0.7	0.0	-6.0
0,04	-0.9	0.8	-4.1
0,045	-0.6	1.8	-2.1
0,05	0.0	3.2	0.0

Середнє розходження 1,7 %.

Максимальне розходження 6 %.

					2МБП. 9975516.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		61

Варіант 3.

Координати точок: 1(100; 0,035; 0.3145), 2(100; 0,05; 0.3852), 3(200; 0,04; 0,2802).

Формула залежності лінійного коефіцієнту теплопередачі теплового вузла 4 від товщини та теплопровідності утеплювача.

$$k = -0.000578667\delta + 4.713333333\lambda + 0.2074$$

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі за отриманою формулою наведені в таблиці 35.

Таблиця 35

Лінійні коефіцієнти теплопередачі теплового вузла 4 (за отриманою формулою)

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м·К)	Лінійний коефіцієнт теплопередачі при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.3145	0.2856	0.2566
0,04	0.3381	0.3091	0.2802
0,045	0.3616	0.3327	0.3038
0,05	0.3852	0.3563	0.3273

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплового вузла 4 знайдених за розрахунками температурних полів та за формулою, наведений у таблиці 36.

Таблиця 36

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі вузла 4 знайдених за розрахунками температурних полів

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м·К)	Відсоток розходження, при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.0	2.6	-1.3
0,04	-0.5	3.0	0.0
0,045	-0.4	3.6	1.5
0,05	0.0	4.6	3.2

Середнє розходження 1,7 %.

Максимальне розходження 4,6 %.

					2МБП. 9975516.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		62

Варіант 4.

Координати точок: 1(200; 0,035; 0.26), 2(200; 0,05; 0.3173), 3(100; 0,045; 0,3631).

Формула залежності лінійного коефіцієнту теплопередачі теплового вузла 4 від товщини та теплопровідності утеплювача.

$$k = -0.000682333\delta + 4.486666667\lambda + 0.229433333$$

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі за отриманою формулою наведені в таблиці 37.

Таблиця 37

Лінійні коефіцієнти теплопередачі теплового вузла 4 (за отриманою формулою)

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м·К)	Лінійний коефіцієнт теплопередачі при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.3182	0.2841	0.2500
0,04	0.3407	0.3066	0.2724
0,045	0.3631	0.3290	0.2949
0,05	0.3855	0.3514	0.3173

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплового вузла 4 знайдених за розрахунками температурних полів та за формулою, наведений у таблиці 38.

Таблиця 38

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі вузла 4 знайдених за розрахунками температурних полів

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м·К)	Відсоток розходження, при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	1.2	2.1	-3.8
0,04	0.3	2.1	-2.8
0,045	0.0	2.5	-1.5
0,05	0.1	3.2	0.0

Середнє розходження 1,6 %.

Максимальне розходження 3,8 %.

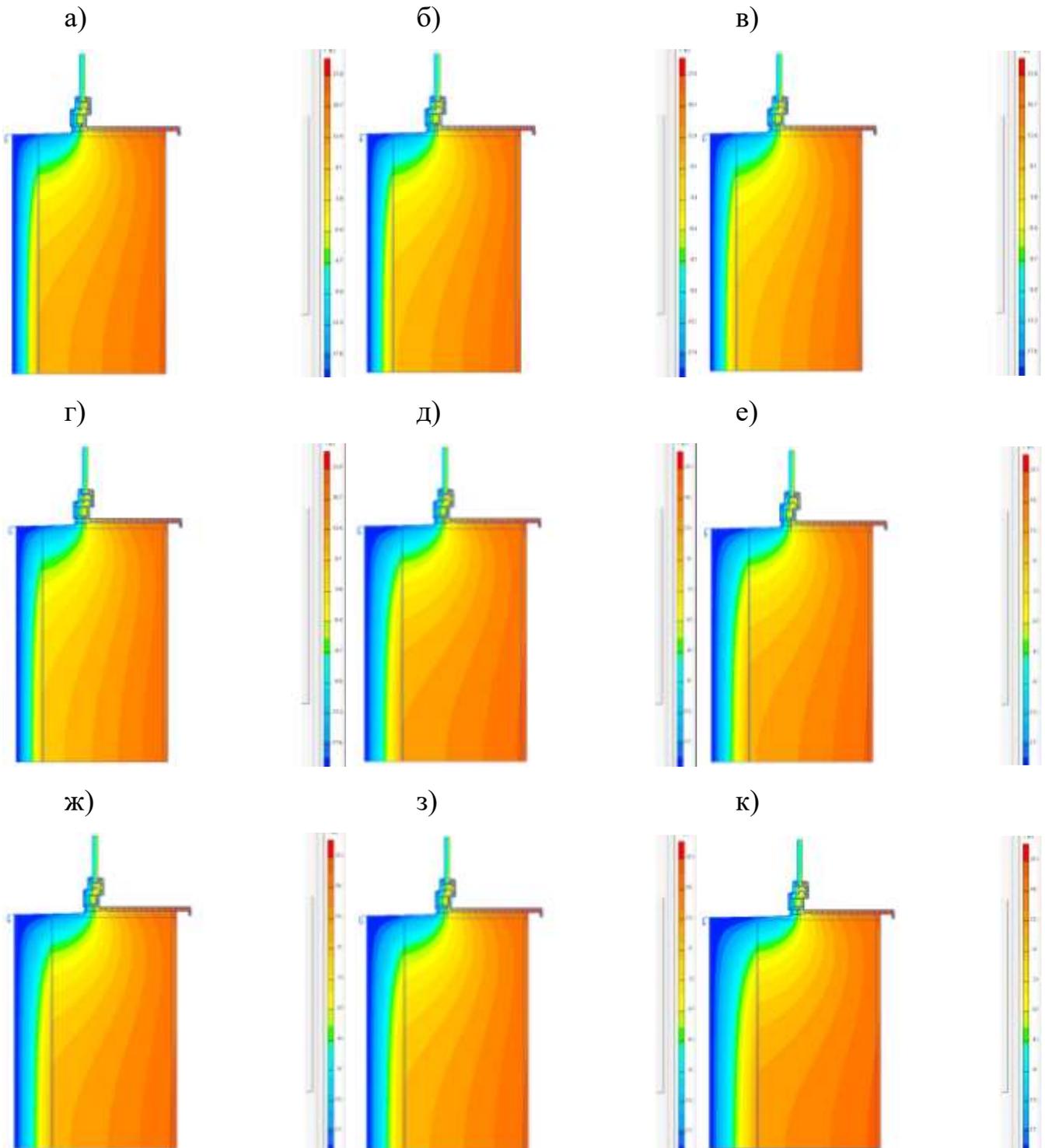
Найбільша точність визначення лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплового вузла 4 за формулою по варіанту 4.

					2МБП. 9975516.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		63

3.7 Лінійний коефіцієнт теплопередачі теплового вузла примикання вікна до стіни в зоні підвіконня (вузол 5).

Для отримання залежності між лінійним коефіцієнтом теплопередачі та товщиною і теплопровідністю утеплювача виконуємо розрахунки температурних полів теплового вузла з товщиною утеплювача 100 мм, 150 мм та 200 мм і його теплопровідністю від 0,035 Вт/(м · К) до 0,05 Вт/(м · К) з кроком 0,005 Вт/(м · К).

Результати розрахунків температурних полів наведені на рисунку 34.



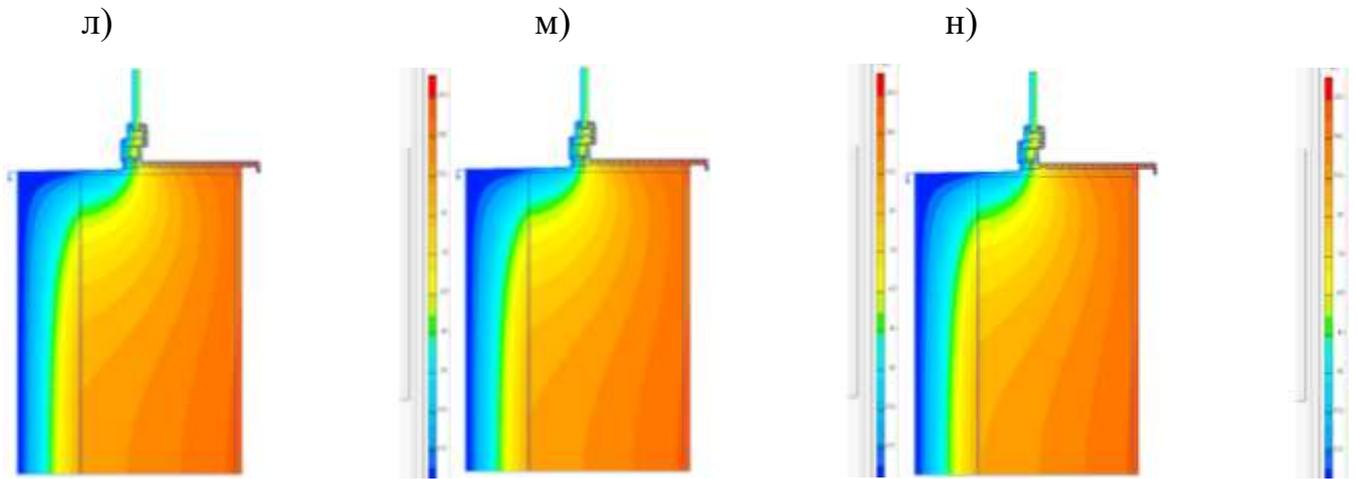


Рисунок 34 – Температурні поля вузла 5: товщина утеплювача 100 мм

- а) $\lambda_p = 0,035 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; б) $\lambda_p = 0,04 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; в) $\lambda_p = 0,045 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;
 г) $\lambda_p = 0,05 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; товщина утеплювача 150 мм д) $\lambda_p = 0,035 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;
 е) $\lambda_p = 0,04 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; ж) $\lambda_p = 0,045 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; з) $\lambda_p = 0,05 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; товщина
 утеплювача 200 мм к) $\lambda_p = 0,035 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; л) $\lambda_p = 0,04 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;
 м) $\lambda_p = 0,045 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; н) $\lambda_p = 0,05 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$

Значення лінійних коефіцієнтів теплопередачі за даними розрахунків температурних полів наведені в таблиці 39.

Таблиця 39

Лінійні коефіцієнти теплопередачі теплового вузла 5 (за даними розрахунків температурних полів)

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійний коефіцієнт теплопередачі при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.2205	0.2556	0.2762
0,04	0.2075	0.2452	0.2677
0,045	0.1956	0.2354	0.2596
0,05	0.1844	0.2261	0.2518

Поверхня, що відображає залежність лінійного коефіцієнту теплопередачі від теплопровідності та товщини утеплювача наведена на рисунку 35.

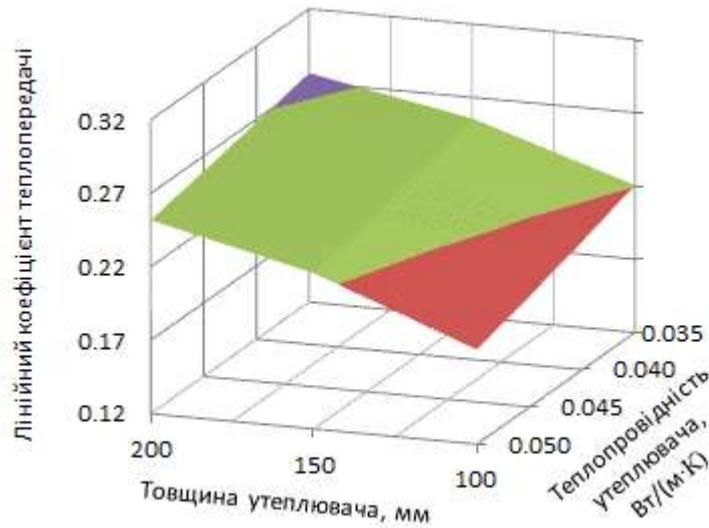


Рисунок 35 – Поверхня, що відображає залежність лінійного коефіцієнту теплопередачі теплового вузла 5 від теплопровідності та товщини утеплювача

Використовуючи координати трьох точок на поверхні отримуємо формулу площини, що відображає залежність лінійного коефіцієнту теплопередачі теплового вузла 5 від теплопровідності та товщини утеплювача.

Варіант 1.

Координати точок: 1(100; 0,035; 0.2205), 2(200; 0,035; 0.2762), 3(150; 0,05; 0,2261).

Формула залежності лінійного коефіцієнту теплопередачі теплового вузла 5 від товщини та теплопровідності утеплювача.

$$k = 0.000557\delta - 1.483333333\lambda + 0.216716667$$

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі за отриманою формулою наведені в таблиці 40.

Таблиця 40

Лінійні коефіцієнти теплопередачі теплового вузла 5 (за отриманою формулою)

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійний коефіцієнт теплопередачі при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.2205	0.2484	0.2762
0,04	0.2131	0.2409	0.2688
0,045	0.2057	0.2335	0.2614
0,05	0.1983	0.2261	0.2540

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплового вузла 5 знайдених за розрахунками температурних полів та за формулою, наведений у таблиці 41.

Таблиця 41

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі вузла 5 знайдених за розрахунками температурних полів

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Відсоток розходження, при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.0	-2.8	0.0
0,04	2.7	-1.7	0.4
0,045	5.1	-0.8	0.7
0,05	7.5	0.0	0.9

Середнє розходження 1,9 %.

Максимальне розходження 7,5 %.

Варіант 2.

Координати точок: 1(100; 0,05; 0.1844), 2(200; 0,05; 0.2518), 3(150; 0,035; 0,2556).

Формула залежності лінійного коефіцієнту теплопередачі теплового вузла 5 від товщини та теплопровідності утеплювача.

$$k = 0.000674\delta - 2.5\lambda + 0.242$$

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі за отриманою формулою наведені в таблиці 42.

Таблиця 42

Лінійні коефіцієнти теплопередачі теплового вузла 5 (за отриманою формулою)

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійний коефіцієнт теплопередачі при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.2219	0.2556	0.2893
0,04	0.2094	0.2431	0.2768
0,045	0.1969	0.2306	0.2643
0,05	0.1844	0.2181	0.2518

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплового вузла 5 знайдених за розрахунками температурних полів та за формулою, наведений у таблиці 43.

Таблиця 43

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі вузла 5 знайдених за розрахунками температурних полів

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м·К)	Відсоток розходження, при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.6	0.0	4.7
0,04	0.9	-0.9	3.4
0,045	0.7	-2.0	1.8
0,05	0.0	-3.5	0.0

Середнє розходження 1,6 %.

Максимальне розходження 4,7 %.

Варіант 3.

Координати точок: 1(100; 0,035; 0.2205), 2(100; 0,05; 0.1844), 3(200; 0,04; 0,2677).

Формула залежності лінійного коефіцієнту теплопередачі теплового вузла 5 від товщини та теплопровідності утеплювача.

$$k = 0.000592333\delta - 2.406666667\lambda + 0.2455$$

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі за отриманою формулою наведені в таблиці 44.

Таблиця 44

Лінійні коефіцієнти теплопередачі теплового вузла 5 (за отриманою формулою)

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м·К)	Лінійний коефіцієнт теплопередачі при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.2205	0.2501	0.2797
0,04	0.2085	0.2381	0.2677
0,045	0.1964	0.2261	0.2557
0,05	0.1844	0.2140	0.2436

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплового вузла 5 знайдених за розрахунками температурних полів та за формулою, наведений у таблиці 45.

Таблиця 45

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі вузла 5 знайдених за розрахунками температурних полів

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Відсоток розходження, при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.0	-2.1	1.3
0,04	0.5	-2.9	0.0
0,045	0.4	-4.0	-1.5
0,05	0.0	-5.3	-3.2

Середнє розходження 1,8 %.

Максимальне розходження 5,3 %.

Варіант 4.

Координати точок: 1(200; 0,035; 0.2762), 2(200; 0,05; 0.2518), 3(100; 0,045; 0,1956).

Формула залежності лінійного коефіцієнту теплопередачі теплового вузла 5 від товщини та теплопровідності утеплювача.

$$k = 0.000643333\delta - 1.626666667\lambda + 0.204466667$$

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі за отриманою формулою наведені в таблиці 46.

Таблиця 46

Лінійні коефіцієнти теплопередачі теплового вузла 5 (за отриманою формулою)

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійний коефіцієнт теплопередачі при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.2119	0.2440	0.2762
0,04	0.2037	0.2359	0.2681
0,045	0.1956	0.2278	0.2599
0,05	0.1875	0.2196	0.2518

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплового вузла 5 знайдених за розрахунками температурних полів та за формулою, наведений у таблиці 47.

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі вузла 5
знайдених за розрахунками температурних полів

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Відсоток розходження, при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	-3.9	-4.5	0.0
0,04	-1.8	-3.8	0.1
0,045	0.0	-3.2	0.1
0,05	1.7	-2.9	0.0

Середнє розходження 1,8 %.

Максимальне розходження 4,5 %.

Найбільша точність визначення лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплового вузла 5 за формулою по варіанту 2.

3.8 Лінійний коефіцієнт теплопередачі теплового вузла спирання плити горищного перекриття на стіну над вікном (вузол б).

Так як різниця між температурою внутрішнього повітря та температурою горища складає 0, від різниці температур зовнішнього повітря та температурою приміщення то температура у горища визначається за формулою

$$t_{\text{під}} = t_{\text{в}} - 0,9(t_{\text{з}} - t_{\text{в}}) = 21 - 0,9(21 - (-22)) = -17,7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Для отримання залежності між лінійним коефіцієнтом теплопередачі та товщиною і теплопровідністю утеплювача виконуємо розрахунки температурних полів теплового вузла з товщиною утеплювача 100 мм, 150 мм та 200 мм і його теплопровідністю від 0,035 Вт/(м · К) до 0,05 Вт/(м · К) з кроком 0,005 Вт/(м · К).

Результати розрахунків температурних полів наведені на рисунку 46.

					2МБП. 9975516.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		70

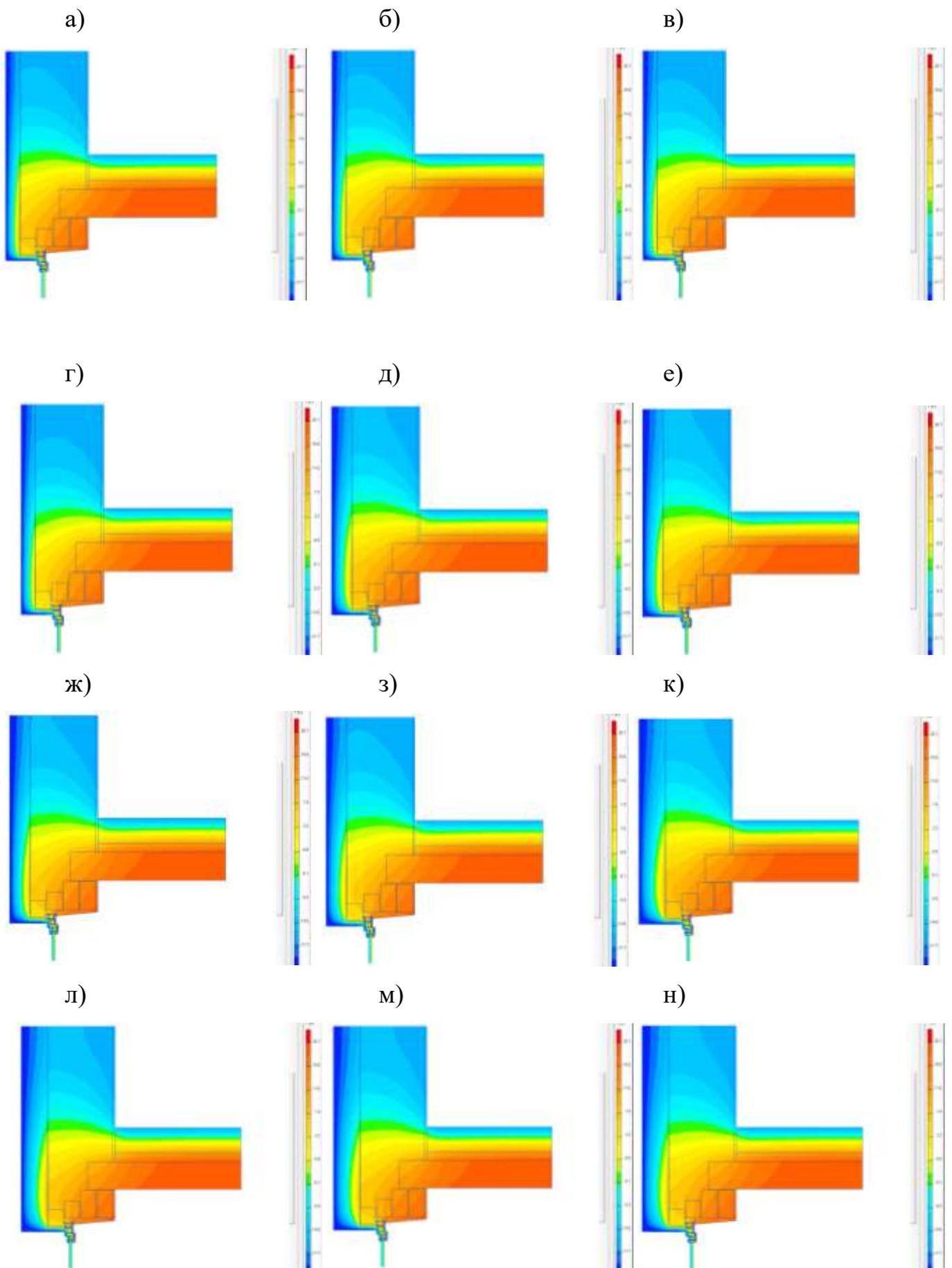


Рисунок 36 – Температурні поля вузла б: товщина утеплювача 100 мм
 а) $\lambda_p = 0,035 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; б) $\lambda_p = 0,04 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; в) $\lambda_p = 0,045 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;

- г) $\lambda_p = 0,05 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; товщина утеплювача 150 мм д) $\lambda_p = 0,035 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;
 е) $\lambda_p = 0,04 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; ж) $\lambda_p = 0,045 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; з) $\lambda_p = 0,05 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; товщина
 утеплювача 200 мм к) $\lambda_p = 0,035 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; л) $\lambda_p = 0,04 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;
 м) $\lambda_p = 0,045 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; н) $\lambda_p = 0,05 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$

Значення лінійних коефіцієнтів теплопередачі за даними розрахунків температурних полів наведені в таблиці 48.

Таблиця 48

Лінійні коефіцієнти теплопередачі теплового вузла 6 (за даними розрахунків температурних полів)

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійний коефіцієнт теплопередачі при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.7109	0.6800	0.6640
0,04	0.7315	0.6981	0.6806
0,045	0.7508	0.7152	0.6963
0,05	0.7690	0.7313	0.7112

Поверхня, що відображає залежність лінійного коефіцієнту теплопередачі від теплопровідності та товщини утеплювача наведена на рисунку 37.

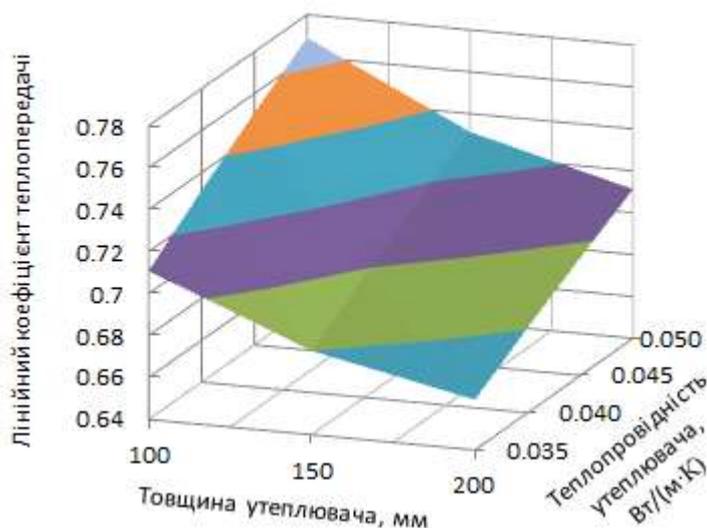


Рисунок 37 – Поверхня, що відображає залежність лінійного коефіцієнту теплопередачі теплового вузла 6 від теплопровідності та товщини утеплювача

Використовуючи координати трьох точок на поверхні отримуємо формулу площини, що відображає залежність лінійного коефіцієнту теплопередачі теплового вузла б від теплопровідності та товщини утеплювача.

Варіант 1.

Координати точок: 1(100; 0,035; 0.7109), 2(200; 0,035; 0.664), 3(150; 0,05; 0,7313).

Формула залежності лінійного коефіцієнту теплопередачі теплового вузла б від товщини та теплопровідності утеплювача.

$$k = -0.000469\delta + 2.923333333\lambda + 0.655483333$$

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі за отриманою формулою наведені в таблиці 49.

Таблиця 49

Лінійні коефіцієнти теплопередачі теплового вузла б (за отриманою формулою)

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійний коефіцієнт теплопередачі при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.7109	0.6875	0.6640
0,04	0.7255	0.7021	0.6786
0,045	0.7401	0.7167	0.6932
0,05	0.7548	0.7313	0.7079

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплового вузла б знайдених за розрахунками температурних полів та за формулою, наведений у таблиці 50.

Таблиця 50

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі вузла б знайдених за розрахунками температурних полів

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Відсоток розходження, при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.0	1.1	0.0
0,04	-0.8	0.6	-0.3
0,045	-1.4	0.2	-0.4
0,05	-1.9	0.0	-0.5

Середнє розходження 0,6 %.

Максимальне розходження 1,9 %.

Варіант 2.

Координати точок: 1(100; 0,05; 0.769), 2(200; 0,05; 0.7112), 3(150; 0,035; 0,68).

Формула залежності лінійного коефіцієнту теплопередачі теплового вузла б від товщини та теплопровідності утеплювача.

$$k = -0.000578\delta + 4.006666667\lambda + 0.626466667$$

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі за отриманою формулою наведені в таблиці 51.

Таблиця 51

Лінійні коефіцієнти теплопередачі теплового вузла б (за отриманою формулою)

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м·К)	Лінійний коефіцієнт теплопередачі при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.7089	0.6800	0.6511
0,04	0.7289	0.7000	0.6711
0,045	0.7490	0.7201	0.6912
0,05	0.7690	0.7401	0.7112

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплового вузла б знайдених за розрахунками температурних полів та за формулою, наведений у таблиці 52.

Таблиця 52

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі вузла б знайдених за розрахунками температурних полів

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м·К)	Відсоток розходження, при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	-0.3	0.0	-1.9
0,04	-0.4	0.3	-1.4
0,045	-0.2	0.7	-0.7
0,05	0.0	1.2	0.0

Середнє розходження 0,6 %.

Максимальне розходження 1,9 %.

					2МБП. 9975516.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		74

Варіант 3.

Координати точок: 1(100; 0,035; 0.7109), 2(100; 0,05; 0.769), 3(200; 0,04; 0,6806).

Формула залежності лінійного коефіцієнту теплопередачі теплового вузла 6 від товщини та теплопровідності утеплювача.

$$k = -0.000496667\delta + 3.873333333\lambda + 0.625$$

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі за отриманою формулою наведені в таблиці 53.

Таблиця 53

Лінійні коефіцієнти теплопередачі теплового вузла 6 (за отриманою формулою)

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м·К)	Лінійний коефіцієнт теплопередачі при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.7109	0.6861	0.6612
0,04	0.7303	0.7054	0.6806
0,045	0.7496	0.7248	0.7000
0,05	0.7690	0.7442	0.7193

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплового вузла 6 знайдених за розрахунками температурних полів та за формулою, наведений у таблиці 54.

Таблиця 54

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі вузла 5 знайдених за розрахунками температурних полів

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м·К)	Відсоток розходження, при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.0	0.9	-0.4
0,04	-0.2	1.1	0.0
0,045	-0.2	1.3	0.5
0,05	0.0	1.8	1.1

Середнє розходження 0,6 %.

Максимальне розходження 1,8 %.

Варіант 4.

Координати точок: 1(200; 0,035; 0.664), 2(200; 0,05; 0.7112), 3(100; 0,045; 0,7508).

Формула залежності лінійного коефіцієнту теплопередачі теплового вузла 6 від товщини та теплопровідності утеплювача.

$$k = -0.000553333\delta + 3.146666667\lambda + 0.664533333$$

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі за отриманою формулою наведені в таблиці 55.

Таблиця 55

Лінійні коефіцієнти теплопередачі теплового вузла 6 (за отриманою формулою)

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м·К)	Лінійний коефіцієнт теплопередачі при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.7193	0.6917	0.6640
0,04	0.7351	0.7074	0.6797
0,045	0.7508	0.7231	0.6955
0,05	0.7665	0.7389	0.7112

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплового вузла 6 знайдених за розрахунками температурних полів та за формулою, наведений у таблиці 56.

Таблиця 56

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі вузла 6 знайдених за розрахунками температурних полів

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м·К)	Відсоток розходження, при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	1.2	1.7	0.0
0,04	0.5	1.3	-0.1
0,045	0.0	1.1	-0.1
0,05	-0.3	1.0	0.0

Середнє розходження 0,6 %.

Максимальне розходження 1,7 %.

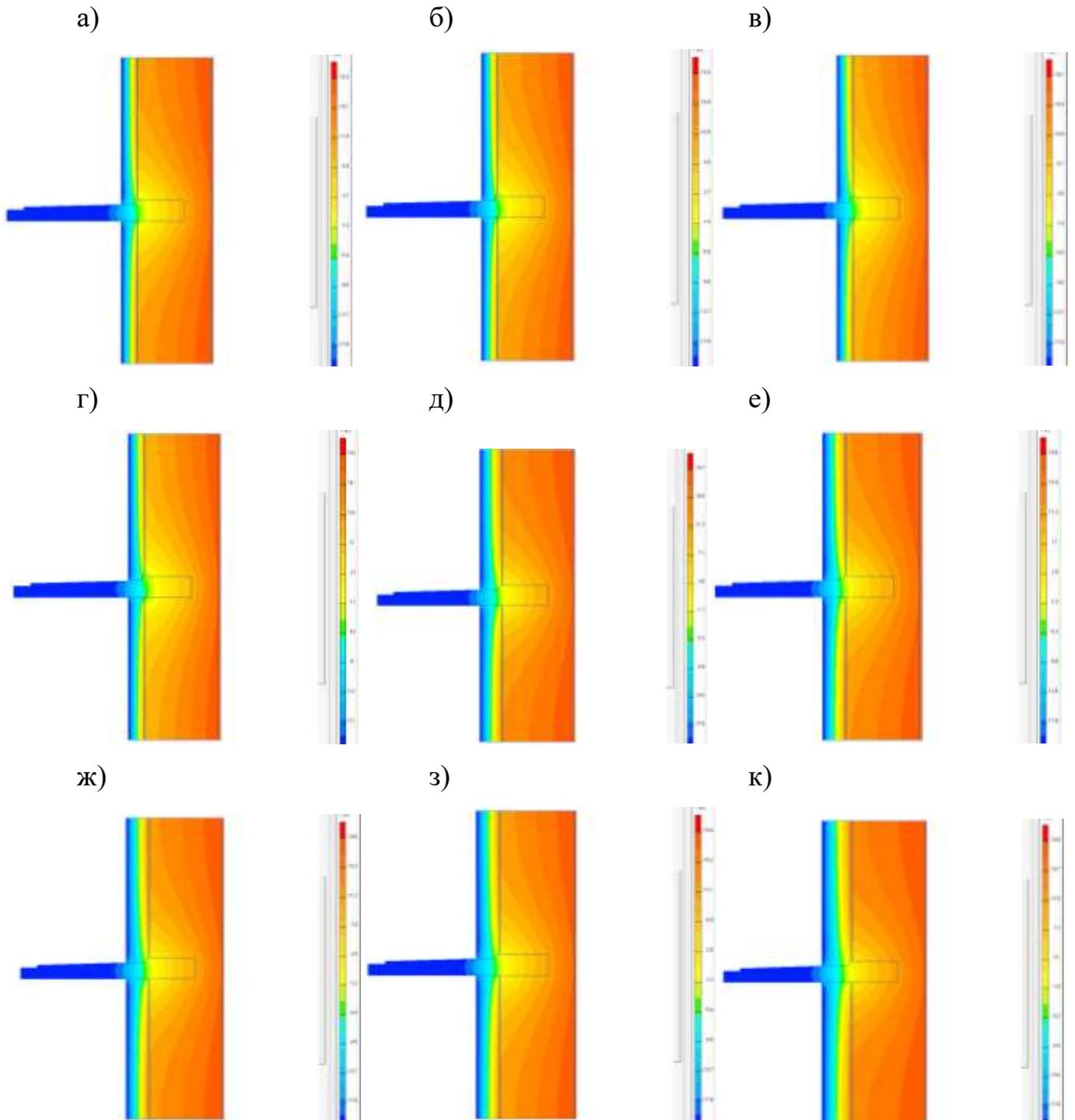
Найбільша точність визначення лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплового вузла 6 за формулою по варіанту 4.

					2МБП. 9975516.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		76

3.9 Лінійний коефіцієнт теплопередачі теплового вузла спирання залізобетонного козирка на стіну (вузол 7).

Для отримання залежності між лінійним коефіцієнтом теплопередачі та товщиною і теплопровідністю утеплювача виконуємо розрахунки температурних полів теплового вузла з товщиною утеплювача 100 мм, 150 мм та 200 мм і його теплопровідністю від 0,035 Вт/(м · К) до 0,05 Вт/(м · К) з кроком 0,005 Вт/(м · К).

Результати розрахунків температурних полів наведені на рисунку 38.



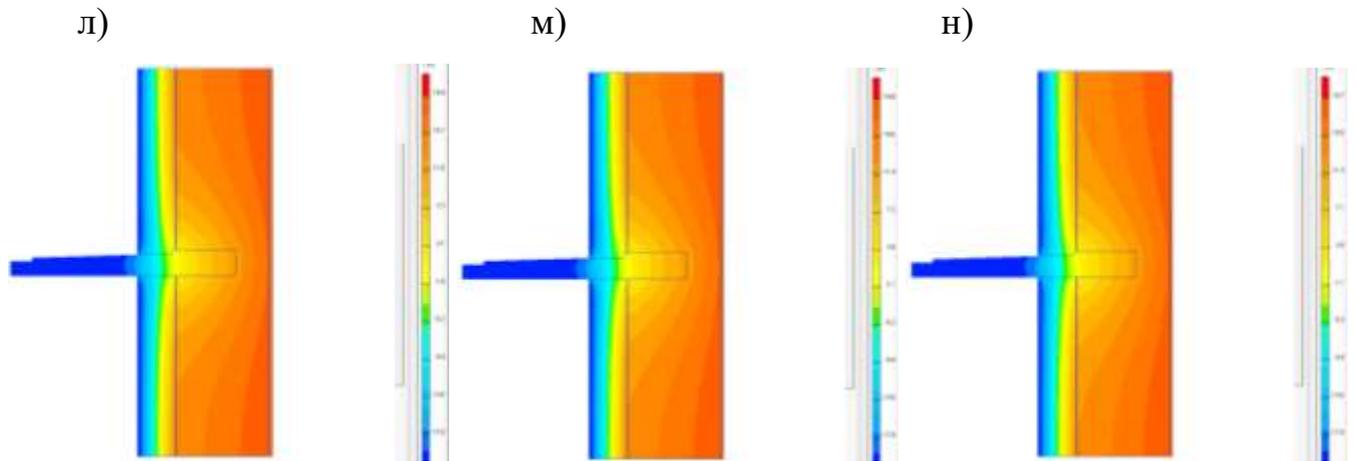


Рисунок 38 – Температурні поля вузла 6: товщина утеплювача 100 мм

- а) $\lambda_p = 0,035 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; б) $\lambda_p = 0,04 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; в) $\lambda_p = 0,045 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;
 г) $\lambda_p = 0,05 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; товщина утеплювача 150 мм д) $\lambda_p = 0,035 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;
 е) $\lambda_p = 0,04 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; ж) $\lambda_p = 0,045 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; з) $\lambda_p = 0,05 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; товщина
 утеплювача 200 мм к) $\lambda_p = 0,035 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; л) $\lambda_p = 0,04 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;
 м) $\lambda_p = 0,045 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; н) $\lambda_p = 0,05 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$

Значення лінійних коефіцієнтів теплопередачі за даними розрахунків температурних полів наведені в таблиці 56.

Таблиця 56

Лінійні коефіцієнти теплопередачі теплового вузла 7 (за даними розрахунків температурних полів)

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійний коефіцієнт теплопередачі при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.4813	0.4592	0.4296
0,04	0.4679	0.4493	0.4222
0,045	0.4556	0.4401	0.4151
0,05	0.4444	0.4314	0.4084

Поверхня, що відображає залежність лінійного коефіцієнту теплопередачі від теплопровідності та товщини утеплювача наведена на рисунку 39.

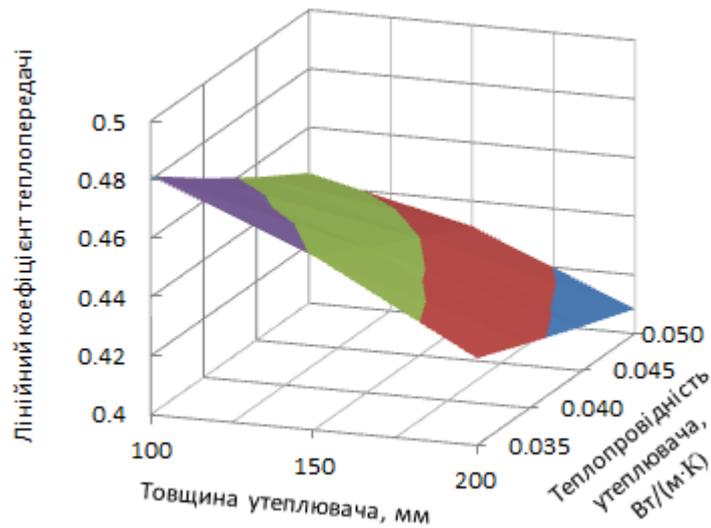


Рисунок 39 – Поверхня, що відображає залежність лінійного коефіцієнту теплопередачі теплового вузла 6 від теплопровідності та товщини утеплювача

Використовуючи координати трьох точок на поверхні отримуємо формулу площини, що відображає залежність лінійного коефіцієнту теплопередачі теплового вузла 7 від теплопровідності та товщини утеплювача.

Варіант 1.

Координати точок: 1(100; 0,035; 0.4813), 2(200; 0,035; 0.4296), 3(150; 0,05; 0,4314).

Формула залежності лінійного коефіцієнту теплопередачі теплового вузла 7 від товщини та теплопровідності утеплювача.

$$k = -0.000517\delta - 1.603333333\lambda + 0.589116667$$

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі за отриманою формулою наведені в таблиці 57.

Таблиця 57

Лінійні коефіцієнти теплопередачі теплового вузла 7 (за отриманою формулою)

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійний коефіцієнт теплопередачі при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.4813	0.4555	0.4296
0,04	0.4733	0.4474	0.4216
0,045	0.4653	0.4394	0.4136
0,05	0.4573	0.4314	0.4056

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплового вузла 7 знайдених за розрахунками температурних полів та за формулою, наведений у таблиці 58.

Таблиця 58

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі вузла 7 знайдених за розрахунками температурних полів

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Відсоток розходження, при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.0	-0.8	0.0
0,04	1.2	-0.4	-0.1
0,045	2.1	-0.2	-0.4
0,05	2.9	0.0	-0.7

Середнє розходження 0,7 %.

Максимальне розходження 2,9 %.

Варіант 2.

Координати точок: 1(100; 0,05; 0.4444), 2(200; 0,05; 0.4084), 3(150; 0,035; 0,4592).

Формула залежності лінійного коефіцієнту теплопередачі теплового вузла 7 від товщини та теплопровідності утеплювача.

$$k = -0.00036\delta - 2.186666667\lambda + 0.589733333$$

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі за отриманою формулою наведені в таблиці 59.

Таблиця 59

Лінійні коефіцієнти теплопередачі теплового вузла 7 (за отриманою формулою)

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійний коефіцієнт теплопередачі при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.4772	0.4592	0.4412
0,04	0.4663	0.4483	0.4303
0,045	0.4553	0.4373	0.4193
0,05	0.4444	0.4264	0.4084

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплового вузла 6 знайдених за розрахунками температурних полів та за формулою, наведений у таблиці 60.

Таблиця 60

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі вузла 7 знайдених за розрахунками температурних полів

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Відсоток розходження, при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	-0.9	0.0	2.7
0,04	-0.3	-0.2	1.9
0,045	-0.1	-0.6	1.0
0,05	0.0	-1.2	0.0

Середнє розходження 0,7 %.

Максимальне розходження 2,7 %.

Варіант 3.

Координати точок: 1(100; 0,035; 0.4813), 2(100; 0,05; 0.4444), 3(200; 0,04; 0,4222).

Формула залежності лінійного коефіцієнту теплопередачі теплового вузла 7 від товщини та теплопровідності утеплювача.

$$k = -0.000466667\delta - 2.486666667\lambda + 0.615$$

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі за отриманою формулою наведені в таблиці 61.

Таблиця 61

Лінійні коефіцієнти теплопередачі теплового вузла 7 (за отриманою формулою)

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійний коефіцієнт теплопередачі при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.4813	0.4580	0.4346
0,04	0.4689	0.4455	0.4222
0,045	0.4564	0.4331	0.4098
0,05	0.4440	0.4207	0.3973

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплового вузла 7 знайдених за розрахунками температурних полів та за формулою, наведений у таблиці 62.

Таблиця 62

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі вузла 7 знайдених за розрахунками температурних полів

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м·К)	Відсоток розходження, при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.0	-0.3	1.2
0,04	0.2	-0.8	0.0
0,045	0.2	-1.6	-1.3
0,05	-0.1	-2.5	-2.7

Середнє розходження 0,9 %.

Максимальне розходження 2,7 %.

Варіант 4.

Координати точок: 1(200; 0,035; 0.4296), 2(200; 0,05; 0.4084), 3(100; 0,045; 0,4556).

Формула залежності лінійного коефіцієнту теплопередачі теплового вузла 7 від товщини та теплопровідності утеплювача.

$$k = -0.000401333\delta - 1.413333333\lambda + 0.559333333$$

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі за отриманою формулою наведені в таблиці 63.

Таблиця 63

Лінійні коефіцієнти теплопередачі теплового вузла 7 (за отриманою формулою)

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м·К)	Лінійний коефіцієнт теплопередачі при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.4697	0.4497	0.4296
0,04	0.4627	0.4426	0.4225
0,045	0.4556	0.4355	0.4155
0,05	0.4485	0.4285	0.4084

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплового вузла 6 знайдених за розрахунками температурних полів та за формулою, наведений у таблиці 64.

Таблиця 64

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі вузла 7 знайдених за розрахунками температурних полів

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Відсоток розходження, при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	-2.4	-2.1	0.0
0,04	-1.1	-1.5	0.1
0,045	0.0	-1.0	0.1
0,05	0.9	-0.7	0.0

Середнє розходження 0,8 %.

Максимальне розходження 2,4 %.

Найбільша точність визначення лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплового вузла 7 за формулою по варіанту 2.

3.10 Лінійний коефіцієнт теплопередачі теплового вузла цоколя (вузол 8).

Визначаємо мінімально допустиме значення опору теплопередачі підвального перекриття за формулою

$$R_{q \min} = \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{під}}}{\Delta T_{\text{ст}} \cdot \alpha_{\text{в}}} = \frac{21 - (-11,25)}{2 \times 8,7} = 1,853 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

де $t_{\text{під}}$ – температура, °С, в неопалювальному підвалі визначається з умови.

Різниця між температурою внутрішнього повітря та температурою неопалювального підвалу зі світловими приямками складає 0,75 від різниці температур зовнішнього повітря та температурою приміщення то температура у неопалювальному підвалі визначається за формулою

$$t_{\text{під}} = t_{\text{в}} - 0,75(t_{\text{з}} - t_{\text{в}}) = 21 - 0,75(21 - (-22)) = -11,25 \text{ °С}$$

$\Delta T_{ст}$ – допустима за санітарно-гігієнічними вимогами різниця між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огороджувальної конструкції, °С, приймаємо за табл. 5 [16].

Приймаємо утеплювач підвалу з утеплювача ROCKMIN.

Визначаємо товщину утеплювача за формулою

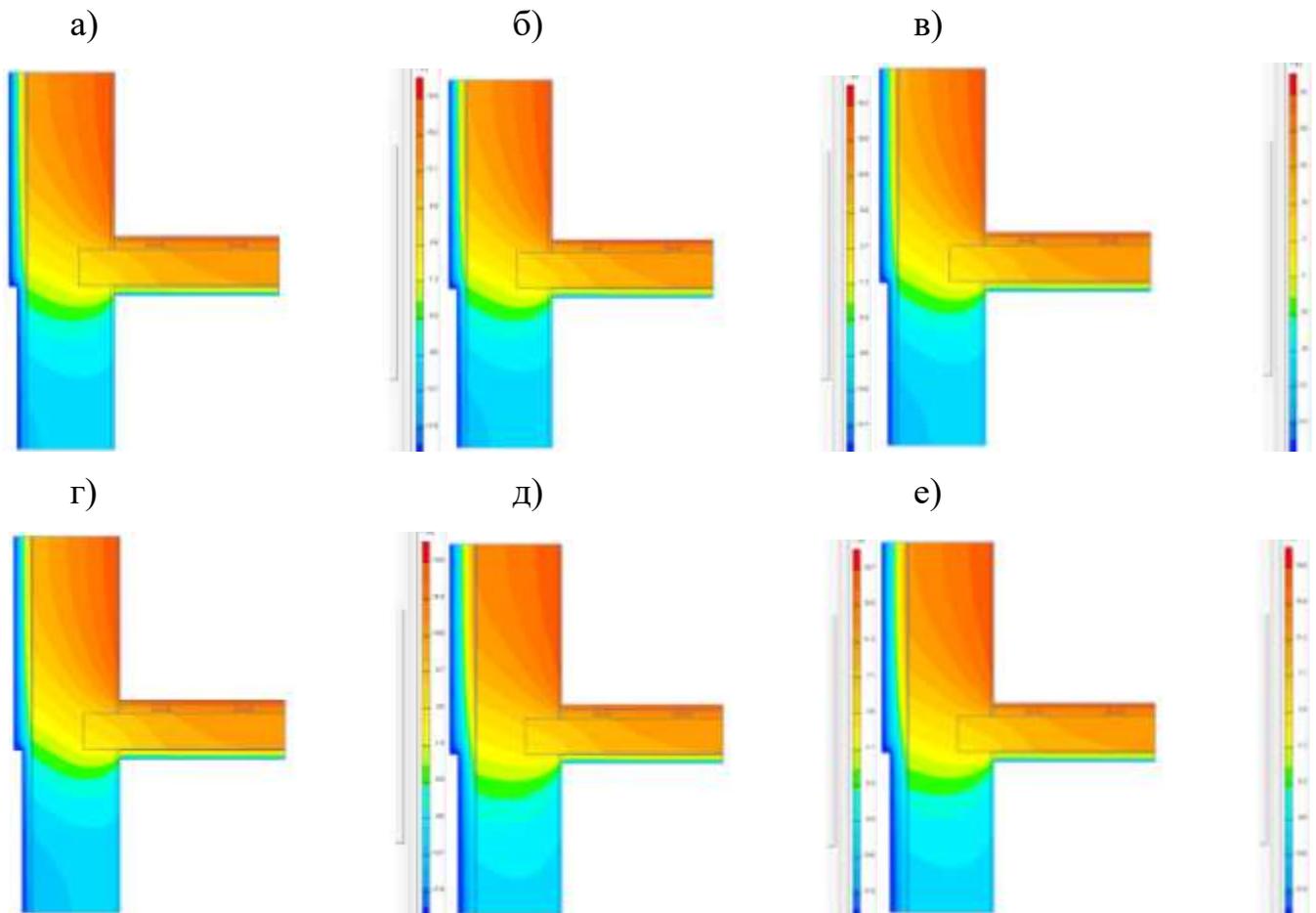
$$\delta_{ут} = \lambda_{ут} \left(R_{q,min} - \frac{1}{\alpha_{в}} - \frac{1}{\alpha_{з}} - \frac{\delta_1}{\lambda_1} - \frac{\delta_3}{\lambda_3} - \frac{\delta_4}{\lambda_4} - \frac{\delta_5}{\lambda_5} - \frac{\delta_6}{\lambda_6} \right) =$$

$$= 0,039 \left(1,853 - \frac{1}{8,7} - \frac{1}{23} - \frac{0,02}{0,18} - \frac{0,06}{0,286} - \frac{0,22}{2,04} - \frac{0,005}{0,93} - \frac{0,005}{0,93} \right) = 0,049 \text{ м}$$

Приймаємо товщину утеплювача 0,05 м.

Для отримання залежності між лінійним коефіцієнтом теплопередачі та товщиною і теплопровідністю утеплювача виконуємо розрахунки температурних полів теплового вузла з товщиною утеплювача 100 мм, 150 мм та 200 мм і його теплопровідністю від 0,035 Вт/(м · К) до 0,05 Вт/(м · К) з кроком 0,005 Вт/(м · К).

Результати розрахунків температурних полів наведені на рисунку 40.



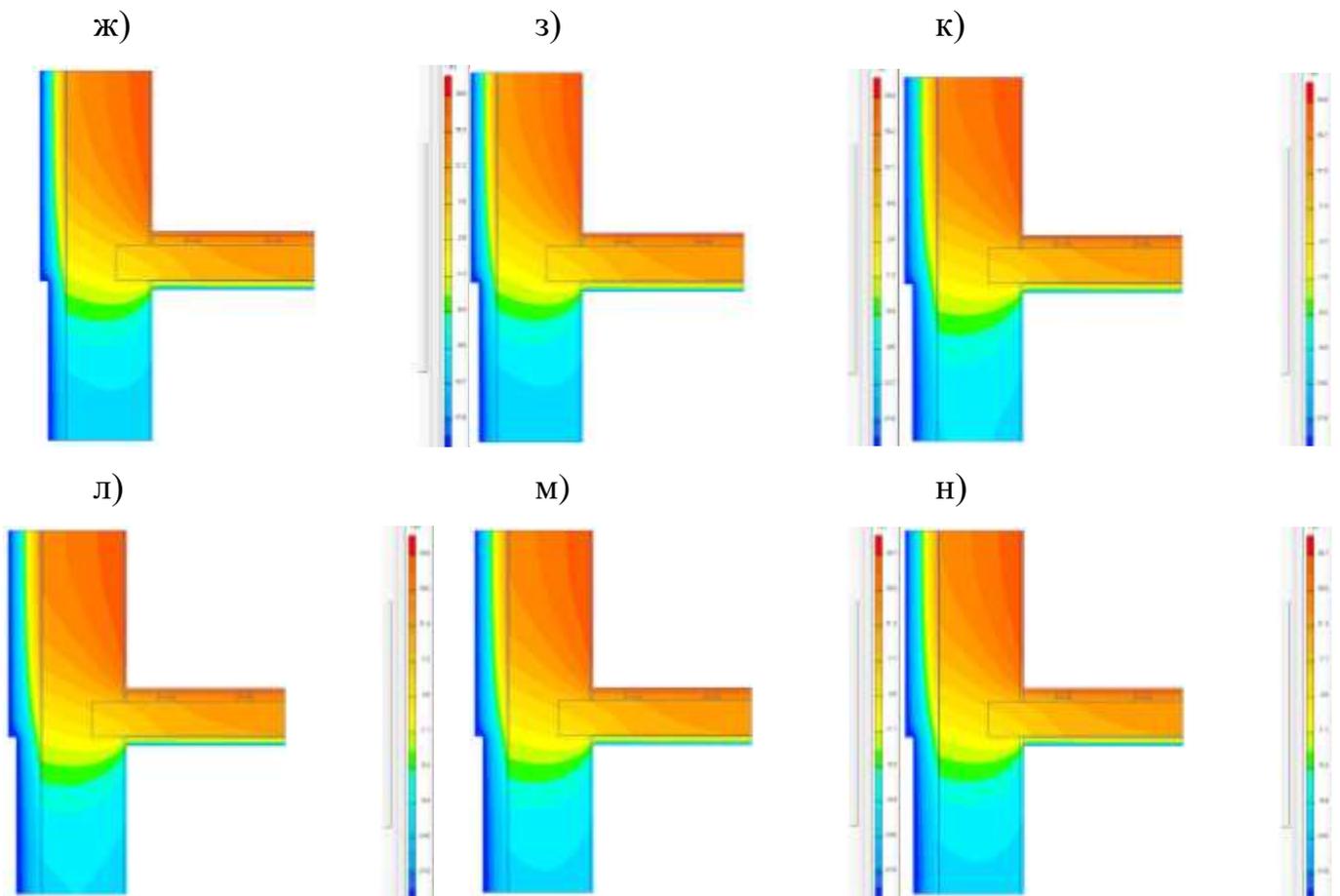


Рисунок 40 – Температурні поля вузла 8: товщина утеплювача 100 мм

- а) $\lambda_p = 0,035 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; б) $\lambda_p = 0,04 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; в) $\lambda_p = 0,045 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;
 г) $\lambda_p = 0,05 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; товщина утеплювача 150 мм д) $\lambda_p = 0,035 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;
 е) $\lambda_p = 0,04 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; ж) $\lambda_p = 0,045 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; з) $\lambda_p = 0,05 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; товщина
 утеплювача 200 мм к) $\lambda_p = 0,035 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; л) $\lambda_p = 0,04 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;
 м) $\lambda_p = 0,045 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; н) $\lambda_p = 0,05 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$

Значення лінійних коефіцієнтів теплопередачі за даними розрахунків температурних полів наведені в таблиці 65.

Таблиця 65

Лінійні коефіцієнти теплопередачі теплового вузла 8 (за даними розрахунків температурних полів)

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійний коефіцієнт теплопередачі при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.4930	0.4064	0.3601

					2МБП. 9975516.ПЗ	Арк.
						85
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

0,04	0.5234	0.4302	0.3795
0,045	0.5519	0.4529	0.3981
0,05	0.5786	0.4745	0.4161

Поверхня, що відображає залежність лінійного коефіцієнту теплопередачі від теплопровідності та товщини утеплювача наведена на рисунку 41.

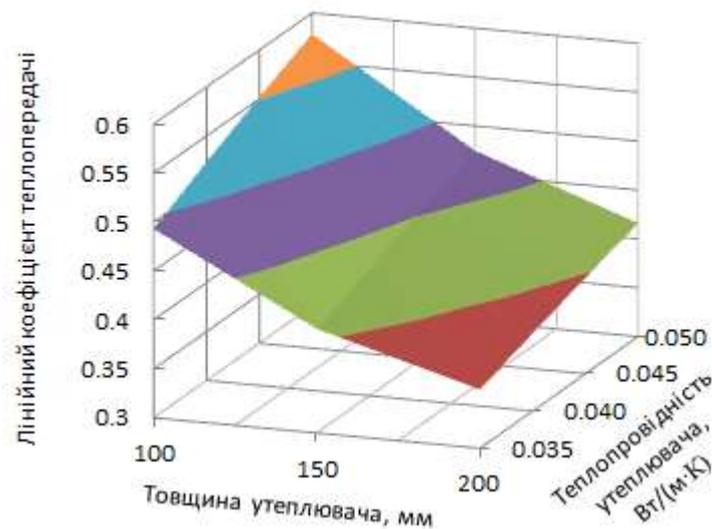


Рисунок 41 – Поверхня, що відображає залежність лінійного коефіцієнту теплопередачі теплового вузла 8 від теплопровідності та товщини утеплювача

Використовуючи координати трьох точок на поверхні отримуємо формулу площини, що відображає залежність лінійного коефіцієнту теплопередачі теплового вузла 8 від теплопровідності та товщини утеплювача.

Варіант 1.

Координати точок: 1(100; 0,035; 0.493), 2(200; 0,035; 0.3601), 3(150; 0,05; 0,4745).

Формула залежності лінійного коефіцієнту теплопередачі теплового вузла 8 від товщини та теплопровідності утеплювача.

$$k = -0.001329\delta + 3.196666667\lambda + 0.514016667$$

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі за отриманою формулою наведені в таблиці 66.

Лінійні коефіцієнти теплопередачі теплового вузла 8 (за отриманою формулою)

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійний коефіцієнт теплопередачі при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.4930	0.4266	0.3601
0,04	0.5090	0.4425	0.3761
0,045	0.5250	0.4585	0.3921
0,05	0.5410	0.4745	0.4081

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплового вузла 8 знайдених за розрахунками температурних полів та за формулою, наведений у таблиці 67.

Таблиця 67

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі вузла 8 знайдених за розрахунками температурних полів

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Відсоток розходження, при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.0	5.0	0.0
0,04	-2.8	2.9	-0.9
0,045	-4.9	1.2	-1.5
0,05	-6.5	0.0	-1.9

Середнє розходження 2,3 %.

Максимальне розходження 6,5 %.

Варіант 2.

Координати точок: 1(100; 0,05; 0.5786), 2(200; 0,05; 0.4161), 3(150; 0,035; 0,4064).

Формула залежності лінійного коефіцієнту теплопередачі теплового вузла 8 від товщини та теплопровідності утеплювача.

$$k = -0.001625\delta + 6.063333333\lambda + 0.437933333$$

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі за отриманою формулою наведені в таблиці 68.

					2МБП. 9975516.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		87

Лінійні коефіцієнти теплопередачі теплового вузла 8 (за отриманою формулою)

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійний коефіцієнт теплопередачі при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.4877	0.4064	0.3252
0,04	0.5180	0.4367	0.3555
0,045	0.5483	0.4670	0.3858
0,05	0.5786	0.4974	0.4161

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплового вузла 8 знайдених за розрахунками температурних полів та за формулою, наведений у таблиці 69.

Таблиця 69

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі вузла 7 знайдених за розрахунками температурних полів

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Відсоток розходження, при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	-1.1	0.0	-9.7
0,04	-1.0	1.5	-6.3
0,045	-0.7	3.1	-3.1
0,05	0.0	4.8	0.0

Середнє розходження 2,6 %.

Максимальне розходження 9,7 %.

Варіант 3.

Координати точок: 1(100; 0,035; 0.493), 2(100; 0,05; 0.5786), 3(200; 0,04; 0,3795).

Формула залежності лінійного коефіцієнту теплопередачі теплового вузла 8 від товщини та теплопровідності утеплювача.

$$k = -0.001420333\delta + 5.706666667\lambda + 0.4353$$

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі за отриманою формулою наведені в таблиці 70.

					2МБП. 9975516.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		88

Лінійні коефіцієнти теплопередачі теплового вузла 7 (за отриманою формулою)8

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійний коефіцієнт теплопередачі при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.4930	0.4220	0.3510
0,04	0.5215	0.4505	0.3795
0,045	0.5501	0.4791	0.4080
0,05	0.5786	0.5076	0.4366

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплового вузла 8 знайдених за розрахунками температурних полів та за формулою, наведений у таблиці 71.

Таблиця 71

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі вузла 8 знайдених за розрахунками температурних полів

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Відсоток розходження, при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.0	3.8	-2.5
0,04	-0.4	4.7	0.0
0,045	-0.3	5.8	2.5
0,05	0.0	7.0	4.9

Середнє розходження 2,7 %.

Максимальне розходження 7 %.

Варіант 4.

Координати точок: 1(200; 0,035; 0.3601), 2(200; 0,05; 0.4161), 3(100; 0,045; 0,5519).

Формула залежності лінійного коефіцієнту теплопередачі теплового вузла 8 від товщини та теплопровідності утеплювача.

$$k = -0.001544667\delta + 3.733333333\lambda + 0.538366667$$

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі за отриманою формулою наведені в таблиці 72.

					2МБП. 9975516.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		89

Лінійні коефіцієнти теплопередачі теплового вузла 8 (за отриманою формулою)

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійний коефіцієнт теплопередачі при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.5146	0.4373	0.3601
0,04	0.5332	0.4560	0.3788
0,045	0.5519	0.4747	0.3974
0,05	0.5706	0.4933	0.4161

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплового вузла 8 знайдених за розрахунками температурних полів та за формулою, наведений у таблиці 73.

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі вузла 8 знайдених за розрахунками температурних полів

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Відсоток розходження, при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	4.4	7.6	0.0
0,04	1.9	6.0	-0.2
0,045	0.0	4.8	-0.2
0,05	-1.4	4.0	0.0

Середнє розходження 2,5 %.

Максимальне розходження 7,6 %.

Найбільша точність визначення лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплового вузла 8 за формулою по варіанту 1.

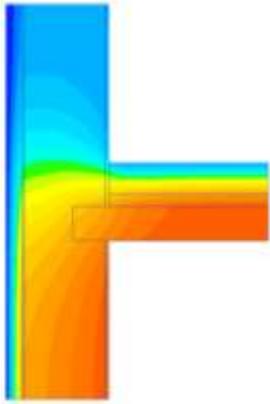
3.11 Лінійний коефіцієнт теплопередачі теплового вузла спірання плити горючого перекриття на стіну (вузол 9).

Для отримання залежності між лінійним коефіцієнтом теплопередачі та товщиною і теплопровідністю утеплювача виконуємо розрахунки температурних полів теплового вузла з товщиною утеплювача 100 мм, 150 мм та 200 мм і його теплопровідністю від 0,035 Вт/(м · К) до 0,05 Вт/(м · К) з кроком 0,005 Вт/(м · К).

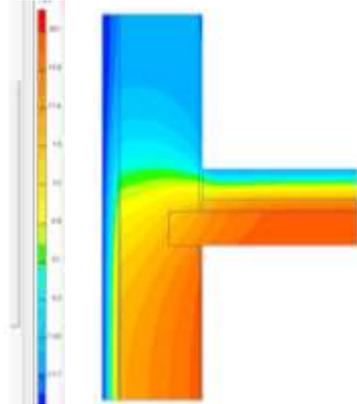
					2МБП. 9975516.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		90

Результати розрахунків температурних полів наведені на рисунку 42.

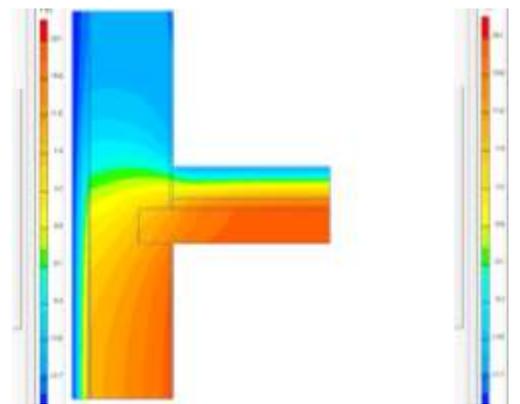
а)



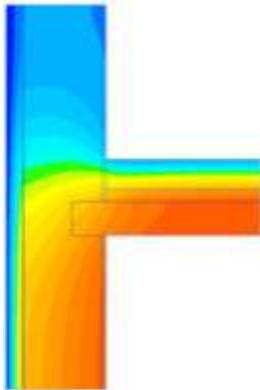
б)



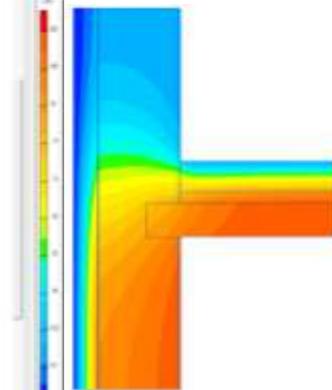
в)



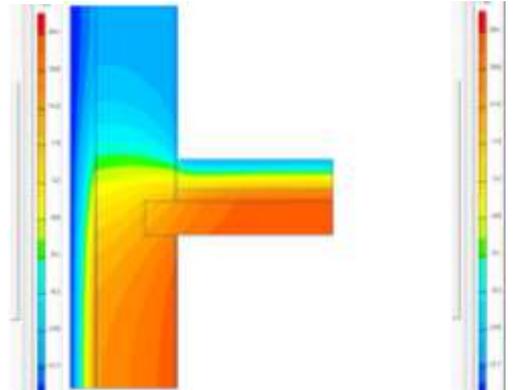
г)



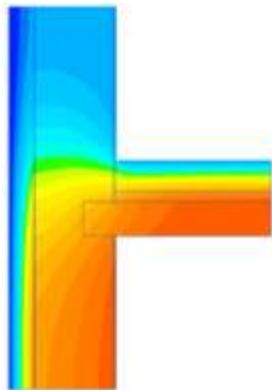
д)



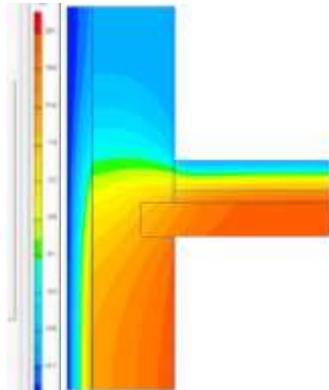
е)



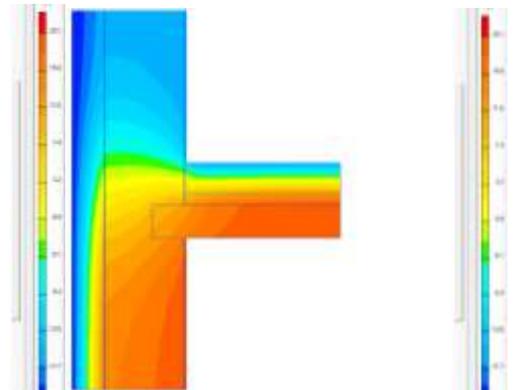
ж)



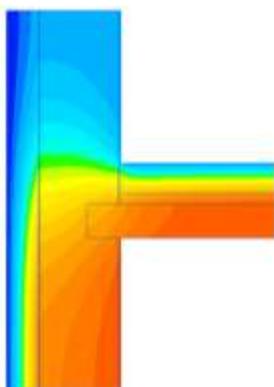
з)



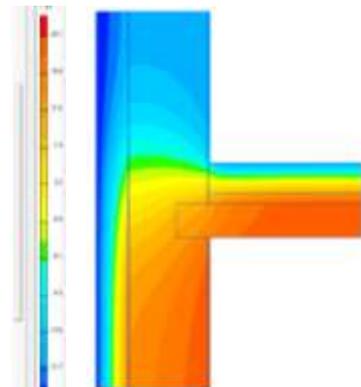
к)



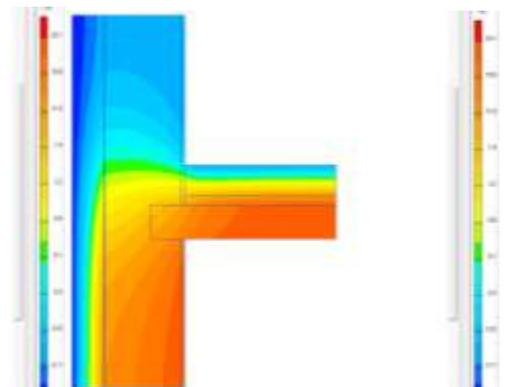
л)



м)



н)



Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

2МБП. 9975516.ПЗ

Арк.

91

Рисунок 42 – Температурні поля вузла 9: товщина утеплювача 100 мм

а) $\lambda_p = 0,035 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; б) $\lambda_p = 0,04 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; в) $\lambda_p = 0,045 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;

г) $\lambda_p = 0,05 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; товщина утеплювача 150 мм д) $\lambda_p = 0,035 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;

е) $\lambda_p = 0,04 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; ж) $\lambda_p = 0,045 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; з) $\lambda_p = 0,05 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; товщина

утеплювача 200 мм к) $\lambda_p = 0,035 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; л) $\lambda_p = 0,04 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;

м) $\lambda_p = 0,045 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; н) $\lambda_p = 0,05 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$

Значення лінійних коефіцієнтів теплопередачі за даними розрахунків температурних полів наведені в таблиці 74.

Таблиця 74

Лінійні коефіцієнти теплопередачі теплового вузла 9 (за даними розрахунків температурних полів)

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м·К)	Лінійний коефіцієнт теплопередачі при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.4282	0.3442	0.2972
0,04	0.4607	0.3696	0.3180
0,045	0.4913	0.3940	0.3380
0,05	0.5202	0.4173	0.3575

Поверхня, що відображає залежність лінійного коефіцієнту теплопередачі від теплопровідності та товщини утеплювача наведена на рисунку 43.

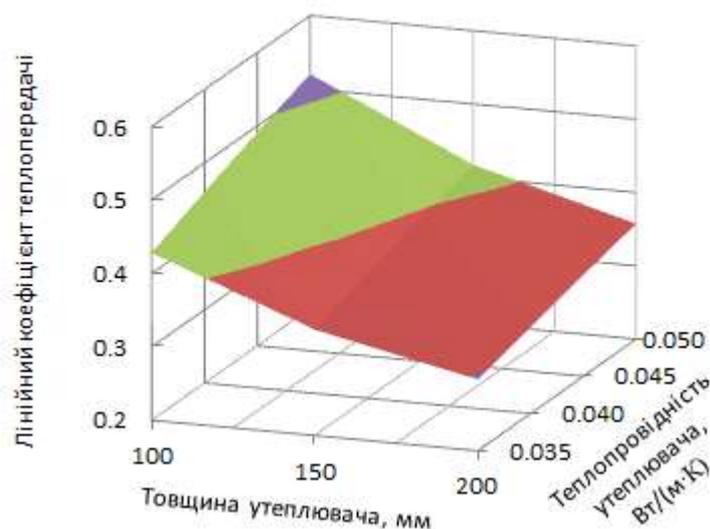


Рисунок 43 – Поверхня, що відображає залежність лінійного коефіцієнту теплопередачі теплового вузла 9 від теплопровідності та товщини утеплювача

Використовуючи координати трьох точок на поверхні отримуємо формулу площини, що відображає залежність лінійного коефіцієнту теплопередачі теплового вузла 9 від теплопровідності та товщини утеплювача.

Варіант 1.

Координати точок: 1(100; 0,035; 0.4282), 2(200; 0,035; 0.2972), 3(150; 0,05; 0,4173).

Формула залежності лінійного коефіцієнту теплопередачі теплового вузла 9 від товщини та теплопровідності утеплювача.

$$k = -0.00131\delta + 3.64\lambda + 0.4318$$

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі за отриманою формулою наведені в таблиці 75.

Таблиця 75

Лінійні коефіцієнти теплопередачі теплового вузла 9 (за отриманою формулою)

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійний коефіцієнт теплопередачі при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.4282	0.3627	0.2972
0,04	0.4464	0.3809	0.3154
0,045	0.4646	0.3991	0.3336
0,05	0.4828	0.4173	0.3518

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплового вузла 9 знайдених за розрахунками температурних полів та за формулою, наведений у таблиці 76.

Таблиця 76

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі вузла 9 знайдених за розрахунками температурних полів

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Відсоток розходження, при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.0	5.4	0.0
0,04	-3.1	3.1	-0.8
0,045	-5.4	1.3	-1.3
0,05	-7.2	0.0	-1.6

Середнє розходження 2,4 %.

Максимальне розходження 7,2 %.

Варіант 2.

Координати точок: 1(100; 0,05; 0.5202), 2(200; 0,05; 0.3575), 3(150; 0,035; 0,3442).

Формула залежності лінійного коефіцієнту теплопередачі теплового вузла 9 від товщини та теплопровідності утеплювача.

$$k = -0.001627\delta + 6.31\lambda + 0.3674$$

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі за отриманою формулою наведені в таблиці 77.

Таблиця 77

Лінійні коефіцієнти теплопередачі теплового вузла 9 (за отриманою формулою)

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м·К)	Лінійний коефіцієнт теплопередачі при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.4256	0.3442	0.2629
0,04	0.4571	0.3758	0.2944
0,045	0.4887	0.4073	0.3260
0,05	0.5202	0.4389	0.3575

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплового вузла 9 знайдених за розрахунками температурних полів та за формулою, наведений у таблиці 78.

Таблиця 78

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі вузла 9 знайдених за розрахунками температурних полів

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м·К)	Відсоток розходження, при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	-0.6	0.0	-11.6
0,04	-0.8	1.7	-7.4
0,045	-0.5	3.4	-3.6
0,05	0.0	5.2	0.0

Середнє розходження 2,9 %.

Максимальне розходження 11,6 %.

					2МБП. 9975516.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		94

Варіант 3.

Координати точок: 1(100; 0,035; 0.4282), 2(100; 0,05; 0.5202), 3(200; 0,04; 0,318).

Формула залежності лінійного коефіцієнту теплопередачі теплового вузла 9 від товщини та теплопровідності утеплювача.

$$k = -0.001408667\delta + 6.133333333\lambda + 0.3544$$

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі за отриманою формулою наведені в таблиці 79.

Таблиця 79

Лінійні коефіцієнти теплопередачі теплового вузла 9 (за отриманою формулою)8

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м·К)	Лінійний коефіцієнт теплопередачі при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.4282	0.3578	0.2873
0,04	0.4589	0.3884	0.3180
0,045	0.4895	0.4191	0.3487
0,05	0.5202	0.4498	0.3793

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплового вузла 9 знайдених за розрахунками температурних полів та за формулою, наведений у таблиці 80.

Таблиця 80

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі вузла 9 знайдених за розрахунками температурних полів

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м·К)	Відсоток розходження, при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.0	3.9	-3.3
0,04	-0.4	5.1	0.0
0,045	-0.4	6.4	3.2
0,05	0.0	7.8	6.1

Середнє розходження 3 %.

Максимальне розходження 7,8 %.

					2МБП. 9975516.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		95

Варіант 4.

Координати точок: 1(200; 0,035; 0.2972), 2(200; 0,05; 0.3575), 3(100; 0,045; 0,4913).

Формула залежності лінійного коефіцієнту теплопередачі теплового вузла 9 від товщини та теплопровідності утеплювача.

$$k = -0.001539\delta + 4.02\lambda + 0.4643$$

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі за отриманою формулою наведені в таблиці 81.

Таблиця 81

Лінійні коефіцієнти теплопередачі теплового вузла 9 (за отриманою формулою)

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м·К)	Лінійний коефіцієнт теплопередачі при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.4511	0.3742	0.2972
0,04	0.4712	0.3943	0.3173
0,045	0.4913	0.4144	0.3374
0,05	0.5114	0.4345	0.3575

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплового вузла 9 знайдених за розрахунками температурних полів та за формулою, наведений у таблиці 82.

Таблиця 82

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі вузла 9 знайдених за розрахунками температурних полів

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м·К)	Відсоток розходження, при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	5.3	8.7	0.0
0,04	2.3	6.7	-0.2
0,045	0.0	5.2	-0.2
0,05	-1.7	4.1	0.0

Середнє розходження 2,9 %.

Максимальне розходження 8,7 %.

Найбільша точність визначення лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплового вузла 9 за формулою по варіанту 1.

					2МБП. 9975516.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		96

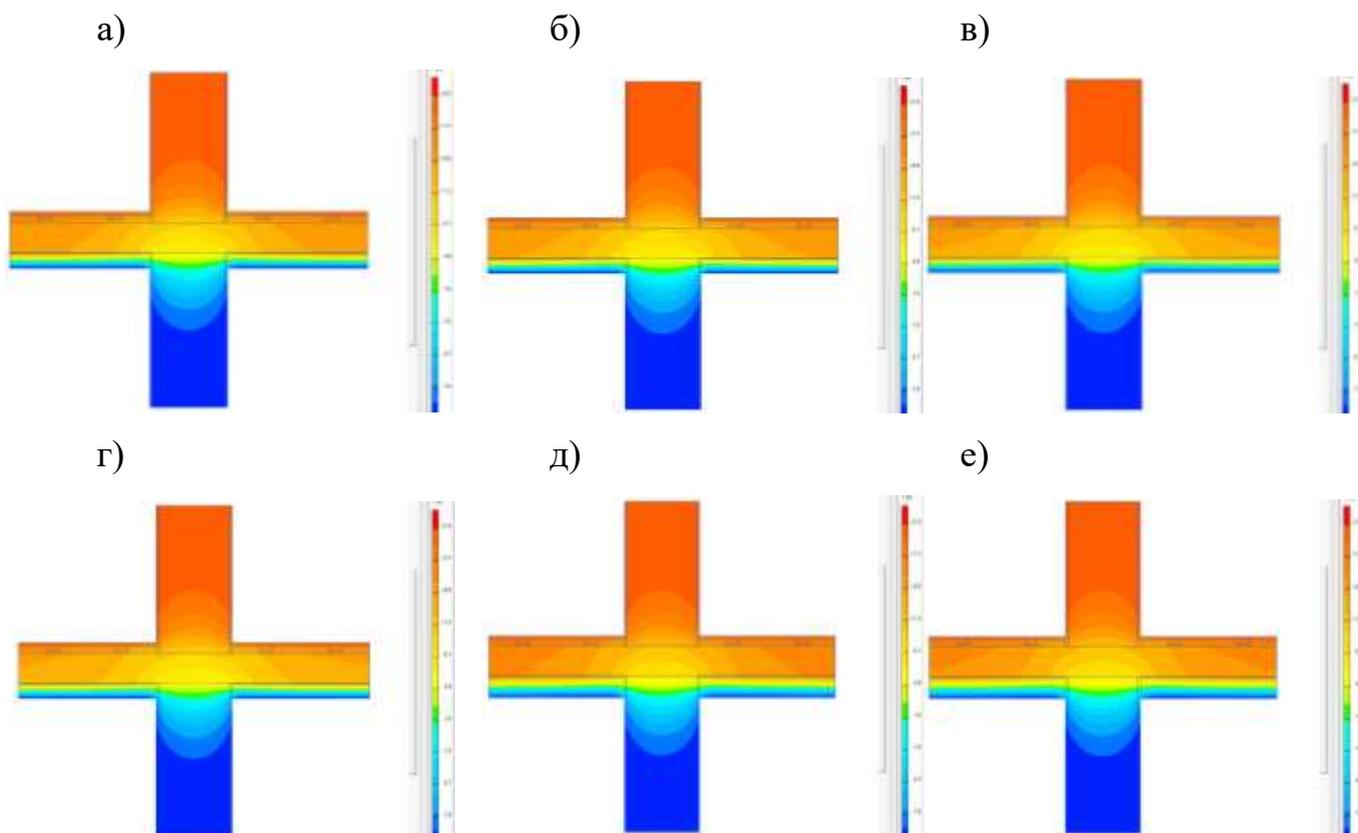
3.12 Лінійний коефіцієнт теплопередачі теплового вузла спирання підвального перекриття на внутрішню стіну (вузол 10).

Так як різниця між температурою внутрішнього повітря та температурою неопалювального підвалу зі світловими прямками складає 0,75 від різниці температур зовнішнього повітря та температурою приміщення то температура у неопалювальному підвалі визначається за формулою

$$t_{\text{під}} = t_{\text{в}} - 0,75(t_{\text{з}} - t_{\text{в}}) = 21 - 0,75(21 - (-22)) = -11,25 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Для отримання залежності між лінійним коефіцієнтом теплопередачі та товщиною і теплопровідністю утеплювача виконуємо розрахунки температурних полів теплового вузла з товщиною утеплювача 100 мм, 150 мм та 200 мм і його теплопровідністю від 0,035 Вт/(м · К) до 0,05 Вт/(м · К) з кроком 0,005 Вт/(м · К).

Результати розрахунків температурних полів наведені на рисунку 44.



Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

2МБП. 9975516.ПЗ

Арк.

97

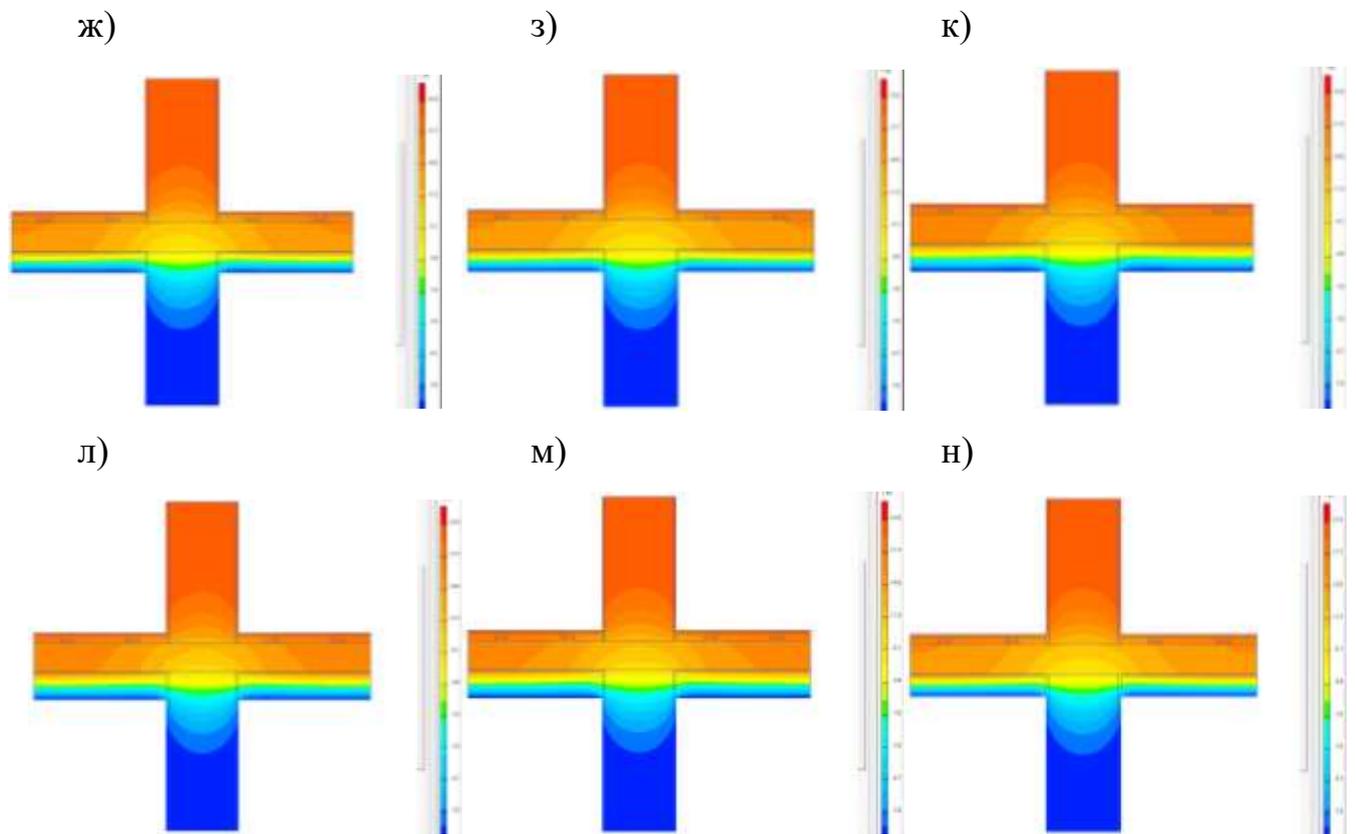


Рисунок 44 – Температурні поля вузла 10: товщина утеплювача 100 мм

- а) $\lambda_p = 0,035 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; б) $\lambda_p = 0,04 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; в) $\lambda_p = 0,045 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;
 г) $\lambda_p = 0,05 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; товщина утеплювача 150 мм д) $\lambda_p = 0,035 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;
 е) $\lambda_p = 0,04 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; ж) $\lambda_p = 0,045 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; з) $\lambda_p = 0,05 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; товщина
 утеплювача 200 мм к) $\lambda_p = 0,035 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; л) $\lambda_p = 0,04 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;
 м) $\lambda_p = 0,045 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; н) $\lambda_p = 0,05 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$

Значення лінійних коефіцієнтів теплопередачі за даними розрахунків температурних полів наведені в таблиці 83.

Таблиця 83

Лінійні коефіцієнти теплопередачі теплового вузла 10 (за даними розрахунків температурних полів)

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійний коефіцієнт теплопередачі при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.8158	0.7677	0.7167
0,04	0.8022	0.7579	0.7093
0,045	0.7897	0.7487	0.7023
0,05	0.7781	0.7400	0.6956

Поверхня, що відображає залежність лінійного коефіцієнту теплопередачі від теплопровідності та товщини утеплювача наведена на рисунку 45.

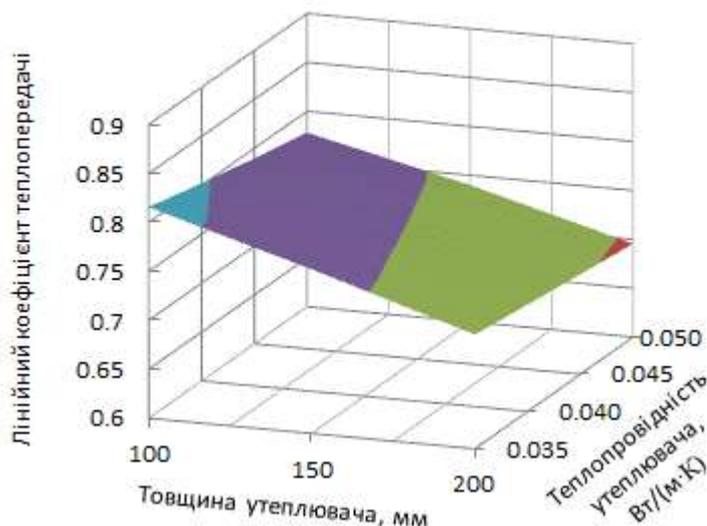


Рисунок 45 – Поверхня, що відображає залежність лінійного коефіцієнту теплопередачі теплового вузла 10 від теплопровідності та товщини утеплювача

Використовуючи координати трьох точок на поверхні отримуємо формулу площини, що відображає залежність лінійного коефіцієнту теплопередачі теплового вузла 10 від теплопровідності та товщини утеплювача.

Варіант 1.

Координати точок: 1(100; 0,035; 0.8158), 2(200; 0,035; 0.7167), 3(150; 0,05; 0,74).

Формула залежності лінійного коефіцієнту теплопередачі теплового вузла 10 від товщини та теплопровідності утеплювача.

$$k = -0.000991\delta - 1.75\lambda + 0.97615$$

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі за отриманою формулою наведені в таблиці 84.

Таблиця 84

Лінійні коефіцієнти теплопередачі теплового вузла 10 (за отриманою формулою)

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійний коефіцієнт теплопередачі при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.8158	0.7663	0.7167
0,04	0.8071	0.7575	0.7080

0,045	0.7983	0.7488	0.6992
0,05	0.7896	0.7400	0.6905

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплового вузла 10 знайдених за розрахунками температурних полів та за формулою, наведений у таблиці 85.

Таблиця 85

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі вузла 10 знайдених за розрахунками температурних полів

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Відсоток розходження, при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.0	-0.2	0.0
0,04	0.6	-0.1	-0.2
0,045	1.1	0.0	-0.4
0,05	1.5	0.0	-0.7

Середнє розходження 0,4 %.

Максимальне розходження 1,5 %.

Варіант 2.

Координати точок: 1(100; 0,05; 0.7781), 2(200; 0,05; 0.6956), 3(150; 0,035; 0,7677).

Формула залежності лінійного коефіцієнту теплопередачі теплового вузла 10 від товщини та теплопровідності утеплювача.

$$k = -0.000825\delta - 2.056666667\lambda + 0.963433333$$

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі за отриманою формулою наведені в таблиці 86.

Таблиця 86

Лінійні коефіцієнти теплопередачі теплового вузла 10 (за отриманою формулою)

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійний коефіцієнт теплопередачі при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.8090	0.7677	0.7265
0,04	0.7987	0.7574	0.7162
0,045	0.7884	0.7471	0.7059
0,05	0.7781	0.7369	0.6956

					2МБП. 9975516.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		100

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплового вузла 10 знайдених за розрахунками температурних полів та за формулою, наведений у таблиці 87.

Таблиця 87

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі вузла 10 знайдених за розрахунками температурних полів

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Відсоток розходження, при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	-0.8	0.0	1.4
0,04	-0.4	-0.1	1.0
0,045	-0.2	-0.2	0.5
0,05	0.0	-0.4	0.0

Середнє розходження 0,4 %.

Максимальне розходження 1,4 %.

Варіант 3.

Координати точок: 1(100; 0,035; 0.8158), 2(100; 0,05; 0.7781), 3(200; 0,04; 0,7093).

Формула залежності лінійного коефіцієнту теплопередачі теплового вузла 10 від товщини та теплопровідності утеплювача.

$$k = -0.000939333\delta - 2.513333333\lambda + 0.9977$$

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі за отриманою формулою наведені в таблиці 88.

Таблиця 88

Лінійні коефіцієнти теплопередачі теплового вузла 10 (за отриманою формулою)

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійний коефіцієнт теплопередачі при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.8158	0.7688	0.7219
0,04	0.8032	0.7563	0.7093
0,045	0.7907	0.7437	0.6967
0,05	0.7781	0.7311	0.6842

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплового вузла 10 знайдених за розрахунками температурних полів та за формулою, наведений у таблиці 89.

Таблиця 89

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі вузла 10 знайдених за розрахунками температурних полів

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м·К)	Відсоток розходження, при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.0	0.1	0.7
0,04	0.1	-0.2	0.0
0,045	0.1	-0.7	-0.8
0,05	0.0	-1.2	-1.6

Середнє розходження 0,5 %.

Максимальне розходження 1,6 %.

Варіант 4.

Координати точок: 1(200; 0,035; 0.7167), 2(200; 0,05; 0.6956), 3(100; 0,045; 0,7897).

Формула залежності лінійного коефіцієнту теплопередачі теплового вузла 10 від товщини та теплопровідності утеплювача.

$$k = -0.000870667\delta - 1.406666667\lambda + 0.940066667$$

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі за отриманою формулою наведені в таблиці 90.

Таблиця 90

Лінійні коефіцієнти теплопередачі теплового вузла 10 (за отриманою формулою)

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м·К)	Лінійний коефіцієнт теплопередачі при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.8038	0.7602	0.7167
0,04	0.7967	0.7532	0.7097
0,045	0.7897	0.7462	0.7026
0,05	0.7827	0.7391	0.6956

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплового вузла 10 знайдених за розрахунками температурних полів та за формулою, наведений у таблиці 91.

Таблиця 91

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі вузла 10 знайдених за розрахунками температурних полів

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Відсоток розходження, при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	-1.5	-1.0	0.0
0,04	-0.7	-0.6	0.1
0,045	0.0	-0.3	0.0
0,05	0.6	-0.1	0.0

Середнє розходження 0,4 %.

Максимальне розходження 1,5 %.

Найбільша точність визначення лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплового вузла 10 за формулою по варіанту 2.

3.13 Лінійний коефіцієнт теплопередачі теплового вузла спирання горищного перекриття на внутрішню стіну (вузол 11).

Так як різниця між температурою внутрішнього повітря та температурою горища складає 0, від різниці температур зовнішнього повітря та температурою приміщення то температура у горища визначається за формулою

$$t_{\text{під}} = t_{\text{в}} - 0,9(t_{\text{з}} - t_{\text{в}}) = 21 - 0,9(21 - (-22)) = -17,7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Для отримання залежності між лінійним коефіцієнтом теплопередачі та товщиною і теплопровідністю утеплювача виконуємо розрахунки температурних полів теплового вузла з товщиною утеплювача 100 мм, 150 мм та 200 мм і його теплопровідністю від 0,035 Вт/(м · К) до 0,05 Вт/(м · К) з кроком 0,005 Вт/(м · К).

Результати розрахунків температурних полів наведені на рисунку 46.

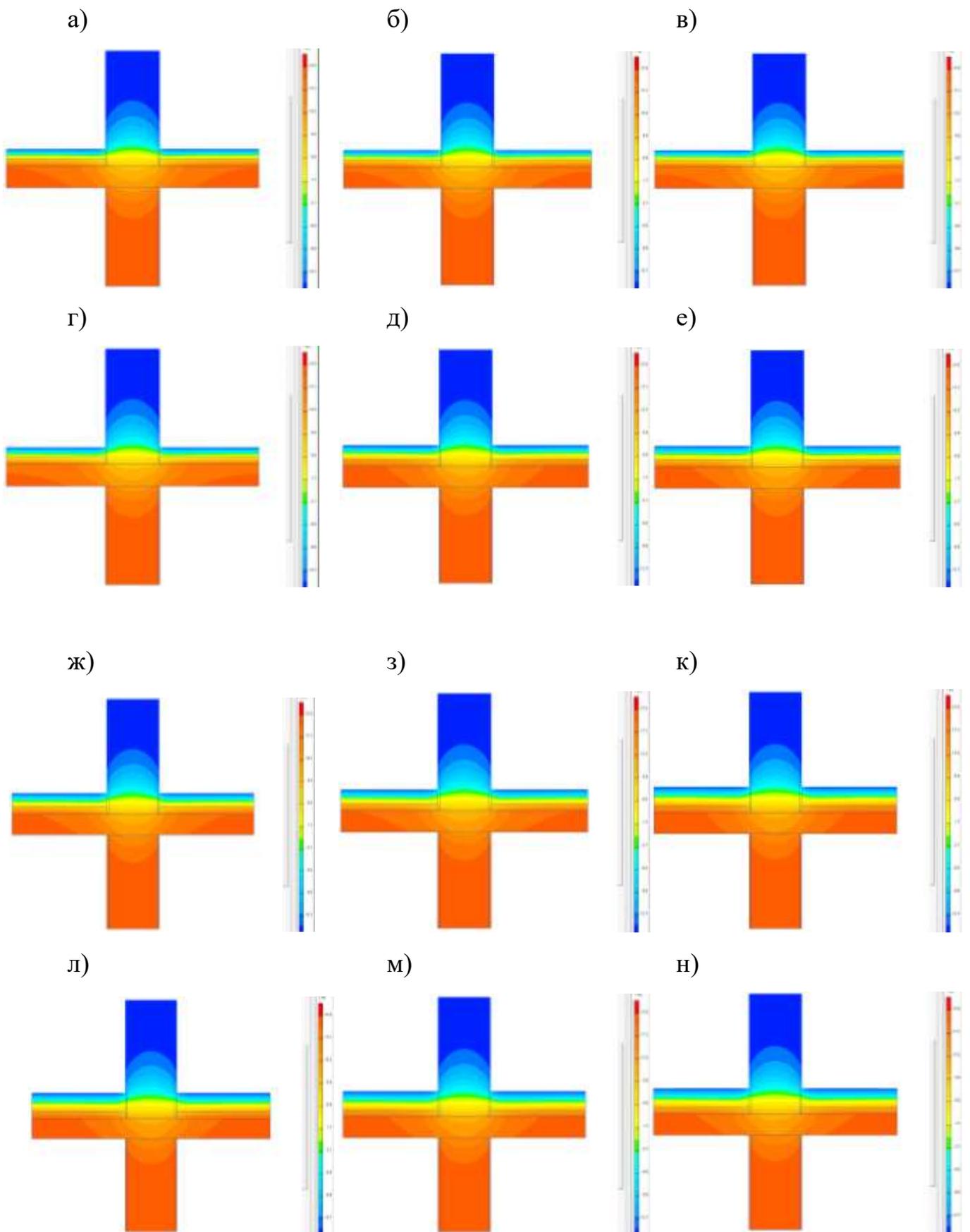


Рисунок 46 – Температурні поля вузла 11: товщина утеплювача 100 мм
 а) $\lambda_p = 0,035 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; б) $\lambda_p = 0,04 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; в) $\lambda_p = 0,045 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;
 г) $\lambda_p = 0,05 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; товщина утеплювача 150 мм д) $\lambda_p = 0,035 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

2МБП. 9975516.ПЗ

Арк.

104

е) $\lambda_p = 0,04 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; ж) $\lambda_p = 0,045 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; з) $\lambda_p = 0,05 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; товщина утеплювача 200 мм к) $\lambda_p = 0,035 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; л) $\lambda_p = 0,04 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;
 м) $\lambda_p = 0,045 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; н) $\lambda_p = 0,05 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$

Значення лінійних коефіцієнтів теплопередачі за даними розрахунків температурних полів наведені в таблиці 92.

Таблиця 92

Лінійні коефіцієнти теплопередачі теплового вузла 11 (за даними розрахунків температурних полів)

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м·К)	Лінійний коефіцієнт теплопередачі при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.6987	0.6512	0.6067
0,04	0.6922	0.6458	0.6022
0,045	0.6865	0.6408	0.5980
0,05	0.6808	0.6362	0.5940

Поверхня, що відображає залежність лінійного коефіцієнту теплопередачі від теплопровідності та товщини утеплювача наведена на рисунку 47.

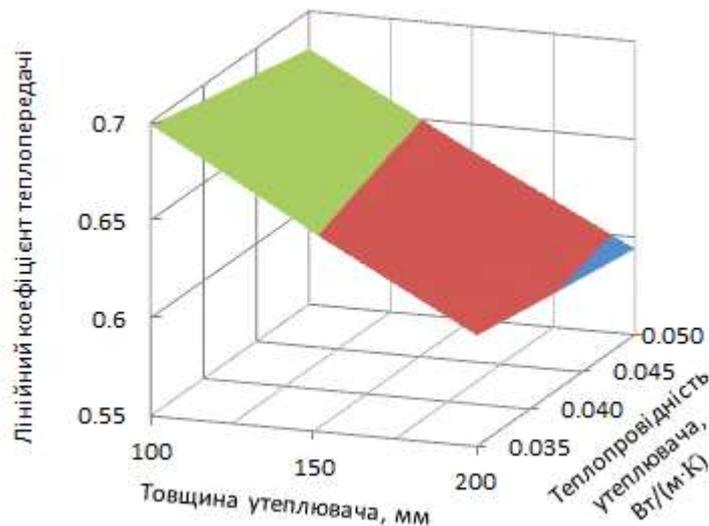


Рисунок 47 – Поверхня, що відображає залежність лінійного коефіцієнту теплопередачі теплового вузла 11 від теплопровідності та товщини утеплювача

Використовуючи координати трьох точок на поверхні отримуємо формулу площини, що відображає залежність лінійного коефіцієнту теплопередачі теплового вузла 11 від теплопровідності та товщини утеплювача.

Варіант 1.

Координати точок: 1(100; 0,035; 0.6987), 2(200; 0,035; 0.6067), 3(150; 0,05; 0,6362).

Формула залежності лінійного коефіцієнту теплопередачі теплового вузла 11 від товщини та теплопровідності утеплювача.

$$k = -0.00092\delta - 1.1\lambda + 0.8292$$

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі за отриманою формулою наведені в таблиці 93.

Таблиця 93

Лінійні коефіцієнти теплопередачі теплового вузла 11 (за отриманою формулою)

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м·К)	Лінійний коефіцієнт теплопередачі при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.6987	0.6527	0.6067
0,04	0.6932	0.6472	0.6012
0,045	0.6877	0.6417	0.5957
0,05	0.6822	0.6362	0.5902

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплового вузла 11 знайдених за розрахунками температурних полів та за формулою, наведений у таблиці 94.

Таблиця 94

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі вузла 11 знайдених за розрахунками температурних полів

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м·К)	Відсоток розходження, при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.0	0.2	0.0
0,04	0.1	0.2	-0.2
0,045	0.2	0.1	-0.4
0,05	0.2	0.0	-0.6

Середнє розходження 0,2 %.

Максимальне розходження 0,6 %.

					2МБП. 9975516.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		106

Варіант 2.

Координати точок: 1(100; 0,05; 0.6808), 2(200; 0,05; 0.594), 3(150; 0,035; 0,6512).

Формула залежності лінійного коефіцієнту теплопередачі теплового вузла 11 від товщини та теплопровідності утеплювача.

$$k = -0.000868\delta - 0.92\lambda + 0.8136$$

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі за отриманою формулою наведені в таблиці 95.

Таблиця 95

Лінійні коефіцієнти теплопередачі теплового вузла 11 (за отриманою формулою)

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м·К)	Лінійний коефіцієнт теплопередачі при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.6946	0.6512	0.6078
0,04	0.6900	0.6466	0.6032
0,045	0.6854	0.6420	0.5986
0,05	0.6808	0.6374	0.5940

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплового вузла 11 знайдених за розрахунками температурних полів та за формулою, наведений у таблиці 96.

Таблиця 96

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі вузла 11 знайдених за розрахунками температурних полів

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м·К)	Відсоток розходження, при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	-0.6	0.0	0.2
0,04	-0.3	0.1	0.2
0,045	-0.2	0.2	0.1
0,05	0.0	0.2	0.0

Середнє розходження 0,2 %.

Максимальне розходження 0,6 %.

					2МБП. 9975516.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		107

Варіант 3.

Координати точок: 1(100; 0,035; 0.6987), 2(100; 0,05; 0.6808), 3(200; 0,04; 0,6022).

Формула залежності лінійного коефіцієнту теплопередачі теплового вузла 11 від товщини та теплопровідності утеплювача.

$$k = -0.000905333\delta - 1.193333333\lambda + 0.831$$

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі за отриманою формулою наведені в таблиці 97.

Таблиця 97

Лінійні коефіцієнти теплопередачі теплового вузла 11 (за отриманою формулою)

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м·К)	Лінійний коефіцієнт теплопередачі при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.6987	0.6534	0.6082
0,04	0.6927	0.6475	0.6022
0,045	0.6868	0.6415	0.5962
0,05	0.6808	0.6355	0.5903

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплового вузла 11 знайдених за розрахунками температурних полів та за формулою, наведений у таблиці 98.

Таблиця 98

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі вузла 11 знайдених за розрахунками температурних полів

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м·К)	Відсоток розходження, при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.0	0.3	0.2
0,04	0.1	0.3	0.0
0,045	0.0	0.1	-0.3
0,05	0.0	-0.1	-0.6

Середнє розходження 0,2 %.

Максимальне розходження 0,6 %.

					2МБП. 9975516.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		108

Варіант 4.

Координати точок: 1(200; 0,035; 0.6067), 2(200; 0,05; 0.5940), 3(100; 0,045; 0,6865).

Формула залежності лінійного коефіцієнту теплопередачі теплового вузла 11 від товщини та теплопровідності утеплювача.

$$k = -0.000882667\delta - 0.846666667\lambda + 0.812866667$$

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі за отриманою формулою наведені в таблиці 99.

Таблиця 99

Лінійні коефіцієнти теплопередачі теплового вузла 11 (за отриманою формулою)

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м·К)	Лінійний коефіцієнт теплопередачі при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.6950	0.6508	0.6067
0,04	0.6907	0.6466	0.6025
0,045	0.6865	0.6424	0.5982
0,05	0.6823	0.6381	0.5940

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплового вузла 11 знайдених за розрахунками температурних полів та за формулою, наведений у таблиці 100.

Таблиця 100

Відсоток розходження значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі вузла 11 знайдених за розрахунками температурних полів

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м·К)	Відсоток розходження, при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	-0.5	-0.1	0.0
0,04	-0.2	0.1	0.0
0,045	0.0	0.2	0.0
0,05	0.2	0.3	0.0

Середнє розходження 0,1 %.

Максимальне розходження 0,5 %.

Найбільша точність визначення лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплового вузла 11 за формулою по варіанту 4.

					2МБП. 9975516.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		109

Висновки по розділу 3

1. Отримані формули дозволяють визначати приведений опір теплопередачі огорожувальних конструкцій без розрахунків температурних полів.
2. Середнє та максимальне розходження між значеннями лінійних коефіцієнтів теплопередачі отриманих за формулами та розрахунками температурних полів незначне.
3. Отримані формули можна використовувати при інженерних розрахунках.

					2МБП. 9975516.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		110

Розділ 4. Аналіз визначення приведенного опору теплопередачі за різними методиками розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі

Порівняння приведенного опору теплопередачі виконувалося при визначенні лінійних коефіцієнтів за:

1. Нормативною літературою;
2. Розрахунками температурних полів;
3. Отриманими формулами.

Розрахунок приведенного опору теплопередачі виконувався для зовнішньої цегляної стіни товщиною 510 мм утепленою з зовнішньої сторони шаром товщиною 150 мм з теплопровідністю $\lambda_p = 0,045$ Вт/(м · К).

Схема огорожувальної конструкції наведена на рисунку 48.



Рисунок 48 – Розрахункова схема огорожувальної конструкції

Конфігурація розрахункової ділянки прийнята по осям симетрії вікон та простінків зовнішньої стіни корпусу «Ф» НУПП ім. Юрія Кондратюка (рисунок 49).

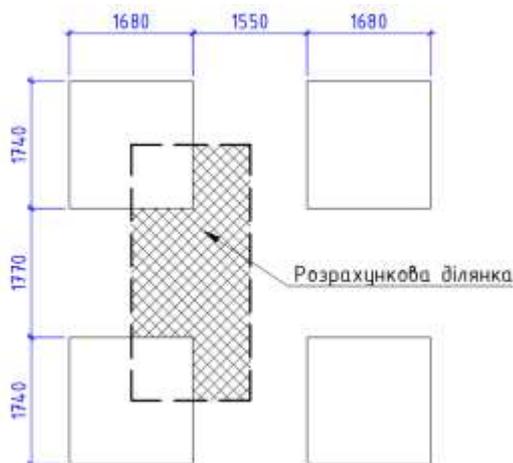


Рисунок 49 – Конфігурація розрахункової схеми огорожувальної конструкції

					2МБП. 9975516.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		111

Розміри розрахункової схеми наведені на рисунку 50.

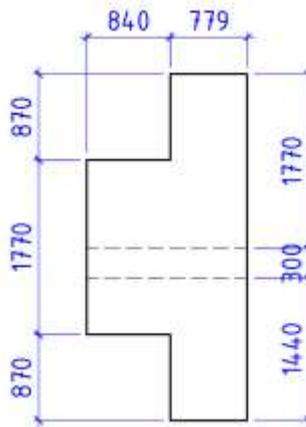


Рисунок 50 – Розміри розрахункової схеми

4.1. Визначення приведенного опору теплопередачі при розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі за нормативними документами.

Визначаємо приведений опір теплопередачі термічно неоднорідної непрозорої огорожувальної конструкції за формулою:

$$\begin{aligned}
 R_{\Sigma \text{пр}} &= \frac{F_{\Sigma}}{\sum_{i=1}^n \frac{F_i}{R_{\Sigma i}} + \sum_{j=1}^m k_j L_j + \sum_{k=1}^K \Psi_k \cdot N_k} = \\
 &= \frac{F_{\Sigma}}{\frac{F_1}{R_{\Sigma 1}} + k_1 L_1 + k_2 L_2 + k_3 L_3 + k_4 L_4 + \Psi_1 \cdot N_1} = \\
 &= \frac{4,221}{\frac{3,73}{4,135} + 0,081 \times 0,84 + 0,064 \times 0,84 + 0,071 \times 1,74 + 0,082 \times 1,615} = \\
 &= 3,298 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}
 \end{aligned}$$

де F_{Σ} – площа огорожувальної конструкції, м^2 , (рисунок 50) визначаємо за формулою:

$$F_{\Sigma} = 0,779 \times 0,87 + 1,619 \times 1,77 + 0,779 \times 0,87 = 4,221 \text{ м}^2$$

$R_{\Sigma 1}$ – опір теплопередачі термічно однорідної частини конструкції, $\text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, визначаємо за формулою:

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

					2МБП. 9975516.ПЗ	Арк.
						112
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$= \frac{1}{8,7} + \frac{0,51}{0,81} + \frac{0,005}{0,93} + \frac{0,15}{0,045} + \frac{0,008}{0,93} + \frac{1}{23} = 4,135 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

де $\delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta_4, \delta_5$ – товщина відповідно цегли, клейової суміші, утеплювача та шару декоративної штукатурки, м;

$$\delta_1 = 0,51 \text{ м}; \delta_2 = 0,005 \text{ м}; \delta_3 = 0,15 \text{ м}; \delta_4 = 0,008 \text{ м};$$

$\lambda_{1p}, \lambda_{2p}, \lambda_{3p}, \lambda_{4p}, \lambda_{5p}$ – теплопровідність відповідно цегли, клейової суміші, утеплювача та шару декоративної штукатурки, Вт/(м · К), приймаємо за табл. А1 [16] та [2];

$$\lambda_{1p} = 0,81 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}; \lambda_{2p} = 0,93 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}; \lambda_{3p} = 0,045 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}; \lambda_{4p} = 0,93 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)};$$

$\alpha_{в}, \alpha_{зн}$ – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, Вт/(м² · К), які приймають згідно з додатком Б [16];

$$\alpha_{в} = 8,7 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}; \alpha_{зн} = 23 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)};$$

F_1 – площу термічно однорідної частини огорожувальної конструкції, м², (рисунок 51) визначаємо за формулою:

$$F_1 = 0,779 \times 0,87 + 1,615 \times 0,9 + 1,615 \times 0,57 + 0,779 \times 0,87 = 3,73 \text{ м}^2;$$

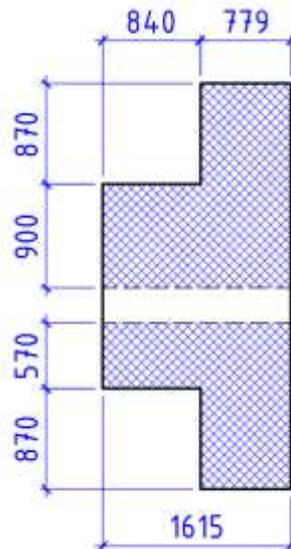


Рисунок 51 – Площа термічно однорідної частини огорожувальної конструкції F_1

$k_1; k_2; k_3; k_4$ – лінійні коефіцієнти теплопередачі, Вт/(м · К), відповідно віконного відкосу в зоні перемички, в зоні підвіконня, в зоні рядового примикання та конструкції перекриття, визначають згідно з додатком Г [16].

$$k_1 = 0,081 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}); k_2 = 0,064 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}); k_3 = 0,071 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}); k_4 = 0,082 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$$

$L_1; L_2; L_3; L_4$ - лінійний розмір (проекція) лінійного теплопровідного включення (віконного відкосу в зоні перемички, в зоні підвіконня, в зоні рядового примикання та конструкції перекриття), м;

$$L_1 = 0,84 \text{ м}; L_2 = 0,84 \text{ м}; L_3 = 1,74 \text{ м}; L_4 = 1,615 \text{ м}$$

Ψ_1 - точковий коефіцієнт теплопередачі дюбеля для кріплення утеплювача, Вт/К, визначають згідно з додатком Г [16];

$$\Psi_1 = 0,005 \text{ Вт}/\text{К}$$

N_k - загальна кількість точкових теплопровідних включень, шт, визначаємо за формулою:

$$N_k = F_{\Sigma} \times 6 = 4,221 \times 6 = 25 \text{ шт.}$$

4.2. Визначення приведенного опору теплопередачі при розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі за розрахунками температурних полів.

Визначаємо приведений опір теплопередачі термічно неоднорідної непрозорої огорожувальної конструкції за формулою:

$$\begin{aligned} R_{\Sigma \text{пр}} &= \frac{F_{\Sigma}}{\sum_{i=1}^n \frac{F_i}{R_{\Sigma i}} + \sum_{j=1}^m k_j L_j + \sum_{k=1}^K \Psi_k \cdot N_k} = \\ &= \frac{F_{\Sigma}}{\frac{F_1}{R_{\Sigma 1}} + k_1 L_1 + k_2 L_2 + k_3 L_3 + k_4 L_4 + \Psi_1 \cdot N_1} = \\ &= \frac{4,221}{\frac{3,73}{4,135} + 0,321 \times 0,84 + 0,2354 \times 0,84 + 0,1474 \times 1,74 + 0,0735 \times 1,615} = \\ &= 2,419 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт} \end{aligned}$$

де $k_1; k_2; k_3; k_4$ - лінійні коефіцієнти теплопередачі, Вт/(м · К), відповідно віконного відкосу в зоні перемички, в зоні підвіконня, в зоні рядового примикання та конструкції перекриття, визначаємо згідно з розділом 3.

За таблицею 30 розділу 3

$$k_1 = 0,321 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К});$$

					2МБП. 9975516.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		114

За таблицею 39 розділу 3

$$k_2 = 0,2354 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К});$$

За таблицею 21 розділу 3

$$k_3 = 0,1474 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К});$$

За таблицею 2 розділу 3

$$k_4 = 0,0735 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$$

4.3. Визначення приведенного опору теплопередачі при розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі за формулами.

Визначаємо приведений опір теплопередачі термічно неоднорідної непрозорої огорожувальної конструкції за формулою:

$$\begin{aligned} R_{\Sigma \text{пр}} &= \frac{F_{\Sigma}}{\sum_{i=1}^n \frac{F_i}{R_{\Sigma i}} + \sum_{j=1}^m k_j L_j + \sum_{k=1}^K \Psi_k \cdot N_k} = \\ &= \frac{F_{\Sigma}}{\frac{F_1}{R_{\Sigma 1}} + k_1 L_1 + k_2 L_2 + k_3 L_3 + k_4 L_4 + \Psi_1 \cdot N_1} = \\ &= \frac{4,221}{\frac{3,73}{4,135} + 0,329 \times 0,84 + 0,2306 \times 0,84 + 0,1503 \times 1,74 + 0,075 \times 1,615} = \\ &= 2,405 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт} \end{aligned}$$

де $k_1; k_2; k_3; k_4$ – лінійні коефіцієнти теплопередачі, Вт/(м · К), відповідно віконного відкосу в зоні перемички, в зоні підвіконня, в зоні рядового примикання та конструкції перекриття, визначаємо згідно з розділом 3.

За формулою з п.3.6.

$$k_1 = -0.000682333 \times 150 + 4.486666667 \times 0,045 + 0.229433333 = 0,329$$

За формулою з п.3.7.

$$k_2 = 0.000674 \times 150 - 2.5 \times 0,045 + 0.242 = 0,2306$$

За формулою з п.3.5.

$$k_3 = 0.0002 \times 150 + 0.766666667 \times 0,045 + 0.0858 = 0,1503$$

За формулою з п.3.6.

$$k_4 = -0.000374 \times 150 + 1.013333333 \times 0,045 + 0.085533333 = 0,075$$

					2МБП. 9975516.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		115

Відсоток розходження між значенням приведенного опору теплопередачі із застосуванням лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за розрахунками температурних полів та за значеннями з нормативних документів складає

$$\frac{3,294 \times 100}{2,419} - 100 = 36,2 \%$$

Відсоток розходження між значенням приведенного опору теплопередачі із застосуванням лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за розрахунками температурних полів та за значеннями отриманими по формулам складає

$$\frac{2,405 \times 100}{2,419} - 100 = 0,6 \%$$

Висновки по розділу 4

1. Використання лінійних коефіцієнтів теплопередачі наведених в нормативних документах можливо при розрахунках приведенного опору теплопередачі сучасних огорожувальних конструкцій.

2. Їх використання при термомодернізації існуючих будівель дає суттєву похибку.

3. Використання при розрахунках приведенного опору лінійних коефіцієнтів теплопередачі за визначеними формулами можливо для інженерних розрахунків.

					2МБП. 9975516.ПЗ	Арк.
						116
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Загальні висновки

1. Аналіз наведених в нормах схем теплових вузлів показав, що їх можна використовувати в основному при новому будівництві із застосуванням сучасних конструкцій.

2. Схеми теплових вузлів зовнішніх огороджувальних конструкцій будівлі корпусу «Ф» НУПП ім. Юрія Кондратюка суттєво відрізняються від наведених у нормативних документах.

4. Отримані формули для визначення лінійних коефіцієнтів теплопередачі дозволяють визначати приведений опір теплопередачі огороджувальних конструкцій без розрахунків температурних полів.

5. Середнє та максимальне розходження між значеннями лінійних коефіцієнтів теплопередачі отриманих за формулами та розрахунками температурних полів незначне.

3. Використання лінійних коефіцієнтів теплопередачі наведених в нормативних документах можливо при розрахунках приведенного опору теплопередачі сучасних огороджувальних конструкцій.

4. Їх використання при термомодернізації існуючих будівель дає суттєву похибку.

5. Використання при розрахунках приведенного опору лінійних коефіцієнтів теплопередачі за визначеними формулами можливо для інженерних розрахунків.

					2МБП. 9975516.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		117

ЛІТЕРАТУРА

1. Колісник Є.С. Визначення лінійних та точкових коефіцієнтів теплопередачі найпоширеніших теплопровідних включень в огорожувальних конструкціях. ДП «Науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» (ДП НДІБК) м. Київ, Україна.

2. Є. Колесник, Є. Фаренюк, В. Ральчук. Приклади розрахунку к ДСТУ Б В.2.6-189:2013 «методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель». Державне підприємство «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій». Київ-2014.

3. Белоус А. Н. Утепление цокольного узла зданий с неотапливаемым подвалом. Строительство уникальных зданий и сооружений, 2016, No 11 (50).

1. Скокова А.О. Розрахунок товщини теплоізоляційного шару стінового огороження при застосуванні системи утеплення штукатурного типу. Строительство, материаловедение, машиностроение.

2. Кривошеин А.Д., Федоров С.В. К вопросу о расчете приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций // Инженерно-строительный журнал. 2010. № 8. С. 21—27.

3. Туснин А.Р. Проектирование стен с оконными проемами // Строительство и недвижимость. 1997. № 12. С. 7.

4. Туснин А.Р., Туснина В.М. Сопротивление теплопередаче стен с оконными проемами // Вестник МГСУ. 2011. Т. 2. С. 123—129.

5. Горшков А.С. Энергоэффективность в строительстве: вопросы нормирования и меры по снижению энергопотребления зданий // Инженерно-строительный журнал. 2010. № 1. С. 9—13.

6. Крайнов Д.В., Сафин И.Ш., Любимцев А.С. Расчет дополнительных теплопотерь через теплопроводные включения ограждающих конструкций (на примере узла оконного откоса) // Инженерно-строительный журнал. 2010. № 6. С. 17—22.

7. Ben Larbi A. Statistical Modelling of Heat Transfer for Thermal Bridges of Buildings, Energy and Buildings. 2005, vol. 37, no. 9, pp. 945—951.

					2МБП. 9975516.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		118

8. Karabulut K., Buyruk E., Fertelli A. Numerical Investigation of Heat Transfer for Thermal Bridges Taking into Consideration Location of Thermal Insulation with Different Geometries. *Strojarstvo*. 2009, vol. 51, no. 5, pp. 431—439.

9. Svoboda Z. The Analysis of the Convective-Conductive Heat Transfer in the Building Constructions, Proceedings of the 6th Int. IBPSA Conference Building Simulation, Kyoto. 1999, vol. 1, pp. 329—335.

10. Ait-Taleb T., Abdelbaki A., Zrikem Z. Coupled heat transfers through buildings roofs formed by hollow concrete blocks. *International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology*. 2008, no. 6(62), pp. 30—34.

11. Гладкий С.Л., Ясницкий Л.Н. Решение трехмерных задач теплопроводности методом фиктивных канонических областей // Вестник Пермского университета. Математика. Механика. Информатика. 2011. Вып. 1(5), С. 41—45.

12. Белостоцкий А.М., Щербина С.В. Сравнительные расчетные исследования энергоэффективности существующих и вновь разработанных материалов и конструкций на основе конечноэлементного моделирования двумерного и трехмерных задач теплопроводности // Вестник МГСУ. 2013. № 3. С. 212—219.

13. Прищенко А.М. Вузлові з'єднання зовнішніх стін з підвищеними теплотехнічними показниками як засіб забезпечення енергоефективності будівель: автореф. дис. на соискание науч. степени канд. техн. наук / А.М. Прищенко – К. : Київ, 2015.

14. Прищенко А.М. Підвищення енергоефективності будинків за рахунок нових конструктивних рішень зовнішніх стін [Текст] / А.М. Прищенко // Науково-технічний збірник «Енергоефективність в будівництві та архітектурі». –К.: КНУБА, 2013. – Випуск 5. – С. 221-225.

15. Прищенко, А.М. Температурні показники кута з додатковим утепленням в поглибленнях із зовнішнього боку стіни [Текст] / Т.В. Жмихова, М.В. Тимофеев // Будівельні конструкції. –Київ : НДІБК, 2013. –Вип. №78Книга 2. –С. 599-604. (проведення розрахунків двохмірних температурних полів конструкцій та участь у підготовці аналітичних залежностей).

16. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6-31:2016. – [Чинні від 2016-08-07]. – К.: Мінрегіон України, 2016. – 30 с. (Національний стандарт України).

					2МБП. 9975516.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		119

17. Прищенко Н.Г. Конструкции малоэтажных зданий. [Текст] / Н.Г. Прищенко, А.Н. Прищенко // Учебное пособие. – Макеевка, 2012. – 272 с.
18. Серк Л.А. Курс архитектуры, Гражданское и промышленное строительство. Т.1 – М.-Л.: Госстройиздат, 1938. – 440 с.
19. Архитектура гражданских и промышленных зданий: учебник для вузов. В 5-ти т. Том 3. Жилые здания / Под общ. ред. К.К. Шевцова. МИСИ им. В.В. Куйбышева. – М.: Стройиздат, 1983. – 233 с.
20. Маклакова Т.Г. Проектирование жилых и общественных зданий: учебное пособие для вузов / Т.Г. Маклакова, С.М. Нанасова, В.Г. Шарашенко // под ред. Т.Г. Маклаковой. – М.: Высш. Шк., 1998. – 400 с.
21. Маклакова Т.Г. Конструкции гражданских зданий / Т.Г. Маклакова, С.М. Нанасова // М.: Издательство АСВ, 2000.- 280 с.
22. Конструкции гражданских зданий: учебное пособие для вузов / Под ред. Т.Г. Маклаковой – М.: Стройиздат, 2000. – 280 с.
23. Сербинович П.П. Архитектура гражданских и промышленных зданий. Гражданские здания массового строительства: учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 1975. – 319 с.
24. Гиясов А. Конструирование гражданских зданий: учебное пособие – М.: Издательство АСВ, 2004. – 432 с.
25. Нанасова С.М. Архитектурно-конструктивный практикум. – М.: Издательство АСВ, 2005.- 197 с.
26. Шерешевский И.А. Конструирование гражданских зданий: учебное пособие. – Сп(б). «Юнита», Санкт-Петербургское отделение, 2001. – 176 с.
27. Копсова Т.П. Стены с повышенными теплозащитными свойствами: учебное пособие - Казань: КГАСА, 2000. – 98 с.
28. Архитектура гражданских и промышленных зданий. Учебник для вузов. В 5 томах. Том 3. Жилые здания / Под. ред. Предтеченского В.М. - М.: Стройиздат, 1976. – 215 с.
29. Монастырев П.В. Технология устройства дополнительной теплозащиты стен жилых зданий.: Учебное пособие – М.: Издательство АСВ, 2002. – 160 с.

					2МБП. 9975516.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		120

30. Архитектурное конструирование / Понамарев В.А.: Учебник для вузов. – М.: «Архитектура-С», 2008. – 736 с., илл.
31. Дыховичный Ю.А. и др. Архитектурные конструкции малоэтажных зданий: учебное пособие – М.: Архитектура-С, 2007. – 248 с.
32. Карапузов Є.К. Утеплення фасадів/ Є.К. Карапузов, В.Г. Соха // К.: Вища освіта, 2007. – 319 с.:іл.
33. Гетун Г.В. Архітектура будівель та споруд. Книга 1. Основи проектування. Підручник для вищих навчальних закладів – Видання друге, перероблене та доповнене. – К.: Кондор-Видавництво, 2012. – 380 с.
34. Сергейчук О.В. Архітектурно-будівельна фізика. Теплотехніка огороджуючи конструкцій: Навч. посібник. – К.: Такі справи, 1999. – 156 с.
35. Современные фасадные системы / Менейлюк А.И., Дорофеев В.С., Лукашенко Л.Э, Москаленко В.И. и др.: под. ред.. Менейлюка А.И. – К.: Освіта України, 2008. – 339 с.
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. Югов А. М. Выбор рациональной технологии теплоизоляции ограждающих конструкций жилых и общественных зданий / А. М. Югов Е. А. Калимник, В. В. Гозулов // Вісник ДонНАБА. – №6(62). – Макіївка: 2006. – С. 10 – 16.
39. 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).
40. Metoda “LEKKA” ocieplania steian zewnetrznych budynkow. Institut Techniki Budowlanej . Swiadectwo nr. 530/85. – Warszawa, 1992. – 28 str.

					2МБП. 9975516.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		121

41. Конструкції будівель і споруд. Кам'яні та армокам'яні конструкції. Основні положення: ДБН В 2.6-162:2010. [Чинні від 2010-30-12]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 97с. – (Національний стандарт України).

42. Гагарин В.Г. Теплотехнические проблемы современных стеновых ограждающих конструкций многоэтажных зданий / АСАСЕМІА. Архитектура и строительство. – М., МГСУ - НИИСФ РААСН, 2009. – С. 313 – 318.

43. Козлов В.В. Исследование теплотехнических свойств теплоизоляционного фасада с тонким штукатурным слоем в зоне расположения дюбелей / АСАСЕМІА. Архитектура и строительство. – М., МГСУ - НИИСФ РААСН, 2009. – С. 346 – 355.

44. Технічні рішення огорожувальних конструкцій житлових та громадських будинків із утеплювачами фірми «Isover». – К., УкрНДІПцівільсьільбуд, 1998. – 60 с.

45. Пособие по проектированию и устройству системы теплоизоляции Sarpatect / В. Дамаскин, М. Марочко и др. // К., НИИпроектреконструкция. 2009. – 130 с.

46. 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).

47. Основи забезпечення енергоефективності будинків та теплової надійності огорожувальних конструкцій / Фаренюк Г.Г. – К.: Гама-Принт. – 2009. – 216 с.

48. Богословский В.Н. Строительная теплофизика (теплофизические основы отопления, вентиляция и кондиционирования воздуха): [учебник для вузов]. / В.Н. Богословский – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1982. – 415 с.: ил.

49. Богословский В.Н. Тепловой режим зданий. / В.Н. Богословский. – М.: Стройиздат, 1979. – 248 с.

50. Строительно-техническое состояние жилых кирпичных домов Эстонии и прогнозируемый срок их использования. - Таллинн: НКО Нарвский центр энергосбережения, MTÜ Narva EnergiaSäästu Keskus, 2010. – 240 с.

51. 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).

					2МБП. 9975516.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		122

52. 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.

53. Тимофеев М.В. Розрахунки теплової ізоляції будівель. / М.В. Тимофеев, Г.Г. Фаренюк // Донецьк-Макіївка: Норд – Прес, ДонНАБА, 2009. – 74 с.

54. Власов О.Е. Теплотехнический расчет ограждающих конструкций. – М.-Л.: Госстройиздат, 1933. – 20 с.

55. Фокин К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий. Изд. 4-е, перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1973. – 287 с.

56. Лыков А.В. Теоретические основы строительной теплофизики / А.В. Лыков. – Минск: Изд-во АН БССР, 1961. – 520 с.

57. Лыков А.В. Теория теплопроводности. – М.: Высш. шк., 1978. – 328 с.

58. Ильинский В.М. Строительная теплофизика (ограждающие конструкции и микроклимат зданий): [учебн. пособие для инж.-строит. вузов] / В.М. Ильинский. – М. Высш. шк., 1974. – 320 с.: ил.

59. Михеев М.А. Основы теплопередачи. / М.А. Михеев, И.М. Михеева. – М.: Энергия, 1977. – 344 с.: ил.

60. Шкловер А.М. Основы строительной теплотехники жилых и общественных зданий / А.М. Шкловер, Б.Ф. Васильев, Ф.В. Ушков. – М.: Госстройиздат, 1956. – 349 с.

61. Могилат А.Н. Строительная теплофизика ограждающих конструкций зданий: Учебн. пособие / А.Н. Могилат, Г.Л. Волик, О.И. Юрин; УМК ВО. – К., 1989. – 91 с.

62. Фаренюк Г.Г. Теплотехнические характеристики фасадных комбинированных систем / Г.Г. Фаренюк, Е.Г. Фаренюк // Оконные технологии. – 2001. - №6. – С. 35 – 45.

63. Фомин С.Л. Особенности конструирования дополнительной теплозащиты фасадных конструкций / С.Л. Фомин, Ю.В. Фурсов. – Харьков: ХДТУБА АБУ, 2007. – С. 290 – 294.

					2МБП. 9975516.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		123

64. Каталог температурных полей узлов типовых ограждающих конструкций. / Часть 1 Жилые здания. Пособие для проектирования. – М.: Стройиздат, 1980. – 111 с.

65. Табунщиков Ю.А. Тепловая защита ограждающих конструкций зданий и сооружений. / Ю.А. Табунщиков, Д.Ю. Хромец, Ю.А. Матросов. – М.: Стройиздат, 1986. – 380 с.: ил.

66. Стрелкова К.С. О теплопередаче через прямоугольные слоистые включения. / Проблемы строительной теплофизики // Труды межвуз. науч. конф. 1-4 фев. 1964. – Минск.: Высш. шк., 1965. – С. 265 – 271.

67. Ушков Ф.В. Теплотехнические свойства крупнопанельных зданий. – М.: Стройиздат, 1967. – 238 с.

68. Самарин О.Д. К вопросу определения температуры в наружном углу здания. – М., Труды НИИСФ-50, 2008. – С. 104 – 107.

69. Шильд Е. Строительная физика. – М.: Стройиздат, 1982. – 296 с.

70. Сандер А.А. Тепловой расчет углов ограждающих конструкций. /Проблемы строительной теплофизики // Труды межвуз. науч. конф. 1-4 фев. 1964. – Минск: Высш. шк., 1965. – С. 175 – 182.

71. Фаренюк Г.Г. Визначення лінійного коефіцієнту теплопередачі термічно неоднорідних огорожувальних конструкцій / Г.Г. Фаренюк, Є.С. Колесник // Будівельні конструкції. – К.: НДІБК, 2008. - №1 (28). – С. 138 – 147.

72. Колесник Є.С. Визначення лінійних та точкових коефіцієнтів теплопередачі найпоширеніших теплопровідних включень в огорожувальних конструкціях / Будівельні конструкції: Міжвід. збірник наук. праць // ДП «ДНДІБК». – Вип. 77. – К.: ДП НДІБК, 2013. – С. 50 – 55.

73. Тимофеев М.В. Математичне моделювання потрібних опорів теплопередачі елементів зовнішньої оболонки будинків / М.В. Тимофеев, С.О. Сахновська, В.В. Жмихова // Вісник Донбаської нац. акад. буд-ва і арх. - 2010-2 (82). – С. 32 – 37.

74. 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

					2МБП. 9975516.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		124

75. 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).

76. 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).

77. 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.

78. 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.

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

80. Ausführungssichere und kostengünstige Wärmebrückendetails monolithischer Ziegelgebäude 2. Auflage / Bonn, Februar 2004. – 12 St.

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

82. Фаренюк Г.Г. Методологічні аспекти забезпечення енергоефективності та теплової надійності будинків / Г.Г. Фаренюк // 165

83. Матросов Ю.А. Энергопотребление в зданиях. Проблема и пути ее решения. – М.: НИИСФ, 2008. – 496 с., ил.

84. 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).

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

86. Методика М00013184.5.023-01 Визначення теплових потоків крізь огорожувальні конструкції // Нормативний документ Державного комітету України

					2МБП. 9975516.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		125

з енергозбереження та Державного комітету України з будівництва та архітектури.
Київ:Логос, 2002. 131 с.

87. Будинки і споруди. Метод визначення питомих тепловитрат на опалення будинків. ДСТУ Б В.2.2-21:2008. [Чинний від 2009-06-01].– К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 23 с. – (Національний стандарт України).

88. 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).

89. Савицкий Н.В. Потенциал теплосбережения в жилых зданиях г. Днепропетровска / Н.В. Савицкий, Н.А. Швец, В.Т. Меркушов, А.Н. 166

90. Савицкий, Т.Д. Никифорова // Реконструкция жилья. – 2000. – №1. – С. 80 – 84.

91. Строй А.Ф. Диапазон оптимизации теплотехнических характеристик оградяющих конструкций за помощью воздушных прослоек / А.Ф. Строй, Л.В. Гирман // Коммунальное хозяйство городов: науч.-техн. сб. – К.: Техніка, 2007. – Вып. 76. – С. 247 – 250.

92. Фомин, С.Л. Особенности конструирования дополнительной теплозащиты фасадных конструкций / С.Л. Фомин, Ю.В. Фурсов. – Харьков: ХДТУБА АБУ, 2007. – С. 290 – 294.

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

94. Табунщиков Ю.А. Тепловая защита ограждающих конструкций зданий и сооружений. / Ю.А. Табунщиков, Д.Ю. Хромец, Ю.А. Матросов. – М.: Стройиздат, 1986. – 380 с.: ил.

95. Матросов, Ю.А. Энергоэффективность и экология – основа современных требований к теплозащите зданий / АСАСЕМІА. Архитектура и строительство. – М., МГСУ - НИИСФ РААСН, 2009. – С. 283 – 290.

					2МБП. 9975516.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		126

96. 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).

97. 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).

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

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

100. Rowan, N.J., Johnstone, C.M., McLean, R.C., Anderson, J.G., Clarke, J.A. 1999. Prediction of Toxigenic Fungal Growth in Buildings by Using a Novel Modelling System. Applied and Environmental Microbiology 1999; 65: pp. 4814 –4821.

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

102. Rowan, N.J., Johnstone, C.M., McLean, R.C., Anderson, J.G., Clarke, J.A. 1999. Prediction of Toxigenic Fungal Growth in Buildings by Using a Novel Modelling System. Applied and Environmental Microbiology 1999; 65: pp. 4814 –4821.

103. Wyon, D.P., Fang, L., Mayer, H.W., Sundell, J., Weirsoe, C.G., Sederberg-Olsen, N., Tsutsumi, H., Agner, T., Fanger, P.O. 2002. Limiting criteria for human exposure to low humidity indoors. Proceedings of the 9th International Congress on Indoor Air Quality, July 2-6, Monterey, USA; IV: pp. 400 – 405.

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

105. Корниенко С.В. Комплексная оценка теплозащиты ограждающих конструкций оболочки здания // Инженерно-строительный журнал. 2012. №7(33). – С. 43 – 49.

					2МБП. 9975516.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		127

106. Корниенко С.В. Опыт проектирования и строительства энергоэффективных зданий в г. Волгограде // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2013. № 9(14). – С. 21 – 33.

107. ISO TR 11079, Ergonomics of the thermal environment — Analytical determination and interpretation of cold stress using calculation of the required clothing insulation (IREQ) and the assessment of local cooling effects.

108. Alfano, G., Cannastraro, G., D’ambrosio, F.R. and Rizzo, G. Notes on the use of the tables of standard ISO 7730 for the evaluation of the PMV index, Indoor Built Environment. 1996. 5: pp. 355 – 357.

109. 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.

110. Mcnall, P.E., JR. and Biddison, R.E. Thermal and Comfort Sensations of Sedentary Persons Exposed to Asymmetric Radiant Fields, ASHRAE Transactions 76, 1970. pp. 123 – 136.

111. Olesen, S., Fanger, P.O., Jemsen, P.B. and Nielsen, O.J. Comfort limits for man exposed to asymmetric thermal radiation. Proc. of CIB Commission W45 169

112. (Human Requirements) Symposium: Thermal comfort and Moderate Heat Stress, Building Research Station, London, September 1971, HMSO, 1973, pp. 133 –148.

113. Fanger, P.O., Ipsen, B.M., Langkilde, G., Olesen, B.W., Christensen, N.K. and Tanabe, S., 1985. Comfort limits for asymmetric thermal radiation. Energy and Buildings. V.8, pp. 225 – 226.

114. Мачинский В.Д. Теплотехнические основы строительства. – М.: Госстройиздат, 1949. – 326 с.

115. Жук И.П. Теплотехнический расчет наружных ограждений / И.П. Жук, Л.П. Минченкова – Минск: Наука и техника, 1975. – 101 с.

116. 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.

					2МБП. 9975516.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		128

117. Езерский, В.А. Влияние параметров теплоизоляции элементов жилого дома на расход тепловой энергии / В.А. Езерский, П.В. Монастырев, Р.Ю. Клычников // Сб. трудов ACADEMIA , 2009. – С. 291 – 296.

118. 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.

119. 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.

120. Боклаг С.М. Численное моделирование узлов утепления наружных стен / С.М. Боклаг, А.И. Петунина // Сб. науч. докладов II Межд. научно-практ. конф. «Научно-техническое творчество молодежи – путь к обществу, основанному на знаниях». – М.:Моск. гос. стр. ун-т, 2010. – С. 51 – 53. 171

121. Тимофеев Н.В. Энергоэффективность фрагментарной скрепленной теплоизоляции / Н.В. Тимофеев, С.А. Сахновская, С.М. Боклаг, А.И. Петунина // Сучасне промислове та цивільне будівництво. – 2011, Т. 7, №1, – С. 91 – 97.

122. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2011. Будівельна кліматологія. – К.: Мінрегіонбуд, 2011. –126 с.

123. Ральчук У.М. Цегляні стіни з теплоізоляційними прошарками / Будівництво України, № 4, 1995. С. 4-6.

124. Шлегень Н.Ф. Современные кирпичные стены / Строительные материалы, №1, 1999. С. 6-7.

125. Александров Н.Г. Термоблокада «мостиков холода» /Жилищное строительство, №3, 2000. С. 8-10.

126. Киреева Э.П. Комбинированная система утепления кирпичных стен многоэтажных жилых домов / Жилищное строительство, №3, 2000. С. 12-14.

127. Кондратов В.Я. Оценка методов расчета сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций / Жилищное строительство, №8, 2001. С. 15-16.

128. Завойський А.К. Енергозаощаджуючі конструктивно-технологічні рішення улаштування зовнішніх стін в цегляних та каркасно-монолітних житлових будинках / А.К. Завойський, С.О. Полонська // Нові технології в будівництві, №1 (3), 2002. С. 5-8.

					2МБП. 9975516.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		129

129. Фаренюк Г.Г. Наружные стены современных зданий и их архитектурные особенности / АСЖ «Особняк», № 3(17), 2000. – С. 32-35.
130. Бородин А.И. Определение температуры на внутренней поверхности в углу наружной стены. / А.И. Бородин // Изв. Вузов. Строительство. – 2007. - №1. С. 76-79.
131. 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).
132. Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung – EnEV) vom 16. November 2001.
133. STR 2.01.03:2003. Statybinių medžiagų ir gaminių šiluminių-techninių dydžių, deklaruojamos ir projektinės vertės. – Vilnius, Žin., 2003, Nr., 80-3670 174
134. ISO 7726-85. Thermal environments – Instruments and methods for measuring physical quantities / ISO, 1985. – 39 p.
135. McIntyre, D.A. Overhead radiation and comfort. The Building Services Engineer, 44, 1976, pp. 226 – 232.
136. 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).
137. 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.
138. Теплопровідні включення в будівельних конструкція. Обчислення теплового потоку та поверхневої температури Частина 1. Загальні методи: ДСТУ ISO 10211-1:2005. – [Чинні від 2008-03-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2008. – 47 с. (Національний стандарт України).

					2МБП. 9975516.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		130

Отримання залежностей для розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі ділянок огорожувальних конструкцій з теплопровідними включеннями

Актуальність теми.

Від точності розрахунку приведенного опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій залежить величина тепловтрат, що відбувається крізь них.

Точність розрахунку приведенного опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій у великій мірі залежить від точності визначення лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплових вузлів в огорожувальних конструкціях. Сучасні нормативні документи дають досить обмежену кількість лінійних коефіцієнтів теплопередачі. До того ж вони наведені для сучасних огорожувальних конструкцій. Застосування їх для будинків, що потребують термомодернізації приводить до неточності визначення приведенного опору теплопередачі. Тому для таких теплових вузлів лінійні коефіцієнти теплопередачі необхідно визначати на основі розрахунку температурних полів. Розрахунок температурного поля досить трудомістка задача та потребує певних навичок. Тому для інженерних розрахунків доцільно застосовувати формули. Отримання таких формул є актуальною задачею.

Метою роботи є отримання формул, що дозволяють визначати лінійні коефіцієнти теплопередачі теплових вузлів огорожувальних конструкцій при термомодернізації будинків.

Задачі дослідження:

– виконати аналіз лінійних коефіцієнтів теплопередачі, що застосовуються при визначенні приведенного опору теплопередачі;

– визначити схеми найбільш поширених теплових вузлів зовнішніх огорожувальних конструкцій на прикладі будівлі корпусу «Ф» НУПП ім. Юрія Кондратюка;

- отримати формули для визначення лінійних коефіцієнтів теплопередачі найбільш поширених теплових вузлів, що зустрічаються при термомодернізації будівель.

Об'єкт дослідження: найбільш поширені теплові вузли зовнішніх огорожувальних конструкцій на прикладі будівлі корпусу «Ф» НУПП ім. Юрія Кондратюка.

Методи дослідження: розрахунки температурних полів теплових вузлів зовнішніх огорожувальних конструкцій.

Наукова новизна.

– отримані формулу, що дозволяють визначати лінійні коефіцієнти теплопередачі найбільш поширених теплових вузлів, що зустрічаються при термомодернізації будівель.

						2МБП.9975516.МР			
						Отримання залежностей для розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі ділянок огорожувальних конструкцій з теплопровідними включеннями			
Зм.	Кільк.	Арк.	Док.	Підпис	Дата	Вступ.	Стадія	Аркуші	Аркуші
Розробив		Мостовик І.А.					МР	1	12
Керівник		Семко О.В.							
Консультант		Семко О.В.							
Н.контроль		Семко О.В.					НУПП ім. Юрія Кондратюка		
Зав.кафедри		Семко О.В.					Кафедра БгаЦІ		

Розділ 1. Аналіз лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплових вузлів зовнішніх огорожувальних конструкцій

Лінійні коефіцієнти теплопередачі теплових вузлів за ДСТУ Б В.2.6-189:2013

№ п/п	Тип теплового включення, його характеристики	Лінійний коефіцієнт теплопередачі K , Вт/(м ² ·К), залежно від параметрів теплоізоляційного шару			
		розрахункова теплопровідність λ , Вт/(м·К)	товщина теплоізоляції δ , м	120 мм	150 мм
1	<p>1 – цегляна кладка, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$; 2 – шар теплоізоляції; 3 – опорядкувальна штукатурка, $\rho = 1300 \text{ кг/м}^3$; 4 – дерев'яне покриття підлоги, $\rho = 700 \text{ кг/м}^3$; 5 – розчин цементно-піщаний, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$; 6 – звукоізоляційний шар – мінераловата плита, $\rho = 100 \text{ кг/м}^3$; 7 – залізобетон, $\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$.</p>	0,040	0,080	0,073	0,062
		0,045	0,087	0,082	0,069
		0,050	0,094	0,090	0,076
2	<p>1 – залізобетон, $\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$; 2 – шар теплоізоляції; 3 – опорядкувальна штукатурка, $\rho = 1300 \text{ кг/м}^3$; 4 – дерев'яне покриття підлоги, $\rho = 700 \text{ кг/м}^3$; 5 – розчин цементно-піщаний, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$; 6 – звукоізоляційний шар – мінераловата плита, $\rho = 100 \text{ кг/м}^3$.</p>	0,040	0,090	0,074	0,062
		0,045	0,100	0,082	0,069
		0,050	0,110	0,090	0,076
3	<p>1 – цегляна кладка, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$ товщиною $\delta = 250 \text{ мм}$ або залізобетон, $\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$ товщиною $\delta = 300 \text{ мм}$; 2 – шар теплоізоляції; 3 – залізобетон, $\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$; 4 – дерев'яне покриття підлоги, $\rho = 700 \text{ кг/м}^3$; 5 – розчин цементно-піщаний, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$; 6 – звукоізоляційний шар – мінераловата плита, $\rho = 100 \text{ кг/м}^3$.</p>	0,040	0,074	0,056	0,046
		0,045	0,082	0,063	0,051
		0,050	0,091	0,070	0,056

Такі схеми складно використати при термомодернізації існуючих будівель. Будівлі, що підлягають термомодернізації мають товщину зовнішньої цегляної стіни від 0,38 м до 1,03 м. Перекриття зазвичай виконуються з порожнистих залізобетонних плит товщиною 220 мм або по балках. Плити не перерізають шар цегли а спираються на нього. Конструкція дерев'яної підлоги в таких будинках виконується по лагах.

8	<p>1 – цегляна кладка, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$; 2 – шар теплоізоляції; 3 – опорядкувальна штукатурка, $\rho = 1300 \text{ кг/м}^3$; 4 – залізобетон, $\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$.</p>	0,040	0,109	0,135	0,121
		0,045	0,173	0,160	0,133
		0,050	0,187	0,162	0,145
9	<p>1 – цегляна кладка, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$; 2 – залізобетон, $\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$; 3 – шар теплоізоляції.</p>	0,040	0,136	0,113	0,097
		0,045	0,150	0,124	0,107
		0,050	0,162	0,138	0,117
10	<p>1 – кладка з ніздроватого бетону; 2 – шар теплоізоляції; 3 – опорядкувальна штукатурка, $\rho = 1300 \text{ кг/м}^3$; 4 – залізобетон, $\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$.</p>	0,0300	0,174	0,200	0,222
		0,0400	0,178	0,205	0,228
		0,0600	0,182	0,210	0,234
11	<p>1 – цегляна кладка, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$; 2 – шар теплоізоляції; 3 – опорядкувальна штукатурка, $\rho = 1300 \text{ кг/м}^3$.</p>	0,040	0,131	0,115	0,103
		0,045	0,142	0,125	0,107
		0,050	0,152	0,135	0,121
12	<p>1 – цегляна кладка, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$; 2 – шар теплоізоляції.</p>	0,040	0,115	0,096	0,084
		0,045	0,125	0,106	0,092
		0,050	0,135	0,114	0,100
13	<p>1 – кладка з ніздроватого бетону; 2 – опорядкувальна штукатурка, $\rho = 1300 \text{ кг/м}^3$.</p>	0,0300	0,051	0,052	0,053
		0,0400	0,064	0,066	0,067
		0,0600	0,077	0,079	0,081

Наведені схеми обмежені тим, що товщина зовнішніх стін з цегли тільки 250 мм. У той же час будівлі, що підлягають термомодернізації мають товщину зовнішньої цегляної стіни від 0,38 м до 1,03 м.

Крім того слід відзначити, що комбінації залізобетонних стін з цегляною кладкою або ніздроватим бетоном не характерно для будівель, що підлягають термомодернізації.

5	<p>1 – цегляна кладка, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$; 2 – шар теплоізоляції; 3 – залізобетон, $\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$; 4 – дерев'яне покриття підлоги, $\rho = 700 \text{ кг/м}^3$; 5 – розчин цементно-піщаний, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$; 6 – звукоізоляційний шар – мінераловата плита, $\rho = 100 \text{ кг/м}^3$; 7 – опорядкувальна штукатурка, $\rho = 1300 \text{ кг/м}^3$.</p>	0,040	0,839	0,797	0,758
		0,045	0,833	0,793	0,754
		0,050	0,827	0,789	0,751
6	<p>1 – залізобетон, $\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$; 2 – шар теплоізоляції; 3 – опорядкувальна штукатурка, $\rho = 1300 \text{ кг/м}^3$; 4 – дерев'яне покриття підлоги, $\rho = 700 \text{ кг/м}^3$; 5 – розчин цементно-піщаний, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$; 6 – звукоізоляційний шар – мінераловата плита, $\rho = 100 \text{ кг/м}^3$.</p>	0,040	0,977	0,922	0,869
		0,045	0,970	0,916	0,865
		0,050	0,963	0,911	0,860
7	<p>1 – залізобетон, $\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$; 2 – кладка з ніздроватого бетону; 3 – опорядкувальна штукатурка, $\rho = 1300 \text{ кг/м}^3$; 4 – дерев'яне покриття підлоги, $\rho = 700 \text{ кг/м}^3$; 5 – розчин цементно-піщаний, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$; 6 – звукоізоляційний шар – мінераловата плита, $\rho = 100 \text{ кг/м}^3$.</p>	0,0300	0,710	0,699	0,637
		0,0400	0,718	0,616	0,543
		0,0600	0,726	0,620	0,548

Такі схеми складно використати при термомодернізації існуючих будівель. Будівлі, що підлягають термомодернізації мають товщину зовнішньої цегляної стіни від 0,38 м до 1,03 м. Перекриття зазвичай виконуються з порожнистих залізобетонних плит товщиною 220 мм або по балках. Плити не перерізають шар цегли а спираються на нього. Конструкція дерев'яної підлоги в таких будинках виконується по лагах.

32	<p>1 – залізобетон, $\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$; 2 – теплоізоляційні плити, товщиною $\delta = 300 \text{ мм}$; 3 – опорядкувальна штукатурка, $\rho = 1300 \text{ кг/м}^3$; 4 – дерев'яне покриття підлоги, $\rho = 700 \text{ кг/м}^3$; 5 – розчин цементно-піщаний, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$; 6 – теплоізоляційні плити, товщиною $\delta = 300 \text{ мм}$; 7 – залізобетон, $\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$.</p>	0,050±0,005	0,88
		0,050±0,005	1,05
		0,050±0,005	1,05
33	<p>1 – залізобетон, $\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$ товщиною $\delta = 300 \text{ мм}$; 2 – теплоізоляційні плити, товщиною $\delta = 300 \text{ мм}$; 3 – опорядкувальна штукатурка, $\rho = 1300 \text{ кг/м}^3$; 4 – дерев'яне покриття підлоги, $\rho = 700 \text{ кг/м}^3$; 5 – розчин цементно-піщаний, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$; 6 – теплоізоляційні плити, товщиною $\delta = 300 \text{ мм}$; 7 – залізобетон, $\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$.</p>	0,050±0,005	1,05
		0,050±0,005	1,05
		0,050±0,005	1,05

Застосування вузла обмежене тим, що стіни підвалу виконані з залізобетону. В той час як у будинках, що підлягають термомодернізації стіни виконують зазвичай з бетонних блоків. Також на обмеження по використанню впливає тільки одна товщина стіни 300 мм, та одна товщина утеплювача 50 мм.

2МБП.9975516.МР					
Зм.	Кільк.	Арх.	Док.	Підпис	Дата
Розробив	Мостовик І.А.				
Керував	Семко О.В.				
Консультант	Семко О.В.				
Н.контроль	Семко О.В.				
Зав.кафедри	Семко О.В.				
Отримана залежність для розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі лінійних огорожувальних конструкцій з теплопровідними включеннями					
Розділ 1. Аналіз лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплових вузлів зовнішніх огорожувальних конструкцій					
Стандія	Архус	Архус	Архус	Архус	Архус
МР	2	12			
Лінійні коефіцієнти теплопередачі теплових вузлів за ДСТУ Б В.2.6-189:2013					
НУПІП ім. Юрія Кодратюка					
Кафедра БраЦ					

Розділ 1. Аналіз лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплових вузлів зовнішніх огорожувальних конструкцій

Лінійні коефіцієнти теплопередачі теплових вузлів за ДСТУ Б В.2.6-189:2013

14	Вузол примикання віконної конструкції до зовнішніх стін із цегли з опоряджувальною штукатуркою в зоні перемічки		1 – залізобетон, $\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$; 2 – шар теплоізоляції; 3 – опоряджувальна штукатурка, $\rho = 1300 \text{ кг/м}^3$; 4 – розчин цементно-піщаний, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$.	120 мм	150 мм	180 мм	0,045±0,005	0,081	0,081	0,08	
15	Вузол примикання віконної конструкції до зовнішніх стін із цегли з опоряджувальною штукатуркою в зоні підвіконня		1 – цегляна кладка, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$; 2 – шар теплоізоляції; 3 – опоряджувальна штукатурка, $\rho = 1300 \text{ кг/м}^3$; 4 – розчин цементно-піщаний, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$; 5 – ПВХ підвіконня.	120 мм	150 мм	180 мм	0,045±0,005	0,059	0,064	0,068	
16	Вузол примикання віконної конструкції до зовнішніх стін із цегли з опоряджувальною штукатуркою в зоні рядового сполучення		1 – цегляна кладка, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$; 2 – шар теплоізоляції; 3 – опоряджувальна штукатурка, $\rho = 1300 \text{ кг/м}^3$; 4 – розчин цементно-піщаний, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$.	120 мм	150 мм	180 мм	0,045±0,005	0,068	0,071	0,073	
17	Вузол примикання віконної конструкції до зовнішніх стін із цегли з вентиляційним повітряним прозором в зоні перемічки		1 – залізобетон, $\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$; 2 – шар теплоізоляції; 3 – розчин цементно-піщаний, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$.	150 мм	200 мм	250 мм	0,045±0,005	0,063	0,062	0,062	
18	Вузол примикання віконної конструкції до зовнішніх стін із цегли з вентиляційним повітряним прозором у зоні підвіконня		1 – цегляна кладка, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$; 2 – шар теплоізоляції; 3 – ПВХ підвіконня; 4 – розчин цементно-піщаний, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$.	150 мм	200 мм	250 мм	0,045±0,005	0,035	0,041	0,046	
19	Вузол примикання віконної конструкції до зовнішніх стін із цегли з вентиляційним повітряним прозором у зоні рядового сполучення		1 – цегляна кладка, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$; 2 – шар теплоізоляції; 3 – розчин цементно-піщаний, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$.	150 мм	200 мм	250 мм	0,045±0,005	0,049	0,053	0,058	
20	Вузол примикання віконної конструкції до зовнішніх стін із надроватого бетону в зоні перемічки		1 – перемічка з армованого надроватого бетону, $\rho = 800 \text{ кг/м}^3$; 2 – розчин цементно-піщаний, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$; 3 – опоряджувальна штукатурка, $\rho = 1300 \text{ кг/м}^3$.	марка бетону	300 мм	400 мм	500 мм	D800	0,075	0,091	0,101
21	Вузол примикання віконної конструкції до зовнішніх стін із надроватого бетону в зоні підвіконня		1 – кладка з надроватого бетону; 2 – опоряджувальна штукатурка, $\rho = 1300 \text{ кг/м}^3$; 3 – ПВХ підвіконня; 4 – розчин цементно-піщаний, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$.	марка бетону	300 мм	400 мм	500 мм	D300 D400 D500	0,077	0,079	0,085

22	Вузол примикання віконної конструкції до зовнішніх стін із надроватого бетону в зоні рядового сполучення		1 – кладка з надроватого бетону; 2 – розчин цементно-піщаний, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$; 3 – опоряджувальна штукатурка, $\rho = 1300 \text{ кг/м}^3$.	марка бетону	300 мм	400 мм	500 мм	D300 D400 D500	0,052	0,056	0,073
----	----------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------	--------	--------	--------	----------------------	-------	-------	-------

Наведені схеми обмежені у застосуванні як за товщиною стіни так і відсутності четвертей на вікнах.

23	Вузол примикання зовнішніх стін із тришарових панелей на основі важкого бетону до мікропарового перекриття		1 – залізобетон, $\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$; 2 – теплоізоляційні плити, $\rho = 100 \text{ кг/м}^3$; 3 – звукоізоляційний шар – мінераловата плита, $\rho = 100 \text{ кг/м}^3$; 4 – розчин цементно-піщаний, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$; 5 – дерев'яне покриття підлоги, $\rho = 700 \text{ кг/м}^3$.	120 мм	150 мм	180 мм	0,045±0,005	0,050	0,070	0,174
----	------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------	--------	--------	-------------	-------	-------	-------

24	Вузол влаштування зовнішніх стін із вентиляційним повітряним прозором на основі дерев'яного з'єднання		1 – розчин цементно-піщаний, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$; 2 – цегляна кладка, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$; 3 – дерев'яний брус, $\rho = 500 \text{ кг/м}^3$; 4 – шар теплоізоляції.	150 мм	200 мм	250 мм	0,050±0,005	0,056	0,069	0,058
----	-------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------	--------	--------	-------------	-------	-------	-------

Застосування схем обмежене одним варіантом цегляної стіни товщиною 250 мм.

30	Вузол примикання конструкції перекриття до внутрішньої стіни		1 – залізобетон, $\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$; 2 – дерев'яне покриття підлоги, $\rho = 700 \text{ кг/м}^3$; 3 – розчин цементно-піщаний, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$; 4 – звукоізоляційний шар – мінераловата плита, $\rho = 100 \text{ кг/м}^3$.	30 мм	50 мм	80 мм	0,040	1,045	1,045	1,004
							0,045	1,028	1,032	0,994
							0,050	1,012	1,019	0,984

Вузол може застосовуватися тільки для залізобетонних внутрішніх стін товщиною 200 мм. При термомодернізації будівель в таких вузлах наявні цегляні стіни товщиною від 120 мм до 640 мм.

36	Вузол кутового сполучення зовнішніх стін із цегли з додатковою теплоізоляцією та опоряджувальною штукатуркою		1 – цегляна кладка, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$; 2 – шар теплоізоляції; 3 – додатковий шар теплоізоляції; 4 – опоряджувальна штукатурка, $\rho = 1300 \text{ кг/м}^3$.	120 мм	150 мм	180 мм	0,040	0,092	0,068	0,081
							0,045	0,101	0,094	0,089
							0,050	0,108	0,104	0,097

Наведена схема може застосовуватися тільки при новому будівництві.

34	Вузол примикання конструкції підлоги по ґрунту до зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією		1 – цегляна кладка, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$; 2 – теплоізоляційні плити; 3 – опоряджувальна штукатурка, $\rho = 1300 \text{ кг/м}^3$; 4 – дерев'яне покриття підлоги, $\rho = 700 \text{ кг/м}^3$; 5 – розчин цементно-піщаний, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$; 6 – звукоізоляційний шар – мінераловата плита, $\rho = 100 \text{ кг/м}^3$; 7 – залізобетон, $\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$; 8 – теплоізоляційні плити.	50 мм	100 мм	0,050±0,005	1,04	0,98
35	Вузол примикання конструкції підлоги по ґрунту до зовнішніх стін з блоків з надроватого бетону		1 – кладка з надроватого бетону; 2 – теплоізоляційні плити, $\rho = 100 \text{ кг/м}^3$; 3 – опоряджувальна штукатурка, $\rho = 1300 \text{ кг/м}^3$; 4 – дерев'яне покриття підлоги, $\rho = 700 \text{ кг/м}^3$; 5 – розчин цементно-піщаний, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$; 6 – звукоізоляційний шар – мінераловата плита, $\rho = 100 \text{ кг/м}^3$; 7 – залізобетон, $\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$.	50 мм	100 мм	0,050±0,005	0,90	0,86

В вузлах представлені одна товщина бетонного фундаменту та одна товщина зовнішньої стіни. Це обмежує їх використання.

Висновки по розділу 1

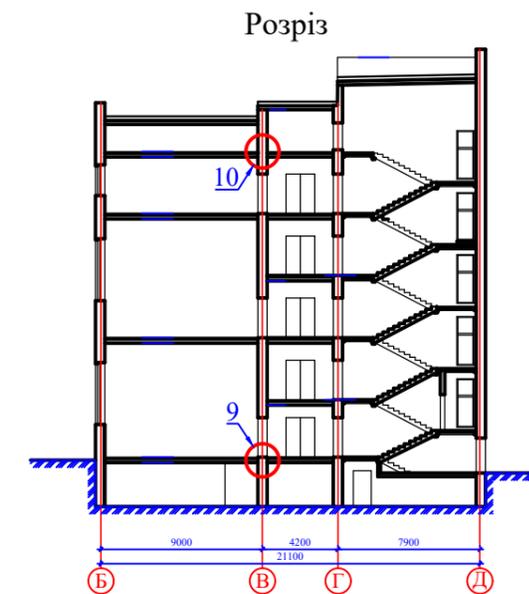
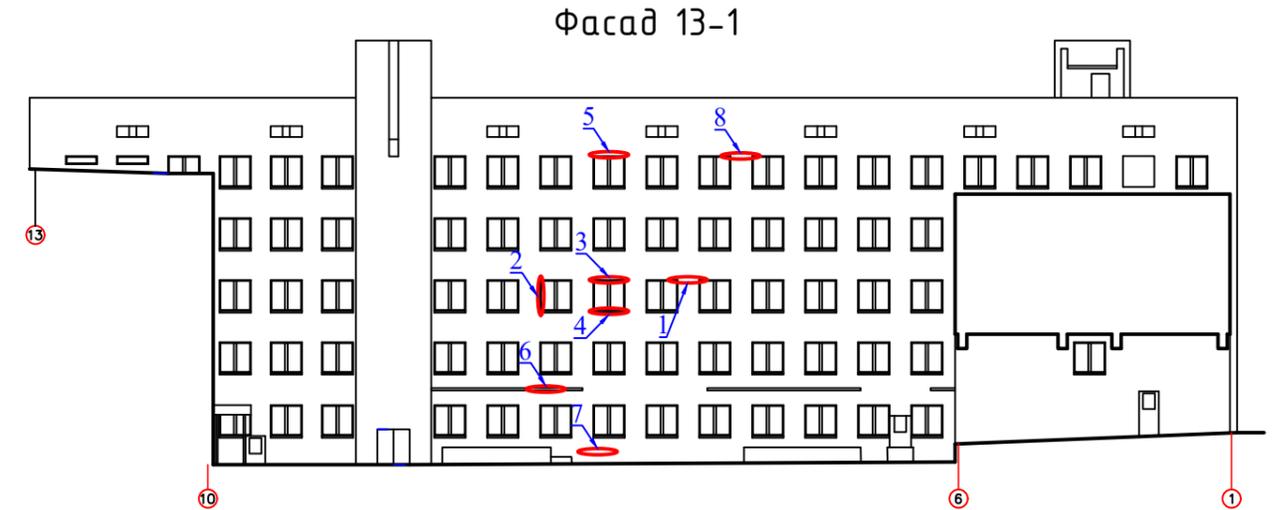
- Наведені схеми теплових вузлів можна використовувати в основному при новому будівництві.
- В них передбачено використання цегляних стін товщиною тільки 250 мм. В той час як у будинках, що підлягають термомодернізації зовнішні цегляні стіни товщиною від 0,38 м до 1,03 м.
- Також в схемах застосоване монолітне перекриття з суцільної залізобетонної плити товщиною 200 мм, а в існуючих будинках перекриття виконується з порожнистих плит товщиною 220 мм або з балок.
- В наведених схемах конструкція перекриття перерізає зовнішню стіну повністю. Це не характерно для існуючих будинків де плити спираються на частину стіни.
- Конструкція дерев'яної підлоги в будинках, що підлягають термомодернізації виконується по лагах, а на розглянутих схема по цементній стяжці.
- Комбінація залізобетонних стін з цегляною кладкою або надроватим бетоном не характерно для будівель, що підлягають термомодернізації.
- Наведені схеми обмежені у використанні із за відсутності четвертей на вікнах, що не характерно для будинків з великим терміном експлуатації.
- Схема з внутрішньою залізобетонною стіною товщиною 200 мм, що спирається на перекриття характерна для нового будівництва.
- Застосування вузлів примикання у підвальній частині обмежене тим, що стіни підвалу виконані з залізобетону. В той час як у будинках, що підлягають термомодернізації стіни виконують зазвичай з бетонних блоків. Також на обмеження по використанню впливає тільки одна товщина стіни підвалу 300 мм, та одна товщина утеплювача 50 мм.
- Схема теплового вузла кутового сполучення зовнішньої стіни з цегли з додатковою теплоізоляцією може застосовуватися тільки при новому будівництві.

						2МБП.9975516.MP			
Зм.	Кільк.	Арх.	Док.	Підпис	Дата	Отримання залежностей для розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі лінійних огорожувальних конструкцій з теплоізоляційними включеннями			
Розробив	Мостовик І.І.					Розділ 1. Аналіз лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплових вузлів зовнішніх огорожувальних конструкцій	Стандія	Аркуш	Аркуши
Керував	Семко О.В.						MP	3	12
Консультант	Семко О.В.					Лінійні коефіцієнти теплопередачі теплових вузлів за ДСТУ Б В.2.6-189:2013. Аналіз висновки по розділу 2.			
Н. контроль	Семко О.В.					НУПП ім. Юрія Кодратюка			
Зав. кафедр	Семко О.В.					Кафедра БраЦ			

Розділ 2. Розрахункові схеми теплових вузлів зовнішніх огорожувальних конструкцій будівлі корпусу «Ф» НУПІ ім. Юрія Кондратюка

Фасади корпусу "Ф"

Розташування місць визначення лінійних коефіцієнтів теплопередачі

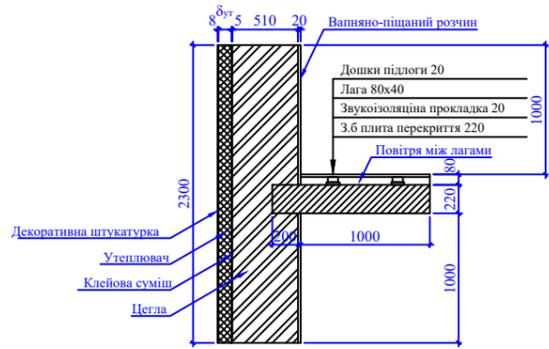


						2МБП.9975516.МР				
						Отримання залежностей для розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі ділянок огорожувальних конструкцій з теплопровідними включеннями				
Зм.	Кільк.	Арк.	Док.	Підпис	Дата	Розробник	Мостовик І.А.	Стадія	Аркуш	Аркушин
						Керівник	Семко О.В.	МР	4	12
						Консультант	Семко О.В.	НУПІ ім. Юрія Кондратюка		
						Н.контроль	Семко О.В.	Кафедра БраЦ		
						Зав.кафедри	Семко О.В.			

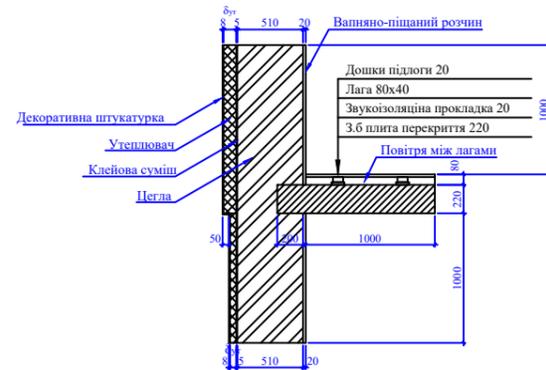
Розділ 2. Розрахункові схеми теплових вузлів зовнішніх огорожувальних конструкцій будівлі корпусу «Ф» НУПІ ім. Юрія Кондратюка

Схеми теплових вузлів корпусу "Ф".

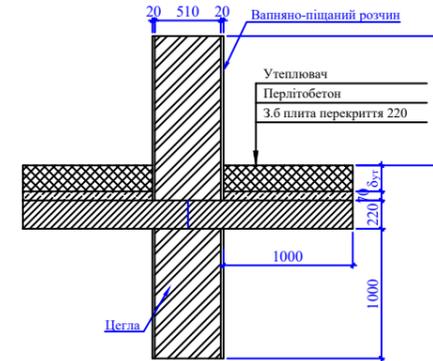
Вузол №1. Спирання плити перекриття на стіну



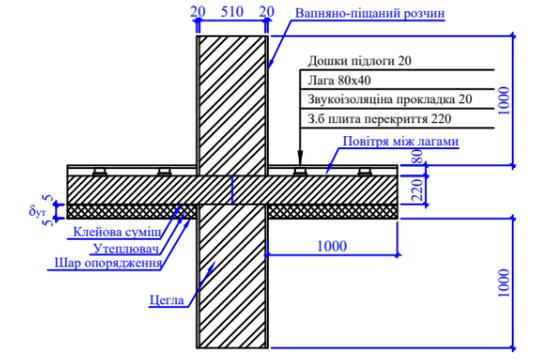
Вузол №8. Вузел цоколя



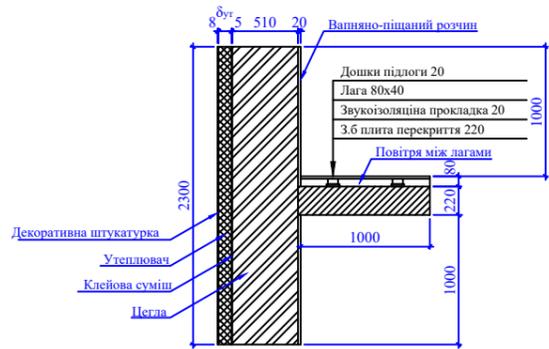
Вузол №11. Спирання горіщного перекриття на внутрішню стіну



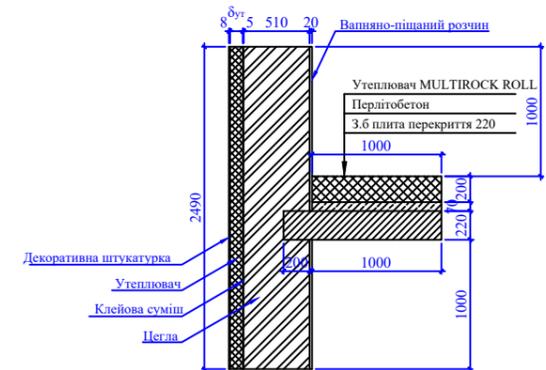
Вузол №10. Спирання підвального перекриття на внутрішню стіну



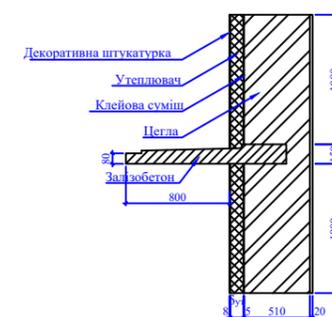
Вузол №2. Примикання плити перекриття до стіни



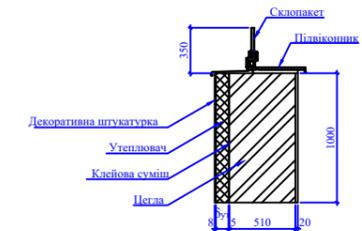
Вузол №9. Спирання плити горіщного перекриття на стіну



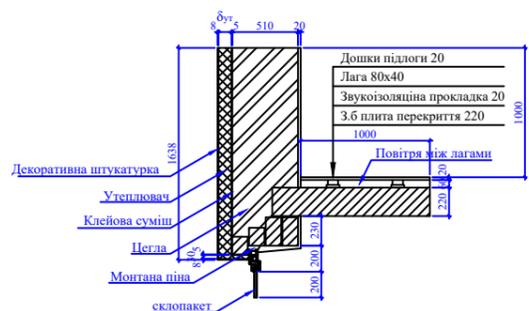
Вузол №7. Спирання залізобетонного козирка на стіну



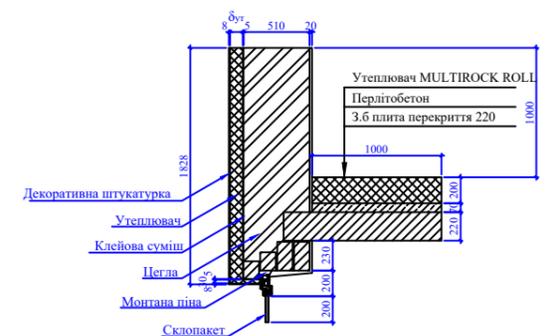
Вузол №5. Примикання вікна до стіни в зоні підвіконня



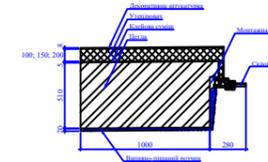
Вузол №4. спирання плити перекриття на стіну над вікном



Вузол №6. Спирання плити горіщного перекриття на стіну над вікном



Вузол №3. примикання вікна до простінка



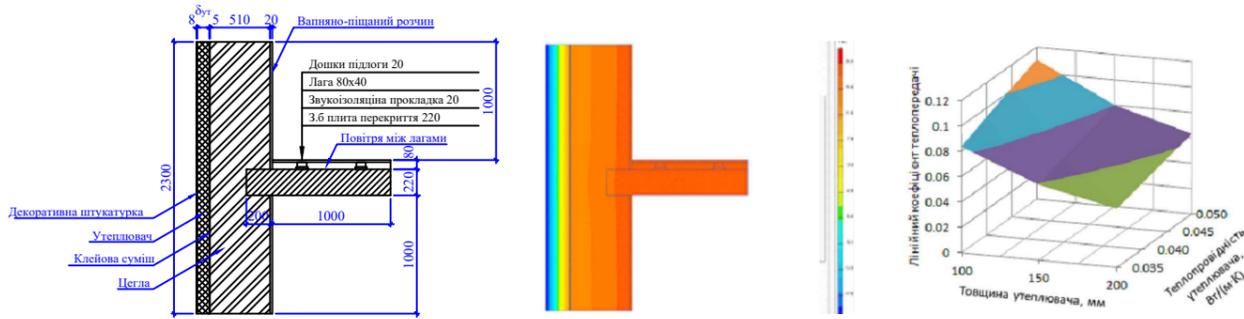
Висновки по розділу 2

1. У розділі 2 наведені найбільш поширені розрахункові схеми теплових вузлів зовнішніх огорожувальних конструкцій будівлі корпусу «Ф» ПНТУ ім. Юрія Кондратюка.
2. Схеми суттєво відрізняються від наведених у нормативних документах.

						2МБП.9975516.МР		
						Отримання залежностей для розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі ділянок огорожувальних конструкцій з теплопровідними включеннями		
Зм.	Кільк.	Арк.	Док.	Підпис	Дата			
Розробник	Мостовик І.А.					Стадія	Аркуш	Аркуши
Керівник	Семко О.В.					МР	5	12
Консультант	Семко О.В.					НУПІ ім. Юрія Кондратюка		
						Кафедра БраЦ		

Розділ 3. Отримання залежностей для визначення лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплових вузлів зовнішніх огорожувальних конструкцій корпусу «Ф» НУПІ ім. Юрія Кондратюка

Вузол №1



Лінійні коефіцієнти теплопередачі теплового вузла 1 (за даними розрахунків температурних полів)

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м·К)	Лінійний коефіцієнт теплопередачі при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0,0836	0,0594	0,0462
0,04	0,0929	0,0666	0,0520
0,045	0,1018	0,0735	0,0576
0,05	0,1102	0,0801	0,0631

Варіант 1.

Координати точок: 1(100; 0,035; 0,0836), 2(200; 0,035; 0,0462), 3(150; 0,05; 0,0801).

$$k = -0.000374\delta + 1.013333333\lambda + 0.085533333$$

Середнє розходження 3,8 %.

Максимальне розходження 10,3 %.

Варіант 2.

Координати точок: 1(100; 0,05; 0,1102), 2(200; 0,05; 0,0631), 3(150; 0,035; 0,0594).

$$k = -0.000471\delta + 1.816666667\lambda + 0.066466667$$

Середнє розходження 5,1 %.

Максимальне розходження 22,4 %.

Варіант 3.

Координати точок: 1(100; 0,035; 0,0836), 2(100; 0,05; 0,1102), 3(200; 0,04; 0,052).

$$k = -0.000404667\delta + 1.773333333\lambda + 0.062$$

Середнє розходження 5,1 %.

Максимальне розходження 12,3 %.

Варіант 4.

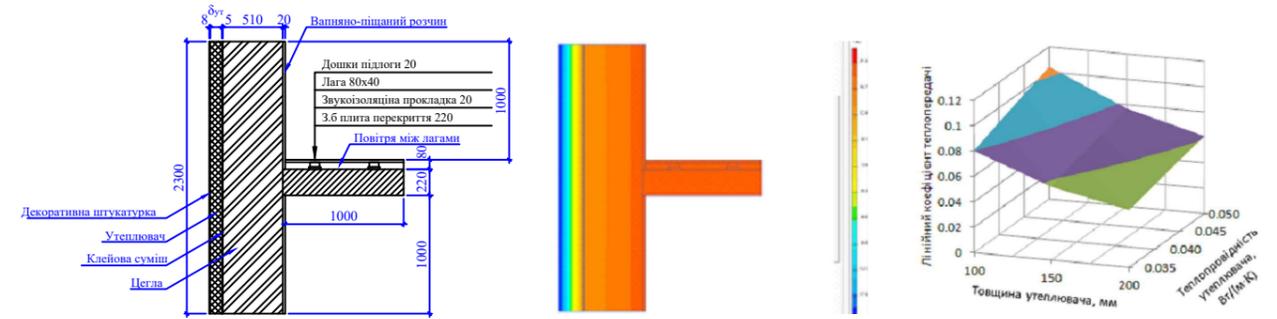
Координати точок: 1(200; 0,035; 0,0462), 2(200; 0,05; 0,0631), 3(100; 0,045; 0,1018).

$$k = -0.000443333\delta + 1.126666667\lambda + 0.095433333$$

Середнє розходження 4,7 %.

Максимальне розходження 15,1 %.

Вузол №2



Лінійні коефіцієнти теплопередачі теплового вузла 1 (за даними розрахунків температурних полів)

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м·К)	Лінійний коефіцієнт теплопередачі при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0,0801	0,0576	0,0451
0,04	0,0885	0,0645	0,0506
0,045	0,0965	0,0708	0,0559
0,05	0,1041	0,0770	0,0610

Варіант 1.

Координати точок: 1(100; 0,035; 0,0801), 2(200; 0,035; 0,0451), 3(150; 0,05; 0,077).

$$k = -0.00035\delta + 0.96\lambda + 0.0815$$

Середнє розходження 3,5 %.

Максимальне розходження 9,2 %.

Варіант 2.

Координати точок: 1(100; 0,05; 0,1041), 2(200; 0,05; 0,061), 3(150; 0,035; 0,0576).

$$k = -0.000431\delta + 1.663333333\lambda + 0.064033333$$

Середнє розходження 4,6 %.

Максимальне розходження 20,1 %.

Варіант 3.

Координати точок: 1(100; 0,035; 0,0801), 2(100; 0,05; 0,1041), 3(200; 0,04; 0,0506).

$$k = -0.000375\delta + 1.6\lambda + 0.0616$$

Середнє розходження 4,5 %.

Максимальне розходження 10,8 %.

Варіант 4.

Координати точок: 1(200; 0,035; 0,0451), 2(200; 0,05; 0,061), 3(100; 0,045; 0,0965).

$$k = -0.000408\delta + 1.06\lambda + 0.0896$$

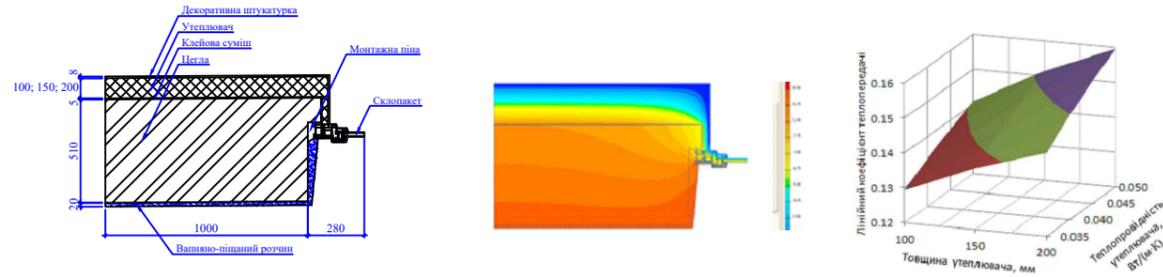
Середнє розходження 4,2 %.

Максимальне розходження 13,7 %.

						2МБП.9975516.МР		
						Отримання залежностей для розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі ділянок огорожувальних конструкцій з теплопровідними включеннями		
Зм.	Кільк.	Арк.	Док.	Підпис	Дата	Розділ 3. Отримання залежностей для визначення лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплових вузлів зовнішніх огорожувальних конструкцій корпусу «Ф» НУПІ ім. Юрія Кондратюка		
Розробив	Мостовик І.А.					Студія	Архус	Архус
Керувач	Семко О.В.					МР	6	12
Консультант	Семко О.В.					Вузол 1, вузол 2		
Н. контроль	Семко О.В.					НУПІ ім. Юрія Кондратюка		
Зав. кафедр	Семко О.В.					Кафедра БраЦ		

Розділ 3. Отримання залежностей для визначення лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплових вузлів зовнішніх огорожувальних конструкцій корпусу «Ф» НУПІ ім. Юрія Кондратюка

Вузол №3



Лінійні коефіцієнти теплопередачі теплового вузла 1 (за даними розрахунків температурних полів)

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м·К)	Лінійний коефіцієнт теплопередачі при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.1293	0.1376	0.1438
0,04	0.1337	0.1429	0.1498
0,045	0.1375	0.1474	0.1550
0,05	0.1408	0.1514	0.1596

Варіант 1.

Координати точок: 1(100; 0,035; 0.1293), 2(200; 0,035; 0.1438), 3(150; 0,05; 0,1514).

$$k = 0.0001\delta + 1.02333333\lambda + 0.0799833$$

Середнє розходження 1 %.

Максимальне розходження 2,7 %.

Варіант 2.

Координати точок: 1(100; 0,05; 0.1408), 2(200; 0,05; 0.1596), 3(150; 0,035; 0,1376).

$$k = 0.0002\delta + 0.84\lambda + 0.08$$

Середнє розходження 0,7 %.

Максимальне розходження 2,2 %.

Варіант 3.

Координати точок: 1(100; 0,035; 0.1293), 2(100; 0,05; 0.1408), 3(200; 0,04; 0,1498).

$$k = 0.0002\delta + 0.76666667\lambda + 0.0858000$$

Середнє розходження 0,7 %.

Максимальне розходження 1,5 %.

Варіант 4.

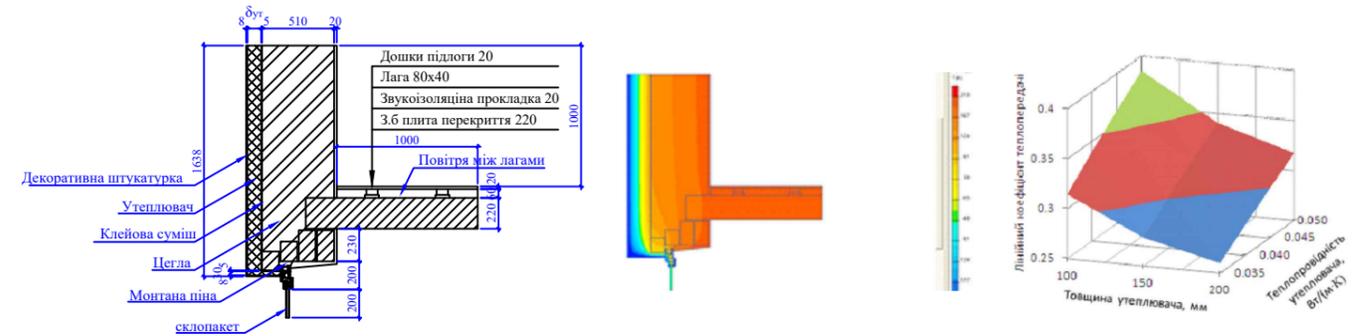
Координати точок: 1(200; 0,035; 0.1438), 2(200; 0,05; 0.1596), 3(100; 0,045; 0,1375).

$$k = 0.0002\delta + 1.05333333\lambda + 0.0896$$

Середнє розходження 0,8 %.

Максимальне розходження 1,8 %.

Вузол №4



Лінійні коефіцієнти теплопередачі теплового вузла 1 (за даними розрахунків температурних полів)

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м·К)	Лінійний коефіцієнт теплопередачі при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.3145	0.2783	0.2600
0,04	0.3396	0.3002	0.2802
0,045	0.3631	0.3210	0.2993
0,05	0.3852	0.3405	0.3173

Варіант 1.

Координати точок: 1(100; 0,035; 0.3145), 2(200; 0,035; 0.26), 3(150; 0,05; 0,3405).

$$k = -0.000545\delta + 3.55\lambda + 0.24475$$

Середнє розходження 1,6 %.

Максимальне розходження 4,5 %.

Варіант 2.

Координати точок: 1(100; 0,05; 0.3852), 2(200; 0,05; 0.3173), 3(150; 0,035; 0,2783).

$$k = -0.000679\delta + 4.86333333\lambda + 0.209933333$$

Середнє розходження 1,7 %.

Максимальне розходження 6 %.

Варіант 3.

Координати точок: 1(100; 0,035; 0.3145), 2(100; 0,05; 0.3852), 3(200; 0,04; 0,2802).

$$k = -0.000578667\delta + 4.71333333\lambda + 0.2074$$

Середнє розходження 1,7 %.

Максимальне розходження 4,6 %.

Варіант 4.

Координати точок: 1(200; 0,035; 0.26), 2(200; 0,05; 0.3173), 3(100; 0,045; 0,3631).

$$k = -0.000682333\delta + 4.486666667\lambda + 0.229433333$$

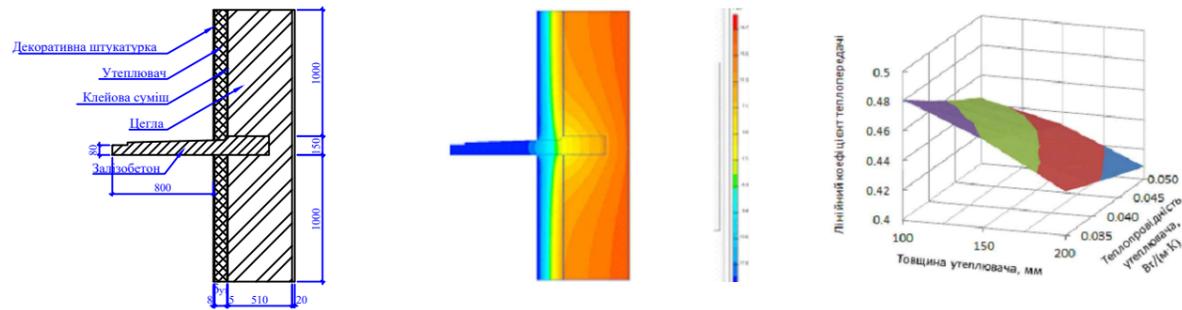
Середнє розходження 1,6 %.

Максимальне розходження 3,8 %.

						2МБП.9975516.МР		
						Отримання залежностей для розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі ділянок огорожувальних конструкцій з теплопровідними включеннями		
Зм.	Кільк.	Арк.	Док.	Підпис	Дата	Розділ 3. Отримання залежностей для визначення лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплових вузлів зовнішніх огорожувальних конструкцій корпусу «Ф» НУПІ ім. Юрія Кондратюка		
Розробив	Мостовик І.А.					Студія	Архус	Архус
Керувач	Семко О.В.					МР	7	12
Консультант	Семко О.В.					Вузол 3. Вузол 4.		
Н. контроль	Семко О.В.					НУПІ ім. Юрія Кондратюка		
Зав. кафедр	Семко О.В.					Кафедра БраЦ		

Розділ 3. Отримання залежностей для визначення лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплових вузлів зовнішніх огорожувальних конструкцій корпусу «Ф» НУПІ ім. Юрія Кондратюка

Вузол №7



Лінійні коефіцієнти теплопередачі теплового вузла 1 (за даними розрахунків температурних полів)

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м·К)	Лінійний коефіцієнт теплопередачі при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.4813	0.4592	0.4296
0,04	0.4679	0.4493	0.4222
0,045	0.4556	0.4401	0.4151
0,05	0.4444	0.4314	0.4084

Варіант 1.

Координати точок: 1(100; 0,035; 0.4813), 2(200; 0,035; 0.4296), 3(150; 0,05; 0,4314).

$$k = -0.000517\delta - 1.603333333\lambda + 0.589116667$$

Середнє розходження 0,7 %.

Максимальне розходження 2,9 %.

Варіант 2.

Координати точок: 1(100; 0,05; 0.4444), 2(200; 0,05; 0.4084), 3(150; 0,035; 0,4592).

$$k = -0.00036\delta - 2.186666667\lambda + 0.589733333$$

Середнє розходження 0,7 %.

Максимальне розходження 2,7 %.

Варіант 3.

Координати точок: 1(100; 0,035; 0.4813), 2(100; 0,05; 0.4444), 3(200; 0,04; 0,4222).

$$k = -0.000466667\delta - 2.486666667\lambda + 0.615$$

Середнє розходження 0,9 %.

Максимальне розходження 2,7 %.

Варіант 4.

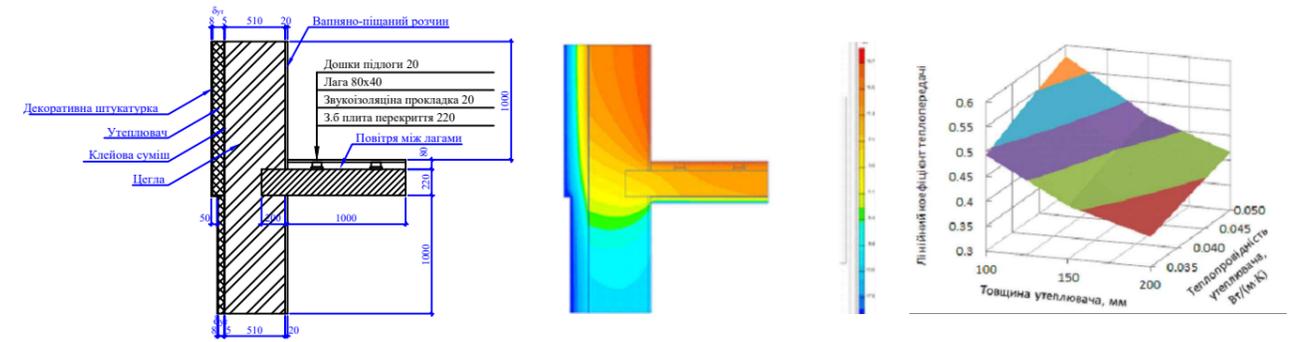
Координати точок: 1(200; 0,035; 0.4296), 2(200; 0,05; 0.4084), 3(100; 0,045; 0,4556).

$$k = -0.000401333\delta - 1.413333333\lambda + 0.559333333$$

Середнє розходження 0,8 %.

Максимальне розходження 2,4 %.

Вузол №8



Лінійні коефіцієнти теплопередачі теплового вузла 1 (за даними розрахунків температурних полів)

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м·К)	Лінійний коефіцієнт теплопередачі при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.4930	0.4064	0.3601
0,04	0.5234	0.4302	0.3795
0,045	0.5519	0.4529	0.3981
0,05	0.5786	0.4745	0.4161

Варіант 1.

Координати точок: 1(100; 0,035; 0.493), 2(200; 0,035; 0.3601), 3(150; 0,05; 0,4745).

$$k = -0.001329\delta + 3.196666667\lambda + 0.514016667$$

Середнє розходження 2,3 %.

Максимальне розходження 6,5 %.

Варіант 2.

Координати точок: 1(100; 0,05; 0.5786), 2(200; 0,05; 0.4161), 3(150; 0,035; 0,4064).

$$k = -0.001625\delta + 6.063333333\lambda + 0.437933333$$

Середнє розходження 2,6 %.

Максимальне розходження 9,7 %.

Варіант 3.

Координати точок: 1(100; 0,035; 0.493), 2(100; 0,05; 0.5786), 3(200; 0,04; 0,3795).

$$k = -0.001420333\delta + 5.706666667\lambda + 0.4353$$

Середнє розходження 2,7 %.

Максимальне розходження 7 %.

Варіант 4.

Координати точок: 1(200; 0,035; 0.3601), 2(200; 0,05; 0.4161), 3(100; 0,045; 0,5519).

$$k = -0.001544667\delta + 3.733333333\lambda + 0.538366667$$

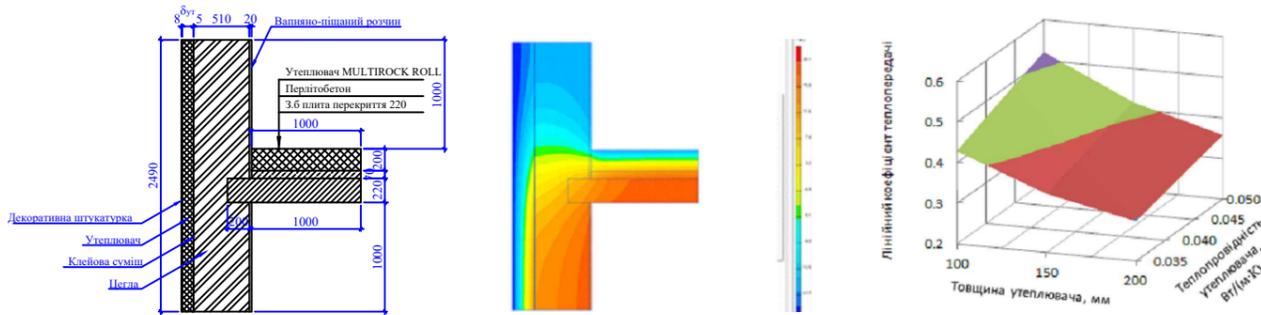
Середнє розходження 2,5 %.

Максимальне розходження 7,6 %.

						2МБП.9975516.МР		
						Отримання залежностей для розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі ділянок огорожувальних конструкцій з теплопровідними включеннями		
Зм.	Кільк.	Арх.	Док.	Підпис	Дата	Розділ 3. Отримання залежностей для визначення лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплових вузлів зовнішніх огорожувальних конструкцій корпусу «Ф» НУПІ ім. Юрія Кондратюка		
Розробив	Мостовик І.А.					Стаття	Аркуш	Аркуші
Керував	Семко О.В.					МР	9	12
Консультант	Семко О.В.					Вузол 1. Вузол 8		
Н.контроль	Семко О.В.					НУПІ ім. Юрія Кондратюка		
Зав.кафедри	Семко О.В.					Кафедра БраЦ		

Розділ 3. Отримання залежностей для визначення лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплових вузлів зовнішніх огорожувальних конструкцій корпусу «Ф» НУПІ ім. Юрія Кондратюка

Вузол №9



Лінійні коефіцієнти теплопередачі теплового вузла 1 (за даними розрахунків температурних полів)

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м·К)	Лінійний коефіцієнт теплопередачі при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.4282	0.3442	0.2972
0,04	0.4607	0.3696	0.3180
0,045	0.4913	0.3940	0.3380
0,05	0.5202	0.4173	0.3575

Варіант 1.

Координати точок: 1(100; 0,035; 0.4282), 2(200; 0,035; 0.2972), 3(150; 0,05; 0,4173).

$$k = -0.001318\delta + 3.64\lambda + 0.4318$$

Середнє розходження 2,4 %.
Максимальне розходження 7,2 %.

Варіант 2.

Координати точок: 1(100; 0,05; 0.5202), 2(200; 0,05; 0.3575), 3(150; 0,035; 0,3442).

$$k = -0.001627\delta + 6.31\lambda + 0.3674$$

Середнє розходження 2,9 %.
Максимальне розходження 11,6 %.

Варіант 3.

Координати точок: 1(100; 0,035; 0.4282), 2(100; 0,05; 0.5202), 3(200; 0,04; 0,318).

$$k = -0.001408667\delta + 6.133333333\lambda + 0.3544$$

Середнє розходження 3 %.
Максимальне розходження 7,8 %.

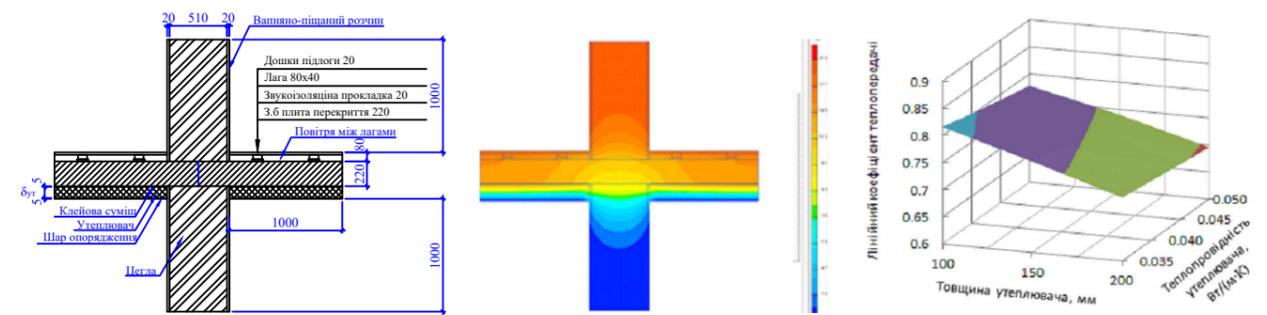
Варіант 4.

Координати точок: 1(200; 0,035; 0.2972), 2(200; 0,05; 0.3575), 3(100; 0,045; 0,4913).

$$k = -0.001539\delta + 4.02\lambda + 0.4643$$

Середнє розходження 2,9 %.
Максимальне розходження 8,7 %.

Вузол №10



Лінійні коефіцієнти теплопередачі теплового вузла 1 (за даними розрахунків температурних полів)

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м·К)	Лінійний коефіцієнт теплопередачі при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.8158	0.7677	0.7167
0,04	0.8022	0.7579	0.7093
0,045	0.7897	0.7487	0.7023
0,05	0.7781	0.7400	0.6956

Варіант 1.

Координати точок: 1(100; 0,035; 0.8158), 2(200; 0,035; 0.7167), 3(150; 0,05; 0,74).

$$k = -0.000991\delta - 1.75\lambda + 0.97615$$

Середнє розходження 0,4 %.
Максимальне розходження 1,5 %.

Варіант 2.

Координати точок: 1(100; 0,05; 0.7781), 2(200; 0,05; 0.6956), 3(150; 0,035; 0,7677).

$$k = -0.000825\delta - 2.056666667\lambda + 0.963433333$$

Середнє розходження 0,4 %.
Максимальне розходження 1,4 %.

Варіант 3.

Координати точок: 1(100; 0,035; 0.8158), 2(100; 0,05; 0.7781), 3(200; 0,04; 0,7093).

$$k = -0.000939333\delta - 2.513333333\lambda + 0.9977$$

Середнє розходження 0,5 %.
Максимальне розходження 1,6 %.

Варіант 4.

Координати точок: 1(200; 0,035; 0.7167), 2(200; 0,05; 0.6956), 3(100; 0,045; 0,7897).

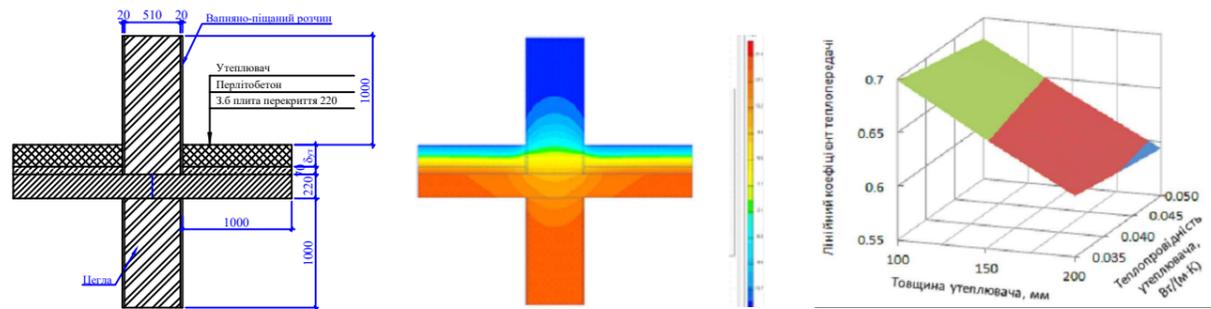
$$k = -0.000870667\delta - 1.406666667\lambda + 0.940066667$$

Середнє розходження 0,4 %.
Максимальне розходження 1,5 %.

2МБП.9975516.МР					
Зм.	Кільк.	Арк.	Док.	Підпис	Дата
Розробив	Мостовик І.А.				
Керувач	Семко О.В.				
Консультант	Семко О.В.				
Н.контроль	Семко О.В.				
Зав.кафедри	Семко О.В.				
Отримання залежностей для розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі ділянок огорожувальних конструкцій з теплопровідними включеннями					
Розділ 3. Отримання залежностей для визначення лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплових вузлів зовнішніх огорожувальних конструкцій корпусу «Ф» НУПІ ім. Юрія Кондратюка					
Студія	Архус	Архус			
МР	10	12			
Вузел № 9, вузел № 10					
НУПІ ім. Юрія Кондратюка					
Кафедра БраЦ					

Розділ 3. Отримання залежностей для визначення лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплових вузлів зовнішніх огорожувальних конструкцій корпусу «Ф» НУПІ ім. Юрія Кондратюка

Вузол №11



Лінійні коефіцієнти теплопередачі теплового вузла 1 (за даними розрахунків температурних полів)

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м·К)	Лінійний коефіцієнт теплопередачі при товщині утеплювача, мм		
	100	150	200
0,035	0.6987	0.6512	0.6067
0,04	0.6922	0.6458	0.6022
0,045	0.6865	0.6408	0.5980
0,05	0.6808	0.6362	0.5940

Варіант 1.

Координати точок: 1(100; 0,035; 0.6987), 2(200; 0,035; 0.6067), 3(150; 0,05; 0,6362).

$$k = -0.000928\delta - 1.1\lambda + 0.8292$$

Середнє розходження 0,2 %.

Максимальне розходження 0,6 %.

Варіант 2.

Координати точок: 1(100; 0,05; 0.6808), 2(200; 0,05; 0.594), 3(150; 0,035; 0,6512).

$$k = -0.000868\delta - 0.92\lambda + 0.8136$$

Середнє розходження 0,2 %.

Максимальне розходження 0,6 %.

Варіант 3.

Координати точок: 1(100; 0,035; 0.6987), 2(100; 0,05; 0.6808), 3(200; 0,04; 0,6022).

$$k = -0.000905333\delta - 1.19333333\lambda + 0.831$$

Середнє розходження 0,2 %.

Максимальне розходження 0,6 %.

Варіант 4.

Координати точок: 1(200; 0,035; 0.6067), 2(200; 0,05; 0.5940), 3(100; 0,045; 0,6865).

$$k = -0.000882667\delta - 0.84666667\lambda + 0.812866667$$

Середнє розходження 0,1 %.

Максимальне розходження 0,5 %.

Формули для визначення лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплових вузлів характерних для будинків, що підлягають термомодернізації

№ вузла	Формула
1	$k = -0.000374\delta + 1.013\lambda + 0.08553$
2	$k = -0.00035\delta + 0.96\lambda + 0.0815$
3	$k = 0.0002\delta + 0.7667\lambda + 0.0858$
4	$k = -0.0006823\delta + 4.487\lambda + 0.2294$
5	$k = 0.000674\delta - 2.5\lambda + 0.242$
6	$k = -0.0005533\delta + 3.147\lambda + 0.6645$
7	$k = -0.00036\delta - 2.187\lambda + 0.5897$
8	$k = -0.001329\delta + 3.197\lambda + 0.5140$
9	$k = -0.00131\delta + 3.64\lambda + 0.4318$
10	$k = -0.000825\delta - 2.057\lambda + 0.9634$
11	$k = -0.0008827\delta - 0.8467\lambda + 0.8129$

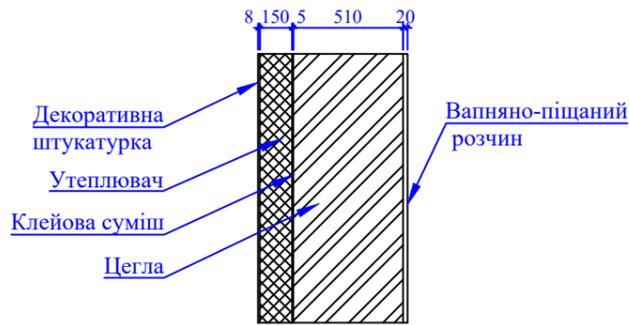
Висновки по розділу 3

- Отримані формули дозволяють визначати приведений опір теплопередачі огорожувальних конструкцій без розрахунків температурних полів.
- Середнє та максимальне розходження між значеннями лінійних коефіцієнтів теплопередачі отриманих за формулами та розрахунками температурних полів незначне.
- Отримані формули можна використовувати при інженерних розрахунках.

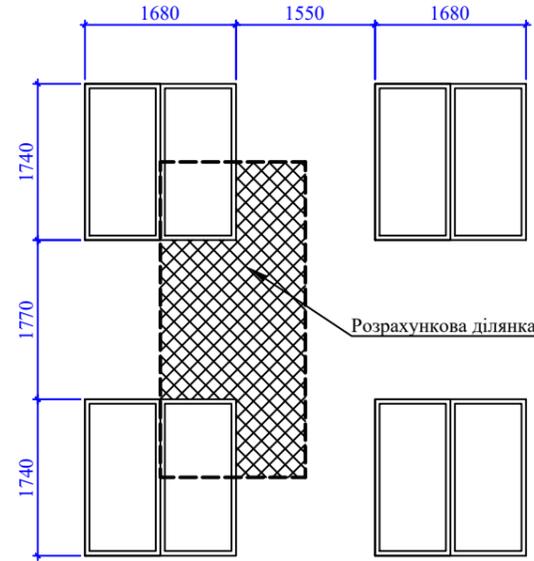
						2МБП.9975516.МР		
						Отримання залежностей для розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі лінійних огорожувальних конструкцій з теплопровідними включеннями		
Зм.	Кільк.	Арк.	Док.	Підпис	Дата	Розділ 3. Отримання залежностей для визначення лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплових вузлів зовнішніх огорожувальних конструкцій корпусу «Ф» НУПІ ім. Юрія Кондратюка		
Розробив	Мостовик І.А.					Стаття	Аркуш	Аркуші
Керувач	Семко О.В.					МР	11	12
Консультант	Семко О.В.					Вузлові формули для визначення лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплових вузлів характерних для будинків, що підлягають термомодернізації. Висновки по розділу 3.		
Н.контроль	Семко О.В.					НУПІ ім. Юрія Кондратюка		
Зав.кафедри	Семко О.В.					Кафедра БраЦ		

Розділ 4. Аналіз визначення приведенного опору теплопередачі за різними методиками розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі

Розрахункова схема огорожувальної конструкції



Розрахункова ділянка огорожувальної конструкції



Розміри розрахункової ділянки



Загальні висновки

1. Аналіз наведених в нормах схем теплових вузлів показав, що їх можна використовувати в основному при новому будівництві із застосуванням сучасних конструкцій.

2. Схеми теплових вузлів зовнішніх огорожувальних конструкцій будівлі корпусу «Ф» НУПІ ім. Юрія Кондратюка суттєво відрізняються від наведених у нормативних документах.

3. Отримані формули для визначення лінійних коефіцієнтів теплопередачі дозволяють визначати приведений опір теплопередачі огорожувальних конструкцій без розрахунків температурних полів.

4. Середнє та максимальне розходження між значеннями лінійних коефіцієнтів теплопередачі отриманих за формулами та розрахунками температурних полів незначне.

5. Використання лінійних коефіцієнтів теплопередачі наведених в нормативних документах можливо при розрахунках приведенного опору теплопередачі сучасних огорожувальних конструкцій.

6. Їх використання при термомодернізації існуючих будівель дає суттєву похибку.

7. Використання при розрахунках приведенного опору лінійних коефіцієнтів теплопередачі за визначеними формулами можливо для інженерних розрахунків.

Приведений опір теплопередачі зовнішньої стіни при товщині утеплювача 150 мм та його теплопровідності $\lambda_p = 0,045 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$.

Лінійні коефіцієнти теплопередачі прийняті за розрахунками температурних полів

$$R_{\Sigma \text{пр}} = 2,419 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

Лінійні коефіцієнти теплопередачі прийняті за нормативними документами

$$R_{\Sigma \text{пр}} = 3,298 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт} \quad \text{Розходження } +36,2 \%$$

Лінійні коефіцієнти теплопередачі прийняті за отриманими формулами

$$R_{\Sigma \text{пр}} = 2,405 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт} \quad \text{Розходження } -0,6 \%$$

						2МБП.9975516.МР			
Зм.	Кільк.	Арх.	Док.	Підпис	Дата	Отримання залежностей для розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі ділянок огорожувальних конструкцій з теплопровідними включеннями			
Розробив	Мостовик І.А.					Розділ 4. Аналіз визначення приведенного опору теплопередачі за різними методиками розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі	Стандія	Аркуші	Аркуші
Керувач	Семко О.В.						МР	12	12
Консультант	Семко О.В.						НУПІ ім. Юрія Кондратюка		
Н. контроль	Семко О.В.					Кафедра БраЦ			
Зав. кафедр	Семко О.В.								