

Міністерство освіти і науки України
Центральноукраїнський національний технічний університет
Центр заочної та дистанційної освіти
Кафедра "Будівельні, дорожні машини і будівництво"

"Допущено до захисту"

Зав. кафедрою БДМБ
канд. техн. наук, професор

_____ Настоящий В.А.

" ____ " _____ 2021 р.

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

(ступінь вищої освіти "магістр")

на тему:

**"Дослідження теплових характеристик вузлів огорожувальних
конструкцій житлових будівель в кліматичних умовах України"**

МР 19220119 А
(Альбом документів)

Виконав студент групи БІ - 20МЗ
спеціальності
192 Будівництво та цивільна
інженерія

_____ Сакун Д.О.

" ____ " _____ 2021 р.

Керівник магістерської роботи
канд. техн. наук, доцент

_____ Джирма С.О.

" ____ " _____ 2021 р.

ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Центр *заочної та дистанційної освіти*

Кафедра *будівельних, дорожніх машин і будівництва*

Ступінь вищої освіти *магістр*

Спеціальність *192 Будівництво та цивільна інженерія*

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри будівельних,
дорожніх машин і будівництва
_____ проф. Настоящий В.А.
" ____ " _____ 2021 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську роботу студентів

Сакун Дмитро Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) *Дослідження теплових характеристик вузлів огорожувальних
конструкцій житлових будівель в кліматичних умовах України*

керівник проекту (роботи) *Джирма Станіслав Олександрович, канд. техн. наук, доцент*

затверджена наказом по університету від " 02 " 08 2021 р. № 50-13

2. Строк подання студентом проекту (роботи) _____ 30 листопада 2021 р.

3. Вихідні данні до проекту (роботи) _____

1. Нормативна, довідкова, наукова та навчальна література з питань будівельної

теплотехніки, улаштування й теплового захисту стін житлових будівель.

3. Кліматичні показники для аналізу теплової надійності огорожувальних конструкцій.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити) _____

1. Бібліографічний огляд конструкцій стін житлових будівель, їх характерних вузлів та

вимог до теплової надійності. Вибір об'єктів дослідження (типових вузлів цегляних

стін). 2. Розроблення методики аналізу критеріїв теплової надійності стін житлових

будівель. 3. Аналіз критеріїв теплової надійності типових вузлів стін. 4. Розроблення

технічних рішень з підвищення рівня теплової надійності. 5. Охорона праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) _____

Мультимедійна презентація (не менше 20 слайдів), що ілюструють методику

та результати досліджень, або плакати (не менше 10 шт.).

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
<i>Огляд літератури</i>	<i>доцент Джирма С.О.</i>		
<i>Методика досліджень</i>	<i>доцент Джирма С.О.</i>		
<i>Науково-дослідницький</i>	<i>доцент Джирма С.О.</i>		
<i>Охорона праці</i>	<i>доцент Дарієнко В.В.</i>		

7. Дата видачі завдання 03. 09. 2021 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання Етапів проекту (роботи)	Примітка
1	<i>Бібліографічний огляд конструкцій стін житлових будівель, їх характерних вузлів та вимог до теплової надійності</i>	<i>03.09.-05.10.21</i>	
2	<i>Вибір об'єктів дослідження (типових вузлів цегляних стін) та розроблення методики аналізу критеріїв теплової надійності стін житлових будівель</i>	<i>05.10.-15.10.21</i>	
3	<i>Аналіз критеріїв теплової надійності типових вузлів стін житлових будівель</i>	<i>15.10.-25.10.21</i>	
4	<i>Розроблення технічних рішень з підвищення рівня теплової надійності типових вузлів стін житлових будівель</i>	<i>25.10.-05.11.21</i>	
5	<i>Виконання розділу охорона праці</i>	<i>05.11.-15.11.21</i>	
6	<i>Оформлення пояснювальної записки та плакатів (мультимедійної презентації)</i>	<i>15.11.-20.11.21</i>	
7	<i>Підготовка до захисту</i>	<i>20.11.- 25.11.21</i>	

Студент _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник магістерської роботи _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Робота виконана з метою підвищення теплових характеристик проблемних вузлів цегляних стін з фасадним утепленням в різних кліматичних умовах України. Для цього визначено чотири вузли в яких можуть статися теплові відмови за критерієм утворення конденсату на поверхнях і порушення комфортності. Також ці вузли можуть мати підвищений рівень теплопередачі і утворювати так звані "містки холоду".

Вузли прийняті для дослідження наступні: кутове сполучення зовнішніх стін, примикання внутрішніх капітальних стін, обпирання плити перекриття на зовнішню стіну з цегли, з'єднання залізобетонної балконної плити та цегляної стіни.

Вибрані розрахункові значення температури зовнішнього повітря від -29°C до -8°C , щоб врахувати усі можливі температурні режими географічних зон України.

Дослідження вузлів проводилися за допомогою програми THERM для всіх вибраних значень температур зовнішнього повітря України.

Аналіз температурних полів в програмному середовищі THERM, отриманих в ході досліджень дозволив встановити вузли, що повністю відповідають критеріям теплової надійності і ті, в яких можуть виникнути теплові відмови.

Проаналізовані заходи і наведені пропозиції, які дозволять підвищити теплові характеристики проблемних вузлів до нормативного рівня і запобігти виникненню теплових відмов, як за критеріями належного комфорту, так і за можливістю випадіння конденсату для всіх температурних зон України.

Summary

The work was performed in order to increase the thermal characteristics of the problem units of brick walls with facade insulation in different climatic conditions of Ukraine. For this purpose, four nodes have been identified in which thermal failures can occur according to the criterion of condensate formation on surfaces and violation of comfort. Also, these nodes can have an increased level of heat transfer and form so-called "cold bridges".

The nodes accepted for research are the following: angular connection of external walls, adjacency of internal capital walls, support of a floor slab on an external wall from a brick, connection of a reinforced concrete balcony plate and a brick wall.

The calculated values of outdoor air temperature from -29°C to -8°C are selected to take into account all possible temperature regimes of geographical zones of Ukraine.

The nodes were studied using the THERM program for all selected values of outdoor air temperatures in Ukraine.

The analysis of temperature fields in the THERM software environment obtained during the research allowed to establish nodes that fully meet the criteria of thermal reliability and those in which thermal failures may occur.

Measures are analyzed and proposals are presented that will increase the thermal characteristics of problem units to the regulatory level and prevent thermal failures, both in terms of proper comfort and the possibility of condensation for all temperature zones of Ukraine.

Формат	Зона	Позначення	Позначення	Найменування	Кількість	Примітки
				<u>Документація загальна</u>		
				<u>Знову розроблена</u>		
A4			МР 19220119 ПЗ	Пояснювальна записка	70	
				Обґрунтування завдань,		
				викладення методики і		
				результатів виконаних		
				досліджень		
A4				Типові конструктивні	8	
				рішення стін цивільних		
				будівель		
				(додаток А)		
A4				Нормативні вимоги до стін	9	
				цивільних будівель		
				(додаток Б)		
A4				Програмний комплекс	8	
				THERM для побудови		
				двовірних теплових полів		
				(додаток В)		

					МР 19220119 ВМ						
Зм	Лист	№ документа	Підпис	Дата							
Розробив	Сакун				Дослідження теплових характеристик вузлів огорожувальних конструкцій житлових будівель в кліматичних умовах України			Літ.	Лист	Листів	
Перевірів	Джирма							М	1	2	
								ЦНТУ гр. БІ - 20МЗ			
Н. контр.	Дарієнко										
Затвердив.	Настоящий				Відомість магістерської роботи.						

[illegible]

ВСТУП

Актуальність теми. Забезпечення належного рівня теплової надійності огорожувальних конструкцій відіграє важливу роль у розв'язанні проблеми підвищення рівня енергетичної ефективності будівель. В даний час опалення перетворюється з проблеми комфорту на проблему виживання. Низька якість житлового фонду і величезні втрати тепла, все це призведе до різкого зростання витрат за опалення.

Саме тому необхідно вдосконалювати способи утеплення заради збереження енергії, тому так гостро постає необхідність негайної термомодернізації якомога більшої частини існуючих житлових будинків, адже житловий сектор є чи не найбільшим споживачем природного газу в Україні. Заміна газових котлів твердопаливними, яка пропонується в урядових програмах з енергоефективності, не дасть відчутної економії, доки будуть такі величезні втрати тепла через зовнішні огорожувальні конструкції.

Мета дослідження: на підставі аналізу двомірних теплових полів характерних вузлах цегляних стін житлових будівель виявити можливість теплових відмов за критеріями порушення комфортності та утворення конденсату на внутрішніх поверхнях стін в різних кліматичних умовах України та розробити рекомендації щодо додаткового утеплення проблемних вузлів з метою ліквідації містків холоду.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі **завдання:**

1. На основі аналізу літературних джерел і теплотехнічних розрахунків вибрати конструкції стін з фасадним утепленням для двох температурних зон України та характерні вузли стін, які можуть бути містками холоду і потенційно спричинити теплові відмови.

					МР 19220119 ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Дослідження теплових характеристик вузлів огорожувальних конструкцій житлових будівель в кліматичних умовах України	Стадія	Лист	Листів
Розробив	Сакун					М	1	
Перевірив	Джирма					ЦНТУ гр. БІ - 20МЗ		
Н. контр.	Дарієнко							
Затвердив	Настоящий							

2. Вибрати розрахункові значення температури зовнішнього повітря для різних географічних зон України і за допомогою програмного комплексу THERM дослідити температурні поля обраних вузлів сучасних стін на предмет відповідності до вимог теплової надійності.

3. Виявити критичні зони досліджених вузлів, у яких можуть виникнути теплові відмови за критеріями комфортності та утворення конденсату, систематизувати отримані результати і встановити мінімально допустимі температури зовнішнього повітря з умов забезпечення нормальної експлуатації будівлі.

4. На підставі аналізу різних варіантів додаткового утеплення в середовищі програмного комплексу THERM розробити пропозиції щодо поліпшення теплотехнічних характеристик виявлених проблемних вузлів стін, зорієнтовані на забезпечення їх теплової надійності.

Об'єкт дослідження – термомодернізація стін житлових будівель.

Предмет дослідження – конструктивні рішення термомодернізації стін житлових будівель та їх вплив на рівень теплової надійності.

Методи дослідження: методи будівельної теплотехніки для визначення теплових характеристик стін, побудова та аналіз двомірних теплових полів.

Наукова й технічна новизна роботи полягає в наступному:

1. Вперше виконані системні дослідження параметрів теплової надійності вузлів цегляних стін житлових будівель в різних кліматичних умовах території України.

2. Виявлені значення температури атмосферного повітря, в межах яких проаналізовані вузли цегляних стін житлових будівель мають достатню теплову надійність.

3. Виявлені конструктивні рішення вузлів, які мають недостатній рівень теплової надійності в заданих кліматичних умовах і потребують додаткового локального утеплення.

Практичне значення результатів роботи полягає у виявленні зон імовірних теплових відмов у розглянутих вузлах цегляних стін житлових будівель та в розробленні науково обґрунтованих рекомендацій з підвищення рівня теплової надійності цих вузлів.

Апробація та публікація результатів роботи. Результати виконаних досліджень представлені в статті у збірнику матеріалів III Всеукраїнської студентської науково-практичної конференції «Досвід впровадження у навчальний процес сучасних комп'ютерних технологій» що відбулася 28-29 жовтня 2021 року на базі кафедри будівельних, дорожніх машин і будівництва Центральноукраїнського національного технічного університету.

Структура роботи. Магістерська робота складається з альбому документів на 120 сторінках, у тому числі 12 таблиць, 54 рисунків, та списку з 50 використаних літературних джерел. Текст пояснювальної записки містить вступ, 5 розділів, висновки за результатами роботи, додатки. В якості ілюстративного матеріалу додано мультимедійну презентацію в середовищі Microsoft PowerPoint, яка складається з 25 слайдів.

					МП 19220119 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Розділ 1

СУЧАСНІ КОНСТРУКЦІЇ СТІН ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ ТА ПРОБЛЕМА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЇХ ТЕПЛОВОЇ НАДІЙНОСТІ

1.1 Типові конструктивні рішення стін цивільних будівель

Типові конструктивні рішення стін цивільних будівель приведені в додатку А.

1.2 Нормативні вимоги до стін цивільних будівель

Нормативні вимоги, які ставляться до стін цивільних будівель наведені в додатку Б.

1.3 Методи аналізу температурних полів та критеріїв теплової надійності

Фактичний опір теплопередачі термічно однорідної непрозорої огорожувальної конструкції розраховується за формулою

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_e} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_s} = \frac{1}{\alpha_e} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_s}, \quad (1.1)$$

Розрахунки за викладеною методикою можуть виконуватися в двох варіантах залежно від їх мети. Перевірочний розрахунок огорожувальної конструкції зводиться до визначення фактичного опору теплопередачі огороження з відомою конструкцією за формулою (Б.1) та його порівняння з мінімально допустимим значенням опору теплопередачі огорожувальної конструкції $R_{q \min}$ [5]. При проектуванні нової конструкції до формули (Б.1) підставляють значення товщини і теплопровідностей опоряджувальних та несучих шарів. Прирівнявши (Б.1) до мінімально допустимого значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції $R_{q \min}$ і задавшись

значенням теплопровідності утеплювача, визначають його необхідну товщину:

$$\delta_{\text{утепл}} = \left(R_{q \min} - \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} - \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} - \frac{1}{\alpha_3} \right) \times \lambda_{\text{утепл}}, \quad (1.2)$$

де $\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}}$ – сума термічних опорів усіх шарів огорожувальної конструкції, за винятком утеплюючого шару; інші величини позначені вище.

Перевірка умов (1.1) та (1.2) виконується за вказівками [4] та інших документів, посилання на які наведені в цих нормах.

В теперішній час комп'ютерних технологій можливості визначення теплових властивостей стін, вікон, перекриттів, покриттів та інших конструктивних елементів будівель стали набагато ширшими завдяки різним програмам, які дають змогу будувати віртуальні моделі і в них перевіряти конструкції на тепловтрати і знаходити їх слабкі місця. Однією з найкращих таких програм, яка підходить як інженерам, так і студентам є комплекс THERM [16].

THERM – сучасна комп'ютерна програма, що дозволяє моделювати теплопередачу в різник конструкціях будівлі: стіни, підлоги, вікна тощо. Є у вільному доступі на сайті Лабораторії (LBNL) Каліфорнійського університету (США). Призначена для використання інженерами, архітекторами, педагогами, студентами, всіма, хто займається вивченням процесу теплопередачі [16].

Досвід показує, що програма THERM є незамінною в сучасному проектуванні, адже вона дозволяє в двовимірному режимі аналізувати теплопередачу через огорожувальні конструкції різних типів. Це допомагає при проведенні теплотехнічного розрахунку і дозволяє виключити проблемні зони шляхом заміни матеріалів, або за допомогою інших конструктивних рішень.

1.4 Висновки з бібліографічного огляду та завдання дослідження

За результатами виконаного вище бібліографічного огляду можна зробити такі висновки:

1. Історичний аналіз розвитку стінових конструкцій вказує на постійне прагнення до поліпшення теплоізоляційних характеристик.

2. Сучасні стінові конструкції виконуються на основі фасадних систем різного виду з використанням ефективних теплоізоляційних матеріалів. Конструкції таких фасадних систем є досить технологічними і можуть використовуватися як у новому будівництві, так і при термомодернізації існуючих будівель.

3. В даний час поширені ефективні теплоізоляційні матеріали на основі мінеральної вати та пінопластів різного виду, які мають низьку теплопровідність, достатню довговічність та цілком прийнятні інші технічні й технологічні характеристики.

4. Вимоги до рівня теплової надійності та засоби її забезпечення сформульовані в [5].

5. Аналіз методики теплотехнічних розрахунків, регламентованої [5], показує, що одним з вирішальних факторів забезпечення теплової надійності є теплотехнічні властивості ефективних теплоізоляційних матеріалів.

6. Технічні характеристики сучасних теплоізоляційних матеріалів наведені в [5] та стандартах на відповідні матеріали, але розмаїття виробників та застосованих ними технологій виробництва може призводити до деяких відхилень від вимог стандартів та вказівок норм як у кращу, так і в гіршу сторону. Це викликає необхідність уточнення розрахункових значень технічних характеристик за результатами випробувань продукції конкретного виробника.

7. Незамінним інструментом проектувальника є програмний комплекс THERM, який дозволяє будувати й аналізувати двовірні теплові поля досить

складних вузлів огорожувальних конструкцій, виявляти містки холоду й зони імовірних теплових відмов.

Виходячи зі зроблених вище висновків та сформульованої у вступі мети дослідження, необхідно розв'язати такі завдання досліджень:

1. На основі аналізу літературних джерел і теплотехнічних розрахунків вибрати конструкції стін з фасадним утепленням для двох температурних зон України та характерні вузли стін, які можуть бути містками холоду і потенційно спричинити теплові відмови.

2. Вибрати розрахункові значення температури зовнішнього повітря для різних географічних зон України і за допомогою програмного комплексу THERM дослідити температурні поля обраних вузлів сучасних стін на предмет відповідності до вимог теплової надійності.

3. Виявити критичні зони досліджених вузлів, у яких можуть виникнути теплові відмови за критеріями комфортності та утворення конденсату, систематизувати отримані результати і встановити мінімально допустимі температури зовнішнього повітря з умов забезпечення нормальної експлуатації будівлі.

4. На підставі аналізу різних варіантів додаткового утеплення в середовищі програмного комплексу THERM розробити пропозиції щодо поліпшення теплотехнічних характеристик виявлених проблемних вузлів стін, зорієнтовані на забезпечення їх теплової надійності.

5. Виконати економічний аналіз результатів упровадження розроблених пропозицій з підвищення теплової надійності стін житлових будівель.

Розділ 2

МЕТОДИКА АНАЛІЗУ КРИТЕРІЇВ ТЕПЛОВОЇ НАДІЙНОСТІ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

2.1 Принципи аналізу теплової надійності огорожувальних конструкцій

Розглядаючи будинок, як об'єкт діяльності людини, можна виділити дві його основні функції – просторову й теплову. Просторова функція для житлових будинків полягає в створенні певного простору, де людина може повністю за власним розсудом формувати свою життєдіяльність. Для виробничих і цивільних будинків просторова функція полягає у виділенні спеціального об'єму для виконання певних технологічних операцій [46].

Організм людини може нормально функціонувати тільки у вузькому температурному діапазоні [3], тому необхідний захист людини від несприятливих кліматичних впливів і створення певного теплового й газового середовища, що і є другим функціональним завданням будинку. Виконання цієї функції є більш складним інженерним завданням, для вирішення якого будинок забезпечується комплексом комунікацій і систем, від надійності роботи яких залежить надійність і безвідмовність роботи безпосередньо будинку. При цьому під станом відмови варто розглядати такий стан будинку, коли не забезпечується виконання хоча б однієї з вищезгаданих функцій.

Будинок повинен відповідати наступним трьом основним критеріям: загальній надійності, що визначає ступінь захисту людини як індивідуума, комфортності, що встановлює параметри теплового, акустичного, світлового, газового середовища, і економічності, що визначає витрати на забезпечення перших двох критеріїв. Крім того, існують архітектурні вимоги, встановлені національними традиціями, часом, промисловими можливостями та ін. Всі ці

параметри будинку повністю визначаються його теплоізоляційною оболонкою, від конструктивного рішення якої залежить ефективність будинку, що є комплексною оцінкою економічних, соціальних і естетичних показників.

У будинку, де людина живе або працює, повинні підтримуватися необхідні параметри повітря з певною температурою [4]. Допускаються короточасні відхилення від оптимальних значень параметрів у тих випадках, коли система терморегуляції людини зможе компенсувати зміни навколишнього середовища. Особливу увагу при цьому слід приділяти тому, що при перевищенні фізіологічних можливостей цієї системи в організмі починаються незворотні негативні явища і людина виходить із працездатного стану.

Тому при експлуатації будівель постає проблема теплової відмови. Відмова, як характеристика надійності, це подія, що виникає при втраті об'єктом здатності виконувати задану йому функцію, тобто у порушенні працездатного стану об'єкту. Для будинку подія відмови розглядається як стан, коли не забезпечується виконання заданого – нормованого чи комфортного тепловологісного режиму в приміщеннях будинку. Для огорожувальних конструкцій стан теплової відмови встановлюється при наявності хоча б одного з наступних параметрів: перевищення значень перепаду температур між приведеною температурою внутрішньої поверхні конструкції і температури повітря, допустимої за санітарно-гігієнічними вимогами; зниження локальних значень температур внутрішньої поверхні до температури конденсації пари повітря; накопичення вологи в товщі конструкції в річному експлуатаційному циклі; поява на внутрішній поверхні конструкції або під її оздоблювальними шарами цвілі та грибкових утворень.

За своєю фізичною суттю тепла відмова конструкцій, теплоізоляційної оболонки чи будинку в цілому відноситься до часткових відмов, тобто втрати їх спроможності виконувати частину своїх функцій. При

виникненні теплової відмови теплоізоляційної оболонки будинок не втрачає своїх характеристик загальної надійності – захисту людини від навколишнього середовища, тощо. Але при цьому не виконуються перераховані вище критерії експлуатаційної придатності будинку. Теплову відмову найчастіше можна трактувати як вихід за межі граничного стану другої групи.

Визначення поняття теплової відмови необхідно для удосконалення правил проектування теплоізоляції будинків та регламентування теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій. Тому показники теплостійкості конструкцій і повітропроникності також повинні фігурувати при визначенні стану теплової відмови, незважаючи на те, що ці показники не так істотно впливають на відчуття людини, як перераховані вище теплові показники конструкцій (забезпечення умов комфортності та неможливості конденсації вологи на поверхнях огорожень).

Поняття теплової відмови безпосередньо пов'язане з поняттям граничного стану конструкції, під яким у даному випадку слід розглядати такий стан теплоізоляційної оболонки будинку або об'єкту досліджень, при якому подальша його експлуатація пов'язана з порушенням нормальних умов життєдіяльності людини, підвищеними економічними витратами, а також зменшенням довговічності конструкцій. Характерні приклади теплових відмов наведені на рисунках 2.1 - 2.3.

Наведені приклади показують, що теплові відмови можуть призвести до досить тяжких наслідків, які практично унеможливають подальшу експлуатацію житлових приміщень. Тому оцінювання і забезпечення реалізації критеріїв теплової надійності є важливою складовою проектування житлових і громадських будівель.



Рисунок 2.1 – Стан теплової відмови в кутових зонах стін житлових приміщень.



Рисунок 2.2 – Стан теплової відмови стіни з утепленням з боку приміщення листами пінополістиролу товщиною 50 мм та цегляною кладкою в $\frac{1}{4}$ цегли.



Рисунок 2.3 – Зовнішній вигляд елемента фасаду будинку (а), термін експлуатації якого 3 місяці, та зафіксований стан теплової відмови (б) зовнішніх стін.

2.2 Програмний комплекс THERM для побудови двовірних теплових полів

Призначення, можливості та методика досліджень програмного комплексу THERM приведені в додатку А.

2.3 Конструкція та характеристики об'єктів досліджень

Для аналізу критеріїв теплової надійності обрано чотири вузли, які є характерними для сучасних житлових будівель і які можуть утворювати містки холоду, тим самим призводячи до виникнення теплової відмови. В додатку В наведені розрахункові схеми цих вузлів, необхідні для побудови температурних полів та аналізу теплових характеристик. На схемах вказані необхідні розміри, використані матеріали та їх теплотехнічні характеристики.

2.4 База кліматичних даних для аналізу теплової надійності

База кліматичних даних для аналізу теплової надійності досліджуваних вузлів приведено в додатку В.

2.5 Висновки з розділу

1. Забезпечення теплової надійності відіграє важливу роль у проектуванні огорожувальних конструкцій і зводиться до вибору товщини ефективного утеплювача та забезпечення температурного режиму огорожувальних конструкцій, відповідного до вимог норм проектування.

2. Температури внутрішньої поверхні стіни в зонах теплопровідних включень та у вузлах стін можна визначити за допомогою програми THERM, яка реалізує побудову температурних полів у складних вузлах методом скінчених елементів.

3. Для аналізу критеріїв теплової надійності обрано чотири характерних вузли цегляних стін з додатковим фасадним утепленням, які мають складну геометрію та теплопровідні включення.

4. Шляхом виконання теплотехнічних розрахунків встановлено, що при товщині несучої частини цегляної стіни у 510 мм при будівництві в першій температурній зоні України необхідно використовувати додаткове утеплення з пінополістиролу товщиною 100 мм, а в другій температурній зоні – товщиною 80 мм.

5. Аналіз критеріїв теплової надійності вузлів доцільно виконати в умовах 27 міст України, розташованих у різних географічних зонах. Для цих міст встановлені розрахункові значення температури повітря, які змінюються в межах від -8°C до -29°C . З урахуванням розрахункових температур та товщин теплоізоляційного шару стін розрахунки кожного вузла необхідно виконати в 12 варіантах.

Розділ 3

АНАЛІЗ КРИТЕРІЇВ ТЕПЛОВОЇ НАДІЙНОСТІ ВУЗЛІВ СТІН ЦИВІЛЬНИХ БУДІВЕЛЬ

3.1 Вимоги до теплової надійності стін житлових будівель та об'єкти дослідження

У попередньому розділі показано, що конструкції зовнішніх стін повинні відповідати трьом вимогам до теплової надійності, які сформульовані нижче по відношенню до житлових будівель.

Опір теплопередачі стін повинен бути не меншим за мінімально необхідний, встановлений за ДБН [5], тобто $3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ для першої температурної зони і $2,9 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ – для другої температурної зони. Ця вимога забезпечується відповідним вибором виду й товщини ефективного утеплювача.

Мінімально допустима температура внутрішньої поверхні $t_{\min}$ непрозорих огорожувальних конструкцій у зонах теплопровідних включень, у кутах і укосах віконних і дверних прорізів при розрахунковому значенні температури зовнішнього повітря, прийнятому залежно від температурної зони експлуатації будинку згідно з додатком Ж [5], повинна бути не меншою, ніж температура точки роси t_p за розрахунковими значеннями температури й відносної вологості внутрішнього повітря, які приймаються залежно від призначення будинку згідно з [5], що гарантує відсутність конденсату на стіні. Для житлових приміщень [5] встановлене нормативне значення відносної вологості 55%, а температура повітря в приміщенні $+20^\circ\text{C}$. Згідно з психрометричними таблицями, таким умовам відповідає температура точки роси $+10,7^\circ\text{C}$. Наявність нижчої температури на внутрішній поверхні стіни слід вважати тепловою відмовою за критерієм утворення конденсату.

Допустима за санітарно-гігієнічними вимогами різниця між приведеною температурою внутрішньої поверхні стіни і температурою внутрішнього повітря Δt_{ce} встановлюється залежно від призначення будинку і виду огорожувальної конструкції згідно з таблицею 3.1, запозиченої з [5].

Таблиця 3.1 – Допустима за санітарно-гігієнічними вимогами різниця між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції Δt_{ce} , °C.

Призначення будинку	Вид огорожувальної конструкції		
	Стіни (зовнішні, внутрішні)	Покриття та перекриття горищ	Переkritтя над проїздами та підвалами
Житлові будинки, дитячі установи, школи, інтернати	4,0	3,0	2,0
Громадські будинки, крім зазначених вище, адміністративні та побутові, за винятком приміщень з вологим або мокрим режимом експлуатації	5,0	4,0	2,5
Виробничі будинки з сухим та нормальним режимом експлуатації	7,0	5,0	
Виробничі будинки з вологим та мокрим режимом експлуатації	$t_s - t_p$	$0,8 (t_s - t_p)$	
Виробничі будинки з надлишками тепла (більше 23 Вт/м³)	12	12	

З таблиці 3.1 слідує, що різниця між температурою внутрішнього повітря і температурою внутрішньої поверхні стіни житлової будівлі не повинна перевищувати 4°C. При нормативній температурі внутрішнього повітря +20°C це означає, що температура внутрішньої поверхні стіни не повинна опускатися нижче +16°C. Наявність нижчих температур внутрішньої поверхні стіни слід вважати тепловою відмовою за критерієм порушення комфортності перебування поблизу стіни.

Для аналізу критеріїв теплової надійності обрано чотири характерних вузли цегляних стін з додатковим фасадним утепленням класу А «Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням штукатуркою», підклас А1 «З опорядженням тонкошаровими штукатурками» за [6], які мають складну геометрію та теплопровідні включення. Шляхом виконання теплотехнічних розрахунків у попередньому розділі встановлено, що при товщині несучої частини цегляної стіни у 510 мм при новому будівництві в першій температурній зоні України необхідно використовувати додаткове утеплення з пінополістиролу товщиною 100 мм, а в другій температурній зоні – товщиною 80 мм.

Дослідження обраних вузлів проведено в програмному комплексі THERM з урахуванням викладених вище вимог до теплової надійності та кліматичних умов території України. Згідно з результатами узагальнення розрахункових значень температури атмосферного повітря, температурні поля кожного з чотирьох вузлів досліджені для семи різних температур першої температурної зони (-29; -28; -27; -26; -25; -24; -23⁰C), а також для п'яти температур другої температурної зони (-24; -23; -21; -20; -8⁰C), що відповідають містам України, наведеним в [15].

Результати, отримані в ході дослідження кожного вузла, узагальнені в таблицях 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, де вказані температури характерних точок внутрішньої поверхні стін (на плоскій ділянці стіни та в точках з найменшими температурами) при різних значеннях температури зовнішнього повітря.

Оскільки температури зовнішнього повітря не кардинально відрізняються між собою, прийнято рішення надати нижче детальні описи температурних полів розглянутих вузлів лише при дії максимальних і мінімальних температур в межах кожної температурної зони. Для першої температурної зони було обрано температури -29 та -23⁰C, для другої зони: -24 та -8⁰C. Такий підхід дозволяє охопити увесь спектр температурних полів,

які реалізуються у вузлах, і зробити висновки щодо працездатності прийнятої схеми фасадного утеплення в зонах містків холоду.

Окрім того, для кожного типу вузла збудовані графіки залежності температури в критичних точках від температури зовнішнього повітря. За цими графіками можна встановити, при яких температурах зовнішнього повітря з'являються передумови для виникнення теплових відмов.

3.2 Вузол кутового сполучення зовнішніх стін з цегли

Температурна зона I.

Вузол, зображений на рисунку 3.1, був досліджений в найсуворіших умовах першої температурної зони, де температура найхолоднішої доби із забезпеченістю 0,92 становить -29°C (за табл. 2.2).

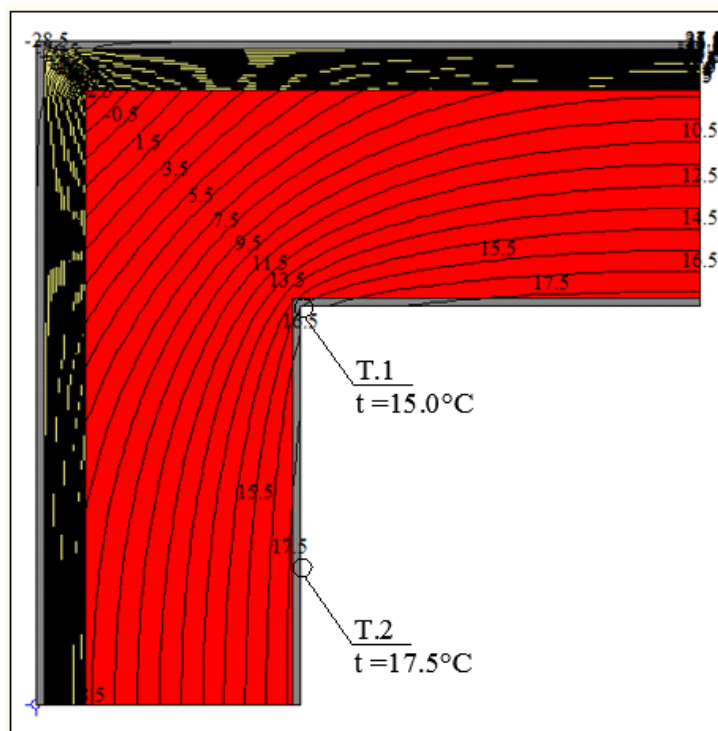


Рисунок 3.1 – Температурне поле вузла кутового сполучення стін з цегли ($t = -29^{\circ}\text{C}$).

Було вибрано дві точки, які загалом характеризують температурне поле вузла. В точці 1 (кут стику двох стін) спостерігається найнижча температура $+15^{\circ}\text{C}$, що відрізняється від температури внутрішнього повітря ($+20^{\circ}\text{C}$) на 5°C . Це перевищує допустиме за санітарно-гігієнічними вимогами [4] значення перепаду температур в 4°C , але при такій температурі утворення конденсату на поверхні стіни неможливе.

Приведена температура внутрішньої поверхні конструкції в точці 2 ($+17,5^{\circ}\text{C}$) повністю відповідає нормативним критеріям та вимогам до теплової надійності стін житлових і громадських будівель [4].

Оскільки температура в точці 1 не задовольняє санітарно-гігієнічні вимоги експлуатації будівель [4], хоча й не викликає утворення конденсату на поверхні стіни, потрібно проводити додаткове утеплення кута примикання. Адже ця точка є слабким місцем вузла кутового сполучення стін. Низька температура може викликати дискомфорт при перебуванні поблизу кута стін, тому експлуатація такої будівлі матиме шкідливий вплив на здоров'я людини.

Вузол зображений на рисунку 3.2 досліджувався в умовах, коли зовнішня температура повітря дорівнює -23°C . В точці 1 спостерігається значення температури, рівне $+15,8^{\circ}\text{C}$. Ця температура вища за точку роси [4] і є зовсім ненабагато меншою від температури $+16^{\circ}\text{C}$, яка відповідає умові комфортності перебування поблизу стіни. Отже, в таких кліматичних умовах розглянутий вузол можна вважати практично надійним.

Точка 2 на плоскій ділянці стіни має значення температури $t = +18,3^{\circ}\text{C}$, що повністю задовольняє вимоги нормативних документів щодо теплової надійності і не потребує ніяких додаткових дій.

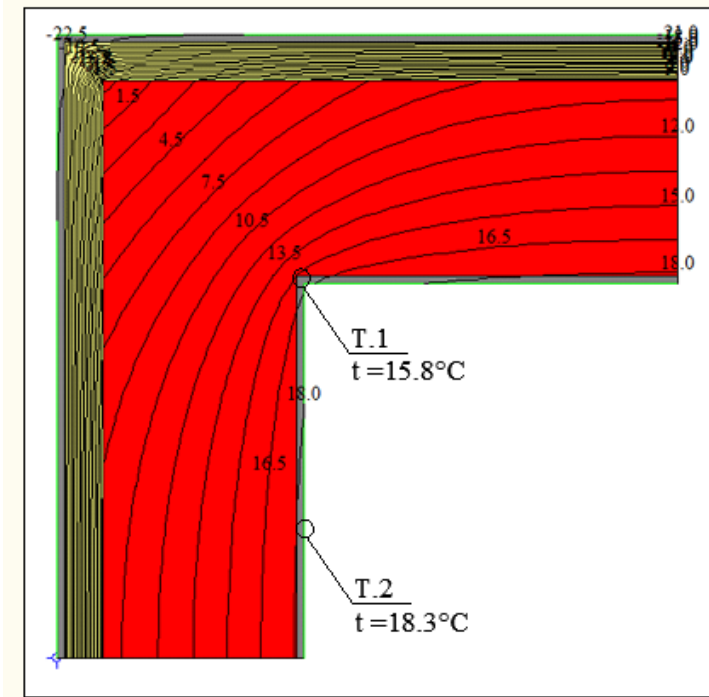


Рисунок 3.2 – Температурне поле вузла кутового сполучення стін з цегли ($t = -23^{\circ}\text{C}$).

Температурна зона II

Для другої температурної зони вузол кутового сполучення зовнішніх стін з цегли досліджувався для температур -24 , -23 , -21 , -20 , -8°C . Згідно з теплотехнічним розрахунком, товщина утеплювача становить 80 мм.

Вузол, зображений на рисунку 3.3, досліджений при температурі зовнішнього повітря -24°C – це найхолодніша температура зовнішнього повітря із забезпеченістю 0,92 для другої температурної зони.

Температура в точці 2 становить $+17,6^{\circ}\text{C}$, що повністю задовольняє вимоги державних будівельних норм [4].

Температура поверхні кута в точці 1 становить $+15,1^{\circ}\text{C}$. Це означає, що вузол не відповідає вимогам до теплової надійності за критерієм комфортності (різниця між температурами на внутрішній поверхні кута і внутрішнього повітря в $4,9^{\circ}\text{C}$ перевищує нормоване значення 4°C). Разом з тим, небезпеки виникнення конденсату не існує.

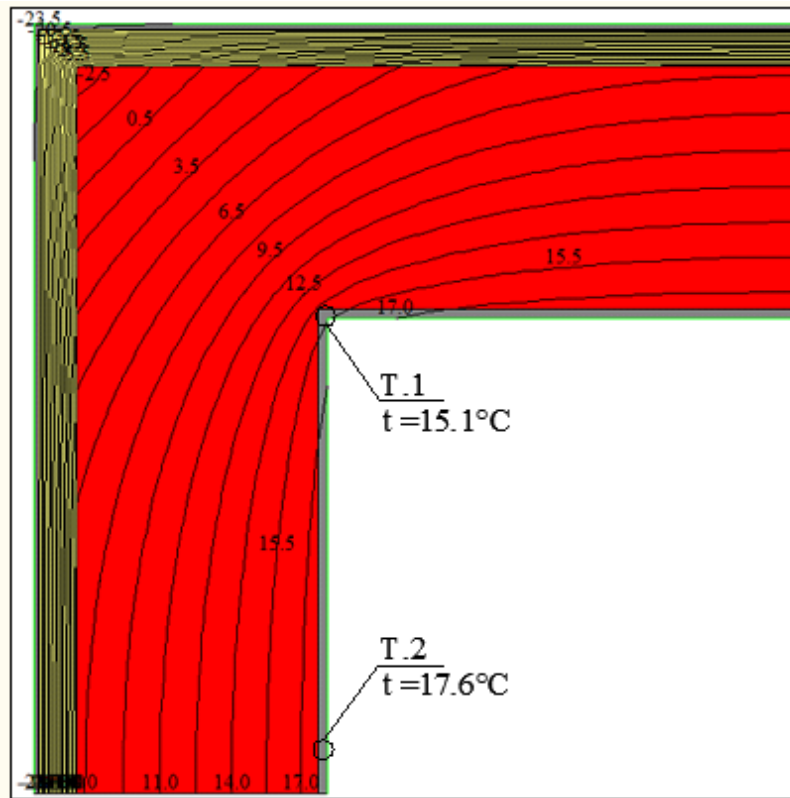


Рисунок 3.3 – Температурне поле вузла кутового сполучення стін з цегли ($t = -24^{\circ}\text{C}$).

Результати дослідження вузла кутового сполучення зовнішніх стін на вплив температури зовнішнього повітря -8°C (рис. 3.4) показують, що утеплювач товщиною 80 мм повністю задовольняє вимоги нормативної літератури і даний вузол не потребує додаткового утеплення.

Температура в точці 1 (кут стін) дорівнює $+16,6^{\circ}\text{C}$, що виключає появу б конденсату на поверхні стіни та гарантує відсутність теплових відмов. Точка 2 має температуру $+18,5^{\circ}\text{C}$, що лише на $1,5^{\circ}\text{C}$ відрізняється від розрахункової температури повітря в приміщенні $+20^{\circ}\text{C}$. Це свідчить про достатній, і навіть надлишковий рівень утеплення в даних умовах.

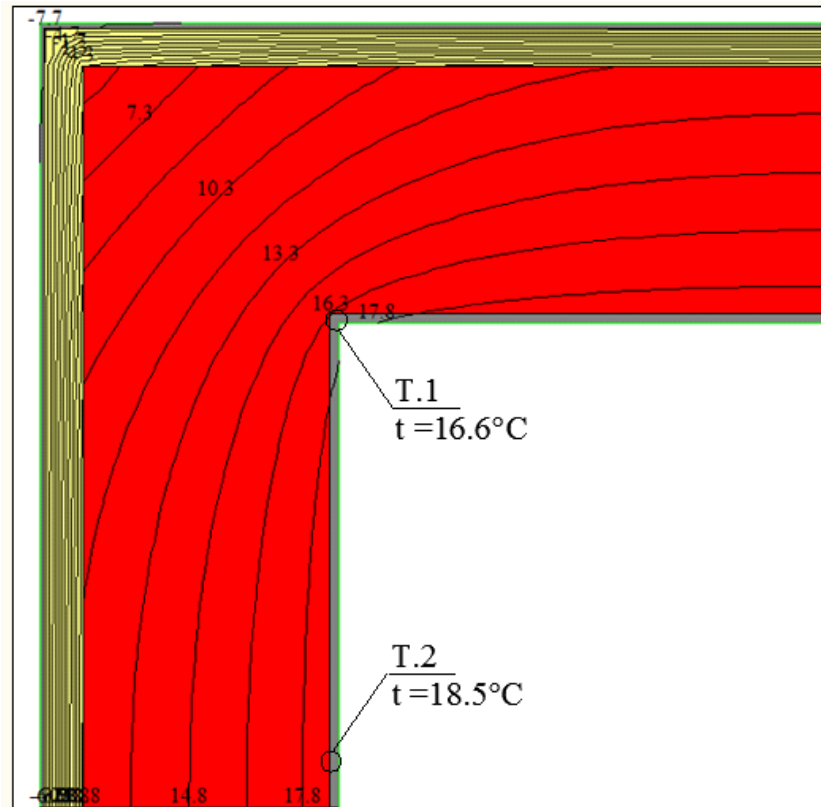
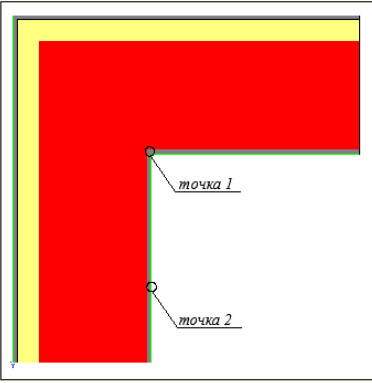


Рисунок 3.4 – Температурне поле вузла кутового сполучення стін з цегли ($t = -8^{\circ}\text{C}$).

Узагальнення результатів аналізу теплових полів вузлів кутового сполучення зовнішніх стін в різних географічних умовах України зроблене в таблиці 3.2. Там вказані температури обох розрахункових точок внутрішньої поверхні стіни при різних температурах зовнішнього повітря в першій та другій кліматичній зоні України.

За даними таблиці 3.2 на рисунку 3.5 збудовані графіки залежностей мінімальної в межах вузла температури в точці 1 від температури зовнішнього повітря. Відмінність залежностей для першої та другої температурної зони пояснюється різною товщиною утеплювача.

Таблиця 3.2 – Результати дослідження кутового сполучення стін.

	Темпера- турна зона	Товщина утеплювача, мм	Темпера- тура зовнішнього повітря, °С	Точка 1	Точка 2
	I	100	-29	15	17,5
			-28	15,1	17,6
			-27	15,3	17,7
			-26	15,3	17,9
			-25	15,5	17,9
			-24	15,6	18,0
			-23	15,8	18,3
	II	80	-24	15,1	17,6
			-23	15,2	17,8
			-21	15,5	17,9
			-20	15,5	18
			-8	16,6	18,5

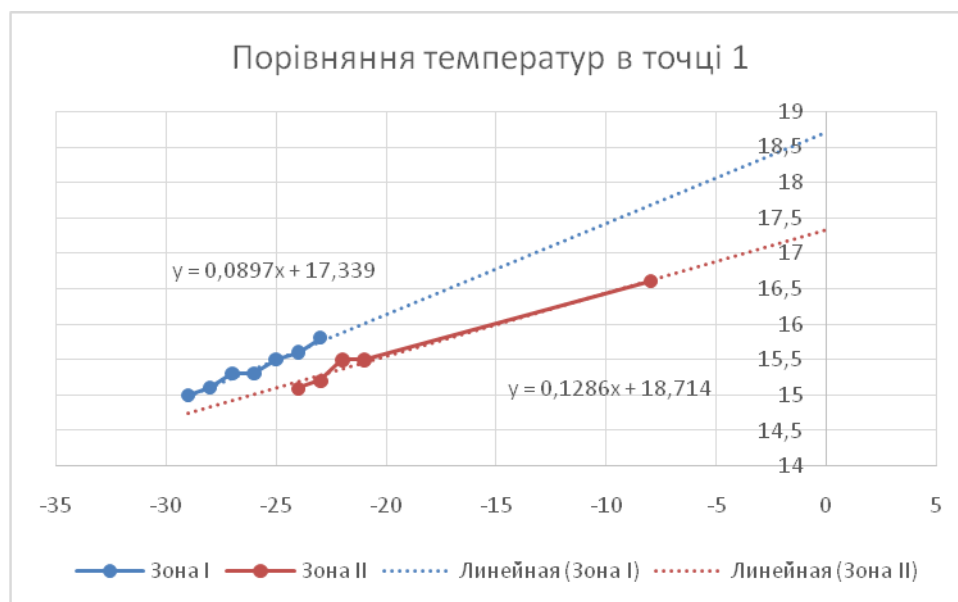


Рисунок 3.5 – Графік залежності температури в точці 1 від температури зовнішнього повітря.

З рисунка видно, що ці залежності мають лінійний характер, а тому їх можна описати рівняннями прямих, вказаними на рисунку. Використання цих прямих дозволяє встановити температури зовнішнього повітря, при яких можуть виникати теплові відмови за умовою комфортності:

- в умовах першої температурної зони -21°C ;
- в умовах другої температурної зони -15°C .

Для виникнення точки роси необхідні набагато нижчі температури зовнішнього повітря, які можна обчислити з наведених рівнянь, підставивши до них температуру точки роси, рівну $-10,7^{\circ}\text{C}$:

- в умовах першої температурної зони $(10,7-17,34)/0,0897 = -74^{\circ}\text{C}$;
- в умовах другої температурної зони $(10,7-18,71)/0,129 = -62^{\circ}\text{C}$.

Таким чином, в розглянутому вузлі тепла відмова за критерієм утворення конденсату практично неможлива. Реальними є теплові відмови за критерієм порушення комфортності. Це відноситься до таких міст України як Луганськ, Суми, Харків, Чернігів, Дніпропетровськ, Донецьк, Полтава, Вінниця, Київ, Кіровоград, Житомир, Рівне, Хмельницький. Хоча відмови такого роду не є критичними, а лише створюють дискомфорт при перебуванні поблизу кута, розглянутий вузол кутового сполучення зовнішніх стін з цегли потребує додаткового утеплення в обох температурних зонах.

3.3 Вузол примикання внутрішніх капітальних стін

Температурна зона І.

Примикання внутрішніх капітальних стін, зображене на рисунку 3.6, досліджувалося для температурної зони І з використанням пінополістирольного утеплювача товщиною 100 мм. Розрахункова температура зовнішнього повітря прийнята найнижчою для даної зони і становить -29°C .

					МР 19220119 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

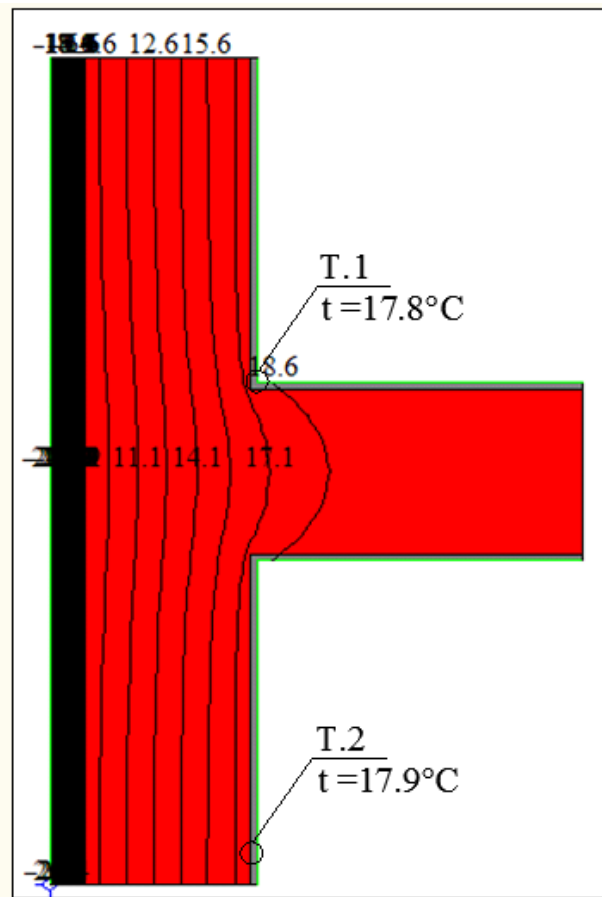


Рисунок 3.6 – Температурне поле вузла примикання внутрішніх капітальних стін ($t = -29^{\circ}\text{C}$).

З результатів розрахунку видно, що температура в точці 1 (кут стику двох стін) має значення $+17,8^{\circ}\text{C}$, а в точці 2 (на плоскій поверхні стіни) дорівнює $+17,9^{\circ}\text{C}$. В обох точках значення перепадів температур значно менші за допустиме нормоване перевищення в 4°C і становлять в першому випадку $2,2^{\circ}\text{C}$, а для другої точки $-2,1^{\circ}\text{C}$. Це свідчить про достатній рівень утеплення даної конструкції і надійність експлуатації представленого вузла.

Рисунок 3.7 показує дослідження вузла примикання внутрішніх капітальних стін для найвищої з температур найхолоднішої доби із забезпеченістю 0,92 для першої температурної зони, яка становить -23°C .

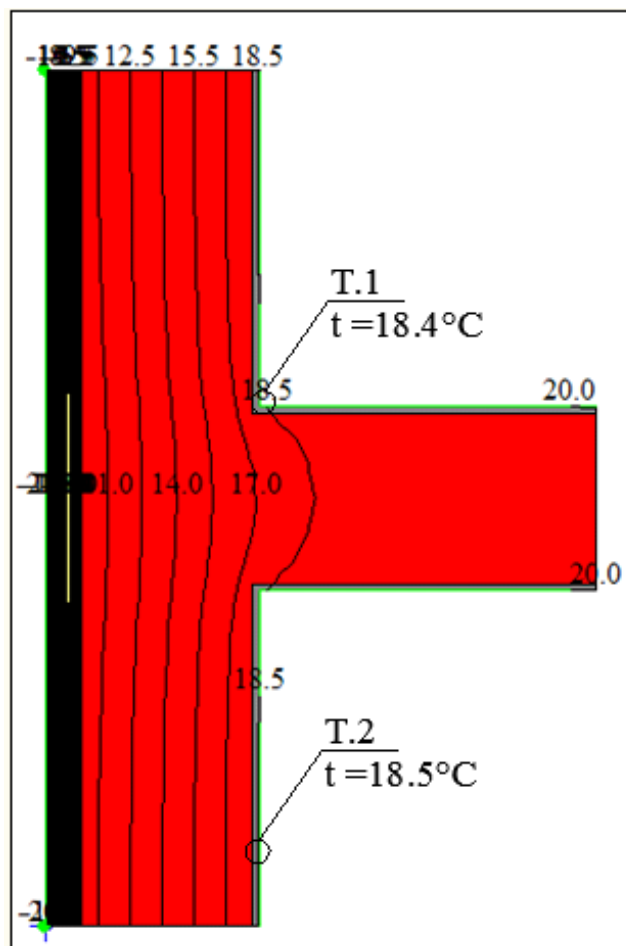


Рисунок 3.7 – Температурне поле вузла примикання внутрішніх капітальних стін ($t = -23^{\circ}\text{C}$).

Як видно з рисунка, вузол не має ніяких відхилень від норми, а відповідно і не матиме порушень комфортної і безпечної експлуатації будівлі, або окремої її частини. Точка 1 має температуру на поверхні $+18,4^{\circ}\text{C}$. Це значення ніяким чином не може призвести до появи конденсату на поверхні кута і не подразнюватиме відчуттям холоду людей, які знаходитимуться поряд із досліджуваною частиною будівлі. Значення температури в точці 2 дорівнює $+18,5^{\circ}\text{C}$, що лише на $1,5^{\circ}\text{C}$ нижче від розрахункової температури внутрішнього повітря. Це свідчить про відмінні результати дії найпоширенішого на ринку України утеплювача марки ПСБ-С-25 і хороший запас тепла для даної розрахункової температури зовнішнього повітря.

Температурна зона II.

В межах другої температурної зони вузол примикання внутрішніх капітальних стін, так як і в першій, ніяких відхилень від вимог норм не має.

На рисунку 3.8 показано температурне поле, що виникає у вузлі при температурі зовнішнього повітря -24°C . Це значення є найнижчим для другої зони. І навіть при товщині утеплювача не 100 мм, як в першій зоні, а 80 мм, отримано цілком задовільні характеристики теплового режиму вузла.

В точці 1 значення температури дорівнює $+17,5^{\circ}\text{C}$, для точки 2 це значення дорівнює $+17,8^{\circ}\text{C}$. За умов, що для комфортного проживання людей температура на внутрішній поверхні стін повинна бути не нижчою $+16^{\circ}\text{C}$ (при розрахунковій температурі внутрішнього повітря $+20^{\circ}\text{C}$) цей вузол є цілком придатним для використання і ніякого утворення конденсату, або порушення комфортної температури під час експлуатації не відбуватиметься.

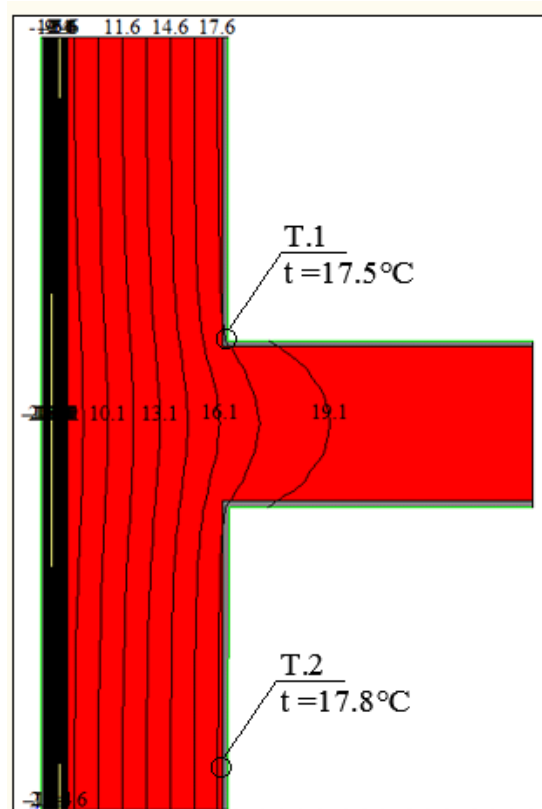


Рисунок 3.8 – Температурне поле вузла примикання внутрішніх капітальних стін ($t = -24^{\circ}\text{C}$).

Для температури зовнішнього повітря -8°C цей вузол показує відповідно ще кращі результати ніж для попередньої. Рисунок 3.9 наочно ілюструє хорошу роботу утеплювача в даних умовах.

В критичних точках вузол показує дуже хороші значення температур. В точці 1 значення дорівнює $+18,4^{\circ}\text{C}$, точка 2 є рівною $+18,6^{\circ}\text{C}$. Це свідчить навіть про надлишок утеплення в даних умовах і про можливість в якості утеплювача використовувати пінополістирольні плити меншої товщини.

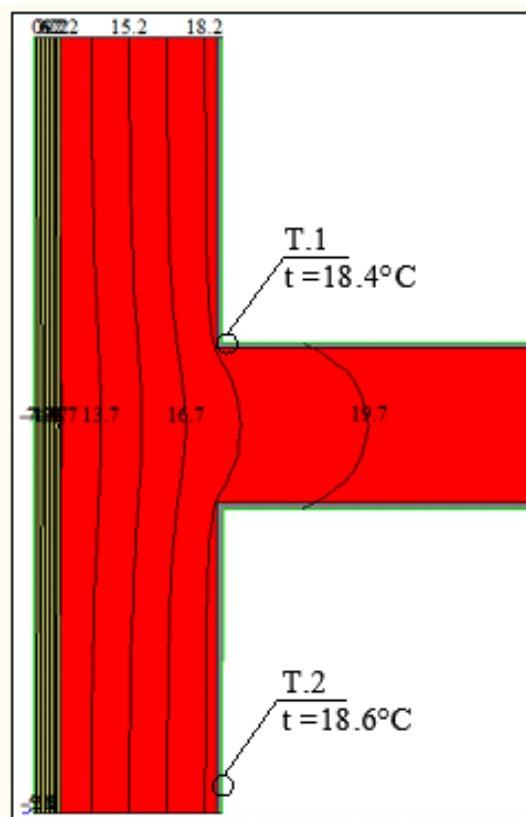
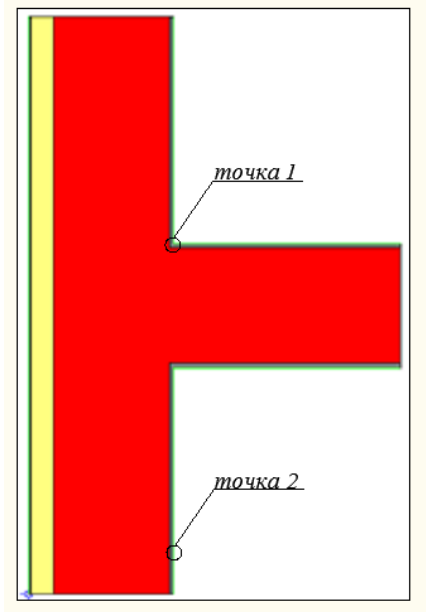


Рисунок 3.9 – Температурне поле вузла примикання внутрішніх капітальних стін ($t = -8^{\circ}\text{C}$).

Узагальнення результатів аналізу теплових полів вузлів примикання внутрішніх капітальних стін в різних географічних умовах України зроблене в таблиці 3.3. Там вказані температури обох розрахункових точок внутрішньої поверхні стіни при різних температурах зовнішнього повітря в першій та другій кліматичній зоні України.

Таблиця 3.3 – Результати дослідження вузла примикання внутрішніх капітальних стін.

	Темпера- турна зона	Товщина утеплювача, см	Темпера- тура зовнішнього повітря, °С	Точка 1	Точка 2
	I	100	-29	17,8	17,9
			-28	18,0	18,1
			-27	18,0	18,2
			-26	18,0	18,2
			-25	18,0	18,3
			-24	18,1	18,4
			-23	18,4	18,5
	II	80	-24	17,5	17,8
			-23	17,6	17,9
			-21	17,7	17,9
			-20	17,8	18,1
			-8	18,4	18,6

За даними таблиці 3.3 на рисунку 3.10 збудовані графіки залежностей мінімальної в межах вузла температури в точці 1 від температури зовнішнього повітря. Як і для попереднього вузла, відмінність залежностей для першої та другої температурної зони пояснюється різною товщиною утеплювача.

З діаграми видно, що для вузла примикання внутрішніх капітальних стін з усіх досліджених варіантів температур зовнішнього повітря, як в першій, так і в другій температурній зоні, не існує місць, в яких би виникала можливість теплової відмови ні за критерієм утворення конденсату на внутрішній поверхні стіни, ні за критерієм комфортності перебування людини в приміщенні. Адже за [4] порушення режиму комфортного перебування людини в приміщенні при розрахунковій температурі внутрішнього повітря +20 °С настає при температурі на внутрішній поверхні

стіни нижче $+16^{\circ}\text{C}$, а у випадку з дослідженням вузла примикання внутрішніх капітальних стін найнижче значення температури з усіх дослідів дорівнює $+17,5^{\circ}\text{C}$, що на $1,5^{\circ}\text{C}$ вище від нижньої межі комфортності. Це свідчить про нормальну роботу прийнятої схеми фасадного утеплення для даного вузла.

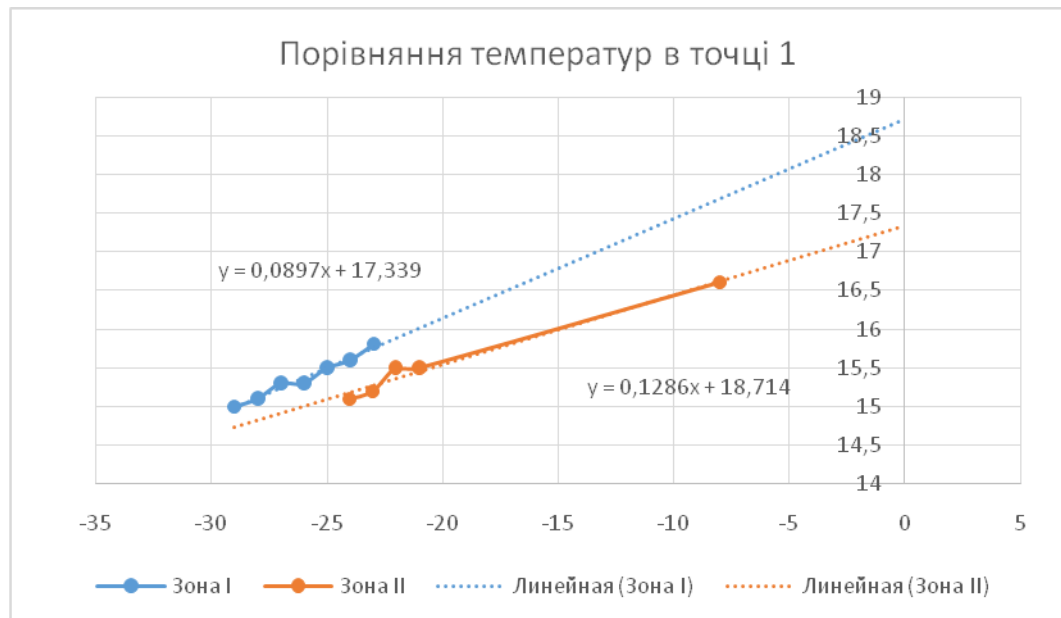


Рисунок 3.10 – Графік залежності температури в точці 1 від температури зовнішнього повітря.

Щодо можливості виникнення теплової відмови за критерієм утворення конденсату, то його можливість можна оцінити математично. Як вже відомо, температура точки роси для стандартних умов дослідження ($t_{\text{вн}} = +20^{\circ}\text{C}$, відносна вологість повітря 55%) на внутрішній поверхні стіни дорівнює $10,7^{\circ}\text{C}$ [4]. Підставивши температуру точки роси в рівняння залежності температур (рис. 3.10) отримаємо:

- в умовах першої температурної зони $(10,7 - 18,84) / 0,053 = -153^{\circ}\text{C}$;
- в умовах другої температурної зони $(10,7 - 19,9) / 0,071 = -129^{\circ}\text{C}$.

Отже, як показують рівняння, в даному вузлі неможливе утворення конденсату, адже такі низькі температури не можливі не тільки для нашої країни, а й для всієї планети.

3.4 Вузол сполучення плити перекриття з зовнішньою стіною з цегли

Температурна зона І.

Даний вузол (рис. 3.11), в якому теоретично можливе розміщення холодних зон, під час дослідження показав задовільні результати використання плитного пінополістирольного утеплювача і можна з упевненістю говорити про надійність використання даного вузла.

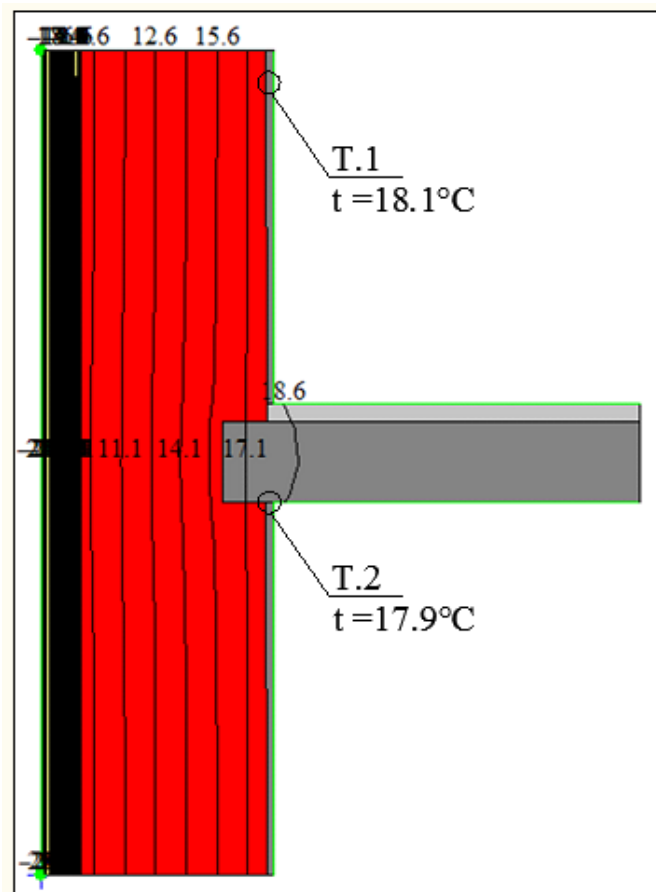


Рисунок 3.11 – Температурне поле вузла сполучення плити перекриття з зовнішньою стіною з цегли ($t = -29^{\circ}\text{C}$).

Для найнижчої температури першої температурної зони -29°C результати дослідження виявилися наступними:

- точка 1 (плоска поверхня стіни) має значення температури $+18,1^{\circ}\text{C}$. Це лише на $1,9^{\circ}\text{C}$ нижче від розрахункової температури повітря в приміщенні.

- точка 2 (кут сполучення плити перекриття зі стіною) відповідає температурі $+17,9^{\circ}\text{C}$. Вона також знаходиться в межах комфортного перепаду температур.

Отримані значення ніяким чином не наближені до температури точки роси, яка для розрахункових умов дорівнює $10,7^{\circ}\text{C}$, а також мають певний запас по критерію комфортності проживання в будівлях з вузлами даного типу, адже не перевищують значення перепаду в 4°C .

Той же вузол при температурі зовнішнього повітря -23°C (рис. 3.12), так як і для -29°C , відповідає нормам проектування і має певний запас теплової надійності при експлуатації, адже температури в точках 1 і 2 мають однакове значення рівне $+18,5^{\circ}\text{C}$. Це лише на $1,5^{\circ}\text{C}$ нижче від внутрішньої температури. Запас комфортного перебування в приміщенні з даним видом утеплення становить $4 - 1,5 = 2,5^{\circ}\text{C}$.

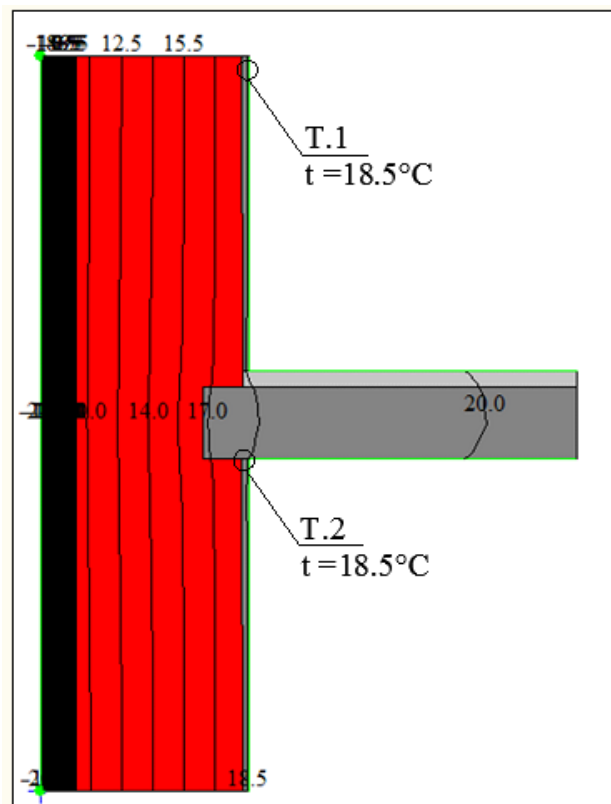


Рисунок 3.12 – Температурне поле вузла сполучення плити перекриття з зовнішньою стіною з цегли ($t = -23^{\circ}\text{C}$).

Таким чином для першої температурної зони варіант утеплення вузла сполучення плити перекриття з зовнішньою стіною з цегли пінополістиролом товщиною 100 мм є цілком достатнім, навіть із значним запасом тепла. Це в свою чергу дозволяє конструкції і при зниженні температури зовнішнього повітря нижче -30°C , що інколи відбувається в нашій країні, забезпечувати комфортну температуру на внутрішній поверхні стіни.

Температурна зона II.

Для температурної зони 2 на вузлі сполучення плити перекриття з зовнішньою стіною з цегли, так як і на попередніх вузлах, прийнятий варіант утеплення фасаду пінопластом товщиною 80 мм, виходячи з результатів теплотехнічного розрахунку.

На рисунку 3.13 зображений вплив температури зовнішнього повітря -24°C на досліджений вузол.

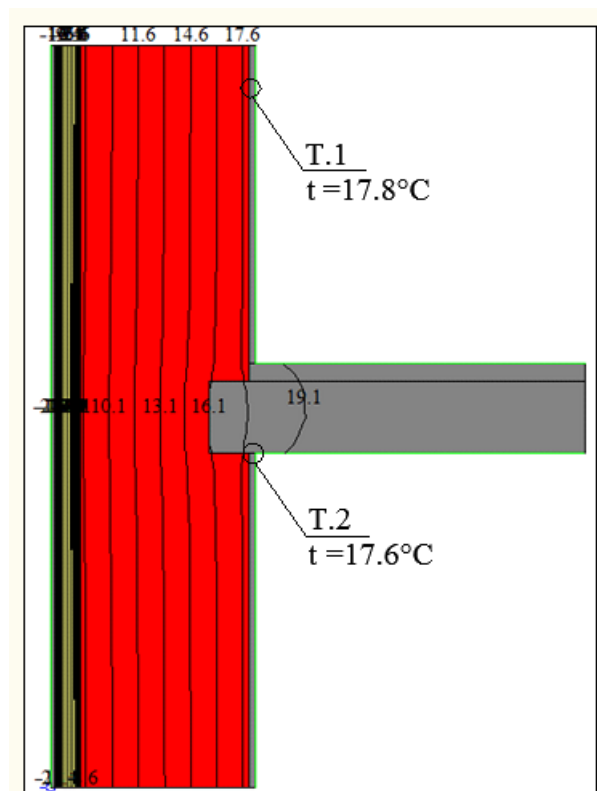


Рисунок 3.13 – Температурне поле вузла сполучення плити перекриття з зовнішньою стіною з цегли ($t = -24^{\circ}\text{C}$).

За результатами термічного розрахунку температура в дослідній точці 1 становить $+17,8^{\circ}\text{C}$, точка 2 має значення $+17,6^{\circ}\text{C}$. Точки 1 і 2 мають температури, що відповідають нормативним вимогам державних будівельних норм, як з точки зору критерію щодо випадання конденсату, так і з точки зору комфортного перебування людей в приміщенні. Адже перепад температур в першій точці дорівнює $2,2^{\circ}\text{C}$, відповідно точка 2 має перепад $2,4^{\circ}\text{C}$. Це значно менше за нормативне значення в 4°C .

Вузол на рисунку 3.14 досліджений для впливу найвищої з мінімальних температур для другої температурної зони (-8°C), відповідно має ще кращі показники ніж попередній.

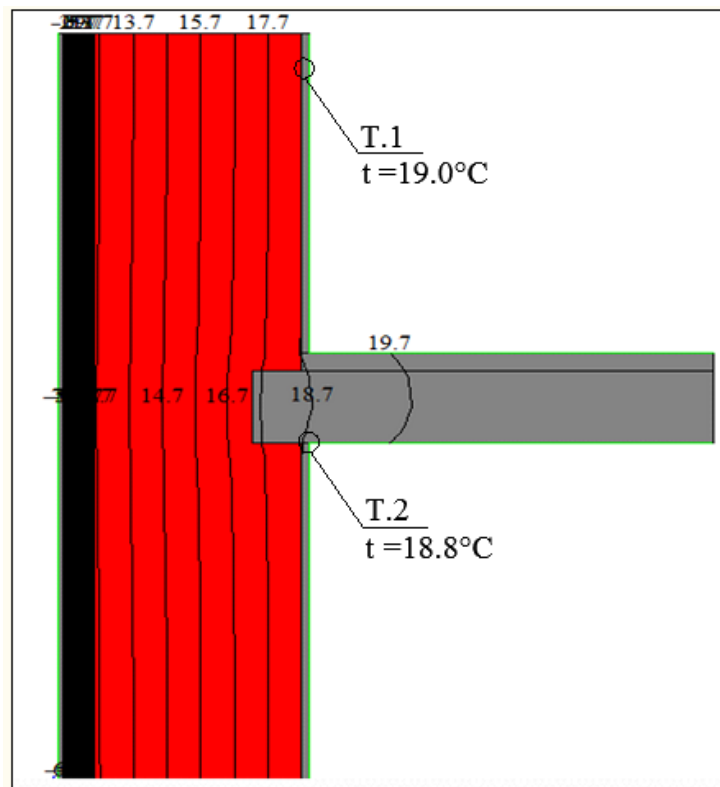


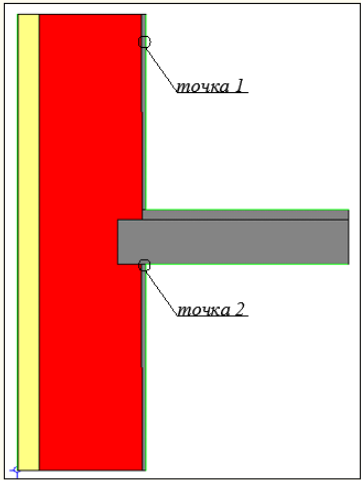
Рисунок 3.14 – Температурне поле вузла сполучення плити перекриття з зовнішньою стіною з цегли ($t = -8^{\circ}\text{C}$).

Точка 1 має значення $+19^{\circ}\text{C}$, відповідно перепад в цій точці становить лише 1°C . В точці 2 температура становить $+18,8^{\circ}\text{C}$. Вона відрізняється від

розрахункової температури внутрішнього повітря на 1,2⁰С. Такі перепади між внутрішньою температурою в приміщенні і на поверхні стіни є не суттєвими і навіть не відчутним для людського організму [5].

Для узагальнення результатів аналізу теплових полів вузлів сполучення плити перекриття з зовнішньою стіною з цегли в різних географічних умовах України усі дані досліджень зібрані в таблиці 3.4. В ній вказані температури обох розрахункових точок внутрішньої поверхні стіни при різних температурах зовнішнього повітря в першій та другій кліматичній зоні України.

Таблиця 3.4 – Результати дослідження вузла сполучення плити перекриття з зовнішньою стіною з цегли

	Темпера- турна зона	Товщина утеплюва ча, см	Темпера- тура зовнішнього повітря, °С	Точка 1	Точка 2
	I	100	-29	18,1	17,9
			-28	18,2	18,1
			-27	18,3	18,3
			-26	18,4	18,3
			-25	18,4	18,4
			-24	18,5	18,5
	II	80	-23	18,5	18,5
			-24	17,8	17,6
			-23	17,9	17,7
			-21	18,2	17,9
			-20	18,3	18,1
			-8	19,0	18,8

За даними таблиці 3.4 на рисунку 3.15 збудовані графіки залежностей мінімальної в межах вузла температури в точці 2 від температури

зовнішнього повітря. Відмінність залежностей для першої та другої температурної зони обумовлена різною товщиною утеплювача.

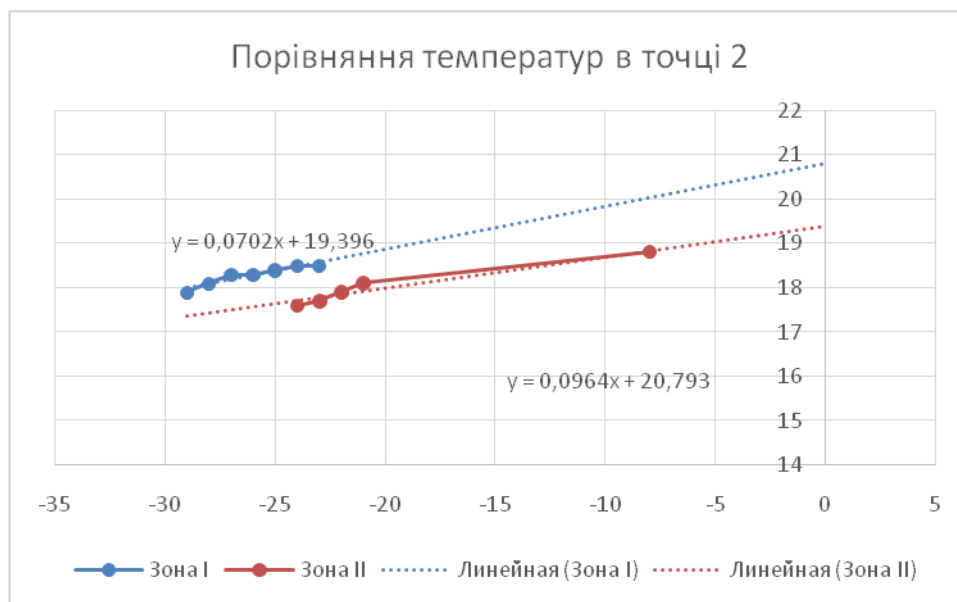


Рисунок 3.15 – Графік залежності температури в точці 2 від температури зовнішнього повітря.

З графіка видно, що для вузла сполучення плити перекриття з зовнішньою стіною з цегли з усіх досліджених варіантів температур зовнішнього повітря, як у першій, так і в другій температурній зоні, не існує місць, в яких би виникала можливість утворення тепловідмови ні з критерію утворення конденсату на внутрішній поверхні стіни, ні з критерію комфортності перебування людини в приміщенні. Адже за [4] порушення режиму комфортного перебування людини в приміщенні при розрахунковій температурі внутрішнього повітря $+20^{\circ}\text{C}$ настає при температурі на внутрішній поверхні стіни нижче $+16^{\circ}\text{C}$, а у випадку з дослідженням вузла сполучення плити перекриття з зовнішньою стіною з цегли найнижче значення температури з усіх дослідів дорівнює $+17,6^{\circ}\text{C}$, що на $1,6^{\circ}\text{C}$ вище від нижньої межі комфортності. Це свідчить про прекрасну роботу прийнятої схеми фасадного утеплення для даного вузла.

Щодо варіанту виникнення теплової відмови з точки зору утворення конденсату, температуру, при якій це настане можна вирахувати математично, як це й було зроблено у попередніх вузлах. При температурі точки роси $+10,7^{\circ}\text{C}$ рівняння залежностей з рисунка 3.15 дають:

- в умовах першої температурної зони $(10,7-19,4)/0,07 = -124^{\circ}\text{C}$;
- в умовах другої температурної зони $(10,7-20,8)/0,096 = -105^{\circ}\text{C}$.

Отже, в даному вузлі неможливе утворення конденсату, адже виникнення таких низьких температур можливе тільки при штучній заморозці дослідного об'єкта. В природі такого зниження температури не буває навіть у найхолодніших місцях нашої планети.

3.5 Вузол сполучення залізобетонної балконної плити та цегляної стіни

Температурна зона I.

Зображений на рисунку 3.16 вузол сполучення залізобетонної балконної плити та плити перекриття із цегляною стіною досліджений для температури зовнішнього повітря -29°C , яка є найхолоднішою розрахунковою температурою першої температурної зони. Для аналізу вибрано чотири критичних точки, які характеризують загальну картину теплового поля вузла.

В точці 1 спостерігається найвища температура у вузлі $+17,6^{\circ}\text{C}$, адже вона знаходиться на плоскій поверхні стіни, де температура внутрішньої поверхні стіни набуває найбільшого значення. Це значення цілком задовольняє вимоги комфортного використання вузла.

Точка 2 знаходиться в куті сполучення плити перекриття із цегляною стіною і має температуру $15,1^{\circ}\text{C}$. Це значення є незадовільним з точки зору критеріїв комфортності, адже має перепад між розрахунковою температурою внутрішнього повітря ($+20^{\circ}\text{C}$) і приведеною температурою у вузлі $4,9^{\circ}\text{C}$, який перевищує допустимий нормами перепад (4°C).

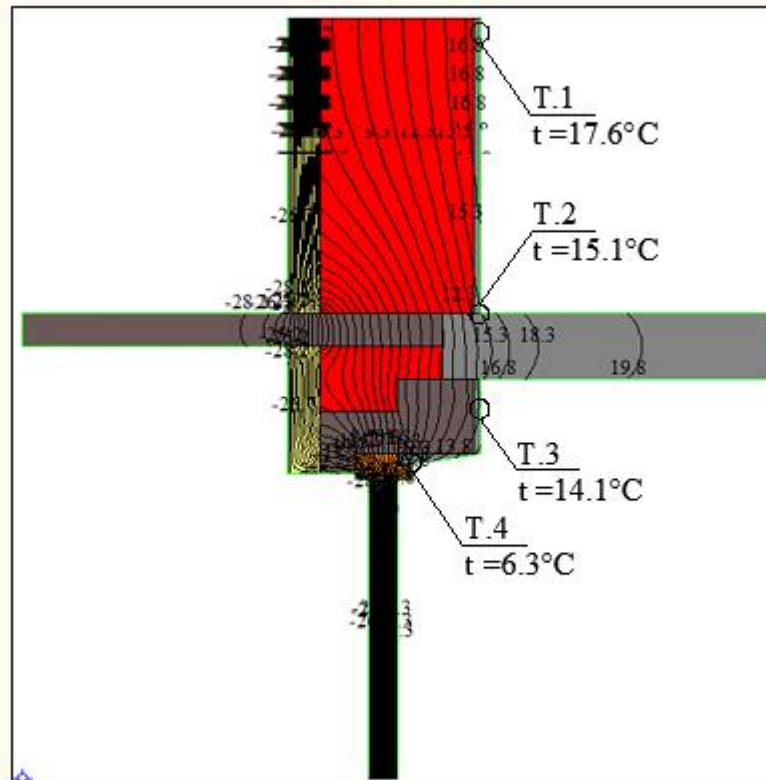


Рисунок 3.16 – Температурне поле вузла сполучення залізобетонної балконної плити та цегляної стіни ($t = -29^{\circ}\text{C}$).

Приведена температура внутрішньої поверхні конструкції в точці 3 дорівнює $+14,1^{\circ}\text{C}$. Це значення не може призвести до утворення конденсату, адже розрахункова температура точки роси при значенні внутрішньої температури $+20^{\circ}\text{C}$, і відносній вологості 55% дорівнює $+10,7^{\circ}\text{C}$, проте порушується умова комфортного перебування людей в приміщенні.

Точка 4 є найгіршою з критичних точок в даному вузлі. Значення температури на поверхні кута примикання віконного блоку до залізобетонної перемички є рівним $+6,3^{\circ}\text{C}$. В цій точці порушуються всі вимоги критеріїв теплової надійності на які досліджуються вибрані вузли. Температура точки 4 є набагато нижчою за температуру утворення конденсату на поверхні конструкції ($10,7^{\circ}\text{C}$), тому в цьому місці відбуватиметься зволоження стіни, утворення плісняви та грибків, поступове руйнування конструкції.

Для найвищої дослідної температури першої зони (-23°C) ізотермічні поля зображені на рисунку 3.17. Даний вузол, так як і в попередньому дослідженні має певні незадовільні результати виходячи з розрахунку його на теплостійкість.

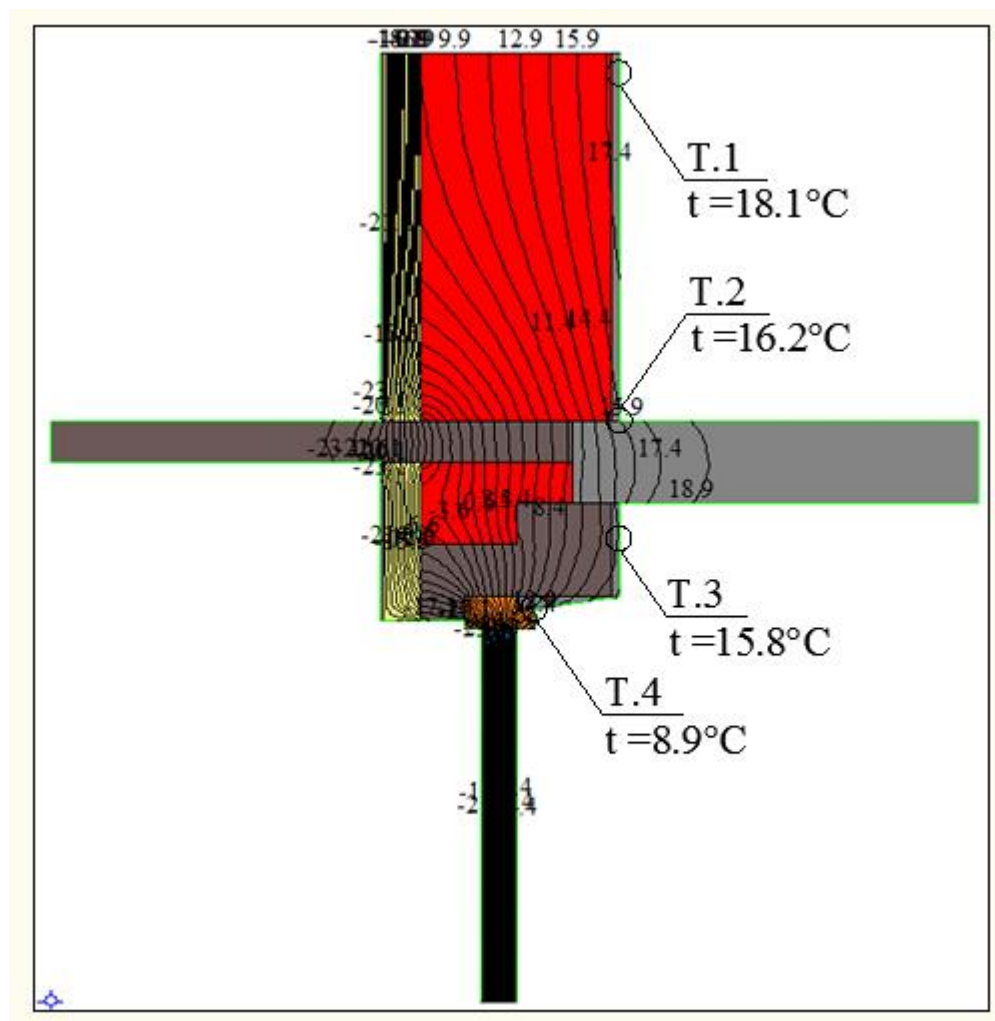


Рисунок 3.17 – Температурне поле вузла сполучення залізобетонної балконної плити та цегляної стіни ($t = -23^{\circ}\text{C}$).

Точка 1 не є цілком надійною, адже має температуру $+18,1^{\circ}\text{C}$, яка відповідає умовам комфортності.

Точка 2 має значення температури в куті сполучення залізобетонної плити перекриття зі стіною $+16,2^{\circ}\text{C}$. Порівнюючи це значення зі значенням у попередньому описі цієї ж точки (для $t = -29^{\circ}\text{C}$), можна зробити висновок, що з підвищенням температури зовнішнього повітря в даному куті проблема

дискомфортного перебування поблизу вузла зникла. Адже тепер перепад між температурами в куті і повітря в приміщенні становить $3,8^{\circ}\text{C}$, що не перечить нормативній літературі.

Виходячи з виконаного дослідження, маємо наступні результати:

Точка 3 знаходиться на поверхні залізобетонної перемички і показує результат $+15,8^{\circ}\text{C}$. Таке значення не призведе до появи тепловідмови за критерієм утворення конденсату, проте з умов комфортності тепловідмова може відбуватись, тому що з дозволених 4°C , ми маємо в даній точці перепад $4,2^{\circ}\text{C}$. Ці значення можливо і не відрізняються між собою з точки зору людського сприйняття, проте нижню дозволену межу [4] ця температура перетинає, а отже вузол автоматично стає проблемним і потребує певних операцій по вирішенню даного питання.

Точка 4 знаходиться в найхолоднішому місці даного вузла і відповідно показує найгірші результати. Вона має температуру $+8,9^{\circ}\text{C}$. Це значення є незадовільним, для використання такого вузла в будівництві. Воно є нижчим за температуру точки роси ($+10,7^{\circ}\text{C}$) і відповідно використання такого вузла тягне за собою певні шкідливі наслідки для людського організму. Потрібен варіант додаткового утеплення.

Температурна зона II.

Для другої температурної зони вузол примикання залізобетонної балконної плити до цегляної стіни досліджений, так як і попередні вузли, для двох нормативних температур найхолоднішої доби із забезпеченістю 0,92. На рисунку 3.18 зображений результат розрахунку при впливі температури ззовні, зі значенням -24°C .

Точка 1 є найкращою за показниками температур ($+17,3^{\circ}\text{C}$), адже вона знаходиться в найкраще утепленій зоні даного вузла. Як і в першій температурній зоні, її значення повністю відповідає всім заданим вимогам.

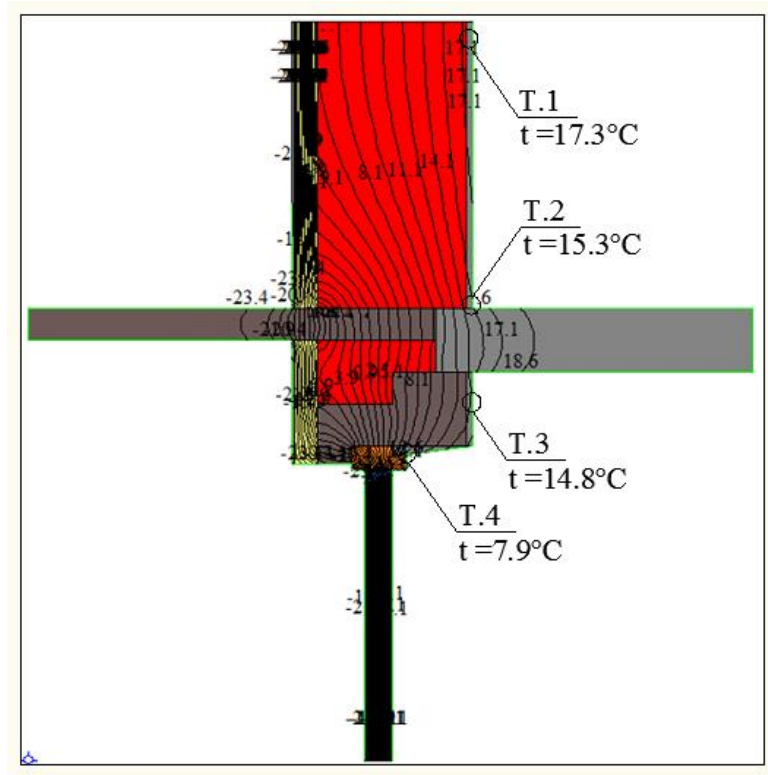


Рисунок 3.18 – Температурне поле вузла сполучення залізобетонної балконної плити та цегляної стіни ($t = -24^{\circ}\text{C}$).

Приведена температура в точці 2 дорівнює $+15,3^{\circ}\text{C}$. При такій температурі на поверхні кута порушується комфортний режим перебування людей поблизу цього місця, адже це значення відрізняється від температури внутрішнього повітря на $4,7^{\circ}\text{C}$. Така ситуація потребує додаткових дій по усуненню даної проблеми.

Точка 3 має температуру $+14,8^{\circ}\text{C}$. Так як і в точці 2 тут порушується критерій комфортності, тому що перепад між температурою на поверхні перемички і температурою внутрішнього повітря становить $5,2^{\circ}\text{C}$.

В точці 4 дослідне значення температури становить $+7,9^{\circ}\text{C}$. Це є небезпечним значенням, тому що воно на $2,8^{\circ}\text{C}$ нижче за температуру точки роси. А отже можна з упевненістю стверджувати, що в даному місці відбувається порушення тепловологісного режиму і тому тут буде утворення конденсату, що тягне за собою поступове руйнування конструкції та постійні проблеми з грибком і пліснявою.

Рисунок 3.19 ілюструє дослідження вузла сполучення залізобетонної балконної плити та цегляної стіни для найвищої дослідної температури другої температурної зони -8°C . З результатів розрахунку можна зробити висновок, що при температурі зовнішнього повітря -8°C даний вузол майже не потребує ніяких кардинальних змін утеплення для нормального функціонування.

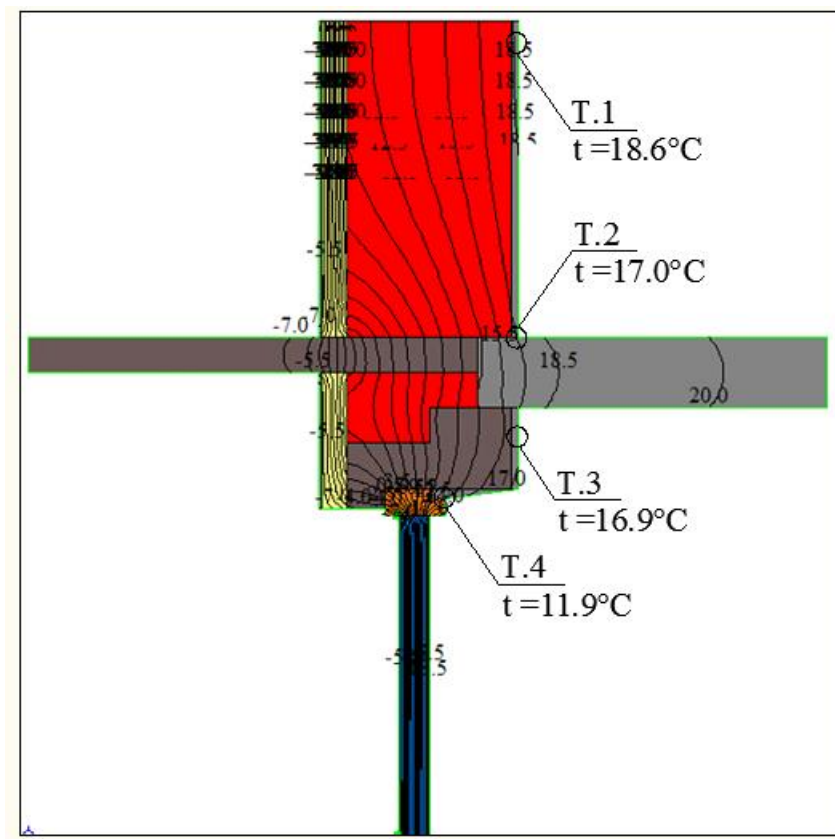


Рисунок 3.19 – Температурне поле вузла сполучення залізобетонної балконної плити та цегляної стіни ($t = -8^{\circ}\text{C}$).

Температура в точці 1 дорівнює $+18,6^{\circ}\text{C}$. Це прекрасний показник на плоскій поверхні стіни. Від температури внутрішнього повітря вона відрізняється лише на $1,4^{\circ}\text{C}$. Такий перехід є комфортним і задовільним з точки зору вимог державних будівельних норм.

Температура в куті примикання плити перекриття до стіни в точці 2 має значення $+17^{\circ}\text{C}$. В порівнянні з результатом для температури -24°C значення

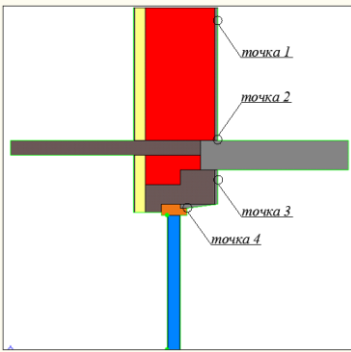
різниці між температурою на поверхні кута і в приміщенні зменшилося з 4,7⁰С до 3⁰С. Це є суттєвою зміною, і в даних умовах тепловідмови в куті зникають.

В точці 3 приведена температура має результат +16,9⁰С, який також повністю задовольняє вимоги [4].

Лише точка 4 має незадовільні значення температури. Вона дорівнює +11,9⁰С. Перепад між розрахунковою температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою в точці становить 8,1⁰С. При такій температурі утворення конденсату не відбуватиметься, проте потрібно проводити додаткове утеплення, щоб перепад не виходив за рамки нормованого (4⁰С).

Зведені результати розрахунків вузла примикання балконної плити наведені в таблиці 3.5, де вказані температури в усіх чотирьох точках цього вузла при різних значеннях температури зовнішнього повітря.

Таблиця 3.5 – Результати дослідження вузла сполучення залізобетонної балконної плити та цегляної стіни.

	Темпера- турна зона	Товщи- на утеплю- вача, см	Темп- тура зовніш- нього повітря, °С	Точка 1	Точка 2	Точка 3	Точка 4
	I	100	-29	17,6	15,1	14,1	6,3
			-28	17,6	15,1	14,3	6,4
			-27	17,7	15,4	14,5	6,5
			-26	17,8	15,6	14,5	7,5
			-25	17,8	15,6	14,8	8,0
			-24	18,0	15,7	15,3	8,1
			-23	18,1	16,2	15,8	8,9
	II	80	-24	17,3	15,3	14,8	7,9
			-23	17,3	15,3	15,1	8,0
			-21	17,5	15,6	15,2	8,1
			-20	17,6	15,8	15,3	8,9
			-8	18,6	17,0	16,9	11,9

За даними таблиці 3.5 збудовані графіки залежності температур трьох точок, де може відбуватися теплова відмова, від температури зовнішнього повітря.

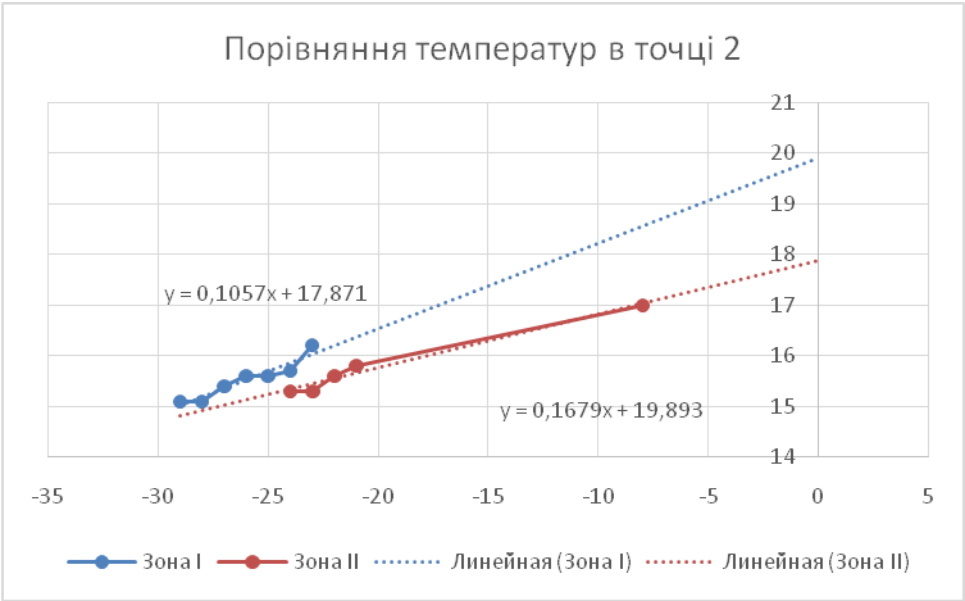


Рисунок 3.20 – Графік залежності температури в точці 2 від температури зовнішнього повітря.

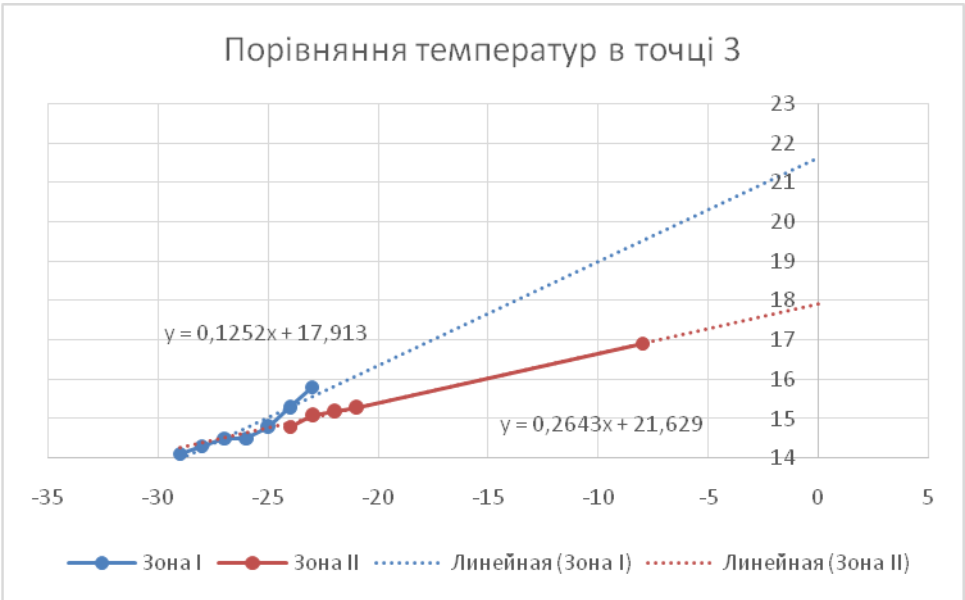


Рисунок 3.21 – Графік залежності температури в точці 3 від температури зовнішнього повітря.

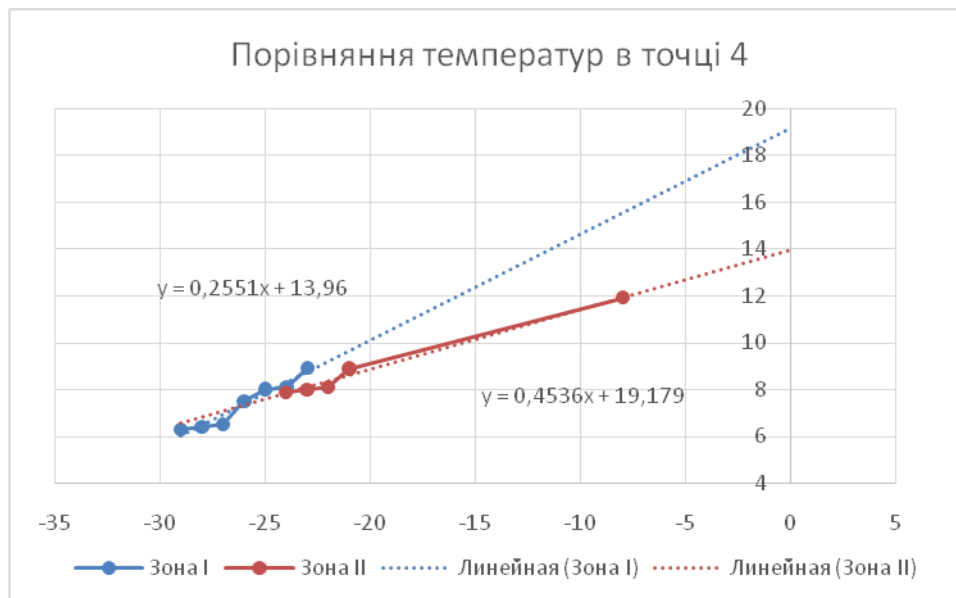


Рисунок 3.22 – Графік залежності температури в точці 4 від температури зовнішнього повітря.

Підставляючи до наведених на рисунках 3.20-3.22 лінійних рівнянь значення температури комфортності $+16^{\circ}\text{C}$ і точки роси $+10,7^{\circ}\text{C}$, таким же чином, як і в попередніх вузлах отримуємо температури зовнішнього повітря, при яких реалізуються теплові відмови за критерієм комфортності та критерієм утворення конденсату. Результати цих обчислень наведені в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Температури зовнішнього повітря, що приводять до теплових відмов.

Розрахункові точки	I-а температурна зона		II-а температурна зона	
	комфортність	точка роси	комфортність	точка роси
Точка 2	-23,2	-54,8	-17,9	-67,9
Точка 3	-21,2	-41,3	-15,2	-57,6
Точка 4	-7,0	-18,7	+7,8	-12,9

Аналіз таблиці 3.6 дозволяє стверджувати, що в точках 2 і 3 теплові відмови за критерієм утворення конденсату практично неможливі, а в точці 4 вони можуть реалізуватися при температурах $-18,7^{\circ}\text{C}$ та $-12,9^{\circ}\text{C}$, які є набагато вищими від розрахункових значень для першої та другої температурної зони. Відмова за критерієм комфортності, тобто перевищення допустимого перепаду 4°C між температурами внутрішнього повітря та внутрішньої поверхні стіни в усіх точках реалізується при температурах зовнішнього повітря, вищих від розрахункових значень. У точці 4 відмова цього виду може виникнути при температурі атмосфери $-7,0^{\circ}\text{C}$ (I температурна зона) і навіть $+7,8^{\circ}\text{C}$ (II температурна зона). В зимовий період такі температури реалізуються досить часто, а тому дискомфортні умови в цій зоні примикання віконної коробки до стіни є систематичним явищем.

З результатів попередніх розрахунків видно, що в більшості випадків умови комфортності в точках 2 і 3 порушуються неістотно (перепад між температурами внутрішнього повітря та внутрішньої поверхні стіни не перевищує 3°C). До того ж площі цих зон є незначними, а тому виявлені відмови практично не впливають на загальну комфортність перебування в приміщенні. Критичний характер мають відмови за критерієм утворення конденсату в зоні точки 4, які можуть реалізуватися досить часто. Цю проблему треба розв'язувати окремо шляхом удосконалення віконних блоків та вузлів їх примикання до стін.

3.6 Висновки з розділу

1. Рівень теплової надійності стін житлових будівель аналізується за двома критеріями: падіння температури внутрішньої поверхні стіни нижче точки роси ($10,7^{\circ}\text{C}$), що приводить до конденсації вологи на стіні, а також перевищення допустимого перепаду між температурами внутрішнього повітря та внутрішньої поверхні стіни (4°C), що викликає дискомфорт при перебуванні поблизу стіни.

					MP 19220119 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

2. Аналіз критеріїв теплової надійності виконано для чотирьох типових вузлів цегляних стін з фасадним утепленням пінополістиролом (100 мм для першої температурної зони і 80 мм для другої):

- вузол кутового сполучення зовнішніх стін;
- вузол примикання внутрішніх капітальних стін;
- вузол сполучення плити перекриття з зовнішньою стіною;
- вузол сполучення залізобетонної балконної плити та цегляної стіни.

Дослідження обраних вузлів проведено в програмному комплексі THERM з урахуванням семи температур першої температурної зони (від -29°C до -23°C), а також для п'яти температур другої зони (від -24°C до -8°C), що відповідають різним містам України.

3. У вузлі кутового сполучення зовнішніх стін утворення конденсату неможливе, але він не забезпечує надійність за критерієм комфортності в умовах обох температурних зон за винятком Південного берега Криму. Перепад між температурами внутрішнього повітря та внутрішньої поверхні стіни змінюється від $4,2^{\circ}\text{C}$ до $5,0^{\circ}\text{C}$.

4. Вузол примикання внутрішніх капітальних стін, а також вузол сполучення плити перекриття із зовнішньою стіною повністю відповідають обом критеріям теплової надійності.

5. У вузлі сполучення залізобетонної балконної плити та цегляної стіни може виникати тепла відмова за критерієм комфортності поблизу плити перекриття (вище і нижче від плити). В зоні примикання віконного блоку до стіни може виникнути тепла відмова за критерієм утворення конденсату та систематичні порушення умов комфортності.

6. Виходячи з отриманих результатів, потребують додаткового утеплення вузол кутового сполучення зовнішніх стін та вузол сполучення залізобетонної балконної плити з цегляною стіною, особливо в місці примикання віконного блоку до стіни.

Розділ 4

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ТЕПЛОВОЇ НАДІЙНОСТІ ПРОБЛЕМНИХ ВУЗЛІВ СТІН ЖИТЛОВИХ І ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ

4.1 Завдання дослідження

У попередньому розділі було проведено дослідження чотирьох типових вузлів цегляних стін з фасадним утепленням пінополістиролом, які мають теплопровідні вклучення. Аналіз проводився для кліматичних умов України і охопив увесь температурний діапазон, присутній на території держави, а саме дві температурні зони, які включають в себе дванадцять різних розрахункових значень температури атмосферного повітря [15]. Фасадний утеплювач приймався товщиною 100 мм для першої та 80 мм для другої температурної зони.

За результатами дослідження встановлено, що два з чотирьох вузлів, а саме, вузол кутового сполучення зовнішніх стін, а також вузол сполучення залізобетонної балконної плити та плити перекриття з цегляною стіною мають істотні порушення теплового режиму [4], що може призвести до теплової відмови за критеріями комфортності та утворення конденсату на внутрішній поверхні огороження. Тому було прийнято рішення додатково утеплити дані вузли, щоб виключити можливість теплових відмов.

За допомогою програмного комплексу THERM були змодельовані різні типи додаткового утеплення кожного вузла. Усі розрахунки проводилися для найнижчої температури на території України -29°C [15], оскільки саме при дії цієї температури у вузлах спостерігаються найнижчі значення температур внутрішньої поверхні стін. Очевидно, що вузли, розраховані та таку температуру, будуть придатними для використання на всій території України.

Теплотехнічні характеристики матеріалів прийняті такими ж, як і в попередньому розділі. При використанні інших матеріалів їх характеристики наведені в описі конструкції додаткового утеплення.

4.2 Вузол кутового сполучення зовнішніх стін з цегли

У вузлі кутового сполучення зовнішніх стін за даними проведеного дослідження утворення конденсату неможливе, але він не забезпечує надійність за критерієм комфортності [4] в умовах обох температурних зон за винятком Південного берега Криму. Перепад між температурами внутрішнього повітря та внутрішньої поверхні стіни змінюється від 4,2°C до 5,0°C. Тому даний вузол потребує додаткового утеплення.

Нижче представлені декілька можливих альтернативних варіантів утеплення вузла кутового сполучення зовнішніх стін з цегли.

Додаткове утеплення кута зсередини у вигляді падуги з пінопласту, вкритого теплою штукатуркою. Падуга, влаштована в куті, складається з декількох шарів пінопласту, оброблених зверху штукатуркою, для надання конструкції округленого вигляду, для кращого естетичного оформлення, як це показано на рисунку 4.1. Можна також використати спеціально виготовлені пінопластові профілі у формі падуги, які вклеюються в кут сполучення стін.

Розрахунки теплового поля вузла, зображеного на рисунку 4.1, виконані при різних радіусах закруглення падуги. Остаточного прийнято радіус падуги 500 мм. При меншому радіусі при дії температури зовнішнього повітря -29°C на поверхні стіни були наявні місця, де температура мала значення нижче від +16°C, що не відповідає умовам теплової надійності за критерієм комфортності.

Варіант №1.

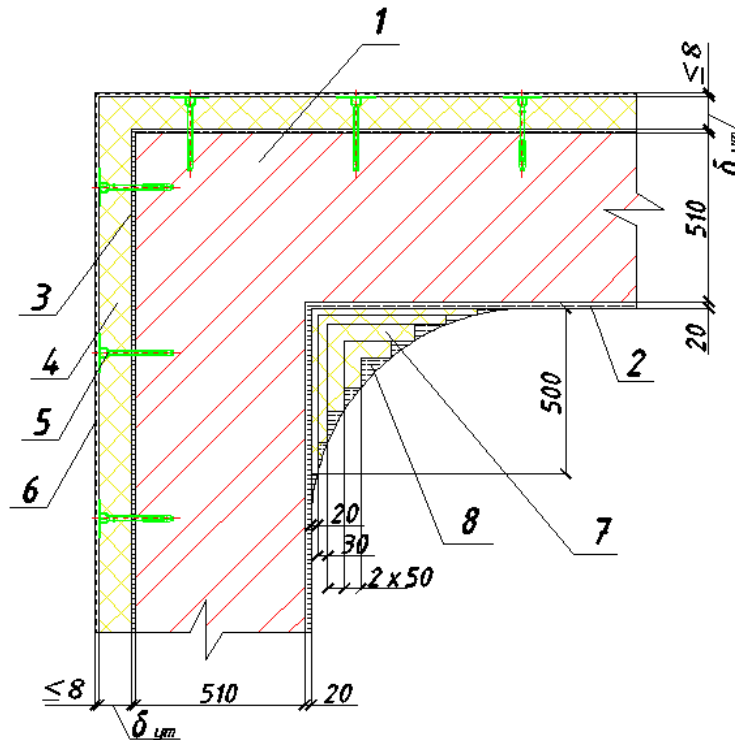


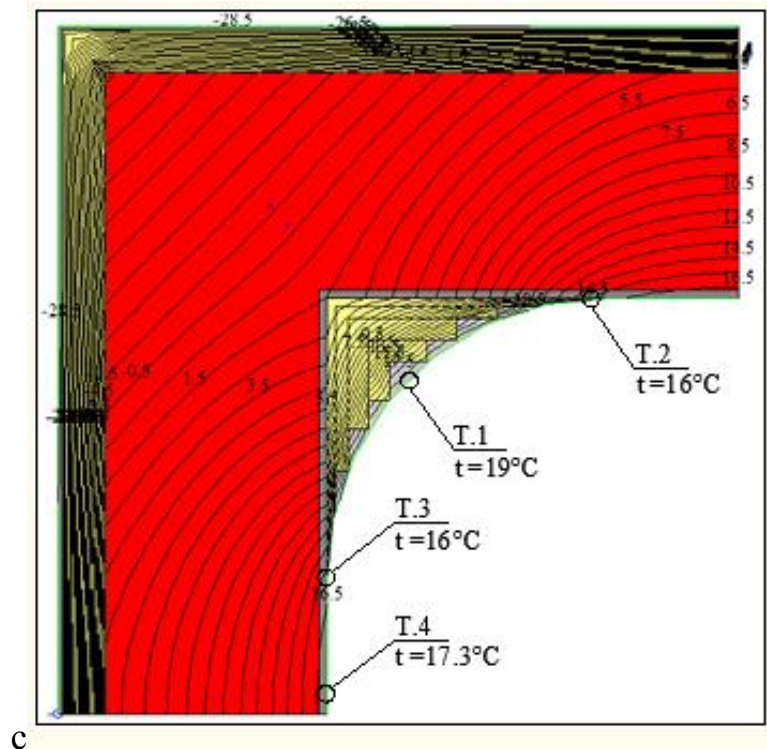
Рисунок 4.1 – Додаткове утеплення кута сполучення зовнішніх стін падугою з пінопласту:

- 1 – цегляна стіна, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$, $\lambda = 0,56 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$;
- 2 – ЦП штукатурка, $\rho = 1600 \text{ кг/м}^3$, $\lambda = 0,93 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$;
- 3 – клейовий шар;
- 4 – утеплювач пінопласт, $\rho = 15,1-25 \text{ кг/м}^3$, $\lambda = 0,039 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$;
- 5 – дюбель для кріплення теплоізоляційного шару;
- 6 – базовий клейовий шар, ґрунтовка, армувальна склосітка, шар декоративної штукатурки;
- 7 – додаткове утеплення з шарів пінопласту;
- 8 – шар штукатурки для надання форми.

Розрахувавши даний вузол в програмному комплексі THERM, отримаємо значення температур, вказані на рисунку 4.2.

В точці 1 (центр поверхні падуги) спостерігається значення температури $+19^\circ\text{C}$, що повністю задовольняє нормативні вимоги.

Точки 2 і 3 знаходяться в місці прилягання падуги до стіни. Для них значення температури є найнижчими в даному вузлі. Проте вони мають температуру $+16^{\circ}\text{C}$, яка дорівнює мінімально допустимому перепаду температури на поверхні стіни та внутрішнього повітря за [1].



Варіант №2.

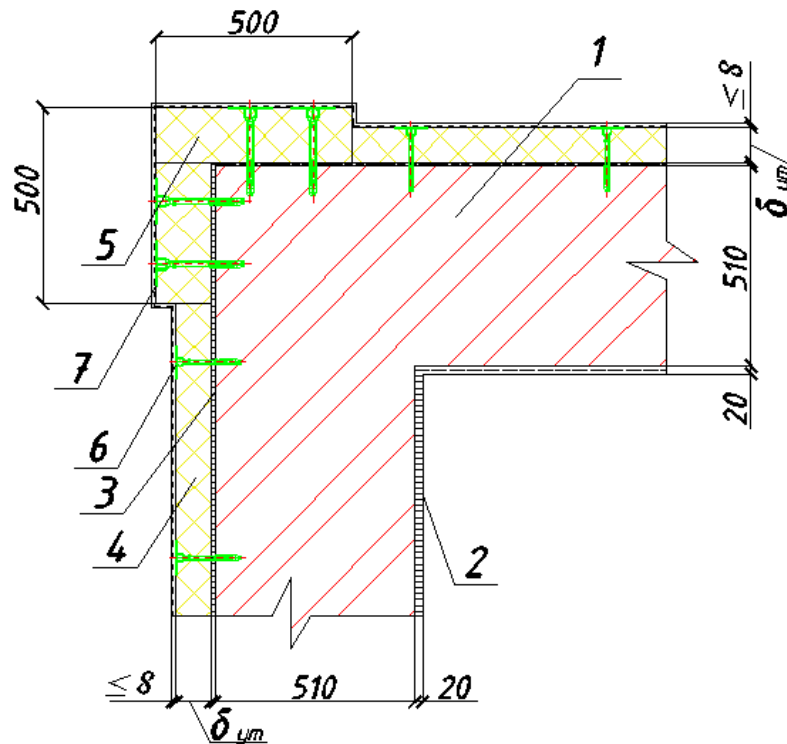


Рисунок 4.3 – Накладання плити пінопласту товщиною 50 мм на існуючий шар утеплення.

- 1 – цегляна стіна, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$, $\lambda = 0,56 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$;
- 2 – ЦП штукатурка, $\rho = 1600 \text{ кг/м}^3$, $\lambda = 0,93 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$;
- 3 – клейовий шар;
- 4 – утеплювач пінопласт ПСБ-С-25, товщиною 100 мм;
 $\rho = 15,1-25 \text{ кг/м}^3$, $\lambda = 0,039 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$;
- 5 – утеплювач пінопласт ПСБ-С-25, товщиною 150мм;
- 6 – дюбель для кріплення теплоізоляційного шару;
- 7 – базовий клейовий шар, ґрунтовка, армувальна склосітка, шар декоративної штукатурки.

Додаткове утеплення кута зовні шляхом накладання на існуючий шар утеплення плити пінопласту товщиною 50 мм.

Розрахунок теплового поля вузла проводився для впливу температури зовнішнього повітря -29°C , при товщині основного шару пінопласту 100 мм, оскільки в даних умовах спостерігалась найгірша робота утеплення (розділ 3).

На рисунку 4.4 зображене температурне поле даної конструкції, по якому можна зробити наступні висновки.

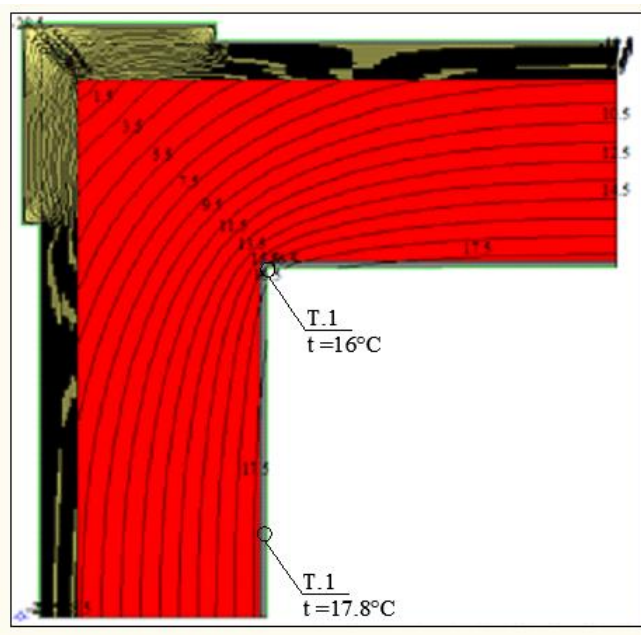


Рисунок 4.4 – Температурне поле кута сполучення зовнішніх стін додатково утепленого зовні пінопластом товщиною 50 мм.

Точка 1 (кут стін) показує результат $+16^{\circ}\text{C}$. Відповідно це значення є вищим, ніж у варіанті без додаткового утеплення ($+15^{\circ}\text{C}$), і задовольняє вимоги норм [4] щодо умов комфортного перебування поблизу цієї точки. Точка 2, як і раніше, має високе значення температури, що дорівнює $+17,8^{\circ}\text{C}$.

Такий варіант утеплення є більш доцільним і економічним з точки зору витрат матеріалу, ніж попередній спосіб утеплення цього ж вузла зсередини. Також перевагою даного способу є те, що не зменшується вільна площа в приміщенні. Окрім того, зовнішнє утеплення гарантує більш раціональний тепловий режим огорожувальних конструкцій, ніж внутрішнє.

4.3 Вузол сполучення залізобетонної балконної плити та цегляної стіни при новому будівництві.

Вузол сполучення залізобетонної балконної плити та залізобетонної плити перекриття з цегляною стіною за результатами дослідження чотирьох вузлів сучасних стін цивільних будівель показав найнижчі температури внутрішньої поверхні. В цьому вузлі спостерігається порушення теплового режиму, що тягне за собою утворення конденсату на стіні, та появу грибка і плісняви. Тому він потребує серйозного додаткового утеплення.

В якості першого варіанту додаткового утеплення було прийнято рішення між залізобетонною плитою перекриття та балконною плитою зробити вставку з теплоізоляційного матеріалу, а саме мінеральної вати, товщиною 20 мм (рис. 4.5, 4.6). на рисунку 4.5 ця вставка помічена червоним кольором. Логіка цього рішення полягає в тому, щоб розірвати місток холоду, який утворюється стиком балконної плити та плити перекриття. Недоліком цього рішення є те, що воно можливе лише при новому будівництві, але не може бути реалізоване при термореконструкції існуючої будівлі.

Виконі розрахунки, результат яких представлено на рисунку 4.6, показали, що запропонованого додаткового утеплення замало. При такому способі утеплення спостерігаються незначні позитивні зміни лише в точках 2 та 3, а точка 4 залишається з критичним значенням температури нижчим за температуру точки роси (рисунок 4.6). Очевидно, о такий результат обумовлений наявністю містка холоду, який створюють надвіконні залізобетонні перемички.

Точка 1 не є проблемною, бо має значення $+17,8^{\circ}\text{C}$, тому в подальшому вона не буде розглядатись, оскільки не представляє ніякої небезпеки.

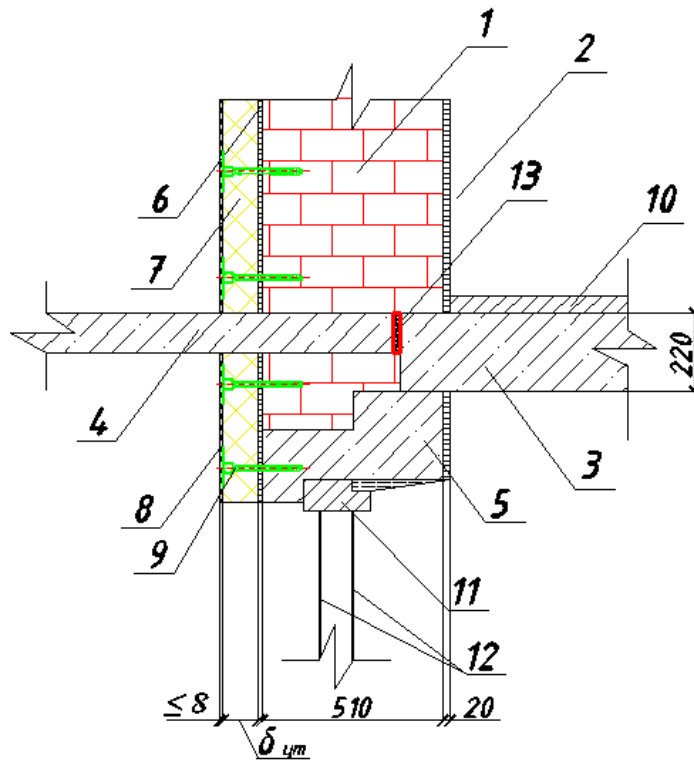


Рисунок 4.5 – Вузол сполучення залізобетонної балконної плити та цегляної стіни з теплоізоляційною вставкою:

1 – цегляна стіна, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$, $\lambda = 0,81 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$;

2 – ЦП штукатурка, $\rho = 1600 \text{ кг/м}^3$, $\lambda = 0,93 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$;

3 – залізобетонна плита перекрыття, $\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$, $\lambda = 1,92 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$;

4 – балконна плита, $\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$; $\lambda = 2,04 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$;

5 – залізобетонні перемички, $\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$; $\lambda = 2,04 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$;

6 – клейовий шар; 7 – утеплювач пінопласт ПСБ-С-25, $\rho = 15,1\text{-}25 \text{ кг/м}^3$, $\lambda = 0,039 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$;

8 – базовий клейовий шар, ґрунтовка, армувальна склосітка, шар декоративної штукатурки;

9 – дюбель для кріплення теплоізоляційного шару; 10 – чиста підлога;

11 – віконна коробка та рама з дерева, $\rho = 500 \text{ кг/м}^3$, $\lambda = 0,15 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$;

12 – скло, $\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$; $\lambda = 1,0 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$;

13 – теплоізоляційна вставка з мінеральної вати товщиною 20 мм;

$\rho = 15,1\text{-}25 \text{ кг/м}^3$, $\lambda = 0,048 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$;

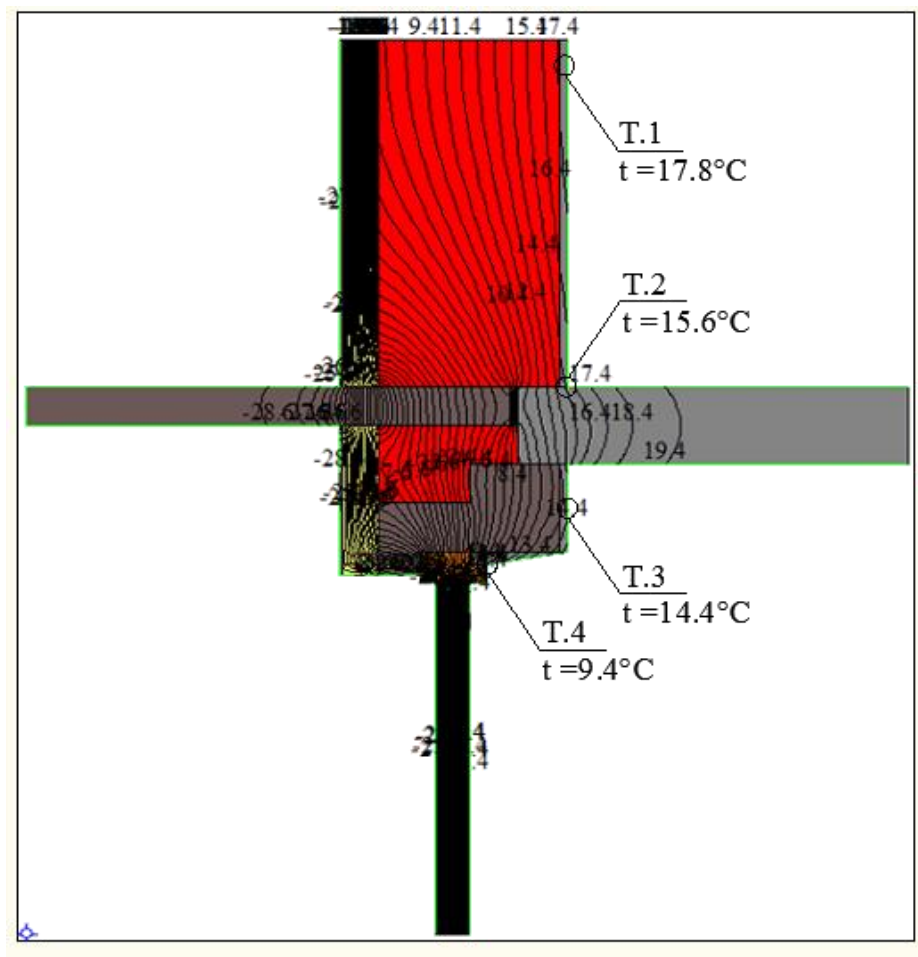


Рисунок 4.6 – Температурне поле вузла сполучення залізобетонної балконної плити та цегляної стіни з вставкою з мінеральної вати.

В точці 2 температура підвищилась з $15,1^{\circ}\text{C}$ до $15,6^{\circ}\text{C}$, проте цього недостатньо для забезпечення комфортного режиму в зоні вузла.

Точка 3 також має підвищення значення температури з $14,1$ до $14,4^{\circ}\text{C}$, проте це є недостатнім рівнем, і не відповідає вимогам норм [4].

Внаслідок того, що в даному варіанті утеплення точка 4 дещо змістилася за рахунок встановлення на вікно відкосу, вона має дещо вищу температуру ($+9,4^{\circ}\text{C}$), ніж у варіанті без додаткового утеплення ($+6,3^{\circ}\text{C}$), проте все ж недостатню для забезпечення нормального теплового режиму в приміщенні.

Розрахунки з наявністю ширшої мінераловатної вставки (50 мм) показали, що таке рішення мало впливає на значення температури в точці 4,

оскільки тепло від неї передається через залізобетонні перемички, опір теплопередачі яких не залежить від наявності теплоізолюючої вставки між плитою перекриття і балконною плитою.

Таким чином, проаналізувавши отримані результати дослідження, можна стверджувати, що даний варіант додаткового утеплення не підходить для вузла сполучення залізобетонної балконної плити та цегляної стіни. Тому було прийнято рішення підбирати інші способи додаткового утеплення.

4.4 Вузол сполучення залізобетонної балконної плити та цегляної стіни при новому будівництві та при термореконструкції

Технічне рішення, розглянуте у попередньому підрозділі, не забезпечує виконання нормативних вимог до теплової надійності і може бути реалізоване лише при новому будівництві. При термореконструкції існуючих будівель додаткове утеплення повинно проводитися на поверхні стіни, а не всередині. Розглянемо варіант утеплення зовнішнього відкосу пінопластом товщиною 30 мм з додаванням облицювання стіни навколо вікна пінопластом товщиною 20 мм і шириною 100 мм. Така схема візуально виглядатиме, як обрамлюючий наличник, або конструктивно підкреслена надвіконна перемичка.

На рисунку 4.7 зображений варіант додаткового утеплення вузла сполучення залізобетонної балконної плити та цегляної стіни з зовнішньої сторони по відкосу.

Дослідивши даний варіант утеплення, отримуємо результати, які є набагато кращими за результати при розрахунку цього ж вузла без додаткового утеплення. На рисунку 4.8 показано температурне поле модернізованого вузла. Температура в точці 1 становить $+17,9^{\circ}\text{C}$. Це на $2,1^{\circ}\text{C}$ менше ніж температура внутрішнього повітря, а отже жодна з нормативних вимог не порушується.

					MP 19220119 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

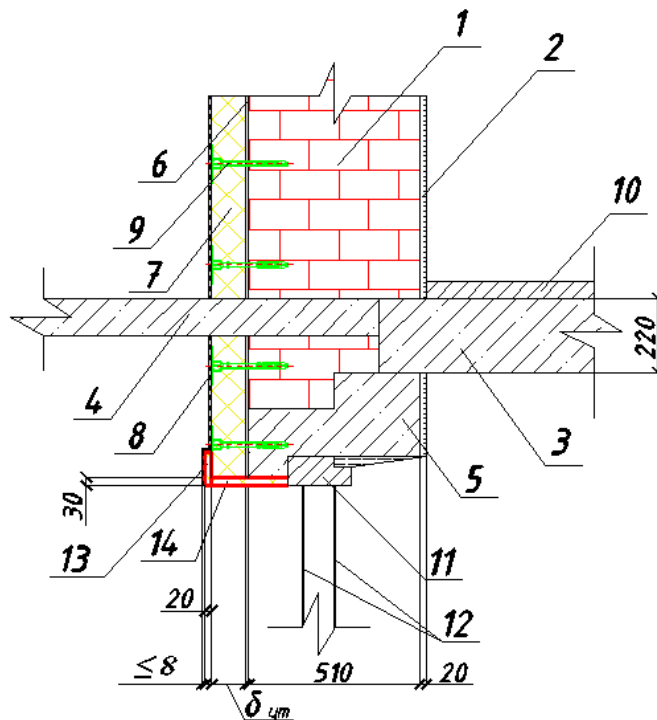


Рисунок 4.7 – Утеплення відкосу ззовні шаром пінопласту товщиною 30 мм з обрамленням стіни по контуру вікна пінопластом перерізом 100×20 мм:

1 – цегляна стіна, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$, $\lambda = 0,81 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$;

2 – ЦП штукатурка, $\rho = 1600 \text{ кг/м}^3$, $\lambda = 0,93 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$;

3 – залізобетонна плита перекриття, $\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$, $\lambda = 1,92 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$;

4 – балконна плита, $\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$; $\lambda = 2,04 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$;

5 – залізобетонні перемички, $\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$; $\lambda = 2,04 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$;

6 – клейовий шар;

7 – утеплювач пінопласт ПСБ-С-25, $\rho = 15,1-25 \text{ кг/м}^3$, $\lambda = 0,039 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$;

8 – базовий клейовий шар, ґрунтовка, армувальна склосітка, шар декоративної штукатурки;

9 – дюбель для кріплення теплоізоляційного шару; 10 – чиста підлога;

11 – віконна коробка та рама з дерева, $\rho = 500 \text{ кг/м}^3$, $\lambda = 0,15 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$;

12 – скло, $\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$; $\lambda = 1,0 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$;;

13 – обрамлюючий наличник з пінопласту перерізом 100×20 мм;

14 – зовнішній відкіс з пінопласту товщиною 30 мм.

на $2,5^{\circ}\text{C}$ вищим за розрахункову температуру точки роси, яка становить $+10,7^{\circ}\text{C}$ [4]. Отже, запропонована конструкція додаткового локального утеплення забезпечує достатні теплові характеристики розглянутого вузла.

Проаналізувавши розрахунки вузла з додатковим утепленням, можна цей вузол віднести до числа достатньо надійних за критеріями утворення конденсату та комфортності перебування в приміщенні.

4.5 Висновки з розділу

1. Розроблені схеми додаткового утеплення двох вузлів, для яких зовнішнє рівномірне утеплення фасаду є недостатнім: вузла кутового сполучення зовнішніх стін та вузла сполучення залізобетонної балконної плити з цегляною стіною.

2. Для забезпечення достатнього рівня теплової надійності вузла кутового сполучення зовнішніх стін в кліматичних умовах України його слід додатково утеплити пінополістирольними плитами шириною 500 мм і товщиною 50 мм, встановленими на зовнішній поверхні вузла поверх основного утеплюючого шару, як це показано на схемі з рисунка 4.3. Таке утеплення гарантує відсутність теплових відмов як за критерієм утворення конденсату, так і за критерієм комфортності перебування поблизу стіни.

3 Вузол примикання балконної плити слід додатково утеплити шляхом встановлення пінополістирольної плити товщиною 30 мм на зовнішній відкіс вікна та плити перерізом 100×20 мм у вигляді обрамлення верхньої частини віконного прорізу, як це показано на рисунку 4.7. Така схема утеплення повністю гарантує неможливість утворення конденсату на усій поверхні вузла, а також виконання умов комфортності – за винятком досить вузької зони примикання віконного блоку до залізобетонних перемичок. Останній недолік спостерігається на незначній частині внутрішньої поверхні стіни, а тому не є критичним.

Розділ 5
ОХОРОНА ПРАЦІ

В розділі "Охорона праці" висвітлені питання, щодо охорони праці при зведенні та термомодернізації житлових будівель. Виконано розрахунок захисту будівлі від блискавки. Всі питання і розрахунки приведено в додатку К.

					МР 19220119 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Виконані в магістерській роботі дослідження параметрів теплової надійності типових вузлів цегляних стін житлових будівель, які є зонами підвищеної теплопередачі, дозволили зробити такі висновки:

1. За результатами аналізу літератури та виконаних теплотехнічних розрахунків для подальшого аналізу вибрано конструкцію стіни з цегли товщиною 510 мм та з фасадним утепленням пінополістиролом товщиною 100 мм для першої і 80 мм – для другої температурної зони України. Виходячи з конструкції житлових будівель, прийнято рішення проаналізувати умови теплової надійності чотирьох вузлів, які мають містки холоду і можуть бути зонами підвищеної теплопередачі:

- вузол кутового сполучення зовнішніх стін з цегли;
- вузол примикання внутрішніх капітальних стін;
- вузол сполучення плити перекриття з зовнішньою стіною з цегли;
- вузол сполучення залізобетонної балконної плити та цегляної стіни.

2. Для охоплення усіх географічних зон України вибрані розрахункові значення температури зовнішнього повітря в межах від -29°C до -8°C . В середовищі програмного комплексу THERM збудовані температурні поля кожного з чотирьох обраних вузлів при усіх можливих розрахункових значеннях температури зовнішнього повітря.

3. Встановлено, що вузол примикання внутрішніх капітальних стін та вузол сполучення плити перекриття з зовнішньою стіною повністю відповідають вимогам до теплової надійності. У вузлі кутового сполучення зовнішніх стін може виникнути теплова відмова за критерієм комфортності, а у вузлі примикання віконного блоку до стіни реалізується теплова відмова за критерієм утворення конденсату та порушення умов комфортності.

4. В середовищі програмного комплексу THERM проаналізовані можливі варіанти додаткового утеплення вузла кутового сполучення зовнішніх стін та вузла сполучення залізобетонної балконної плити з цегляною стіною. Розроблені пропозиції доводять характеристики вузла кутового сполучення зовнішніх стін до належного рівня та істотно поліпшують теплову надійність вузла сполучення залізобетонної балконної плити з цегляною стіною.

5. Розроблені схеми додаткового утеплення двох вузлів, для яких зовнішнє рівномірне утеплення фасаду є недостатнім: вузла кутового сполучення зовнішніх стін та вузла сполучення залізобетонної балконної плити з цегляною стіною.

					MP 19220119 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Організація будівельного виробництва. Управління, організація і технологія: ДБН А.3.1-5-2009. – К., Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2011. – 61 с. (Державні будівельні норми України).
2. ДБН В.1.2-14-2009. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009.
3. Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення: ДБН В.2.2-15-2005. – К. Державний комітет України будівництва і архітектури, 2005. – 45 с. (Державні будівельні норми України).
4. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6-31:2006. – К.: Мінбуд України, 2006. – 68 с. (Державні будівельні норми України).
5. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6-31:2016. – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господ. України, 2013. – 30 с. (Державні будівельні норми України).
6. Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Класифікація і загальні технічні вимоги: ДСТУ Б В.2.6-34:2008. – К., 2009. – 15 с. (Національний стандарт України).
7. ДСТУ Б В.2.6-101:2010. Конструкції будинків і споруд. Метод визначення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій. – К., 2010. – 84 с. (Національний стандарт України).
8. ДСТУ Б В.2.6-34:2008. Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Класифікація і загальні технічні вимоги. – К., 2009. – 15 с. (Національний стандарт України).

					МР 19220119 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

9. Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням індустріальними елементами з вентиляльованим повітряним прошарком. Загальні технічні умови: ДСТУ Б В.2.6-35:2008. – К., 2009. – 29 с. (Національний стандарт України).
10. ДСТУ Б В.2.6-36:2008. Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням штукатурками. Загальні технічні умови. – К., 2009. – 35 с.
11. ДСТУ Б В.2.7 – 61:2008. Цегла та камені рядові та лицьові. Технічні умови. – К., 2009. – 27с. (Національний стандарт України).
12. ДСТУ Б В.2.7-167:2008. Вироби теплоізоляційні з мінеральної вати на синтетичному в'язучому. Загальні технічні умови. – К., 2009. – 25 с.
13. ДСТУ Б В.2.7-38-95. Матеріали і вироби теплоізоляційні. Методи випробувань. (Національний стандарт України).
14. ДСТУ Б В.2.7-8-94. Плити пінополістирольні. Технічні умови. – К., 1994. – 22 с. (Національний стандарт України).
15. ДСТУ-Н Б В.1.1 – 27:2010. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія. – К., 2011. – 101 с. (Національний стандарт України).
16. THERM (2D теплотехнические расчеты - МКЭ) веб-сайт. URL: <http://windows.lbl.gov/software/therm/therm.html>. (дата звернення: 29.10.2021).
17. Анапольская Л.Е. Метеорологические факторы теплового режима зданий / Л.Е. Анапольская, Л.С. Гандин. – Л.: Гидрометеиздат, 1973. – 235 с.
18. Бельшев И.А. Статический анализ данных о температуре воздуха для расчета конструкций / И.А. Бельшев, Л.В. Клепиков // Исследование нагрузок на сооружения и надежность строительных конструкций: Труды ЦНИИСК. – Вып.42. – М.: Стройиздат. – 1976. – С. 7-23.

19. Болотин В.В. Методы теории вероятностей и теории надежности в расчетах сооружений / В.В. Болотин. – М.: Стройиздат, 1982. – 385 с.
20. Большев Л.Н. Таблицы математической статистики / Л.Н. Большев. Н.В. Смирнов. – М.: ВЦ АН СССР, 1968. – 476 с.
21. Види кріплень фасадів веб-сайт. URL: <http://www.jaf-ukraine.com/fasad-terasa/ventilovani-fasadi/vidi-kriplennja-fasadiv/>. (дата звернення: 25.10.2021).
22. Гетун Г.В. Архітектура будівель та споруд. Книга 1. Основи проектування. – К.: Кондор, 2012. – 380 с.
23. Глікман М.Т., Кошлатий О.Б, Вітвицька Є.В. Основи будівельної фізики сільських споруд. – К.: Урожай, 1995.
24. Енергетична стратегія України на період до 2030 р. – Схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 15 березня 2006 р., №145-р.
25. САПР у будівництві. Методика розрахунку теплових полів за допомогою програмного комплексу THERM. Методичні вказівки до практичних занять, курсового та дипломного проектування для студентів напряму підготовки 060101 "Будівництво" усіх форм навчання. / Розробники: В.А. Пашинський, В.В. Яцун. – Кіровоград: КНТУ, 2014 – 22 с.
26. Как отделать фасад здания. Строительство и инвестиции. веб-сайт. URL: http://www.rostinv.ru/kak_otdelat_fasad_zdaniya.html. (дата звернення: 19.10.2021).
27. Карюк А.М. Закономірності міжрічної мінливості температури атмосферного повітря // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди : зб. наукових праць. – Рівне: НУВГтаП, 2013. – Вип. 26. – С. 28
28. Карюк А.Н., Пашинский В.А. Принципы и методика нормирования температуры воздуха для проектирования теплозащитной оболочки

зданий // Новые идеи нового века – 2013. Материалы Тринадцатой Международной научной конференции. В трех томах. – Том 2. – Хабаровск: Издательство ТОГУ, 2013. – С. 315 – 321.

29. Кінаш Р.І. Температурний режим повітря і ґрунту в Україні / Р.І. Кінаш, О.М. Бурнаєв. – Львів: Видавництво науково-технічної літератури, 2001 р. – 800 с.
30. Конструкція громадської будівлі: веб-сайт. URL: http://ua-referat.com/Конструкція_громадської_будівлі. (дата звернення: 29.10.2021).
31. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної магістерської роботи професійного (практичного) спрямування магістрантами спеціальності 8.06010101 – Промислове і цивільне будівництво за спеціалізацією «Сільськогосподарське будівництво»/ Укладачі Т.П. Литвиненко, О.Б.Кошлатий. – Полтава: ПолтНТУ, 2013. – 47 с.
32. Мобільний вимірювальний комплекс для визначення енергозберігаючих характеристик будівель і споруд: веб-сайт. URL: http://science.knuba.edu.ua/source/Komplex_energoser.pdf. (дата звернення: 29.10.2021).
33. Нагрузки и воздействия на здания и сооружения / В.Н. Гордеев, А.И. Лантух-Лященко, В.А. Пашинський, А.В. Перельмутер, С.Ф. Пичугин; Под общей ред. А.В. Перельмутера. – М.: ИАСВ, 2006. – 482 с.
34. Отделка зданий термопанелями: веб-сайт. URL: <http://repair-home.net/index.php/fasadnye-paneli/31-fasady-domov/39-fasadnye-termopaneli>. (дата звернення: 29.10.2021).
35. Пашинський В.А. Оцінка імовірності виникнення теплових відмов конструкцій / В.А. Пашинський, Г.Г. Фаренюк // Строительство, материаловедение, машиностроение: Сборник научных трудов. Выпуск 56. – Днепропетровск: ДГАСА, 2010. – с. 305-310.

36. Пашинський В.А., Карюк А.М. Норми температурних впливів на огорожувальні конструкції будівель // Бетон і залізобетон в Україні. – 2012. – № 1 (65). – С. 11-12.
37. Пашинський В.А. Атмосферні навантаження на будівельні конструкції на території України. – К.: УкрНДІПСК, 1999. - 185 с.
38. Переваги вентиляованого фасаду: веб-сайт. URL: <http://kamnu.com/2012-02-17-14-46-01/2543-nachipnij-ventilovanij-fasad-perevagi-pered-mokrimi-fasadami.html>. (дата звернення: 29.10.2021).
39. Плоский В.О., Гетун Г.В. Архітектура будівель та споруд. Книга 2. Житлові будинки. – Кам'янець-Подільський: ПП «Медобори-2006», 2014. – 617 с.
40. Роботи по утепленню фасадів, нанесення декоративних штукатурок: веб-сайт. URL: <http://ternopol.ter.slando.ua/obyavlenie/roboti-po-uteplennyu-fasadv-nanesennya-dekorativnih-shtukaturek-ID6FnHp.html>. (дата звернення: 29.10.2021).
41. Романенко І.І. Архітектура будівель і споруд // Конспект лекцій. - Харків: ХНАМГ, 2011. – 167 с.
42. Справочник по климату СССР. Часть II. Температура воздуха и почвы. Выпуск 10. – Л.: Гидрометеиздат, 1967. – 608 с.
43. Стіни: архітектурно-конструктивні елементи; конструкції стін з дрібних матеріалів: веб-сайт. URL: http://4exam.info/book_73_glava_21_2._Obshhaja_kharakteristika_prin%D1%81ipov_nalogooblozhenija.html. (дата звернення: 19.11.2021).
44. Температурні впливи на огорожувальні конструкції будівель: монографія / В.А. Пашинський, Н.В. Пушкар, А.М. Карюк / – Одеса, 2012. –180 с.
45. Теплоізоляційні матеріали «Термолайф» для внутрішніх і зовнішніх конструкцій: веб-сайт. URL: <http://www.termolife.com.ua/pages/89>. (дата звернення: 25.10.2021).

46. Технології енергозбереження: веб-сайт. URL: http://teplydim.com.ua/uk/energy_saving_technologies/thermal_insulation_of_walls. (дата звернення: 18.10.2021).
47. Тришарові стіни з теплоізоляцією. Зовнішні стіни: веб-сайт. URL: http://abud.com.ua/ua/produkcija/izoljacija_tehnonikol/zovnishni_stini1.html. (дата звернення: 27.10.2021).
48. Фаренюк Г.Г. Основи забезпечення енергоефективності будинків та теплової надійності огорожувальних конструкцій / Г.Г. Фаренюк. – К. : Гама-Принт, 2009. 216 с.
49. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги: ДБН В.1.1-7:2016 К.: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2017. – 41 с. (Державні будівельні норми України).
50. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення: ДБН А.3.2-2-2009 К.: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2012. – 116 с. (Державні будівельні норми України).

ЗМІСТ

стор.

ВСТУП	1	
Розділ 1. СУЧАСНІ КОНСТРУКЦІЇ СТІН ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ ТА ПРОБЛЕМА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЇХ ТЕПЛОВОЇ НАДІЙНОСТІ		4
1.1 Типові конструктивні рішення стін цивільних будівель	4	
1.2 Нормативні вимоги до стін цивільних будівель	4	
1.3 Методи аналізу температурних полів та критеріїв теплової надійності	4	
1.4 Висновки з бібліографічного огляду та завдання дослідження	6	
Розділ 2. МЕТОДИКА АНАЛІЗУ КРИТЕРІЇВ ТЕПЛОВОЇ НАДІЙНОСТІ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ		8
2.1 Принципи аналізу теплової надійності огороджувальних конструкцій	8	
2.2 Програмний комплекс THERM для побудови двомірних теплових полів	12	
2.3 Конструкція та характеристики об'єктів досліджень	12	
2.4 База кліматичних даних для аналізу теплової надійності	13	
2.5 Висновки з розділу	13	
Розділ 3. АНАЛІЗ КРИТЕРІЇВ ТЕПЛОВОЇ НАДІЙНОСТІ ВУЗЛІВ СТІН ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ		14
3.1 Вимоги до теплової надійності стін житлових будівель та об'єкти дослідження	14	
3.2 Вузол кутового сполучення зовнішніх стін з цегли	17	
3.3 Вузол примикання внутрішніх капітальних стін	23	

3.4 Вузол сполучення плити перекриття з зовнішньою стіною з цегли	30
3.5 Вузол сполучення залізобетонної балконної плити та цегляної стіни	36
3.6 Висновки з розділу	45

Розділ 4. РЕКОМЕНДАЦІЇ З ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ТЕПЛОВОЇ НАДІЙНОСТІ ВУЗЛІВ СТІН ЖИТЛОВИХ

БУДІВЕЛЬ	47
4.1 Завдання дослідження	47
4.2 Вузол кутового сполучення зовнішніх стін з цегли	48
4.3 Вузол сполучення залізобетонної балконної плити та цегляної стіни при новому будівництві	53
4.4 Вузол сполучення залізобетонної балконної плити та цегляної стіни при новому будівництві та термореконструкції	58
4.5 Висновки з розділу	59

Розділ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ	61
-------------------------------	----

ВИСНОВКИ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ДОСЛІДЖЕНЬ	62
---	----

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	64
--------------------------------------	----

ДОДАТКИ	72
---------------	----

Додаток А

ТИПОВІ КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ СТІН
ЦИВІЛЬНИХ БУДІВЕЛЬ

Конструкції стін з дрібноштучних виробів.

Як правило, це стіни з силікатної чи керамічної цегли різних видів. По своїй конструкції цегляні стіни можуть бути суцільними і полегшеними [42].

Суцільні стіни з повнотілої цегли мають велику міцність, але низькі теплозахисні якості. Тому їх товщина, призначена з розрахунку за умови достатньої міцності, зазвичай є недостатньою за теплотехнічних вимог у районах з від'ємними температурами повітря у холодний період року і її збільшують. Унаслідок цього такі стіни застосовують, коли міцність цегли використовують повністю, а також при вологому режимі приміщень будівель, зведених у вологих кліматичних районах. Товщину стін приймають кратною 0,5 цегли: у 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; 3 цеглини і тощо; при товщині вертикальних швів 10 мм стіни мають відповідно товщину: 120, 250, 380, 510, 640, 770 мм тощо. Товщина горизонтальних швів дорівнює 12 мм. У 1 м кладки по висоті при висоті звичайної цегли 65 мм розміщується 13 рядів цегли, а при висоті модульної цегли 88 мм (тобто $88 + 12 = 100$ мм, що дорівнює основному модулю М) розміщують 10 рядів. Важливими вимогами до цегляної кладки є правильна перев'язка швів і дотримання прийнятої системи кладки, тобто визначеного порядку зміни розташування цегли – ложком (довгою стороною) і тичком (короткою стороною). Найбільш поширені ланцюгова (двохрядна) і багаторядна системи кладки, схеми яких зображені на рисунку А.1.

					МР 19220119 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

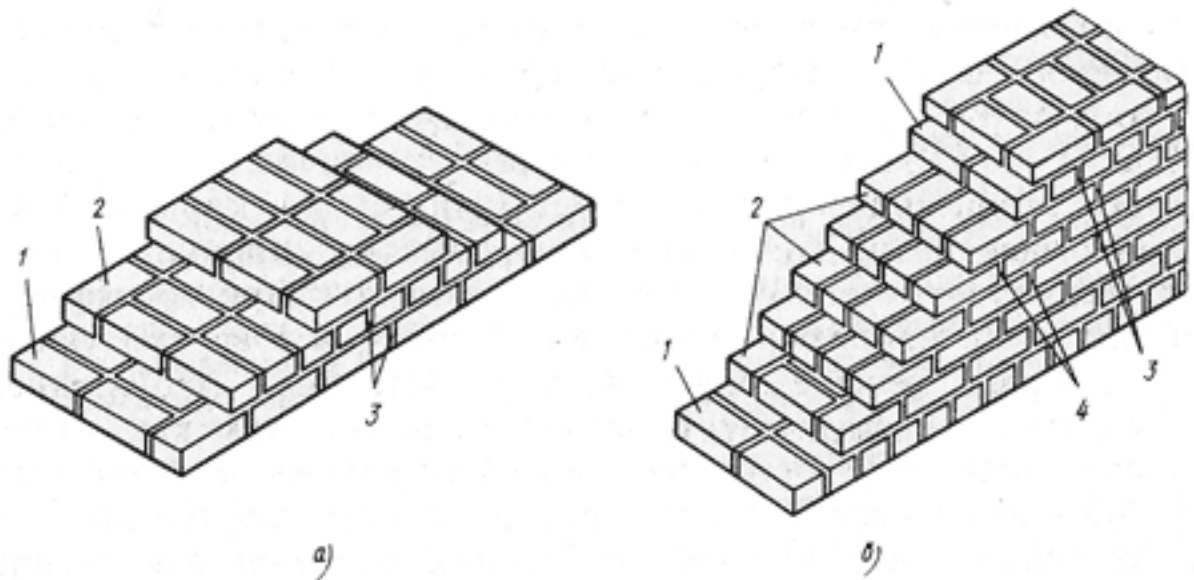


Рисунок А.1 – Системи кладки: а – ланцюгова; б – багаторядна; 1 – тичок; 2 – ложка; 3 – зсув вертикальних швів на чверть цегли; 4 – те саме, на половину цегли.

Характер заповнення швів цегляної кладки також може бути різним. Якщо поверхню стін штукатурять, то кладку виконують у пустошовку, тобто розчин не заповнює шов на 10-15 мм до поверхні стіни. Якщо стіну не штукатурять, то з повним заповненням шва розчином, тобто в підріз. Для декоративності кладки і підвищення непроникності повітря у швах розчин в них ущільнюють спеціальним інструментом, додаючи форму валика. Такий прийом називають розшивкою швів.

Полегшені цегляні стіни (рис. А.2). У малоповерховому будівництві, а також у верхніх поверхах багатоповерхових будівель міцність суцільної кладки залишається невикористаною. Тому доцільно застосовувати полегшені стіни, у яких несучі функції здійснює один більш міцний матеріал, а теплоізоляційні – менш теплопровідний [42].

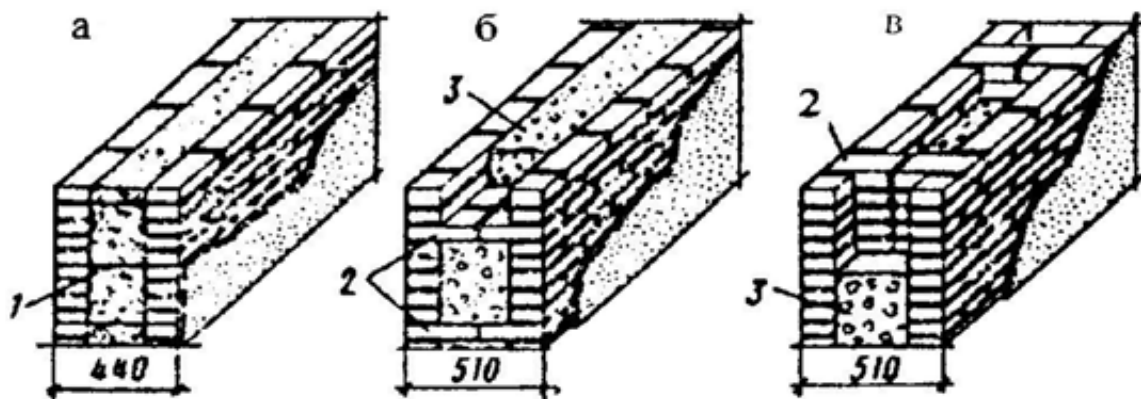


Рисунок А.2 – Полегшені типи стін з цегельної кладки: а – цегельно-бетонна стіна з металевими зв'язками; б – те саме, з тичковими рядами перев'язки; в – колодязна кладка стін; 1 – металеві зв'язки; 2 – тичкові ряди перев'язки; 3 – легкий бетон або легко-бетонні блоки-вкладиші.

Цегляно-бетонну стіну [39] складають з двох лицьових стінок товщиною у 0,5 цеглини з утворенням порожнини між ними, яку заповнюють легким бетоном. Зв'язок між стінками і заповненням забезпечують стержнями з пруткової сталі, арматурними сітками чи укладанням через кожні п'ять ложкових рядів одного тичкового. Замість монолітного легкого бетону можуть застосовувати збірні блоки з легкого бетону.

Стіни з повітряним прошарком [39] кладуть з двох стінок із зазором між ними. Основна стінка має товщину в 1 чи 1,5 цеглини, а додаткова на віддаленні від неї у 50 мм – 0,5 цегли. Утворений у такий спосіб повітряний прошарок має опір теплопередачі, рівноцінний цегляній кладці у 0,5 цегли. Зв'язок між зовнішньою і внутрішньою стінками здійснюють тичковими рядами цегли, розташованими через кожні п'ять ложкових рядів.

Стіни з плитним утеплювачем, фрагмент якої зображено на рисунку А.3, складають з несучої кладки, теплоізоляційної плити і облицювання [39]. Плитний утеплювач може щільно прилягати до стіни чи прикріплюватися на відстані з повітряним прошарком у 20-50 мм.

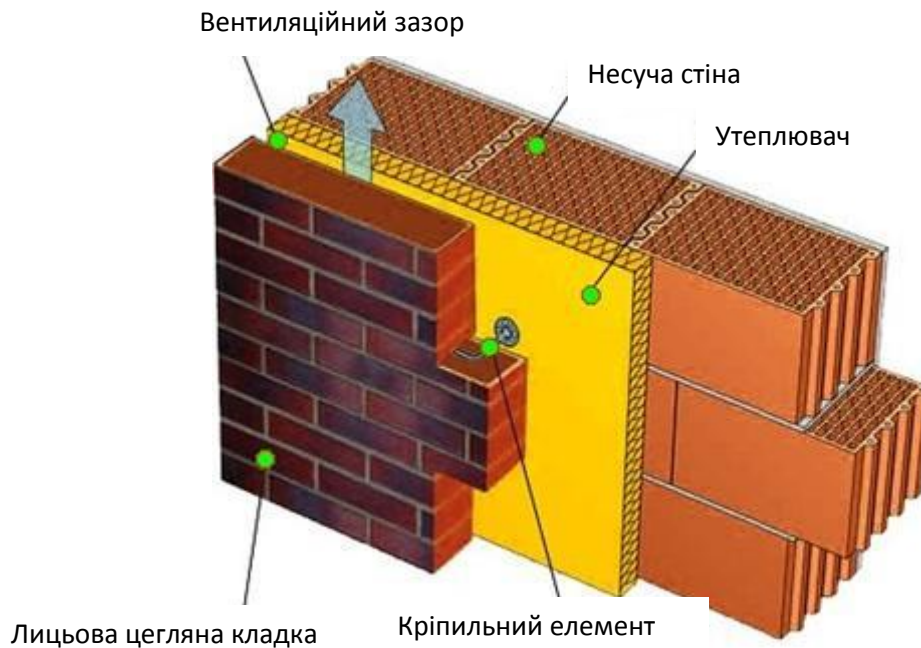


Рисунок А.3 – Стіна з плитним утеплювачем.

Стіни з дрібних блоків (природних чи штучних, зображених на рисунку А3). Для зниження трудомісткості виконання кладки замість цегли застосовують збільшені за розмірами дрібні блоки [42]. Об'єм одного дрібного блоку приблизно в 7 разів більше цегли і, хоча він важчий, продуктивність муляра зростає. Дрібні блоки виготовляють з легких бетонів (шлакобетону, керамзитобетону тощо) на місцевих заповнювачах типу щебінки з туфу, черепашнику. Для зменшення маси і підвищення теплотехнічних якостей блоки виготовляють з порожнечами, однак, при цьому вони стають менш міцними. Якщо з повнотілих дрібних блоків можуть зводитися будинки до 5 поверхів, то з пустотілих – до 3.

Монолітні стіни будівель зводять з використанням бетонних сумішей, які вкладають у форми (опалубки) потрібних розмірів по товщині стіни. Є три основних види опалубки – переставна, ковзна, пневматична. Переставну опалубку з опалубних елементів, застосовують при зведенні будівель об'ємно-модульної структури. Ковзну опалубку в сполученні з переставною (щитовою) застосовують для виготовлення перекриттів при зведенні будівель зі стінами будь-якого обрису в плані. Пневматичну опалубку застосовують

для зведення будівель криволінійної просторової форми. Монолітне з'єднання елементів каркасу будівлі надає високу жорсткість і стійкість.

Стіни кустарного зведення. Під будівельними конструкціями з місцевих матеріалів зазвичай розуміють їхнє кустарне виробництво. Місцевими матеріалами для монолітних стін малоповерхових будинків є різні ґрунтові маси і відходи місцевої промисловості на глиняному чи вапняно-цементному сполучному матеріалі. Місцеві матеріали застосовують для виробництва дрібноштучних і інших виробів (саману, цегли, крейдових блоків, черепашнику, тощо). Ґрунтові матеріали неміцні і недовговічні, тому з них зводять стіни одноповерхових будинків. Їхня перевага – загальна доступність і мала вартість. Ґрунтобетонні стіни мають відносно високу теплопровідність. Для підвищення теплотехнічних властивостей стін у такі матеріали додають легкі наповнювачі (тирсу, очерет, котельні шлаки, тощо).

Стіни великоблочних, великопанельних, об'ємно-блочних будівель.

Великоблочні стіни. З подальшим удосконаленням архітектурно-конструктивних рішень стін будівель стали зводити стіни з великих блоків [39]. Вони стимулювали до відповідного удосконалення підйомно-транспортних засобів у масовому будівництві. За характером розрізки поля стіни у практику ввійшли два варіанти великоблочних стін: дворядна і чотирирядна (рис. А.4).

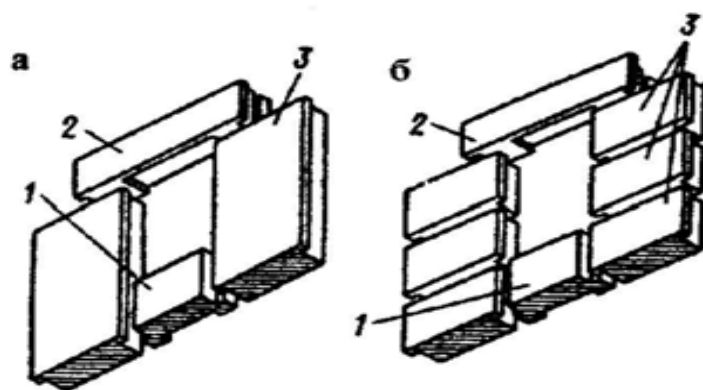


Рисунок А.4 – Великоблочні стіни: а – дворядної розрізки; б – те саме, чотирирядної; 1 – підвіконний блок; 2 – перемичковий блок; 3 – простінковий блок.

По першому варіанту утворюються три типи блоків – перемичковий, простінковий і підвіконний; по другому – теж три, але простінокутний із трьох блоків. Блоки виготовляють з легкого і ніздрюватого бетонів з різною обробкою поверхонь, підвищуючи їхню заводську готовність. Крупноблочні стіни мають більш високі техніко-економічні показники в порівнянні з цегляними і дрібно-блоковими стінами. Однак для виконання кутів, входів, балконів, карнизів, парапетів і інших конструктивних елементів необхідна велика кількість додаткових типорозмірів блоків. Так виникла проблема багато-номенклатурності збірних елементів. Одночасно з'явилася і "проблема швів" – забезпечення герметичності стиків між збірними елементами.

Великопанельні стіни. Наступним етапом укрупнення елементів було застосування великорозмірних панелей стін, що мають висоту і ширину розмірами "на кімнату". На рис. А.5 наведені чотири схеми розрізу стін на панелі.

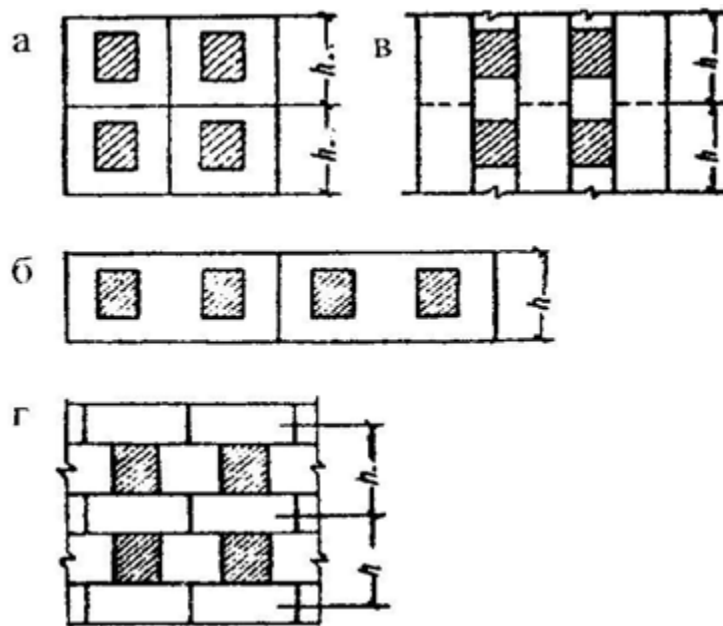


Рисунок А.5 – Схеми розрізу зовнішніх стін на панелі: а – панель на одну кімнату; б – те саме, на дві; в – простінкові панелі в один чи два поверхи з міжвіконними вставками; г – двохрядна з пасовими і простінковими панелями (застосовують також без простінкових панелей при стрічковому склінні) членування зовнішніх стін на панелі.

Стінові панелі роблять одношаровими і багатошаровими [39].

Одношарові панелі з легких бетонів (одного шару пінобетону, газобетону чи керамзитобетону). Їх виготовляють із захисним зовнішнім шаром у 5-7 см і оздоблювальним внутрішнім шаром не менше 2 см.

Багатошарові панелі мають такі ж зовнішній і внутрішній шари, а середній шар поділяють на два шари, один з яких є несучим з важкого армованого бетону, а другий з легких бетонів, що є утеплюючим. Таким чином, багатошарові панелі складаються з несучого, теплоізоляційного і зовнішнього захисно-оздоблювального шарів.

Вертикальні і горизонтальні стики між панелями у залежності від характеру захисту швів від води похилими дощами розрізняють як закриті, відкриті, що дренують, і комбіновані.

Великопанельні будинки з панелями повної заводської готовності відносять до повнозбірних. Повнозбірними є і великоблочні будинки, однак ступінь укрупнення елементів у них є нижчим, кількість блоків – більша, ніж кількість панелей, а тому термін зведення таких стін, а також рівень трудомісткості додаткових опоряджувальних робіт є помітно більшими.

Стіни об'ємно-блочних будинків.

У порівнянні з дрібноштучними і повнозбірними об'ємно-блочні будинки мають найбільший рівень заводської готовності [39]. Блоки-кімнати виготовляють на домобудівельних комбінатах включно з остаточним оздобленням стін, вікон, підлоги, перегородок і установкою санітарної техніки. Об'ємні блоки за способом виготовлення можуть бути складені (з окремих панелей) і монолітні (суцільні). Складені блоки виготовляють каркасної чи безкаркасної конструкції. Блоки виконують у виді коробів різних конструктивних типів: «ковпак», «склянка», «труба» тощо, які показано на рисунку А.6.

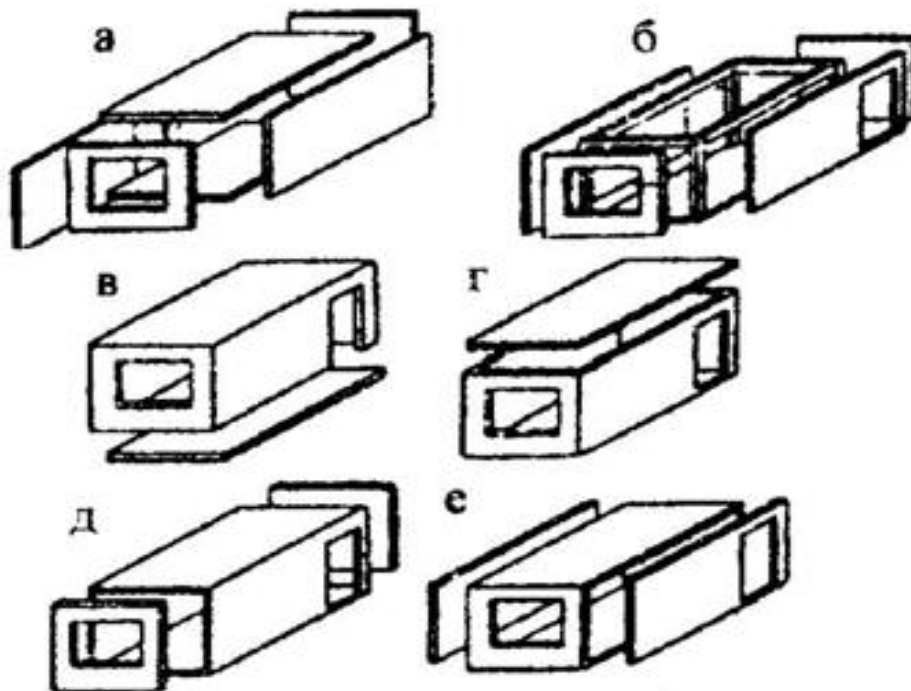


Рисунок А.6 – Схеми об'ємних блоків: а – безкаркасний; б – каркасний; монолітні: в – типу "ковпак"; г – типу "склянка"; д – типу "труба" без торцевих стін; е – те саме, без повздовжніх стін.

У залежності від характеру роботи будинку стінові панелі можуть бути: несучі, що сприймають навантаження від власної ваги, міжповерхових перекриттів і покриття; самонесучі, що опираються одна на одну до фундаментів, вони сприймають навантаження тільки від власної ваги; навісні, вагу яких передають на міжповерхові перекриття чи на інші несучі елементи будинку – поперечні стіни, ригелі чи колони каркаса.

Експлуатаційні властивості великоблочних і великопанельних стін, об'ємно-блочних будівель залежать від надійності горизонтальних і вертикальних стиків між збірними конструкціями. Тому при будівництві передбачають захист приміщень від продування, зволоження похилими дощами і промерзання стиків.

Додаток Б

НОРМАТИВНІ ВИМОГИ ДО СТІН ЦИВІЛЬНИХ БУДІВЕЛЬ

Вимоги, які ставляться до стін.

Конструкції стін зазнають впливу складного комплексу зовнішніх і внутрішніх дій [1]. Характер впливів, яких зазнають стіни будівель, зумовлює основні вимоги до них:

- міцність та стійкість;
- довговічність;
- звукоізоляція;
- відповідність ступеню вогнестійкості будівлі;
- економічність та індустріальність;
- архітектурно-художні вимоги;
- теплотехнічні характеристики (теплоізоляція, теплостійкість, повітронепроникність).

В умовах сучасних складних відносин на ринку енергоресурсів, постійних проблем з газопостачанням і недостатнім забезпеченням населення нашої держави тепловою енергією на перший план при проектуванні будівель є теплотехнічні характеристики огорожувальних конструкцій.

Теплова ізоляція стін.

Конструктивні рішення й теплотехнічні розрахунки огорожувальних конструкцій повинні відповідати ДБН В.2.6-31:2016 "Теплова ізоляція будівель" [5]. Норми [5] поширюються на будинки та споруди, що обігріваються, при новому будівництві та при реконструкції й капітальному ремонті (термореновації, термомодернізації та термореконструкції). Норми встановлюють вимоги до теплотехнічних характеристик огорожувальних конструкцій (поелементні вимоги) будинків і споруд, порядок проведення розрахунків при проектуванні теплоізоляції будинків і споруд та вимоги до теплотехнічних характеристик будинків і споруд в цілому.

					МР 19220119 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Загальні принципи проектування теплоізоляції будинків, зокрема житлових, полягають у наступному:

1. Норми [5] встановлюють мінімально допустимий рівень теплоізоляції будинків при їх проектуванні. За узгодженням з замовником (споживачем, інвестором) рівень теплоізоляції будинку, що проектується, може перевищувати нормативні показники.

2. При проектуванні теплоізоляційної оболонки будинку збагатосарових конструкцій слід розташовувати із внутрішньої сторони шари з матеріалів, що мають більш високу теплопровідність, теплоємність й опір паропроникненню.

3. При проектуванні нових будинків та реконструкції існуючих, шари з теплоізоляційних матеріалів слід розташовувати з зовнішньої сторони огорожувальної конструкції, використовуючи при цьому конструкції фасадної теплоізоляції згідно з вказівками ДБН В.2.6-33 [3] та ДСТУ Б В.2.6-34 [8]. Не рекомендується застосовувати рішення з шарами із теплоізоляційних матеріалів з внутрішньої сторони конструкції через можливе надмірне накопичення вологи в теплоізоляційному шарі, що погіршує тепловологісний стан конструкції приміщення в цілому, та знижує теплову надійність оболонки будинку.

4. При проектуванні будинків слід передбачати захист внутрішньої й зовнішньої поверхонь стін від впливу вологи та атмосферних опадів із використанням оздоблювально-захисних шарів покриття (облицювання, штукатурки, фарбування), які обираються в залежності від матеріалу стін, їх конструктивного рішення та умов експлуатації.

5. При проектуванні стін із повітряними прошарками слід враховувати наступні положення [9]:

5.1 Замкнені повітряні прошарки влаштовують для підвищення рівня теплоізоляції огорожувальних конструкцій.

5.2 Замкненим повітряним прошарком є тільки той прошарок, що надійно огорожений від повітря приміщення чи вулиці конструктивними

шарами зі спеціальною герметизацією притворів і швів. Прошарок у цегляній кладці з товщиною шарів у 1 цеглу й менше не є замкненим.

5.3 Розмір замкненого повітряного прошарку за висотою повинен бути не більше висоти поверху й не більше 6 м, розмір за товщиною – не менше 6 мм і не більше 100 мм.

5.4 Замкнені повітряні прошарки рекомендується розташовувати ближче до холодного боку огороження.

5.5 При встановленні відбивної ізоляції в конструкціях обов'язково повинні утворюватися один-два замкнених повітряних прошарки. Ізоляція встановлюється відбивним шаром у бік джерела теплової енергії – приміщення для опалювальних будинків, сонця – для будинків, що охолоджуються.

5.6 Вентильовані повітряні прошарки організують для видалення вологи з товщі конструкцій та запобігання волого-накопиченню в товщі конструкцій.

5.7 Вентильовані повітряні прошарки повинні бути товщиною не менше 30 мм і не більше 150 мм.

5.8 Вентильовані повітряні прошарки розташовуються між зовнішнім захисно-оздоблювальним шаром та теплоізоляцією.

5.9 Поверхню теплоізоляції, що звернена в бік вентильованого прошарку, слід закривати повітро-гідрозахисним шаром. Допускається застосовувати як захисний шар відбивну ізоляцію, розташовану відбиваючим шаром у бік повітряного прошарку, з перфорацією відбивного шару з коефіцієнтом не менше 0,1.

6. Розрахункові теплофізичні характеристики будівельних матеріалів приймаються відповідно до положень ДБН [4]. Проектування конструкцій із матеріалів, що не відображені в нормах, можливе тільки при наявності результатів випробувань, отриманих у спеціалізованих лабораторіях у галузі будівельної теплотехніки (незалежних чи тих, що входять до складу інститутів Держбуду України).

					МР 19220119 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

7. Проектування теплоізоляційної оболонки будинків слід здійснювати із застосуванням теплоізоляційних конструкцій і матеріалів, довговічність яких не менш ніж 25 років; а для змінних ущільнювачів – не менш ніж 15 років.

Державні будівельні норми [4] встановлюють комплекс вимог до теплотехнічних характеристик огорожувальних конструкцій. Згідно з [4], для зовнішніх огорожувальних конструкцій опалюваних будинків та споруд і внутрішніх конструкцій, що розділяють приміщення, температура повітря в яких відрізняється на 3⁰С та більше, обов'язкове виконання умов:

$$R_{\Sigma np} \geq R_{qmin} , \quad (Б.1)$$

$$\Delta t_{np} \leq \Delta t_{cg} , \quad (Б.2)$$

$$\tau_{в min} > t_{min} , \quad (Б.3)$$

де $R_{\Sigma np}$ – приведений опір теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції (для термічно однорідних огорожувальних конструкцій визначається опір теплопередачі), приведений опір теплопередачі світлопрозорої огорожувальної конструкції, м²×К/Вт;

R_{qmin} – мінімально допустиме значення опору теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції чи непрозорої частини огорожувальної конструкції, мінімальне значення опору теплопередачі світлопрозорої огорожувальної конструкції, м² · К/Вт, яке встановлюється за табл. 1 [4] залежно від виду огорожувальної конструкції і температурної зони України за додатком В;

Δt_{np} – температурний перепад між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, ⁰С;

Δt_{cg} – допустима за санітарно-гігієнічними вимогами різниця між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, ⁰С, яка нормується таблицею 3 [4];

$\tau_{e min}$ – мінімальне значення температури внутрішньої поверхні в зонах теплопровідних включень в огорожувальній конструкції, ⁰С;

t_{min} – мінімально допустиме значення температури внутрішньої поверхні огорождення при розрахункових значеннях температур внутрішнього й зовнішнього повітря, °С.

Кожна з наведених вимог відповідає певному критерію теплової відмови, які можна сформульовані таким чином:

- обмеження втрат тепла через огорожувальні конструкції формула (Б.1);
- забезпечення комфортності перебування людей в приміщенні поблизу зовнішніх стін – формула (Б.2);
- недопустимість утворення конденсату на внутрішній поверхні огорожень – формула (Б.3).

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції $R_{q\ min}$ для житлових і громадських будівель встановлюється за таблицею 1 змін до ДБН [5], яка наведена в таблиці Б.1. Карта температурних зон України наведена на рисунку Б.1 також за даними змін до ДБН [5].

Таблиця Б.1 – Мінімально-допустиме значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції житлових та громадських будинків ($R_{q\ min}$)

№ поз.	Вид огорожувальної конструкції	Значення $R_{q\ min}$, $m^2 \cdot K/Wt$, для температурної зони	
		I	II
1	Зовнішні стіни	3,3	2,8
2	Суміщені покриття	5,35	4,9
3	Горищні покриття та перекриття неопалювальних горищ	4,95	4,5
4	Перекриття над проїздами та неопалювальними підвалами	3,75	3,3
5	Світлопрозорі огорожувальні конструкції	0,75	0,6
6	Вхідні двері в багатоквартирні житлові будинки та в громадські будинки	0,44	0,39
7	Вхідні двері в малоповерхові будинки та в квартири, що розташовані на перших поверхах багатоповерхових будинків	0,6	0,54



Рисунок Б.1 – Карта-схема температурних зон України.

З рисунка Б.1 видно, що територія України поділена на 2 температурні зони з різними характеристиками:

До першої температурної зони належить більшість території України: Вінницька, Волинська, Дніпропетровська, Донецька, Житомирська, Івано-Франківська, Київська, Кіровоградська, Луганська, Львівська, Полтавська, Рівненська, Сумська, Тернопільська, Харківська, Хмельницька, Черкаська, Чернівецька, Чернігівська області.

До другої температурної зони належить АР Крим, Закарпатська, Запорізька, Миколаївська, Одеська, Херсонська області.

Зовнішнє і внутрішнє утеплення стін.

У старих будинках, де необхідно зберегти історичний вид фасаду, перевагу віддають внутрішньому утепленню (рис. Б.2), при цьому звертають увагу на товщину, якість утеплювача, а також на проведення власне утеплення, з тим, щоб запобігти накопиченню вологи і появі конденсату на внутрішній поверхні стін і, відповідно, появі грибків [30]. Особливо це стосується стін, де є проблеми з конденсацією. В жодному разі не можна «ховати» під внутрішньою ізоляцією вологі ділянки стін.

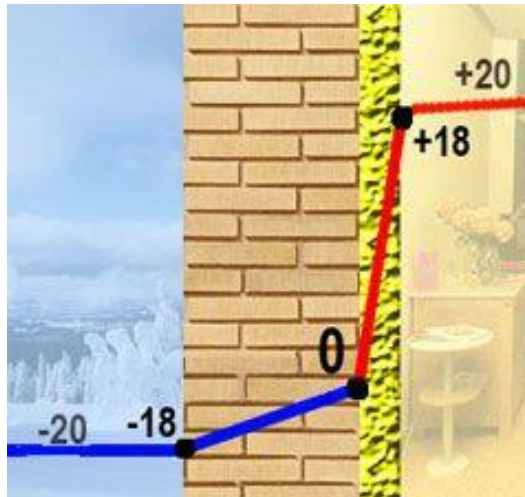


Рисунок Б.2 – Утеплення стін з внутрішньої сторони.

Найбільш поширений метод утеплення стін в Україні – зовнішній (рис. Б.3), оскільки цей метод дає можливість покращити теплотехнічні характеристики оболонки будинку, продовжити термін її експлуатації, запобігти усадочним і механічним деформаціям зовнішніх стін за рахунок малих коливань температур в конструктивному шарі, підвищити гідрофобні властивості стін, покращити зовнішній вигляд фасаду, знизити повітро- і звукопроникність, забезпечити високий рівень енергозбереження і як наслідок – до 60% знизити витрати на опалення будівлі.

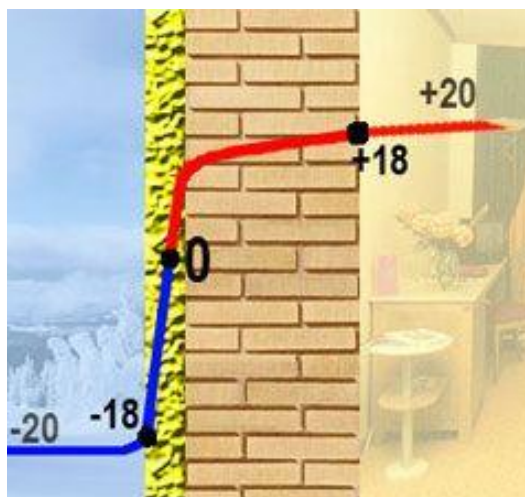


Рисунок Б.3 – Утеплення стін з зовнішньої сторони.

При застосуванні цього методу також необхідно провести теплову ізоляцію навколо вікон, щоб запобігти утворенню конденсату. У панельних будинках теплопровідність стін вища, ніж у цегляних, не тільки з причини різних характеристик даних будівельних матеріалів. Дає про себе знати неякісна герметизація швів між бетонними панелями. Через ці шви у приміщення попадає атмосферна волога і взимку вони є містками холоду. Ця проблема характерна не тільки для старих будинків, але й для нового будівництва, де будівельні компанії економлять на роботах з первинної герметизації швів. Для надійної теплоізоляції необхідна якісна герметизація швів і стиків спеціальними будівельними розчинами [45].

Основні види утеплювачів.

Одним з основних лідерів серед теплоізоляційних матеріалів на сьогодні є продукція з різних видів мінеральної вати, яку використовують у вигляді пресованих плит різного ступеня щільності. Теплоізоляція з мінеральної вати дозволяє суттєво знизити тепловтрати стін залежно від товщини теплоізоляційного шару. При товщині мінеральної вати 50-75 мм можливо зменшити втрати теплоти стіною в 1,7-2 рази.

Крім мінеральної вати для теплоізоляції стін використовують пінополістирол (пінопласт), який має високі теплотехнічні властивості і є дешевший за мінеральну вату, але варто пам'ятати, що при контакті з відкритим полум'ям цей матеріал є горючим, виділяє високотоксичний дим, а тому при використанні цього матеріалу вкрай важливий захист від прямого впливу вогню. В Україні використання цього матеріалу для зовнішньої ізоляції стін дозволяється для житлових будинків вистою до 9 поверхів.

Оскільки в магістерській роботі досліджується саме утеплення пінопластом, доцільно навести деякі технічні характеристики даного матеріалу визначені в стандарті [14]:

- плити в залежності від наявності антипірену виготовляються двох типів: ПСБ-С - з антипіреном; ПСБ - без антипірену.

- плити в залежності від граничного значення густини поділяються на марки 15, 25, 35 і 50.

- номінальні розміри плит повинні бути, мм: по довжині - від 800 до 5000 з інтервалом через 50; по ширині - від 500 до 1300 з інтервалом через 50; по товщині - від 20 до 500 з інтервалом через 10 мм. За домовленістю із споживачем допускається виготовлення плит інших розмірів по довжині, ширині та товщині.

Якісне виконання теплоізоляції стін вкрай важливе як для енергозбереження, так і для довговічності такої теплоізоляції і стінових конструкцій. Для багатоквартирних будинків рекомендується виконання теплоізоляції стін усього будинку, як з естетичних міркувань, так і з міркувань якості виконання робіт.

					МП 19220119 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Додаток В

ПРОГРАМНИЙ КОМПЛЕКС THERM ДЛЯ ПОБУДОВИ ДВОМІРНИХ ТЕПЛОВИХ ПОЛІВ

THERM – сучасна комп'ютерна програма, що функціонує під управлінням сімейств операційних систем Microsoft Windows™, розроблена в Лоуренс Берклі Лабораторії (LBNL) Каліфорнійського університету (США) для використання виробниками будівельних конструкцій, інженерами, педагогами, студентами, архітекторами, і всіма, хто цікавиться вивченням процесу теплопередачі [16]. Використовуючи THERM, можна моделювати двовимірну теплопередачу в частинах будівлі, таких як вікна, стіни, підлоги, дахи та двері. Аналіз теплопередачі за допомогою програми THERM дозволяє оцінити енергетичну ефективність конструкції чи виробу в цілому, а також локальні температури зразка чи вузла конструкції. Це дозволяє вирішити питання, пов'язані з теплопередачею через конструкцію, комфортністю перебування поблизу огороження, конденсацією вологи з повітря, вологістю матеріалів даного виробу і його герметичністю.

Двомірний аналіз теплопередачі програми THERM заснований на методі скінчених елементів, який може моделювати складні конфігурації будівельних конструкцій. Графічний інтерфейс програми дозволяє креслити поперечні перерізи конструкцій або їх компонентів для подальшого теплотехнічного розрахунку. Для створення поперечних перерізів мається можливість трасування (обведення) імпортованих файлів формату DXF або растрового формату, а також безпосереднє викреслювання геометрії конструкції за відомими розмірами. Поперечний переріз представляється комбінацією багатокутників. Користувач задає властивості матеріалів для кожного багатокутника, властивості середовища навколо конструкції та умови теплообміну між конструкцією й середовищем, визначаючи тим самим граничні умови навколо поперечного перерізу конструкції.

					MP 19220119 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Після формування моделі, подальші кроки розрахунку (створення розрахункової сітки і розрахунок теплопередачі) виконуються автоматично. Користувач може переглядати результати розрахунку в різній формі, включаючи коефіцієнт теплопередачі (U-фактор), ізотерми, вектори теплового потоку та локальні температури в окремих точках конструкції.

Можливості та порядок роботи з програмним комплексом THERM покажемо на прикладах розрахунку двох типових вузлів стін.

В якості прикладу розглянемо два варіанти протікання теплових процесів в куті стін будівлі товщиною 510 мм, виконаних з керамічної цегли. Температура зовнішнього повітря дорівнює -18°C , а температура внутрішнього середовища $+18^{\circ}\text{C}$.

Варіант 1. Кут цегляних стін без додаткового утеплення.

1. Відкриваємо програму THERM. В панелі меню натискаємо File/Underlay, відкриється вікно діалогу Underlay [Основа], зображене на рисунку В.1.
2. У вікні натискаємо Browse [Огляд] і знаходимо раніше збережену схему, виділивши потрібний файл натискаємо ОК. Значення Units [Системи Одиниць] встановлюємо таким, щоб відповідало системі, в якій DXF файл був створений (за умовчанням - Британська Система Одиниць (IP)), тому, якщо використовувати кальку, створену в одиницях СІ, треба впевнитися, що це значення переключене. Ставимо галочку на AutoConvert (автоматична конвертація) і натискаємо ОК.
3. Завантажуємо файл. Наступний крок – обведення схеми. Натискаємо на панелі кнопку  і зміщуємо курсор у формі хреста до вершини схеми. Натискаємо ліву кнопку миші, потім зміщуємо курсор іншої вершини. Замикаємо полігон, як це показано на рисунку В.2.

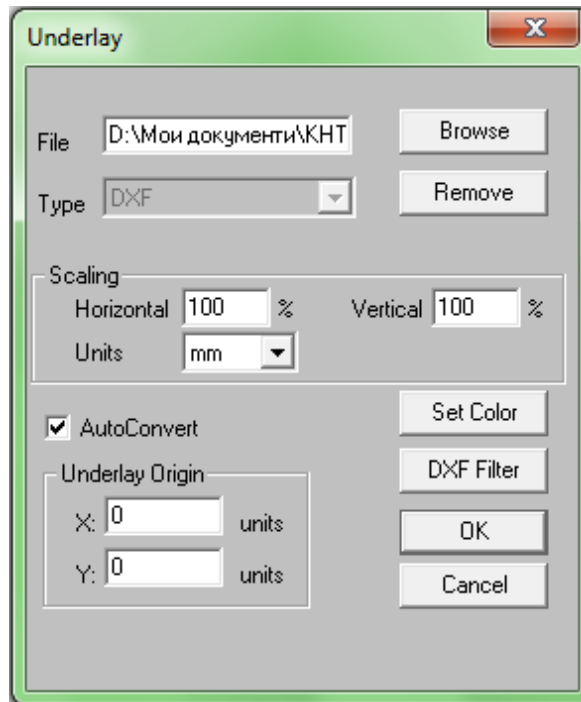


Рисунок В.1 – Діалогове вікно Underlay [Основа].

4. Накресливши багатокутник, задаємо його матеріал натиснувши ліву кнопку миші на прямокутнику (він виділиться контуром з точками у вершинах).
5. На панелі інструментів натискаємо лівою кнопкою миші на вікно матеріалів, обираємо необхідний матеріал серед запропонованих чи попередньо створених, наводимо курсор на об'єкт і натискаємо ліву кнопку миші. Прямокутник змінить колір на той, який був присвоєний вибраному матеріалу, як це показано на рисунку В.3.
6. Перед вибором граничних умов, натискаємо лівою кнопкою миші на , для того щоб визначити межі розрахункової області.

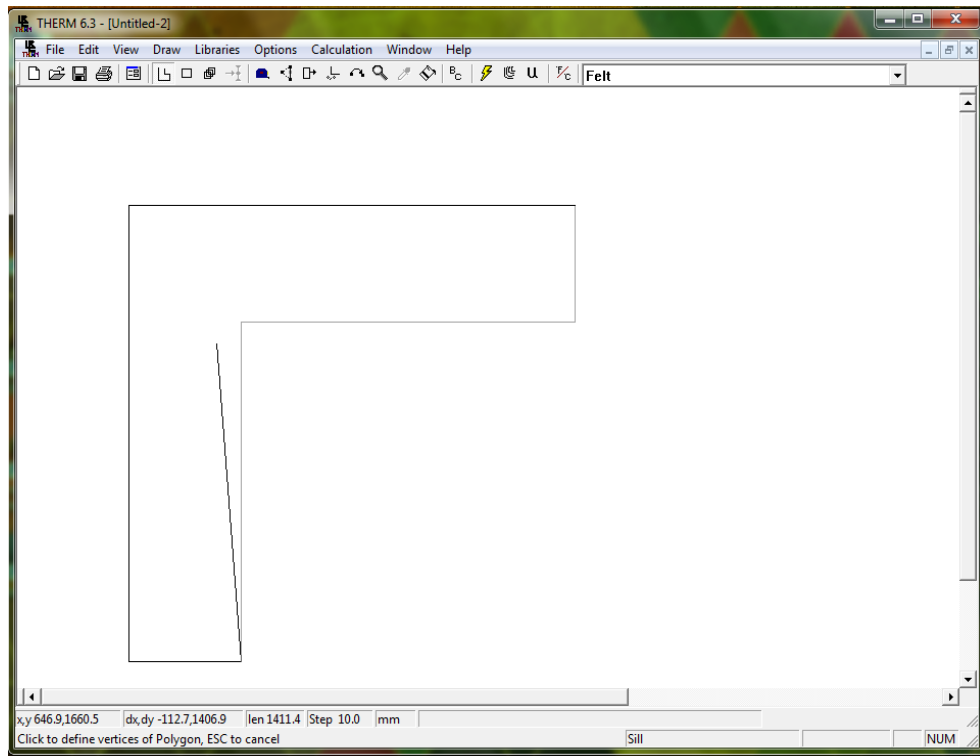


Рисунок В.2 – Обведення схеми конструкції.

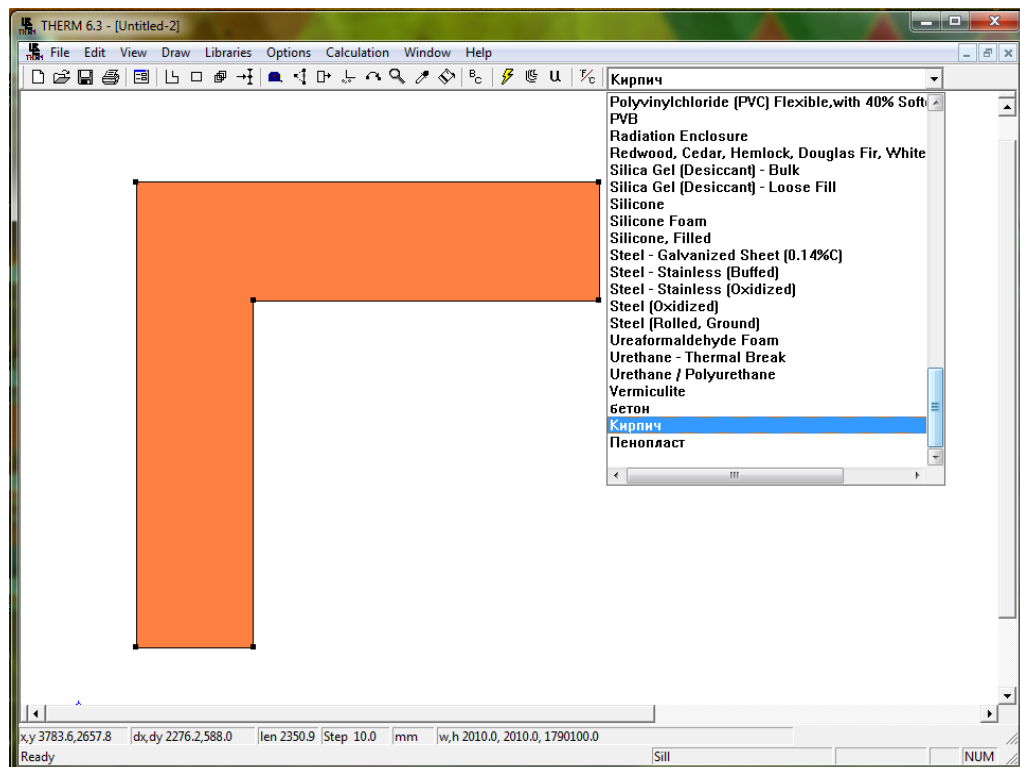


Рисунок В.3 – Встановлення виду матеріалу.

7. Після визначення меж розрахункової області встановлюємо граничні умови навівши курсор на одну з граней багатокутника. Натиснувши ліву кнопку миші – обрана грань виділиться. На панелі інструментів натискаємо лівою кнопкою миші на вікно граничних умов. Обираємо граничні умови які впливають на конструкцію, лівою кнопкою миші. Такі самі дії проводимо з кожною з граней, по яких іде теплообмін з середовищем. Виняток становлять грані, на які не поширюються граничні умови (йде адіабатичний процес). Граничні умови можна створювати самостійно, з урахуванням чинників середовища, які впливають на конструкцію. Вікно встановлення граничних умов зображене на рисунку В.4.

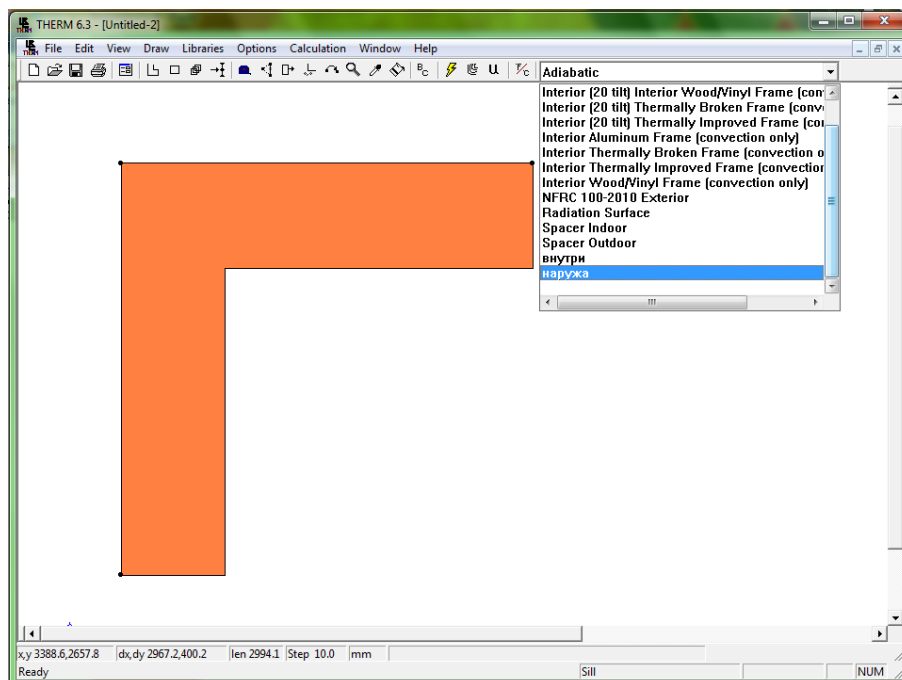


Рисунок В.4 – Визначення граничних умов.

8. Після того, як задані граничні умови і матеріал конструкції, натискаємо лівою кнопкою миші на  для початку розрахунку. Результат розрахунку, зображений на рисунку В.5, виводиться автоматично.

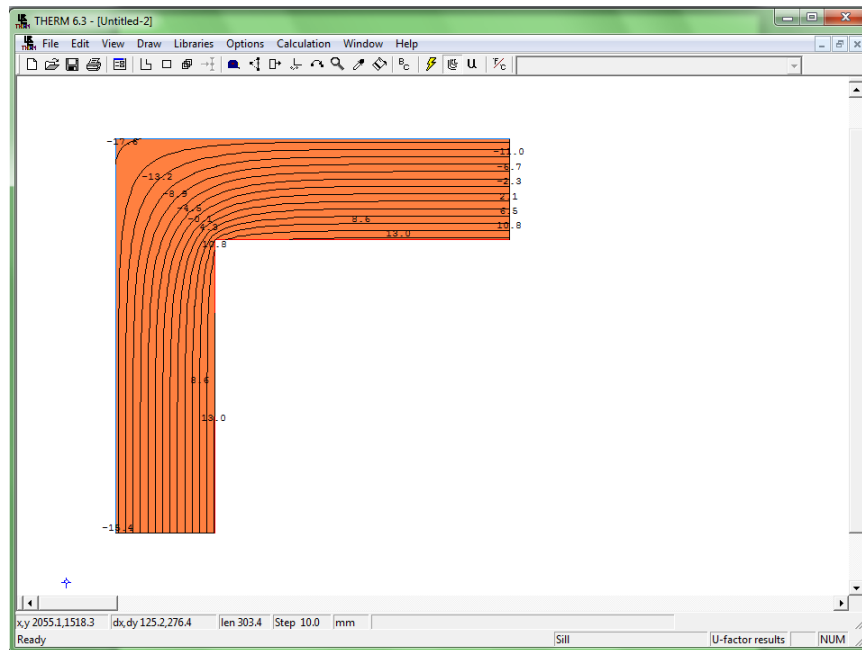


Рисунок В.5 – Результати розрахунку в формі ізотерм

9. Існує декілька варіантів відображення результатів розрахунку, які можна обрати в меню, зображеному на рисунку В.6. Для обрання потрібного варіанту потрібно натиснути Shift+F9.

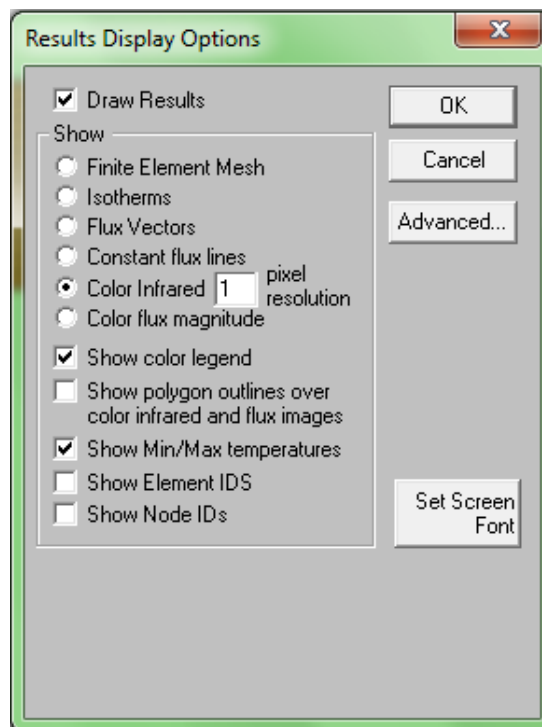


Рисунок В.6 – Меню налаштування результатів розрахунку.

Увімкнутий діалог (рисунок В.6) дає можливість показати результати розрахунку в одній із форм, які надає комплекс THERM. Можна самостійно задати відповідність колір-температура, перейти від однієї форми подання результатів до іншої, визначити максимальну та мінімальну температуру, температури окремих точок тощо.

На рисунку В.7 наведені результати того ж розрахунку в формі зон інфрачервоного випромінювання, тобто градієнтної схеми, на якій температури відображаються різними кольорами. Таке подання є орієнтовним, але дозволяє швидко оцінити загальну картину теплопередачі. Порівняння рисунків В.5 і В.7 вказує на ідентичність результатів. Для точного визначення температур слід відобразити максимальну та мінімальну температуру, або температури в обраних точках конструкції.

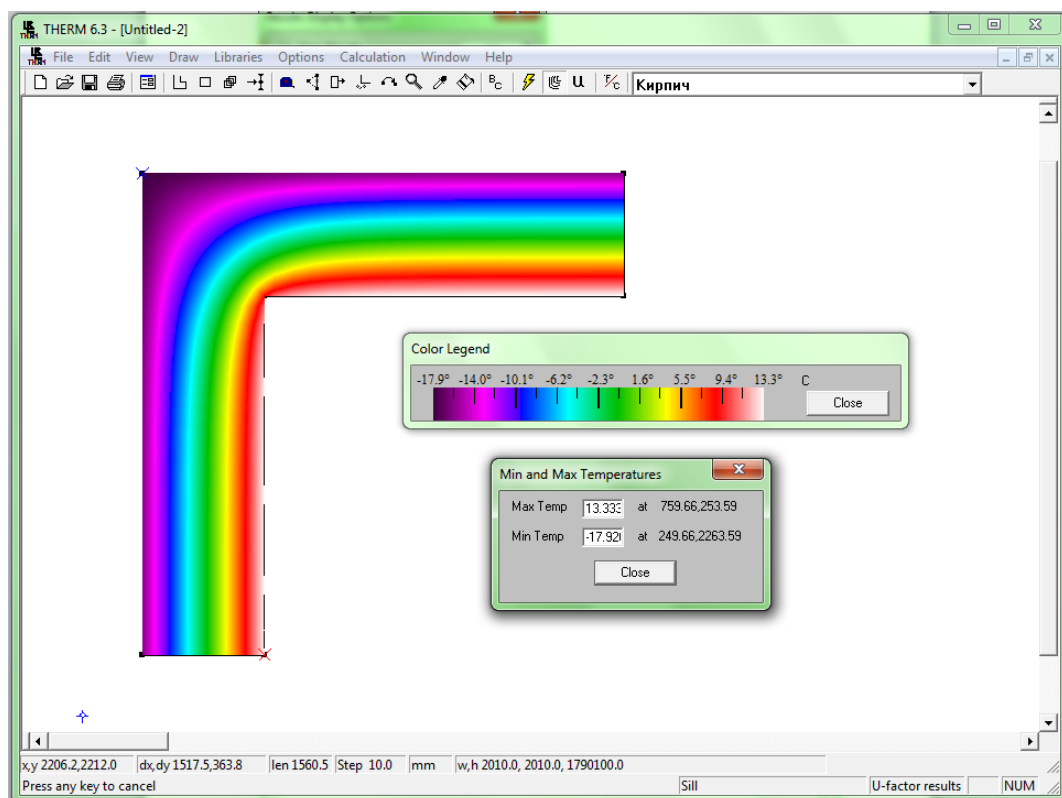


Рисунок В.7 – Відображення результатів розрахунку в інфрачервоному випромінюванні (варіант 1).

Варіант 2. Кут цегляних стін з додатковим утепленням.

Аналогічний розрахунок проводимо для другого варіанту конструкції, тобто того ж кута стіни, додатково утепленого плитами пінопласту товщиною 50 мм. Результати розрахунку наведені на рисунку В.8.

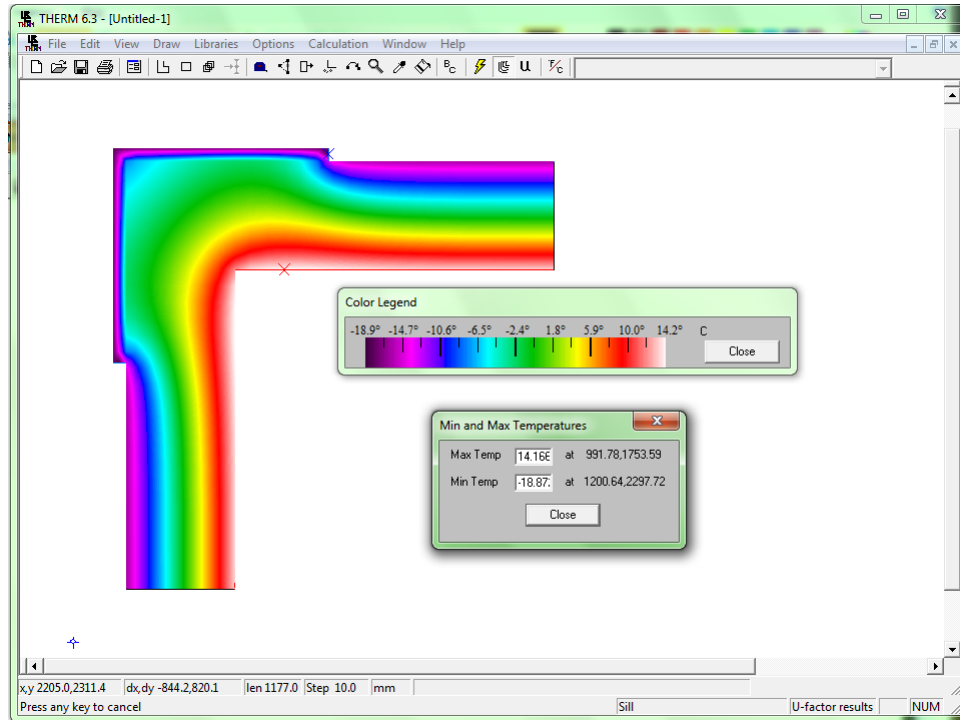


Рисунок В.8 – Результати розрахунку кута стін з додатковим утепленням пінопластом (варіант 2).

Порівнявши рисунки В.7 і В.8, можемо зробити висновок щодо істотного впливу додаткового утеплення на розподіл температур в стіні. Додаткове утеплення помітно змістило теплі зони до зовнішнього боку стіни. Якщо у варіанті 1 максимальна температура дорівнює $13,3^{\circ}\text{C}$, а температура внутрішнього кута – близько 7°C , то додаткове утеплення за варіантом 2 підвищило ці температури до $14,2^{\circ}\text{C}$ та 10°C .

Таким чином, використовуючи програму THERM, можна оптимізувати конструктивні рішення вузлів огорожувальних конструкцій досить складної форми за критерієм теплопередачі та забезпечення теплової надійності.

КОНСТРУКЦІЯ ТА ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБ'ЄКТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для аналізу критеріїв теплової надійності обрано чотири вузли, які є характерними для сучасних житлових будівель і які можуть утворювати містки холоду, тим самим призводячи до виникнення теплової відмови. Нижче наведені розрахункові схеми цих вузлів, необхідні для побудови температурних полів та аналізу теплових характеристик. На схемах вказані необхідні розміри, використані матеріали та їх теплотехнічні характеристики.

Д.1 Вузол кутового сполучення зовнішніх стін з цегли.

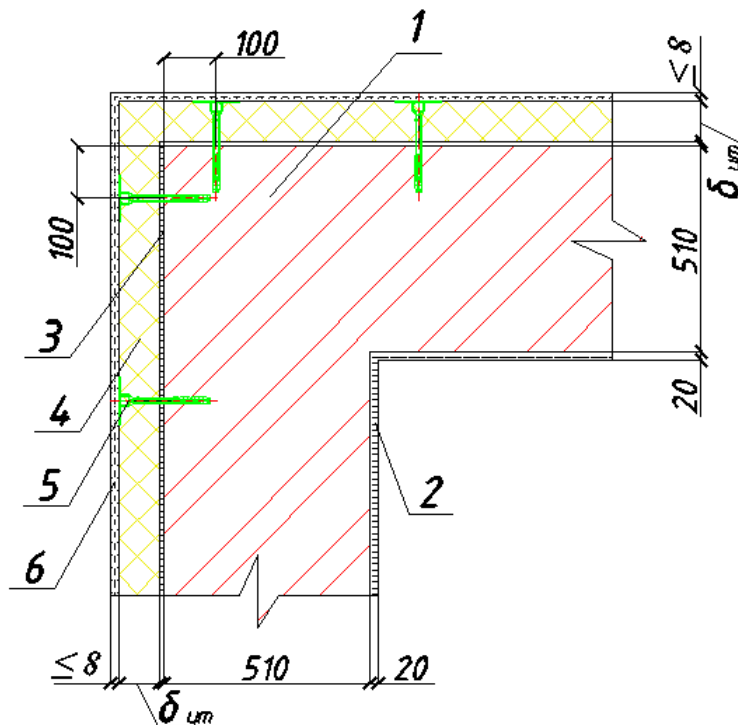


Рисунок Д.1 – Вузол кутового сполучення зовнішніх стін з цегли:

1 – цегляна стіна, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$, $\lambda = 0,81 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$;

2 – ЦП штукатурка, $\rho = 1600 \text{ кг/м}^3$, $\lambda = 0,93 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$;

3 – клейовий шар; 4 – утеплювач пінопласт ПСБ-С-25,

$\rho = 15,1\text{-}25 \text{ кг/м}^3$, $\lambda = 0,039 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$; 5 – дюбель для кріплення теплоізоляційного шару; 6 – базовий клейовий шар, ґрунтовка, армувальна склосітка, шар декоративної штукатурки.

Д.2 Вузол примикання внутрішніх капітальних стін.

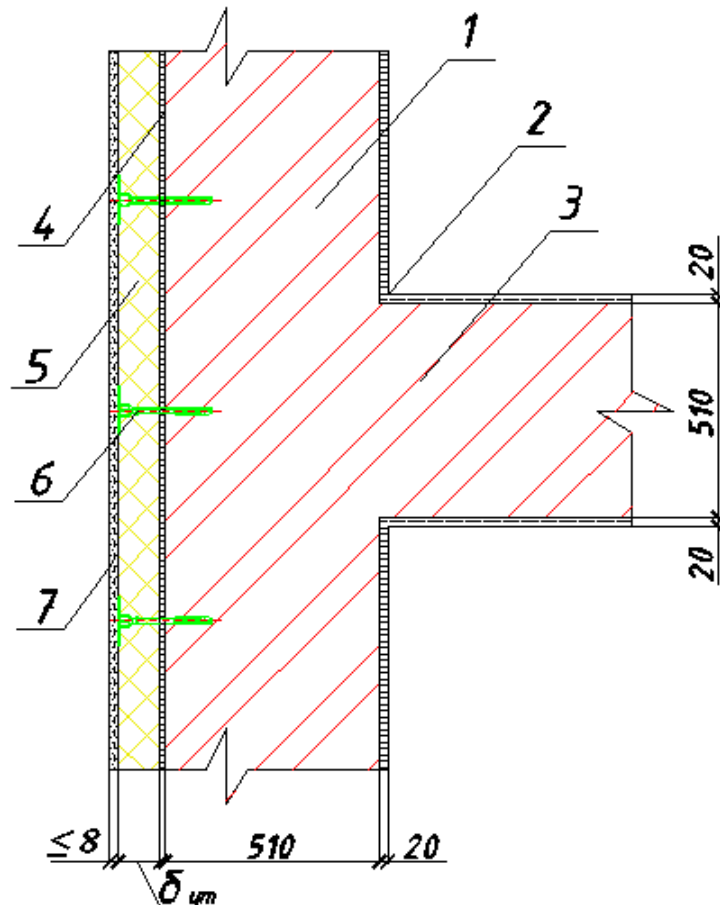


Рисунок Д.2 – Вузол примикання внутрішніх капітальних стін:

1 – цегляна стіна, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$, $\lambda = 0,81 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$;

2 – ЦП штукатурка, $\rho = 1600 \text{ кг/м}^3$, $\lambda = 0,93 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$;

3 – цегляна стіна, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$, $\lambda = 0,81 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$;

4 – клейовий шар;

5 – утеплювач пінопласт ПСБ-С-25, $\rho=15,1-25 \text{ кг/м}^3$,

$$\lambda=0,039 \text{ B}_T/(\text{M} \cdot ^\circ\text{C});$$

6 – дюбель для кріплення теплоізоляційного шару;

7 – базовий клейовий шар, ґрунтовка, армувальна склосітка, шар декоративної штукатурки.

Д.3 Вузол сполучення плити перекриття з зовнішньою стіною з цегли.

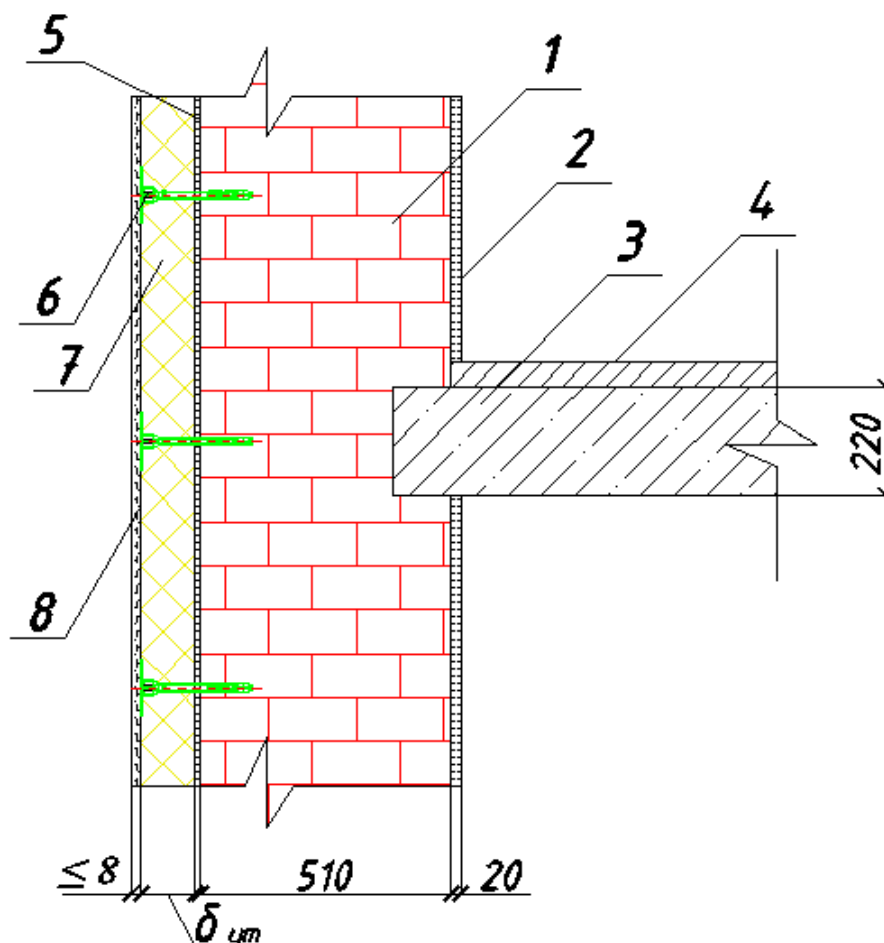


Рисунок Д.3 – Вузол сполучення плити перекриття з зовнішньою стіною з цегли:

1 – цегляна стіна, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$, $\lambda = 0,81 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$;

2 – ЦП штукатурка, $\rho = 1600 \text{ кг/м}^3$, $\lambda = 0,93 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$;

3 – залізобетонна плита перекриття, $\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$, $\lambda = 1,92 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$;

4 – чиста підлога; 5 – клейовий шар;

6 – дюбель для кріплення теплоізоляційного шару;

7 – утеплювач пінопласт ПСБ-С-25, $\rho = 15,1\text{-}25 \text{ кг/м}^3$,
 $\lambda = 0,039 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$;

8 – базовий клейовий шар, ґрунтовка, армувальна склосітка, шар декоративної штукатурки.

Д.4 Вузол сполучення залізобетонної балконної плити та цегляної стіни.

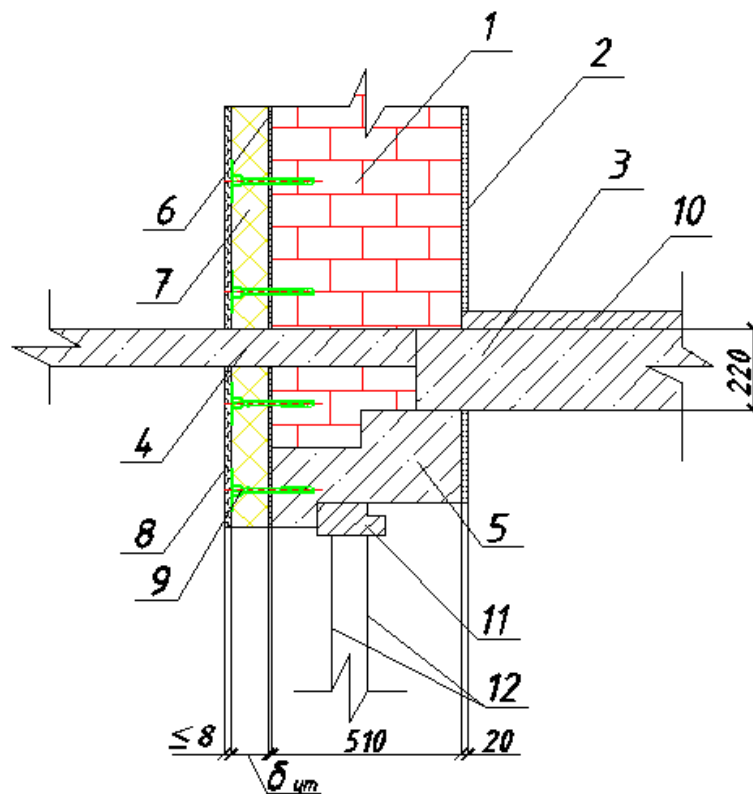


Рисунок Д.4 – Вузол сполучення залізобетонної балконної плити та цегляної стіни:

1 – цегляна стіна, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$, $\lambda = 0,81 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$;

2 – ЦП штукатурка, $\rho = 1600 \text{ кг/м}^3$, $\lambda = 0,93 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$;

3 – залізобетонна плита перекриття, $\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$, $\lambda = 1,92 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$;

4 – балконна плита, $\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$; $\lambda = 2,04 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$;

5 – залізобетонні перемички, $\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$; $\lambda = 2,04 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$;

6 – клейовий шар; 7 – утеплювач пінопласт ПСБ-С-25, $\rho = 15,1-25 \text{ кг/м}^3$, $\lambda = 0,039 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$;

8 – базовий клейовий шар, ґрунтовка, армувальна склосітка, шар декоративної штукатурки;

9 – дюбель для кріплення теплоізоляційного шару; 10 – чиста підлога;

11 – віконна коробка та рама з дерева, $\rho = 500 \text{ кг/м}^3$, $\lambda = 0,15 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$;

12 – скло, $\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$; $\lambda = 1,0 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$.

Додаток Ж

БАЗА КЛІМАТИЧНИХ ДАНИХ ДЛЯ АНАЛІЗУ ТЕПЛОВОЇ НАДІЙНОСТІ

Для аналізу критеріїв теплової надійності було створено та проаналізовано таблицю, яка вмістила в себе всі обласні центри на території України, а також місто Ялта, розміщене в субтропічній зоні Південного берега Криму. Для розрахунку в кожному з даних міст із стандарту [15] були вибрані температури найхолоднішої доби року із забезпеченістю 0,92, які відповідають ступеню масивності цегляних стін з додатковим ефективним утепленням (табл. Ж.1).

Таблиця Ж.1 – Кліматичні дані для міст України.

Міста України	$t_{\min}, ^\circ\text{C}$	Градусо-доби	Зони	$R_{q\min}, \text{м}^2\cdot\text{K/Вт}$
Вінниця	-26	3500	I	3,3
Дніпропетровськ	-27	3500	I	3,3
Донецьк	-27	3500	I	3,3
Житомир	-25	3500	I	3,3
Запоріжжя	-24	3000	II	2,8
Івано-Франківськ	-24	3500	I	3,3
Київ	-26	3500	I	3,3
Кіровоград	-26	3500	I	3,3
Луганськ	-29	3500	I	3,3
Луцьк	-24	3500	I	3,3
Львів	-24	3500	I	3,3
Миколаїв	-23	3000	II	2,8
Одеса	-21	3000	II	2,8
Полтава	-27	3500	I	3,3
Рівне	-25	3500	I	3,3
Суми	-29	3500	I	3,3
Сімферополь	-20	2500	II	2,8
Тернопіль	-24	3500	I	3,3
Ужгород	-23	3500	I	2,8
Харків	-28	3500	I	3,3
Херсон	-23	3000	II	2,8
Хмельницький	-25	3500	I	3,3
Черкаси	-26	3500	I	3,3
Чернівці	-24	3000	I	3,3
Чернігів	-28	3500	I	3,3
Ялта	-8	2500	II	2,8

Теплотехнічний розрахунок з визначення товщини утеплювача зовнішньої несучої стіни для двох кліматичних зон України.

Теплотехнічний розрахунок стін виконується згідно з [5]. Опір теплопередачі термічно однорідної непрозорої огорожувальної конструкції розраховується за формулою (1.1), яку зручно записати у вигляді:

$$R\Sigma = \frac{1}{\alpha_6} + R_1 + R_2 + R_3 + \frac{1}{\alpha_3},$$

де $R_1 = \delta_1/\lambda_1$ – опір плити пінопласту;

$R_2 = \delta_2/\lambda_2$ – опір цегляної стіни;

$R_3 = \delta_3/\lambda_3$ – опір шару штукатурки;

α_6, α_3 – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, які згідно [4] для зовнішніх стін житлових будинків дорівнюють $\alpha_6 = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$; $\alpha_3 = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$; усі інші позначення наведені у формулі (1.1).

Відповідно до формули (1.1), значення $R\Sigma$ повинно бути не меншим за мінімально допустиме значення $R_{q,min}$ опору теплопередачі непрозорих огорожувальних конструкцій. При відомих товщинах і матеріалах несучої частини стіни та оздоблювальних шарів виконання цієї нерівності забезпечується відповідним вибором товщини ефективного утеплювача, роль якого в нашому випадку відіграють плити з пінополістиролу. Мінімально допустиме значення $R_{q,min}$ встановлене нормами [5] залежно від виду огорожувальної конструкції та температурної зони України.

Температурна зона I.

Для розрахунку було обрано найпоширеніший на ринку пінопласт марки ПСБ-С-25. Густина цих плит варіюється від 15,1 до 25 кг/м³; теплопровідність в сухому стані при температурі $+25 \pm 5^\circ\text{C}$ дорівнює 0,039 Вт/(м·К). Коефіцієнти теплопровідності інших матеріалів прийняті по даних [4]. Вихідні дані та результати розрахунків наведені в таблиці Ж.2.

					MP 19220119 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Таблиця Ж.2 - Вихідні дані та результати розрахунків.

Склад стіни	δ , (м)	λ , (Вт/(м·К))	R_i , (м ² · К/Вт)
Плита пінопласту	0,10	0,039	2,56
Кладка з цегли звичайної	0,51	0,81	0,91
Штукатурка	0,02	0,93	0,022
Усього:			3,492
$R_{q \min}$	3,3		

Товщину утеплювача приймаємо кратною 10 мм згідно з чинними стандартами на виготовлення пінополістирольних плит. Отже, згідно результатів виконаного теплотехнічного розрахунку пінопласт товщиною 100 мм задовольняє вимоги [5] по мінімальному опорі теплопередачі.

Температурна зона II.

Товщину утеплювача для другої температурної зони розраховуємо аналогічно виконаному вище розрахунку, звівши його результати до таблиці Ж.3.

Таблиця Ж.3 - Вихідні дані та результати розрахунків.

Склад стіни	δ , (м)	λ , (Вт/(м·К))	R_i , (м ² · К/Вт)
Плита пінопласту	0,08	0,039	2,05
Кладка з цегли звичайної	0,51	0,81	0,91
Штукатурка	0,02	0,93	0,022
Усього:			2,962
$R_{q \min}$	2,8		

Остаточно приймаємо товщину утеплювача з пінополістиролу 80 мм.

Для того, щоб зменшити кількість розрахунків у програмному комплексі THERM, використовуючи дані з таблиці Ж.1 і результати теплотехнічного розрахунку для двох температурних зон, складена таблиця Ж.4, в якій міста України об'єднані за показниками температури атмосферного повітря і необхідною товщиною утеплювача.

Таблиця Ж.4 – Об'єднання міст України за температурними зонами і розрахунковими температурами атмосферного повітря

Температура найхолоднішої доби із забезпеченістю 0,92	Міста України	Температурні зони	Товщина утеплювача, мм
-29	Луганськ	I	100
	Суми		
-28	Харків		
	Чернігів		
-27	Дніпропетровськ		
	Донецьк		
	Полтава		
-26	Вінниця		
	Київ		
	Кіровоград		
-25	Житомир		
	Рівне		
	Хмельницький		
-24	Івано-Франківськ		
	Луцьк		
	Львів		
	Тернопіль		
	Чернівці		
-23	Ужгород		
-24	Запоріжжя	II	80
-23	Миколаїв		
	Херсон		
-21	Одеса		
-20	Сімферополь		
-8	Ялта		

Аналіз таблиці Ж.4 показує, що для оцінювання температурного режиму вузлів стін в умовах 27 міст України необхідно виконати 12 розрахунків, які відрізняються товщиною утеплювача (100 мм для першої температурної зони та 80 мм – для другої) та розрахунковими значеннями температури зовнішнього повітря в межах від -8°C до -29°C . По суті, ця таблиця є планом чисельного експерименту з дослідження температурного режиму типових вузлів цегляних стін житлових будівель.

					МР 19220119 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Додаток К

ОХОРОНА ПРАЦІ ПРИ ЗВЕДЕННІ ТА ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ

К.1 Актуальність розв'язання питань охорони праці та навколишнього середовища

Охорона праці та навколишнього середовища стали однією із найбільш актуальних проблем нашого часу. Виконання вимог охорони праці має гарантувати розроблена комплексна система, основами якої є такі елементи:

- впровадження нової безпечної техніки діючих методів організації праці і технології будівельного виробництва;
- комплексна механізація;
- використання захисних засобів, що забезпечують оптимальні санітарно-гігієнічні умови і виключають травматизм та професійні захворювання.

У даному розділі передбачено можливі потенційні небезпеки і шкідливі фактори, пов'язані з будівництвом і експлуатацією житлових будівель, а також обґрунтовано відповідні інженерні рішення щодо їх ліквідації чи зменшення до гранично допустимих значень.

К.2 Аналіз будівельного процесу на предмет виявлення небезпечних та шкідливих виробничих факторів

Охорона праці є невід'ємним елементом процесу виробництва. При зведенні житлових будівель виконуються різноманітні будівельні роботи, у процесі яких можуть виникати небезпечні та шкідливі фактори, перелічені в таблиці К.1.

					МР 19220119 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Таблиця К.1 – Небезпечні і шкідливі фактори при виконанні будівельних робіт

№ п/п	Вид робіт	Небезпечні і шкідливі фактори виробництва
1	Земляні роботи	- перекидання машин; - обвал ґрунтів у результаті неправильного кріплення стінок котловану; - недотримання правил виконання робіт біля небезпечних підземних комунікацій; - недостатня кваліфікація машиністів.
2	Монтажні роботи	- недотримання технології виконання робіт; - падіння конструкцій чи монтажних засобів з висоти; - несправність механізмів і монтажних засобів; - відсутність індивідуальних засобів захисту; - неправильне стропування конструкції; - коливання, обертання конструкції при переміщенні; - підняття конструкцій без монтажних петель; - виконання монтажних робіт на висоті при швидкості вітру 15 м/с і більше, при ожеледі, тумані; - знаходження людей під елементами що монтуються; - проведення робіт з монтажу будівельних конструкцій біля лінії електропередач.
3	Кам'яні роботи	- робота без спецодягу та засобів індивідуального захисту; - несправність несучих конструкцій та огорожень риштувань; - неправильне складування матеріалів на риштуваннях.
4	Покрівельні роботи	- робота без засобів індивідуального захисту; - використання бітумних мастик з температурою понад 180°C; - виконання покрівельних робіт під час ожеледиці туману або грози.
5	Штукатурні роботи	- підвищений тиск в компресорі штукатурного агрегату, його чистка при включеному компресорі; - робота штукатурів без спецодягу; - допущення до роботи некваліфікованого персоналу; - недотримання технології виконання робіт.
6	Малярні роботи	- токсичність фарб (несправна або не щільно закрита тара для збереження фарб); - робота без спецодягу; - недотримання технології виконання робіт.

При виконанні будівельних робіт дія шкідливих виробничих факторів на робітників можлива на всіх етапах будівництва. При зведенні будівлі загальними несприятливими умовами є робота під відкритим небом та на висоті. Робітники, зайняті столярними, покрівельними, гідро-, тепло- та звукоізоляційними роботами, мають контакт з різними токсичними сполуками (розчинники, бітуми) та матеріалами які створюють пил (скловолокно, азбест, цемент тощо).

При монтажних роботах часто бувають незручні робочі умови. Зварні роботи супроводжуються забрудненням повітря газами (окиси азоту, оксид вуглецю, водень-фтор тощо) та аерозолями металів та їх з'єднань. При бетонних роботах головними шкідливими факторами є шум та вібрація. Цикл оздоблювального характеру, що складається із штукатурних, малярних, столярних, облицювальних та інших робіт, пов'язаний із застосуванням матеріалів та речовин, які містять шкідливі компоненти. Столярні роботи, роботи шліфувальних та затирочних машин, прибирання будівельного сміття супроводжується виділення великої кількості пилу. Застосування полімерних оздоблювальних та ізоляційних матеріалів (лінолеум, плитка, синтетичні утеплювачі) пов'язане із утворенням на поверхні цих матеріалів зарядів статичної електрики.

К.3 Загальні вимоги безпеки при виконанні будівельних робіт

Детальні рішення з питань безпеки праці розробляються в проекті виконання робіт (ПВР). Питання безпеки праці вносяться в технологічні карти на монтажні роботи, в календарний графік проведення робіт та в будгенплан. В генеральному плані будівельного майданчика повинні бути вирішені всі загальні питання техніки безпеки та виробничої санітарії. При виникненні на будівельному майданчику небезпечних умов (зсуви ґрунту, усадки основи під будівельними риштуваннями, обрив дроту електромереж

					MP 19220119 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

тощо) люди повинні негайно бути виведені із небезпечних місць, а місця ці огорожені та позначені попереджувальними знаками.

Безпечні умови праці в значній мірі залежать від правильної організації будівельного майданчика та якісного виконання підготовчих робіт [50]. До першочергових підготовчих робіт відносяться: грубе розрівнювання та очистка території; осушення заболочених ділянок, санітарно-гігієнічні міроприємства; планування площ; влаштування транспортних комунікацій (автомобільних доріг); організація складських майданчиків; водозабезпечення та каналізація, електро- та теплопостачання. Будівельний майданчик очищують від лісу та кущів (в місцях майбутніх споруд та комунікацій) кранами із спеціальними захватами та бульдозерами, а наявні пні викорчують корчувальними механізмами. Одночасно з розчисткою будівельного майданчика виконують грубе планування території шляхом засипання окремих ям та ровів. Осушують заболочені місця відкритими канавами, при необхідності на 1-1,5 м понижують рівень ґрунтових вод та водовідводів поверхневого стоку (атмосферних, талих вод). Санітарно-гігієнічний благоустрій будівельного майданчика забезпечується шляхом видалення можливих причин забруднення та зараження вододжерел, що постачають об'єкт будівництва, прибиранням окремих забруднених ділянок території та дезінфекцією заражених ділянок. Планування території повинно забезпечувати відвід поверхневих вод з будь-якої ділянки будівельного майданчика, щоб не допустити обвалів та зсувів і розмістити всі споруди у відповідності з генеральним планом будівництва.

К.4 Заходи протипожежної профілактики

Пожежа – це неконтрольоване горіння, що розповсюджується в часі і просторі та створює загрозу життю і здоров'ю людей, навколишньому середовищу, призводить до матеріальних збитків. Основну пожежну

					MP 19220119 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

небезпеку при виконанні будівельно-монтажних робіт створює: несправне електричне обладнання та струмопровідні частини, горючий утеплювач та рулонні покрівельні матеріали; легкозаймисті та горючі рідини, клеї, мастики, бітуми та полімерні матеріали; зварювальні та інші види вогневих робіт; сушка приміщень.

Значну пожежонебезпеку при проведенні будівельних робіт та при термомодернізації будівель створює застосування горючих утеплювачів. Зберігають такий утеплювач на будівельному майданчику в закритому приміщенні, що має негорюче суцільне огороження. Кількість утеплювача на робочих місцях не повинно перевищувати змінної потреби. В тому випадку, коли площа покриття горючим або важкогорючим утеплювачем або рулонним матеріалом складає 1000 м² та більше, необхідно передбачати влаштування тимчасового водопроводу для пожежогасіння. Проведення оздоблювальних робіт та улаштування фасадної теплоізоляції пов'язане із застосуванням клеїв, мастик, фарб, лакофарбових матеріалів на основі епоксидних смол, тощо. Ці речовини виділяють летючі вибухонебезпечні випаровування і тому приміщення, в яких з ними працюють, повинні бути забезпечені приточно-витяжною вентиляцією. Крім того, в ці приміщення повинні бути забезпечені первинними засобами пожежогасіння – вогнегасниками.

Забезпечення пожежної безпеки на будівельному майданчику при будівництві і здачі в експлуатацію будинку здійснюється в відповідності з протипожежними нормами [49].

Для забору води пожежними машинами на відстань 2 метри від проїзної частини встановлюється 2 гідранти з двох сторін від будинку. Діаметр пожежних гідрантів – 125 мм. Місце встановлення позначають флуоресцентними вказівниками. Додатково до зовнішнього протипожежного водопостачання здійснюється протипожежне водопостачання також і від внутрішніх кранів, які встановлюються на висоті 1,35 метра над підлогою в

					MP 19220119 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

спеціальних шафах по два крани на кожному поверсі. В шафах також розміщується пожежні рукава довжиною 20 метрів зі стволами.

Пожежна профілактика будівельного майданчика здійснюється на основі вимог [49], якими керуються при організації будівництва і проведенні будівельних робіт, а також при влаштуванні на будівельному майданчику тимчасових будинків і пожеже небезпечних споруд. У підготовчий період та в процесі виконання будівельно-монтажних робіт будівельний майданчик зазвичай забезпечують протипожежним водопостачанням від водопровідної мережі, яка після закінчення будівництва буде використовуватися як постійна.

К.5 Розрахунок захисту будівлі від блискавки

Блискавка має власні вражаючі фактори та може бути джерелом виникнення пожежі. Захист від блискавки – це система захисних приладів та заходів, які застосовують в промислових та громадських будівлях для захисту їх від аварій і пожеж при попаданні в них блискавки.

Найбільш небезпечним є прямий удар блискавки, при якому канал блискавки проходить через будівлі та споруди. Величина струму в каналі блискавки досягає 200 кА, а напруги – 150 МВ. Довжина іскри блискавки вимірюється сотнями та тисячами метрів. Час розряду складає від 0,1 до 1 с. Температура каналу блискавки може досягати 6000-10000⁰С. Вірогідність прямого удару блискавки в наземний об'єкт буде тим більша, чим вищий об'єкт та, відповідно, чим менша буде відстань від верхньої точки споруди до зарядженої хмари. Крім того, влучення блискавки в об'єкт залежить від геології землі, а також інших атмосферних та геометричних факторів. Небезпека прямого удару блискавки в незахищені об'єкти пов'язана з можливістю руйнування й пошкодження споруд та обладнання в результаті миттєвого нагріву повітря, що супроводжується його розширенням та

					MP 19220119 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

виникненням ударної повітряної хвилі, а також безпосередньої дії теплової енергії блискавки на конструктивні частини об'єктів. Початковий удар вважається первинним проявленням блискавки. Вторинне проявлення блискавки супроводжує первинне та виражається в електростатичній та електромагнітній індукції. Електростатична індукція викликана дією заряджених хмар на наземні об'єкти та супроводжується іскрінням між металевими елементами конструкції та обладнання. В незамкнених контурах виникаюча електрорушійна сила може викликати іскріння або сильне нагрівання в місцях з недостатньо щільними контактами. Таке іскріння недопустиме для вибухонебезпечних будівель та споруд, оскільки в них навіть слабка по потужності та мала по тривалості електрична іскра може призвести до вибуху. Одною із головних та кардинальних мір захисту від блискавки є влаштування блискавковідводів. Блискавковідводи, з одної сторони, наближають розряд прямого удару блискавки до захищеного об'єкта, внаслідок чого індуковані напруги збільшуються, з іншої – створюючи зустрічний лідер, віддаляють від об'єкта зону, в якій відбувається формування головного розряду, зменшуючи тим самим величину індукованих напруг.

Захист об'єкта від блискавки в залежності від його розмірів може забезпечуватися одним або кількома стержньовими блискавковідводами, що створюють зону захисту, яка охоплює весь об'єкт. При видовжених об'єктах захист виконується з допомогою одного або кількох тросових блискавковідводів, що створюють потрібну зону захисту. Стержньові та тросові блискавковідводи встановлюють або на окремо стоячих опорах, або на опорах, зв'язаних з конструкцією об'єкта. Сітчасті блискавковідводи вкладають (або підвішують) на дах об'єкта, що захищається, та не менше ніж в двох місцях з'єднують самовідводами з окремими органами заземлення. Струмовідводи виконують із металевих стержнів перерізом не менше 100 мм² і з'єднують зварюванням з блискавко-приймальниками та

заземленнями. При двох струмовідводах переріз кожного приймається не менше 50 мм². Загальний опір заземлення приймається не більше 10 Ом. Кожен блискавковідвід утворює навколо себе чітко визначений простір, імовірність потрапляння блискавки в який, уникаючи блискавко-приймальники, близька до нуля. Цей простір називається зоною захисту. Зони захисту в залежності від типу, кількості та взаємного розміщення блискавковідводів можуть мати різноманітні геометричні форми.

Розрахунок захисту від блискавки виконаємо для типової житлової будівлі висотою 5-9 поверхів. Прийнемо середню висоту будівлі 25 м, довжина 70 м, ширина 12 м. Одиночний стержньовий блискавковідвід встановлюємо на даху будівлі. Будівля знаходиться в місцевості із грозовою активністю 60...80 годин на рік.

Очікувана кількість вражень блискавкою в рік (N)

$$N = (l + 6h_x) \cdot (b + h_x) \cdot n \cdot 10^{-6}, \quad (\text{Б.1})$$

де l, b – довжина та ширина будівлі, що захищається, м;

h_x – найбільша висота будівлі, м;

n – середньорічна кількість ударів блискавки в 1 км² поверхні землі в даній місцевості.

Найбільша висота блискавковідводу (h)

$$h = (r_x + 1,63 \times h_x) / 4 \quad (\text{Б.2})$$

де r_x – радіус зони захисту, м.

За формулою:

$$N = (70 + 6 \cdot 25) \cdot (44,2 + 6 \cdot 25) \cdot 9 \cdot 10^{-6} = 0,386.$$

Оскільки отримана величина $N < 1$, слід встановлювати блискавковідвід типу Б (ступінь надійності $\geq 95\%$).

Значення r_x знаходимо з геометричних міркувань:

$$r_x = \sqrt{(25 + 70)^2 + 70^2} = 118,0 \text{ м.}$$

					MP 19220119 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Необхідну висоту блискавковідводу знаходимо за формулою (Б.2)

$$h = (118,0 + 1,63 \cdot 25)/4 = 31,5 \text{ (м)}.$$

Приймаємо висоту блискавковідводу від поверхні землі $h = 32$ м, тобто на 7 м вище від будівлі. При необхідності зменшення висоти розміщення блискавковідводів протяжні будівлі слід не одним, а декількома блискавковідводами, зони захисту яких перекривають всю будівлю.

К.6 Заходи з охорони навколишнього середовища

При виконанні поточних робіт на об'єкті та в період його експлуатації слід також приділити увагу заходам з охорони навколишнього середовища.

Охорона природи, раціональне використання її ресурсів є одним із найактуальніших питань сьогодення. Заходи з охорони навколишнього середовища повинні впроваджуватися в будівництві, як в одній з галузей народного господарства. Основною метою при складанні планів з охорони природи є пониження негативного впливу промислових підприємств, транспорту, комунального господарства міст та сільського господарства на оточуюче середовище. Необхідно, щоб будівництво промислових підприємств, житлових об'єктів, транспортних магістралей, ліній електропередачі та прокладки трубопроводів відбулось на землях нижчої якості. Значним резервом збереження земель є підвищена поверховість будівель при міській забудові. Для боротьби із забрудненням повітря слід намагатися ліквідувати джерела пиловиділення та місця виділення газів. Так, при транспортуванні та перевантаженні пиловиділяючих матеріалів застосовують гідрознепилювання, не допускають вільного падіння дрібнозернистих матеріалів. Знизити концентрацію вихлопних газів можна регулюванням двигунів, використанням нейтралізаторів, що понижують вміст оксиду вуглецю у вихлопних газах, переведення автотранспорту на зріджений газ та електропровід.

					МР 19220119 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		