

Міністерство освіти і науки України
Центральноукраїнський національний технічний університет
Факультет будівництва та транспорту
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:

**"Удосконалення примикання світлопрозорих огороджуючих
конструкцій в житлових і громадських будівлях з метою підвищення
рівня енергозбереження"**

МР 2019206 А
(Альбом документів)

Виконав студент групи БІ - 20М
спеціальності

192 Будівництво та цивільна
інженерія

_____ Руденко О.О.

" ____ " _____ 2021 р.

Керівник магістерської роботи
канд. техн. наук, доцент

_____ Джирма С.О.

" ____ " _____ 2021 р.

ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет *будівництва та транспорту*

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

Руденко Олександр Олегович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) ***Удосконалення примикання світлопрозорих огорожжувальних
конструкцій в житлових і громадських будівлях з метою підвищення
рівня енергозбереження***

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

затверджена наказом по університету від " 02 " 08 2021 р. № 16-13

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
житлових будівель. 2. Кліматичні показники для аналізу теплової надійності
огорожжувальних конструкцій. 3. Район будівництва – м. Кропивницький.*

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити) _
*1. Розділ 1. Аналіз питання і задачі дослідження щодо забезпечення рівня енерго-
збереження будівель. 2. Розділ 2. Методика досліджень. 3. Розділ 3. Дослідження
вузлів примикань світлопрозорих огорожжувальних конструкцій до зовнішніх стін будівель.
4. Розділ 4. 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>Аналіз питання і задачі дослідження</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 магістерської роботи	Строк виконання етапів магістерської роботи	Примітка
1	<i>Виконання 1. Розділу. Аналіз питання і задачі дослідження</i>	<i>03.09.-05.10.21</i>	
2	<i>Виконання 2. Розділу. Методика досліджень</i>	<i>05.10.-25.10.21</i>	
4	<i>Виконання 3. Розділу. Науково-дослідницький</i>	<i>25.10.-05.11.21</i>	
5	<i>Виконання 4. Розділу. Охорона праці</i>	<i>05.11.-15.11.21</i>	
6	<i>Оформлення мультимедійної презентації</i>	<i>15.11.-20.11.21</i>	
7	<i>Оформлення альбому документів</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 удосконалення примикання світлопрозорих огорожуючих конструкцій (вікон, вітражів тощо) для зниження тепловтрат у вузлах примикання вікон до зовнішніх стін і підвищення енергозбереження житлових та громадських будівель.

За допомогою програми THERM проаналізовані вузли примикання вікон з ПВХ до зовнішніх цегляних стін одношарової і багатошарової конструкцій, для різних положень вікон в товщі стіни. Аналіз примикань світлопрозорих огорожуючих конструкцій (а саме вікон з ПВХ) виконувався з метою підвищення теплової надійності і зменшення рівня тепловтрат вузлів примикань.

Побудовані графіки, які дозволяють визначити оптимальне положення вікон з ПВХ в зовнішніх суцільних цегляних стін і багатошарових цегляних стін (з шаром утеплювача) з умови теплової надійності вузлів примикання, визначити і оцінити тепловтрати. Це дає змогу підвищити рівень енергозбереження житлових і громадських будівель.

Розроблено конструкцію вузла примикання вікна з ПВХ до зовнішньої стіни, який задовольняє не тільки теплотехнічним показникам, а і умовам пароізоляції, забезпечує відвід пароподібної вологи назовні, захищає від атмосферних впливів, виключає можливість промерзання вузла і дозволяє досягти комфортного клімату в приміщенні.

Вирішені основні питання технології установки віконних блоків в цегляних стінах різних конструкцій.

Проведені дослідження дозволили встановити, що зміщення вікна у зону позитивних температур, застосування трьохшарової цегляної стіни (з шаром утеплювача) та розташування вікна в зоні утеплювача дозволило знизити тепловтрати на 56,3% в порівнянні з суцільною цегляною стіною.

Summary

The work was performed in order to improve the connection of translucent enclosing structures (windows, stained glass, etc.) to reduce heat loss in the joints of windows to external walls and increase energy efficiency of residential and public buildings.

Using the THERM program, the joints of PVC windows to the external brick walls of single-layer and multilayer structures were analyzed for different positions of the windows in the wall thickness. The analysis of adjacencies of translucent enclosing structures (namely PVC windows) was performed in order to increase thermal reliability and reduce the level of heat loss of adjacent nodes.

Graphs are constructed, which allow to determine the optimal position of PVC windows in external solid brick walls and multilayer brick walls (with a layer of insulation) on the condition of thermal reliability of adjacent units, to determine and estimate heat loss. This makes it possible to increase the level of energy saving of residential and public buildings.

The design of the PVC window connection to the outer wall has been developed, which satisfies not only thermal performance but also vapor barrier conditions, provides removal of vapor moisture outside, protects from weathering, eliminates the possibility of freezing of the unit and allows to achieve a comfortable indoor climate.

The basic questions of technology of installation of window blocks in brick walls of various designs are solved.

Studies have shown that the displacement of the window in the zone of positive temperatures, the use of three-layer brick wall (with a layer of insulation) and the location of the window in the zone of insulation reduced heat loss by 56.3% compared to a solid brick wall.

Формат	Зона	Позначення	Позначення	Найменування	Кількість	Примітки
				<u>Документація загальна</u>		
				<u>Знову розроблена</u>		
A4			МР 2019206 ПЗ	Пояснювальна записка	49	
				Аналіз питання і задачі		
				викладення методики і		
				результатів виконаних		
				досліджень		
A4				Дослідження вузлів		
				примикань світлопрозорих		
				огороджуючих конструкцій		
				в однорідних (одношаров-		
				вих) цегляних стінах		
				(Додаток А)	6	
A4				Дослідження вузлів		
				примикань світлопрозорих		
				огороджуючих конструкцій		
				в неднорідних (багатоша-		
				рових) цегляних стінах		
				(Додаток Б)	6	

					МР 2019206 ВМ						
Зм	Лист	№ документа	Підпис	Дата							
Розробив	Руденко				Удосконалення примикання світлопрозорих огороджуючих конструкцій в житлових і громадських будівлях з метою підвищення рівня енергозбереження Відомість магістерської роботи.			Літ.	Лист	Листів	
Перевірів	Джирма							М		1	2
								ЦНТУ гр. БІ-20М			
Н. контр.	Дарієнко										
Затвердив.	Настоящий										

[illegible]

ВСТУП

Актуальність теми.

Запаси нафти і газу невпинно зменшуються, і нам потрібно мінімізувати залежність від викопних видів палива. Україна є енергодефіцитною країною. За рахунок власного видобутку потреби в енергоресурсах задовольняються лише на 45% [1, 2]. Одним з засобів енергозбереження та підвищення ефективності використання енергоресурсів є організація і створення енергоефективного житла.

Житловий фонд країни являються великими споживачем енергії. Тому енергозбереження в будівництві має першорядне значення. В умовах зростання цін на енергоносії, теплоізоляція – одне з рішень збереження тепла, зниження шкідливого впливу на навколишнє середовище і разом з тим економля грошових коштів.

«Україна щорічно споживає близько 210 млн. умовних т паливно-енергетичних ресурсів. Будівельна галузь відноситься до найбільш енергоємних областей національної економіки, оскільки більше 30% усіх споживаних паливно-енергетичних ресурсів (близько 63 млн. т умовного палива) витрачається на утримання існуючих будівель» [3, с. 59].

«Досвід різних країн у вирішенні проблеми енергозбереження свідчить, що одним з найбільш ефективних шляхів її рішення є скорочення втрат тепла через огорожуючі конструкції будівель та споруд» [4]. Тому останнім часом в Україні вийшов цілий ряд нормативних документів по проектуванню сучасних будівель спрямованих на економію енергоресурсів [5...7].

В будівництві світлопрозорим огорожуючим конструкціям (вікнам, вітражам тощо) відводиться важлива роль, оскільки забезпечення сучасного рівня їх теплозахисту не повинно поступатися стіновим конструкціям.

					МР 2019206 ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Удосконалення примикання світло-прозорих огорожуючих конструкцій в житлових і громадських будівлях з метою підвищення рівня енергозбереження	Стадія	Лист	Листів
Розробив	Руденко					м	1	
Перевірив	Джирма					ЦНТУ гр. БІ-20М		
Н. контр.	Дарієнко							
Затвердив	Настоящий							

«Аналіз тепловтрат в житлових і цивільних будівлях дозволив встановити, що через вікна, а особливо через місця примикання вікон до стін і через відкоси втрачається до 20%-30% тепла» [3, 59].

«Враховуючи, що житловий фонд країни складає більше 1 млрд. м² загальної площі і на опалення житлових і громадських будівель витрачається близько 30%» [9,159] від загального балансу енергоресурсів країни, питання скорочення тепловтрат через світлопрозорі конструкції і місця примикання їх до стін у будівлях, що будуються і експлуатуються, мають першорядне значення.

Автором реалізується проект, спрямований на розробку способів підвищення теплової надійності вузлів примикання віконних блоків до зовнішніх огорожуючих конструкцій, що дозволить підвищити рівень енергозбереження житлових та громадських будинків.

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

Магістерська наукова робота виконана на кафедрі «Будівельні, дорожні машини і будівництво» Центральноукраїнського національного технічного університету і відповідає профілю спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія», а також переліку завдань визначених зокрема розпорядженням Кабінету Міністрів України №1567-р 17.12.2008 р. «Про програми підвищення енергоефективності ...»; закону України №4941д «Про енергетичну ефективність будівель» від 22 червня 2017 року; програм направлених на підтримку енергозбереження і підвищення енергоефективності будівель [10, 11].

Мета й завдання розроблення.

Метою магістерської роботи є удосконалення примикань світлопрозорих огорожуючих конструкцій (вікон, вітражів тощо), шляхом визначення їх оптимального положення в товщі цегляних стін різної

конструкції, що дозволить знизити тепловтрати у вузлах примикання вікон до зовнішніх стін і підвищити рівень енергозбереження будівель.

Для досягнення цієї мети були визначені наступні **задачі дослідження**:

- виконати огляд літератури з питань забезпечення енергозбереження будинків та визначення шляхів вдосконалення;
- виконати дослідження температурних полів і теплових потоків в місцях примикань віконних блоків до зовнішніх цегляних стін різних конструкцій для встановлення показників теплової надійності вузлів і визначення додаткових заходів з їх підвищення;
- виконати дослідження процесу передачі тепла (через вузли примикань віконних блоків до зовнішніх стін) в залежності від розташування вікон в товщі зовнішніх стін і конструкції самої стіни;
- розробити практичні рекомендації щодо визначення місця положення віконних блоків в зовнішніх цегляних стінах з найкращими показниками теплоізоляції і енергозбереження вузлів примикання;
- розробити конструктивні рішення вузлів примикань вікон з ПВХ до зовнішніх стін, з урахуванням їх конструктивних особливостей;
- розробити необхідні питання з технології встановлення віконних блоків з ПВХ в зовнішніх стінах;
- виконати аналіз результатів виконаних досліджень, запропонованих конструктивних рішень і визначити їх вплив на рівень енергозбереження будинків.

Об'єкт дослідження (розроблення) – підвищення рівня енергозбереження існуючих і зводимих житлових та громадських будинків.

Предмет дослідження (розроблення) – тепла надійність вузлів примикань віконних блоків та їх вплив на рівень енергозбереження житлових і громадських будинків в залежності від їх розташування в товщі стіни і конструкції зовнішніх стін.

Методи дослідження:

- аналітичні рішення задач будівельної теплофізики, які стосуються дослідження температурних полів і опорів теплопередачі;
- моделювання двохмірної теплопередачі в компонентах будівлі таких як вікна, стіни, вузли стиків вікон і дверей зі стінами оснований на методі кінцевих елементів за допомогою програми THERM;
- методи проектування вузлів примикання вікон з ПВХ з використанням сучасних програмних комплексів.

Наукова та технічна новизна одержаних результатів:

- побудовані графічні залежності, які дозволяють визначити положення віконних блоків з ПВХ в товщі зовнішніх цегляних стін, з урахуванням конструкції стін і кліматичних умов розташування об'єкта будівництва;
- отримані графічні залежності, які дають можливість оцінити тепловтрати у вузлах примикання вікон до зовнішніх цегляних стін і оцінити рівень енергозбереження запропонованих конструктивних рішень;
- визначені і науково обгрунтовані фактори які впливають на тепловтрати у вузлах примикання віконних блоків з ПВХ до зовнішніх цегляних стін і дозволяють оцінити рівень енергозбереження.

Практичне значення одержаних результатів:

- визначені оптимальні місця розташування вікон з ПВХ по товщині зовнішніх суцільних цегляних стін і цегляних стін багатошарової конструкцій для заданих кліматичних умов об'єкту будівництва;
- отримані значення теплопередачі вузлів примикань вікон з ПВХ до зовнішніх суцільних і багатошарових цегляних стін для району розташування об'єкта будівництва;
- запроектовані конструкції вузлів примикань та технологія їх улаштування з урахуванням конструкції зовнішніх стін;

- оцінені результати виконаних досліджень, запропоновані конструктивні рішення та доведена їх доцільність.

Особистий внесок автора: виконані дослідження і отримані графічні залежності дозволяють обґрунтовано визначати місце розташування вікна з ПВХ в товщі суцільних і багатошарових цегляних стін з урахуванням кліматичних умов об'єкту будівництва, конструювати вузли примикань вікон до зовнішніх стін; розроблено технологію їх улаштування, кількісно оцінено тепловтрати у вузлах примикання, що дасть змогу підвищити рівень енергозбереження існуючих та нових будинків.

Апробація та публікація результатів роботи.

Результати досліджень доповідалися на LV науковій конференції здобувачів вищої освіти Центральноукраїнського національного технічного університету «Дня науки – 2021», м. Кропивницький, 14 травня 2021 р.

Попередні результати виконаних досліджень викладені в статтях 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 112 сторінках, у тому числі 12 таблиць, 27 рисунків, списку з 43 використаних літературних джерел, додатків. Текст пояснювальної записки містить вступ, 4 розділи та висновки за результатами досліджень. В якості ілюстративного матеріалу виконано мультимедійну презентацію в програмі Microsoft PowerPoint, яка складається з 23 слайдів.

					MP 2019206 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Розділ 1

АНАЛІЗ ПИТАННЯ І ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЩОДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РІВНЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ БУДІВЕЛЬ

1.1 Сучасні вимоги до забезпечення рівня енергозбереження будівель

Будівельна теплотехніка, як розділ будівельної фізики створена в СРСР в першій половині XX ст., радянськими вченими, робити яких забезпечили нашої державі пріоритет і ведуче місце в сучасній науці. Першою роботою по будівельній теплотехніці була книжка професора В. Д. Мачинського «Теплотехнические основы гражданского строительства». Великий вплив на розвиток будівельної теплотехніки мали роботи професора О.Е. Власова, особливо його праця про теплостійкості огорожуючих конструкцій і дослідження вологісного режиму [12].

Практичний метод розрахунку вологісного режиму огорожень при їх зволоженні, метод розрахунку температурних полів в конструкціях, методика визначення розрахункових температур зовнішнього повітря розроблені Костянтином Федоровичем Фокіним.

Канд. техн. наук Р.Е. Брилинг розробив питання повітропроникності огорожень, а також міграції вологи в будівельних матеріалах. Розробці теорії проектування огорожувальних конструкцій, а також створення основ будівельної кліматології і кліматичного районування території СРСР присвячені роботи проф. В.М. Ільїнського. Великий внесок у будівельну теплотехніку внесли роботи д-рів техн. наук В.Н. Богословського, Ф.В. Ушкова, А.У. Франчука [12].

Проектування теплоізоляційної оболонки будинку базується на фундаментальних дослідженнях радянської школи будівельної теплофізики таких видатних вчених, як О.А. Власов, К.Ф. Фокш, А.В. Ликов, В.І. Ільїнський, М.А. Міхєєв та інших [13]. В Україні енергоефективність

запроваджена Г.Г. Фаренюком у співавторстві з Л.Ф. Черних, М.В. Савицьким, Т.Д. Нікіфоровою, А.Ф. Строем, О.В. Сергійчуком, С.Л. Фоміним, М.В. Тимофєєвим та іншими, які приймали участь в розробці «ДБН В.2.6-31:2006 Теплова ізоляція будівель» [14].

Основними стратегічними напрямками підвищення енергетичної ефективності та реалізації потенціалу енергозбереження є технологічна та структурна перебудова економіки і соціальної сфери країни, створення економічних, адміністративних і нормативно-правових механізмів, що забезпечують зростання енергоефективності та обсягів енергозбереження.

Останнім часом швидко змінюється нормативна база теплоізоляційних матеріалів і сфер їх використання. Прикладом цього можуть бути нові Державні норми і стандарти України [15...19].

Також в Україні існували дві кредитні Програми підтримки впровадження енергоефективних заходів: державна («Теплі кредити») і міжнародна (IQ Energy). Перша програма пільгового кредитування від уряду України, що впроваджується Державним агентством з енергоефективності та енергозбереження України (saee.gov.ua) відшкодовує 15-20% частини кредиту на матеріали та обладнання, друга «Програма фінансування енергоефективності в житловому секторі від ЄБЗЗ» (IQ energy) – 30-70% [11, 20].

У 2017 році на засіданні Парламенту схвалено законопроект №4941д «Про енергетичну ефективність будівель» [21].

Цей Закон дає можливість зменшити рівень енергоспоживання у житлових і громадських будівлях. Забезпечити відповідний рівень енергетичної ефективності будівель.

На сьогодні житловий сектор, що складається з приватних будинків і багатоповерхівок, а також інші громадські будівлі мають великий потенціал енергозбереження.

Завдяки цьому Закону нарешті встановлені мінімальні вимоги, які оцінюють рівень енергетичної ефективності будівель.

Рівень теплозахисту огорожувальних конструкцій повинен відповідати кліматичним умовам місця будівництва і забезпечувати санітарно-гігієнічні та комфортні умови в приміщеннях будівель.

1.2 Аналіз тепловтрат через різні види огорожень

Тепловтрати через різні зовнішні огорожуючі конструкції будинку приведені на (рис. 1.1). Тепловтрати різних конструкцій, таких як зовнішні стіни, вікна, підлога, дах тощо, залежать від їх теплоізоляційних якостей. В приблизному процентному співвідношенні складають (рис. 1.1).

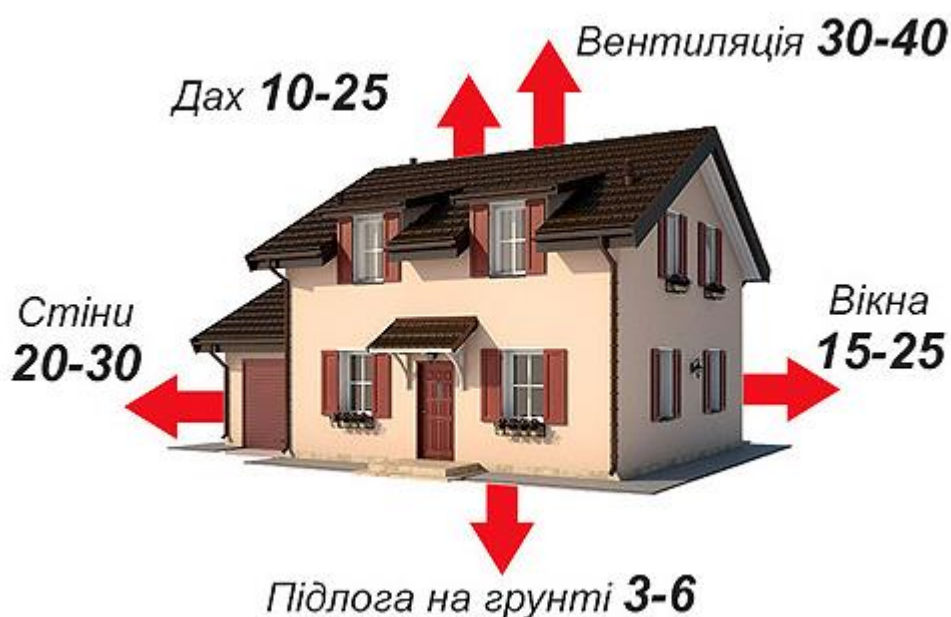


Рисунок 1.1 – Втрати тепла в будинках у % відсотках.

Найбільша площа припадає на зовнішні стіни. Теплозахисні властивості зовнішніх стін залежать від їх товщини і матеріалу, з якого вони виготовлені.

Світлопрозорі огорожувальні конструкції, в порівнянні зі стінами, мають меншу площину. Однак, їх опір теплопередачі менше ніж у стін. Застосовуються вікна з подвійним засткленням. Але навіть через них втрачається кількість тепла у 2-3 рази більша ніж через стінові огорожувальні конструкції. У відсотках тепловтрати через вікна досягають 30% [22, 23].

Тому для підтримки в приміщенні сприятливого мікроклімату, зменшення витрат на опалення і зниження тепловтрат необхідно підвищити теплоізоляцію вікон. Це зменшить витрат на опалення і покращить тепловий режим в приміщенні.

«На втрати тепла через стіни і особливо через вікна і стики віконних коробок із стінами впливає вітер. Оскільки будівельні матеріали і конструкції є більшою чи меншою мірою повітропроникними, то через них повітря може проникати з вулиці в приміщення і з приміщення на вулицю. Якщо повітря потрапляє зовні всередину будинку, то це називають інфільтрацією, якщо з приміщення назовні, то ексфільтрацією» [23,1].

При інфільтрації через конструкцію стіни, стики та примикання вікон потрапляє холодне повітря. Відбувається зниження температури всередині огорожувальних конструкцій і на їх поверхнях. Це підвищує тепловтрати. Найбільші тепловтрати спостерігаються в місцях примикання світлопрозорих огорожувальних конструкцій (вікон) до зовнішніх стін житлових і громадських будівель [23].

Особливе значення і вплив на рівень енергозбереження будівлі мають світлопрозорі огорожуючі конструкції, а саме вікна, вітражі, тощо, оскільки вони мають термічний опір у 2-3 рази менший в порівнянні з глухими ділянками зовнішніх стін [24].

1.3 Типи і галузі використання сучасних світлопрозорих огорожуючих конструкцій

Чітке визначення світлопрозорої частини будівлі – вікна, дає нам ГОСТ 23166-99 (Додаток А): "Вікно – це елемент стінної або покрівельної конструкції, призначений для об'єднання внутрішніх приміщень з навколишнім простором, природного освітлення приміщень, їх вентиляції, захисту від атмосферних і шумових впливів, що складається з віконного прорізу з укосом, віконного блоку, система ущільнення монтажного шва, підвіконної дошки, деталі зливу і облицювання".

Вікна повинні забезпечувати гарний рівень освітленості. Мати високу міцність і довговічність. Забезпечувати гарну звуко- і теплоізоляцію. Конструктивні особливості вікон повинні забезпечувати вентиляцію (прівітрювання) приміщень.

Додатково повинна бути можливість розміщення на вікнах жалюзів, екранів, захисних решіток тощо.

Розміри вікна визначають відповідно приміщення, для якого це вікно призначене. Нижня частина вікна проектується, як правило, на висоті 80-100 см від рівня підлоги (у житлових будинках), а верх – нижче стелі що найменше на товщину перемички і з урахуванням місця підвіски карнизів для кріплення штор.

Основними елементами отвору є вертикальні зрізи стіни (відкоси) і перемички, що визначають розміри вікна, забезпечують конструктивну захищеність рами і компенсують зміну міцності стіни.

Останнім часом все частіше виникає питання про комфорт і затишок у будинку. Тому сьогодні металопластикові (ПВХ) вікна є невід'ємною частиною сучасного житла. Вони дійсно мають безліч переваг в порівнянні з дерев'яними вікнами і на сьогодні стали незмінним атрибутом численних будівель, квартир, будинків.

Матеріал полівінілхлорид (ПВХ), з якого, виготовлені переважна більшість встановлюваних зараз віконних систем, не такий вже і новий. Ця речовина вперше було створено у далекому 1835 році відомим хіміком Регнальдом. Освоєння промислового виробництва полівінілхлориду затягнулося до 1931 року, коли цю технологію впровадила компанія BASF. Віконні рами з ПВХ додумалися робити ще пізніше, перший патент на ПВХ-вікна зареєстрований в Німеччині в 1952 році [25].

Полівінілхлорид – це матеріал, що відноситься до групи термопластів. Чистий ПВХ на 43% складається з етилену (продукту нафтохімії). 57% ПВХ це зв'язаних хлор, що отриманий з повареної солі. ПВХ виділяється у вигляді порошку. «Для виробництва віконних профілів, в порошкоподібний ПВХ додають стабілізатори, модифікатори, пігменти і допоміжні добавки. Ці компоненти впливають на такі властивості віконних профілів, як світлостійкість, стійкість проти атмосферних впливів, колірний відтінок, якість поверхні, зварюваність» [25].

Як огорожувальні конструкції світлопрозорі елементи огорожень повинні мати володіти необхідні теплозахисні, світлотехнічні, звукоізоляційні якості, а також герметичність. При цьому поняття герметичності слід відносити як до сполучення елементів безпосередньо в межах світлопрозорих конструкцій, так і до місць її примикання.

Одна з головніших переваг пластикових вікон це довговічність. Довговічність дерева прямо залежить від якості його просушки й обробки антисептиками та лаками. Якщо технологія дотримана повністю, то сучасне дерев'яне вікно може прослужити без догляду до п'яти років, іноді навіть більше. Звичайні ж вікна з рамами потребують як мінімум фарбування вже через рік-два. Пластиковим вікнам це не загрожує. Всі виробники стверджують, що пластикові вікна можуть прослужити до півстоліття, якщо господарі квартири будуть правильно за ними доглядати, а серйозні компанії дають період гарантії на металопластикові вікна до десяти років [26].

Також однією з переваг пластикових вікон є герметичність. У кімнаті, де встановлено таке вікно, не буває протягів через щілини і не втрачається тепло. Крім того, такі вікна не вимагають додаткового ущільнення їх на зиму. У порівнянні зі стандартними дерев'яними вікнами пластикові вікна з однокамерним склопакетом зберігають в приміщенні на 20% більше тепла, у вікнах з двох і трикамерним склопакетом економиться до 50% тепла [26].

Перевага пластикових вікон, яку цінують всі жителі великих міст, це їх високі шумоізоляційні якості. Наприклад, вікно з однокамерним склопакетом зменшує проникаючий в приміщення шум на 25 дБ, а з двокамерним – 40 дБ.

Пластикові вікна відносяться до пожежобезпечних матеріалів завдяки антипіренами, які входять до їх складу, і перешкоджають процесу горіння.

За своєю конструкцією пластикові вікна в загальних рисах не відрізняються від дерев'яних. Тільки для виготовлення окремих елементів вікна застосовуються не суцільні бруски, а порожнисті багатокамерні пластикові профілі (рис. 1.2).

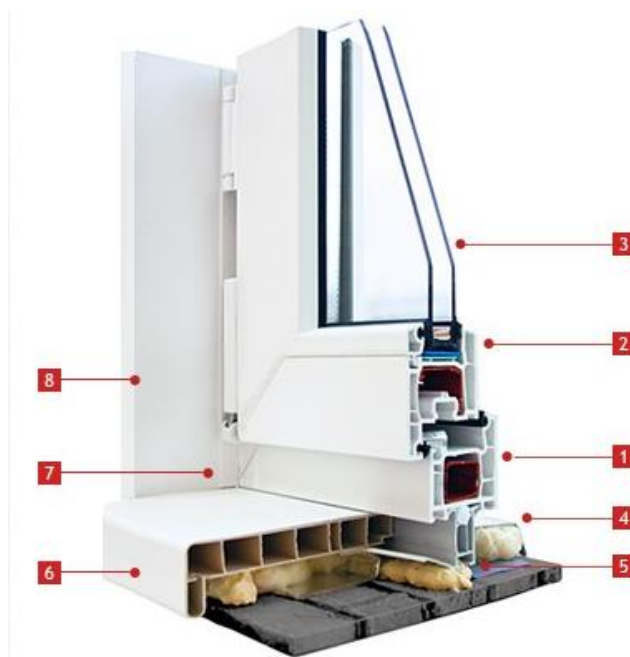


Рисунок 1.2 – Конструкція віконного блоку з ПВХ:

1 – рама, 2 – створка, 3 – склопакет, 4 – водовідлив, 5 – підставочний профіль, 6 – підвіконня, 7 – з'єднувальний профіль, 8 – панель відкосу.

Незалежно від виробника, по своїй конструкції усі ПВХ-системи утворені тонкостінними порожнистими профілями (як основними, так і додатковими), що мають декілька камер, заповнених повітрям (рис. 1.3).

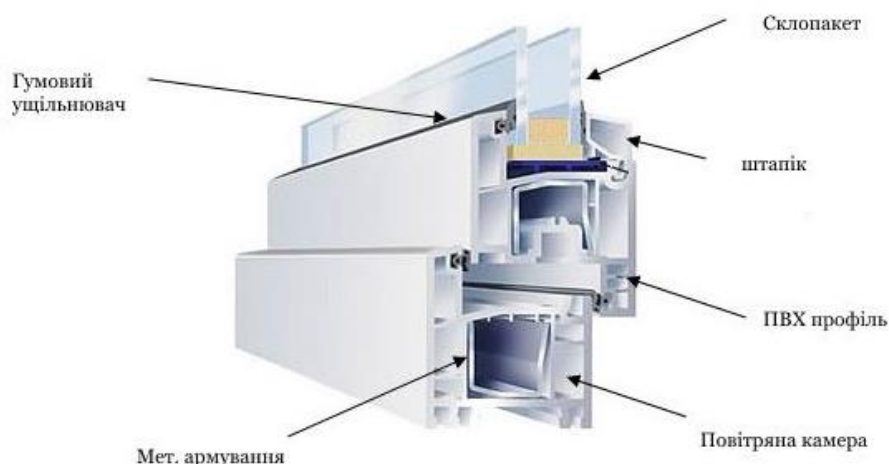


Рисунок 1.3 – Конструкція ПВХ-системи.

Залежно від вимог, що пред'являються, можуть використовуватися основні профілі з різним числом камер (як правило, трьох-, чотирьох- або п'ятикамерні) [27]. При цьому зі збільшенням числа камер росте значення термічного опору профілю, а також його жорсткість. Товщина стінок профілю, залежно від розташування, складає 1,5-3 мм. Найбільш поширені нині профілі мають три камери (рис. 1.4) – основна камера (поз. 1), дренажна камера (передкамеру) (поз. 2) і камера для кріплення фурнітури (поз. 3).

Основна камера служить для установки підсилюючого вкладиша (армуючого профілю). Армуючи вкладиші, як правило, виконуються з оцинкованої сталі, рідше з алюмінію і склопластика, і оберігають профілі від надмірних прогинів, які можуть мати місце внаслідок низького значення модуля пружності ПВХ. Вітрове навантаження на армуючий вкладиш передається через горизонтальні ребра жорсткості в дренажній камері. Таким чином, здійснюється спільна робота ПВХ і сталі у віконному профілі.

За рахунок наявності армуючого вкладиша, вікна з ПВХ дістали свою другу назву – металопластикові вікна.

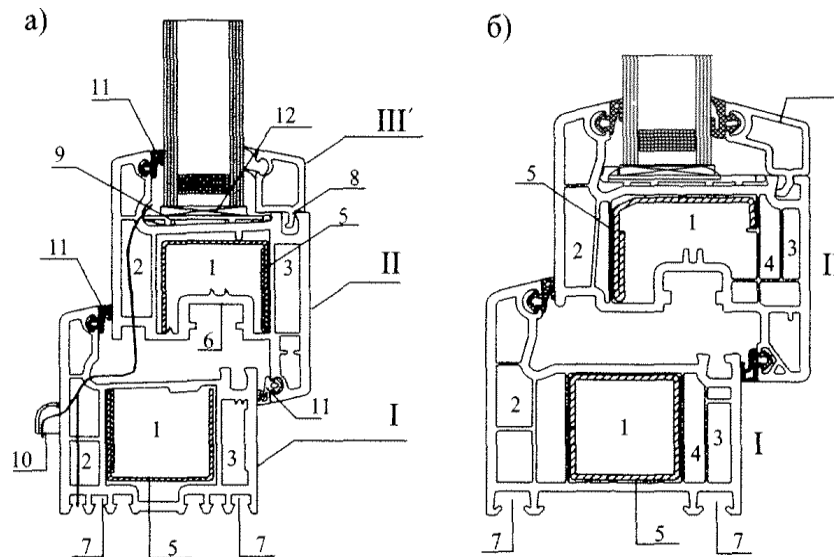


Рисунок 1.4 – Конструкція віконних профілів із ПВХ: а) трьохкамерна рама і стулка; б) багатокамерна рама і стулка; I – профіль коробки (рама), II – профіль стулки (стулка), III – штапик; 1 – основна камера; 2 – дренажна камера (предкамера); 3 – камера для кріплення фурнітури; 4 – додаткова камера для збільшення термічного опору; 5 – армування; 6 – паз для кріплення фурнітури; 7 – пази для кріплення додаткових профілів; 8 – паз для кріплення штапика; 9 – похилий фальц для відведення води; 10 – водовідведення; 11 – ущільнення; 12 – підкладка під склопакет.

При використанні ПВХ в інтервалі температур від $+40^{\circ}\text{C}$ до $+60^{\circ}\text{C}$, силові навантаження, що діють на нього, мають бути понижені.

У зоні негативних температур може використовуватися тільки так званий модифікований ПВХ, що містить спеціальні добавки, які збільшують його ударну в'язкість при температурах нижче 0°C . Такий ПВХ здатний добре сприймати динамічні навантаження при температурі до -40°C [28, 29].

ПВХ-профілі отримують методом екструзії – безперервного витискування розм'яклого матеріалу через отвір певного перерізу при температурі $80\text{--}120^{\circ}\text{C}$. Для набуття необхідних властивостей профілів – світлостійкості, стійкості до атмосферних дій, колірного відтінку, якості

поверхні, зварюваності і тому подібне, в ПВХ додають стабілізатори, модифікатори, пігменти і допоміжні добавки.

Профілі поставляються виробниками довжиною 6,5 м, а на складальних ділянках їх нарізають необхідного розміру. Потім профілі армуються стальними підсилюючими елементами, в них фрезеруються необхідні отвори (для відводу води і провітрювання, а також для кріплення фурнітури).

З'єднання окремих профілів рами і створки виконується зварюванням в стик. Закріплення імпоста здійснюється за допомогою кріпильних елементів, а штапик просто вставляється в відповідні пази рами або стулки.

Ущільнення в стулці конструкції виконується єдиним шматком ущільнювальної гуми. Вставляють ущільнювач в паз починаючи з верхньої частини вікна. Точніше з середини верхньої поперечини конструкції. Ущільнювач ставиться без розривів, цілим шматком. Стикується ущільнювач за допомогою спеціального клею.

Важливе місце займають системи скління, яким необхідно приділити особливу увагу.

Скло є традиційним матеріалом, що використовується в якості заповнення світлового проїому. До недавнього часу для зменшення тепловтрат використовувались традиційні системи застосування двох і трьох скляних конструкцій з великими повітряними проміжками. В теперішній час невід'ємною складовою частиною вікон став склопакет.

Склопакети складаються з двох або декількох стекол, герметично з'єднаних по контуру і розділені між собою повітряними або заповненими інертними газами прошарками (рис. 1.5).

Склопакети можуть складатися як із звичайного скла, так і спеціального, селективного, що зменшує тепловтрати. Використовуючи різні види скла і плівок з різними покриттями, відстанями між склом і складом газонаповнення склопакетів можна отримати вікна з заданими характеристиками.

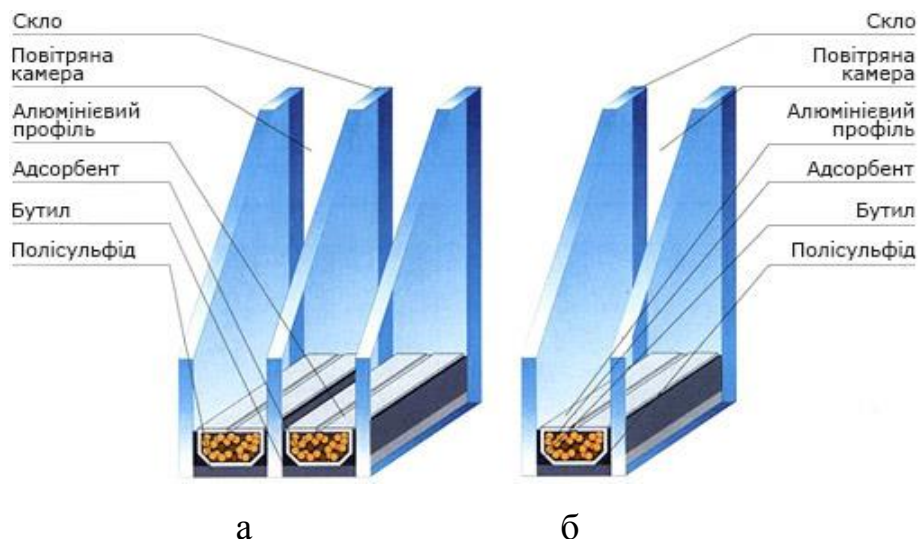


Рисунок 1.5 – Склопакети різної конструкції:
а – двокамерний; б – однокамерний.

Переваги пластикових вікон.

1. Висока довговічність і стійкість до всіх видів атмосферних впливів: термін експлуатації якісного ПВХ вікна не менше 20 років. Вікна з ПВХ мають високий рівень стійкості до погодних умов: вони малочутливі до снігу, дощу, граду, бурі, температурних перепадів.

2. Естетичний зовнішній вигляд: металопластикові вікна скрасять будь-який інтер'єр. Сучасні технології виробництва дозволяють виробляти вікна з ПВХ різних кольорів, розмірів і форм, в будь-якому дизайні і стилі.

3. Герметичність: ПВХ вікна забезпечують високий рівень тепло- і шумоізоляції, що досягається герметичністю стиків і використанню склопакетів. При їх використанні скорочуються витрати на опалення. Гарна шумоізоляція актуальна для будівель в межах великого міста.

4. Простота в експлуатації: профіль ПВХ можна мити звичайними миючими засобами, що не містять розчинників або абразивних речовин. Не потрібно періодично фарбувати, утеплювати в зимовий період.

5. Пожежна стійкість: ПВХ - важкозаймистий і самозатухаючий матеріал. ПВХ вікна відповідають всім стандартам пожежної безпеки, як національним, так і міжнародним.

Таким чином, пластикові вікна набули великого попиту і розповсюдження в будівництві завдяки своїм якостям і перевагам в порівнянні з дерев'яними вікнами.

«Впровадження в практику будівництва одностулкових вікон з вузькою коробкою з ПВХ спричинило ряд помилок при проектуванні зовнішніх стін будівель, а також при монтажі ПВХ вікон, що полягають в неврахуванні при теплотехнічних розрахунках і розробці проектів особливостей розташування вікон в прорізах стін і вузлів примикання» [32,800].

«Одна із помилок первинного впровадження таких вікон пов'язана з малою шириною коробок і стулок віконних блоків в межах 60-80 мм. На внутрішніх поверхнях вікна і віконних відкосів виникають зони зі зниженими температурами, що призводять до утворення конденсату» [32,800].

Тепловтрати через віконні прорізи і вузли примикання вікон до стін можуть досягати 20-30% [30-32].

Сучасні вікна з ПВХ мають вузьку коробку, тому потрібно встановити місце їх розташування в товщі стіни і дослідити яким чином можна зменшити тепловтрати через вузли примикань вікон до зовнішніх стін.

Для вирішення поставлених задач потрібно дослідити яким чином розподілені теплові поля в товщі стіни, а точніше як розташовуються ізотерми в однорідних (одношарових стінах) і неоднорідних (трьохшарових стінах) для того щоб визначити місце розташування вікна по товщині стіни.

Також потрібно визначити тепловтрати примикання для забезпечення теплоефективності вузлів примикання вікон до стіни і таким чином підвищити рівень енергозбереження.

Розділ 2

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Методика розрахунку теплових полів у стінових конструкціях і вузлах примикань світлопрозорих конструкцій за допомогою програмного комплексу THERM.

Дослідження температурних полів передачу тепла через стіни і вузли примикання світлопрозорих огорожувальних конструкцій до стін дозволяє виконати програмний комплекс THERM, який є у вільному доступі на сайті Національної лабораторії Лоуренса Берклі (windows.lbl.gov) [33] і дозволяє дослідити температури в стіні і у вузлі примикання. Його вибрано для виконання досліджень в даній магістерській роботі. Тому слід більш детально зупинитись на можливостях і методології розрахунків за допомогою вищевказаної програми.

«THERM – сучасна комп'ютерна програма, що функціонує під управлінням операційної системи 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» [33]. Використовуючи THERM, можна моделювати двовимірну теплопередачу в різних конструкціях будівлі. Програма THERM дозволяє оцінити теплопередачу та локальні температури зразка, що дозволяють вирішити питання, пов'язані з конденсацією, вологістю матеріалу виробу і його герметичністю.

Двовимірний аналіз теплопередачі програми THERM заснований на методі кінцевих елементів, який може моделювати складні конфігурації будівельних конструкцій.

Графічний інтерфейс програми дозволяє креслити перерізи конструкцій або їх частин. А в подальшому виконувати їх теплотехнічний розрахунок. Для створення поперечних перерізів мається можливість трасування (обведення) імпортованих файлів в DXF або растровому форматі, або безпосереднє викреслювання геометрії конструкції по відомим розмірами. Поперечний переріз можна представити набором багатокутників. Користувач програми має можливість призначити властивості матеріалів для кожного багатокутника і умови середовища навколо конструкції, визначаючи тим самим граничні умови, навколо поперечного перерізу.

Після завдання умов, розрахунок теплопередачі виконуються автоматично. В подальшому користувач отримує результати розрахунку в різному вигляді. Наприклад у вигляді ізотерм, U-фактору (коефіцієнт теплопередачі), векторів теплового потоку, локальних температур.

Особливості обчислення:

- моделювання кутових коефіцієнтів (опроміненості) з урахуванням затіненості і самоопромінення. Це особливо корисно для моделювання конструкцій типу вікон оранжерей, зенітних ліхтарів, тощо;
- вдосконалене моделювання випромінювання для порожнин рами вікна необхідно для обліку ефекту самоопромінення елементів порожнин;
- при виборі моделювання типу "Індекс Конденсації" використовується локальна (в протилежність середньому числу) кореляція конвекції в склінні порожнин, що призводить до точніших локальних температур.

THERM має три основні компоненти:

- графічний інтерфейс користувача, який забезпечує відображення поперечного перерізу конструкції або його компонента, для якого виконується теплотехнічний розрахунок;
- компонент аналізу теплопередачі, який включає: автоматичний генератор розрахункової сітки для кінцево- елементного аналізу, модуль рішення рівнянь для отриманих елементів сітки, оцінної функції помилки

рішення і не обов'язкової моделі випромінювання з урахуванням самоопромінення і затіненості;

- модуль показу результатів розрахунку (displayer).

Аналіз теплопередачі.

THERM використовує рішення двовимірної (плоскою) задачі теплопровідності і радіаційний аналіз теплопередачі, ґрунтований на звичайно-елементному методі, який може моделювати складні конфігурації світлопрозорих конструкцій і інших компонентів будівлі. (Повне обговорення методу рішення доступне в Finlayson 1995 і Curcija та ін. 1995). Цей метод вимагає, щоб поперечний переріз був представлений у вигляді сукупності чотирикутних осередків (кінцевих елементів) розрахункової сітки. Цей процес виконується програмою THERM автоматично, використовуючи метод побудови послідовності чотирикутника. Як тільки задали геометрію поперечного перерізу, властивості матеріалів і граничні умови, THERM створює розрахункову сітку поперечного перерізу, виконує розрахунок системи рівнянь теплопередачі і оцінку погрішності, удосконалює сітку у разі необхідності, і видає рішення.

Результати розрахунку теплового поля досліджуємої моделі можуть бути представлені у вигляді: ізотерм, зображення векторів теплового потоку, градієнтів температур, кольорових ліній теплового потоку, значень температури - локальних, середніх, максимальної та мінімальної.

На рис. 2.1 показано відображення температура вказаної точки а результат розрахунку у вигляді ліній ізотерм. Для цього потрібно навести курсор миші на відповідну бажану точку і у верхньому лівому кутку робочої області відобразиться віконце з температурою у вказаній точці.

Отримані результати розрахунків у програмному комплексі THERM дозволяють проаналізувати конструктивні рішення вузлів огорожувальних конструкцій. Визначити чи відповідають досліджувані конструктивні рішення рівню теплопередачі та теплової надійності.

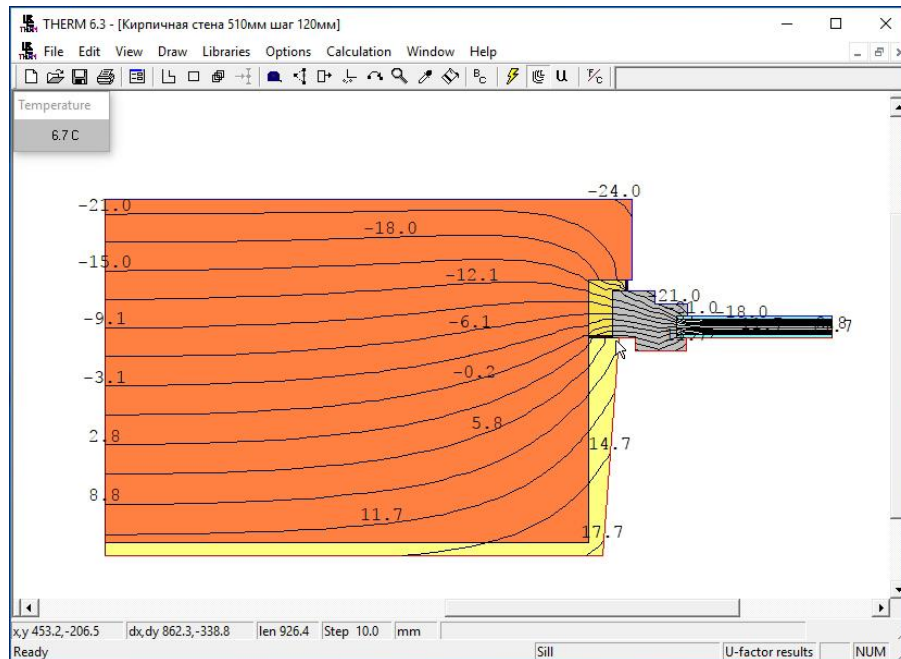


Рисунок 2.1 – Температура в конкретно заданій точці. Результат розрахунку у вигляді ізотерм.

На рис. 2.2 наведені результати розрахунку в формі кольорових ліній теплового потоку.

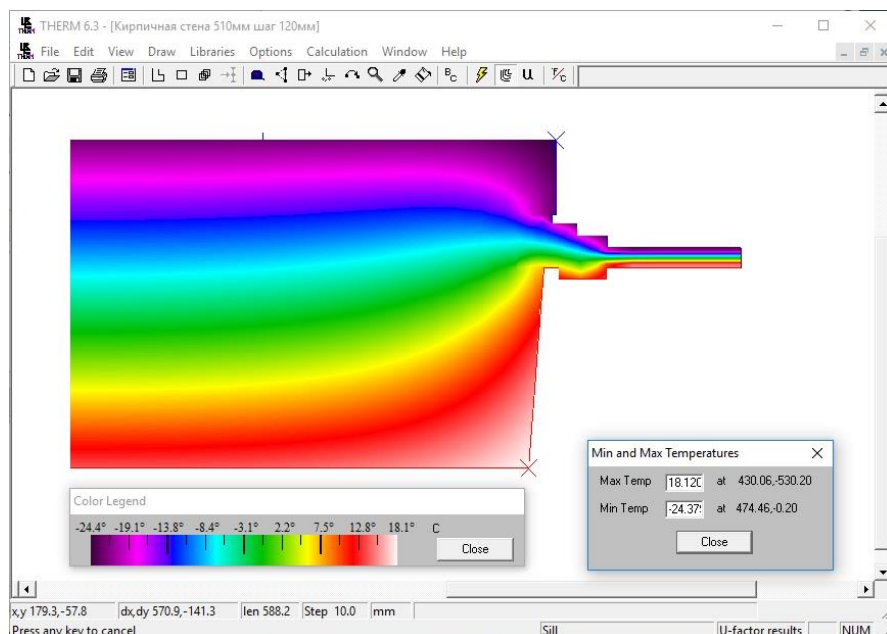


Рисунок 2.2 – Відображення результатів розрахунку в формі кольорових ліній теплового потоку.

Розділ 3

ДОСЛІДЖЕННЯ ВУЗЛІВ ПРИМИКАНЬ СВІТЛОПРОЗОРИХ ОГОРОДЖУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ ДО ЗОВНІШНІХ СТІН БУДІВЕЛЬ

3.1 Аналіз температурного режиму вузлів примикань світлопрозорих огорожувальних конструкцій в однорідних (одношарових) цегляних стінах

Температурний опір світлопрозорих огорожувальних конструкцій в 3-4 рази менший чим стінових огорожувальних конструкцій. Тому вікна є так званим «містком холоду». Рівень тепловтрат вікон вище ніж стін і як наслідок вони сприяють зниженню температури в приміщенні будівель.

Світлопрозорі огорожувальні конструкції ослаблюють термічний опір стін будівлі і сприяють додатковим втратам тепла в місцях їх улаштування. Біля віконних отворів зменшується поперечний переріз стіни, що створює додаткові умови для підвищених тепловтрат.

«На лінійній ділянці зовнішньої стіни, геометрично незмінної, ізотерми (ізотерма – лінія, що сполучає точки з однаковою температурою) розташовані паралельно поверхні, а тепловий потік направлений перпендикулярно ізотермам зсередини приміщення назовні» [3,60] (рис. 3.1). «Залежно від матеріалу в конструкції стіни змінюється хід ізотерм, що показують температуру в товщі стіни. При наближенні до вікна паралельні ізотерми згинаються у бік зовнішньої поверхні і переходять в плоскість монтажного шва и рами» [3,60] (рис. 3.2).

Таким чином, ізотерми показують величину температури у тілі конструкції чи у вузлі примикання. За допомогою ізотерм можна визначити і проаналізувати проблеми, що виникають. Схеми розподілу ізотерм дозволяють також провести оцінку в разі виникнення пошкоджень.

«Найважливішою ізотермою, що дозволяє виконати оцінку вузла з'єднання будівельних конструкцій, є ізотерма $10,7^{\circ}\text{C}$. Для запобігання утворенню конденсату на поверхні відкосу і вікна усередині приміщення при нормативних значеннях режиму температурної вологості, ця ізотерма повинна проходити усередині конструкції» [3,62]. За психрометричними таблицями при встановлених нормах [34] нормативному значенні температури повітря в житловому приміщенні $t_{\text{в}} = +20^{\circ}\text{C}$ та відносній вологості 55% температура точки роси складає $10,7^{\circ}\text{C}$. «Якщо повітря з температурою 20°C і вологістю 55% охолоджується до $10,7^{\circ}\text{C}$, то його відносна вологість збільшується до 100%, тобто повітря з температурою $10,7^{\circ}\text{C}$ насичене водою до межі. Якщо поверхня вікна (стіни) охолоджуватиметься далі, а також, і повітря, що граничить з ними, то почнеться утворення конденсату на вікні (стіні), оскільки повітря більше не в змозі утримувати воду» [35,1].

Для визначення температурного режиму у вузлі примикання вікна до зовнішньої стіни, по перше, потрібно дослідити розташування ізотерм в стіні. По друге, в вузлі примикання вікна до стіни. Дослідження виконуються в програмі THERM для температурних умов міста Кропивницький. Зовнішня стіна прийнята цегляна, одношарова, товщиною 510 мм (дві цеглини), яка є основною огорожувальною конструкцією існуючих малоповерхових будівель у м. Кропивницький. Віконний блок з ПВХ із товщиною коробки 70 мм.

Кліматичні умови прийняті згідно [36] для міста Кропивницький: «температура довкілля -22°C (розрахункова температура зовнішнього повітря); температура в приміщенні $+20^{\circ}\text{C}$ » [15,29]. Відносна вологість повітря 55%.

Приклад результатів розрахунків наведені на рис. 3.1, 3.2.

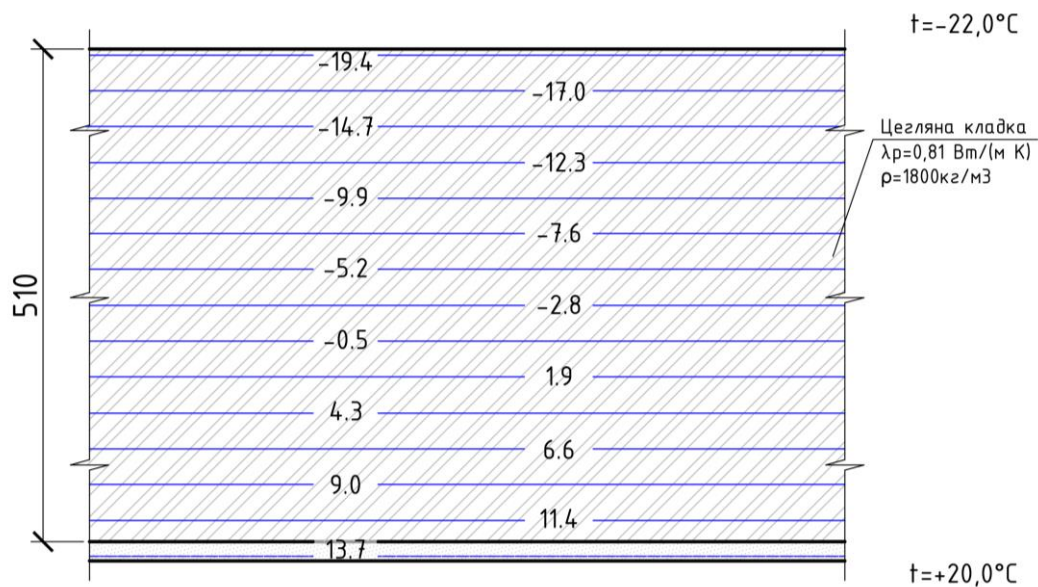


Рисунок 3.1 – Ізотерми в товщі одношарової суцільної цегляної стіни на рівній ділянці.

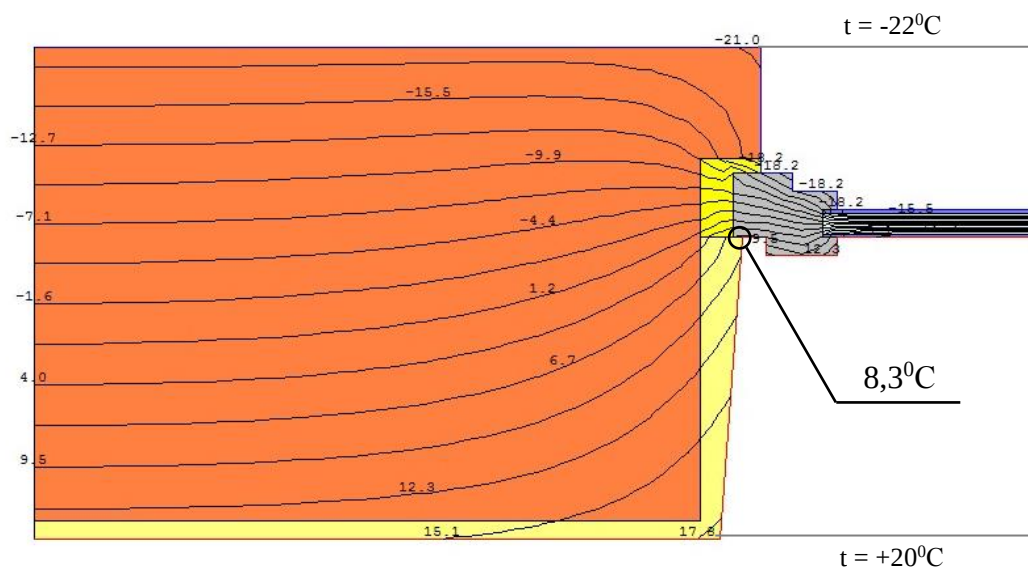


Рисунок 3.2 – Ізотерми у вузлі примикання вікна до суцільної цегляної стіни.

Зовнішня стіна на суцільній ділянці однорідна з точки зору теплофізики. Ізотерми в ній розташовані паралельно поверхні стіни (рис. 3.1), а тепловий потік спрямований зсередини приміщення назовні перпендикулярно ізотермам. Але на деяких ділянках стіни, що геометрія стіни змінюється. Це зовнішні кути примикання зовнішніх стін, навколо дверей і вікон. Розташування ізотерм, а відповідно і розподіл температур перестає бути рівномірним. При наближенні до вікна паралельні ізотерми вигинаються (рис. 3.2). Особливо це відмічено у місці стику віконної рами та стіни. Температура стіни в цій зоні знижується. Існує ймовірність наближення температури до точки роси, при якій на поверхні відкосів і вікна конденсується волога.

«Розрахунки та досвід експлуатації показують, що частина відкосу й коробки вікна може опинитися в зоні точки роси, що у свою чергу приводить до утворення в цьому місці конденсату по всьому периметру вікна (рис. 3.3)» [3,62]. При цьому різко падає локальний термічний опір огорожувальної конструкції. Збільшуються втрати тепла через відкіс. Опір теплопередачі падає та відбувається промерзання відкосу.

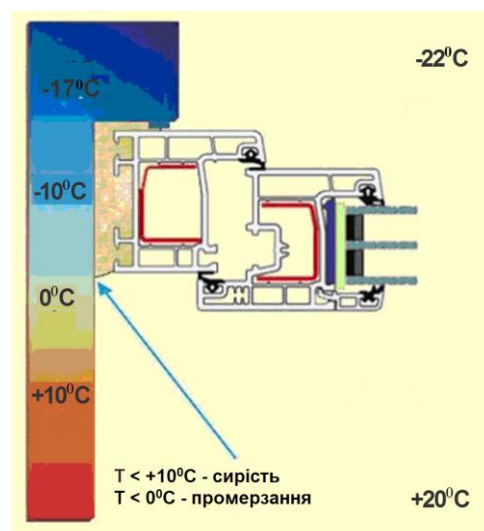


Рисунок 3.3 – Розподілення температур по товщині стіни.

Вирішення цієї проблеми можливо декількома способами.

У першому випадку вікно зміщується в зону позитивних температур. Застосування широкої коробки або утеплювача дозволить збільшити опір теплопередачі. Таким чином утворення конденсату стає неможливим. Промерзання відкосу не відбувається.

При зміщенні вікна в зону підвищених температур треба дослідити температурні поля, які виникають у вузлі примикання в кожному положенні вікна.

Для прийнятого в дослідженнях житлового будинку в м. Кропивницький товщина зовнішніх стін складає 510 мм (дві цеглини).

Стіна будинку цегляна, одношарова, виконана із звичайної керамічної цегли щільністю $\rho_0 = 1800 \text{ кг/м}^3$.

Кліматичні умови прийняті для міста Кропивницький [36]: «температура довкілля -22°C (розрахункова температура зовнішнього повітря); температура в приміщенні $+20^\circ\text{C}$ » [15]. Відносна вологість повітря 55%.

Віконний блок з ПВХ із товщиною коробки 70 мм, розташований відразу за чвертю, відстань від зовнішньої поверхні стіни 120 мм.

Для утеплення зовнішнього відкосу застосовуємо вкладиш з екструдованого пінополістиролу щільністю $\rho = 30 \text{ кг/м}^3$ (теплопровідність $\lambda_p = 0,037 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$), товщиною 65 мм, що дорівнює ширині чверті цеглини.

Дослідження виконуються за допомогою програмного комплексу THERM.

Для побудови графіка залежності температури внутрішнього укусу від положення вікна в товщі стіни виконано 11 розрахунків у програмі THERM при розміщенні віконного блоку від 120 до 270 мм від зовнішньої поверхні стіни з кроком зміщення 15 мм. Характерні приклади результатів розрахунків наведені на рис. 3.2 і 3.4. Останні результати досліджень винесені в додатки (рис. А.1).

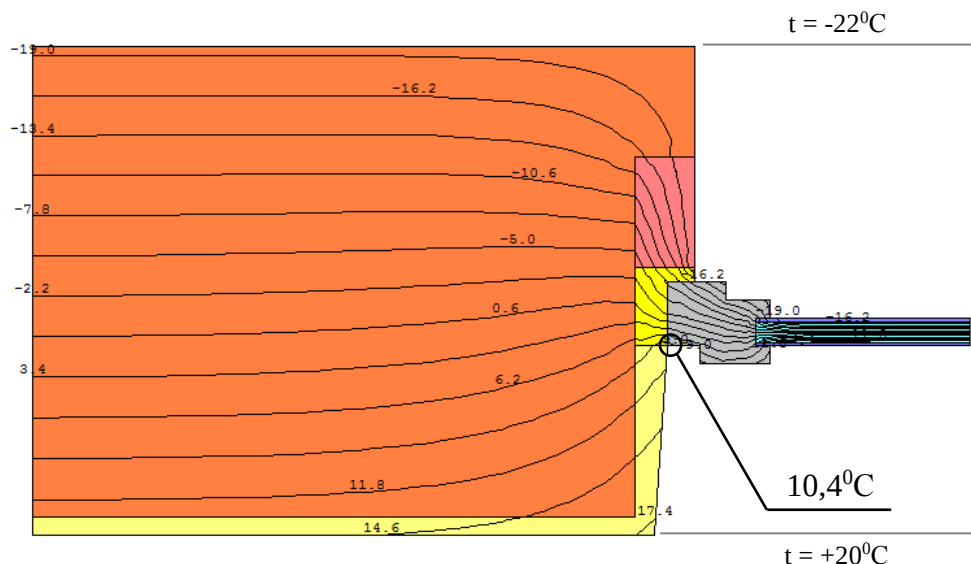


Рисунок 3.4 – Розподілення (ізотерм) температур в зоні примикання вікна з ПВХ, розташованого на відстані 240 мм від зовнішньої поверхні стіни, до одношарової суцільної цегляної стіни.

Данні результатів проведених досліджень представлено в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати досліджень впливу положення вікон з ПВХ в товщі суцільної цегляної стіни на температуру у внутрішньому куті примикання вікна до стіни.

Стіна та вікно (горизонтальний розріз)	Відстань зміщення вікна по товщі стіни, l мм	Температура у внутрішньому куті примикання вікна до стіни, t °C
	120	8,3
	135	8,8
	150	9,2
	165	9,4
	180	9,6
	195	9,8
	210	10,1
	225	10,3
	240	10,4
	255	10,8
	270	11,0

Проведені дослідження дозволили побудувати залежність температури у внутрішньому куті примикання вікна ПВХ (поверхні відкосу) від глибини установки вікна в товщі суцільної цегляної стіни виконаної з звичайної керамічної цегли щільністю 1800 кг/м^3 , що зображена на рис. 3.5.

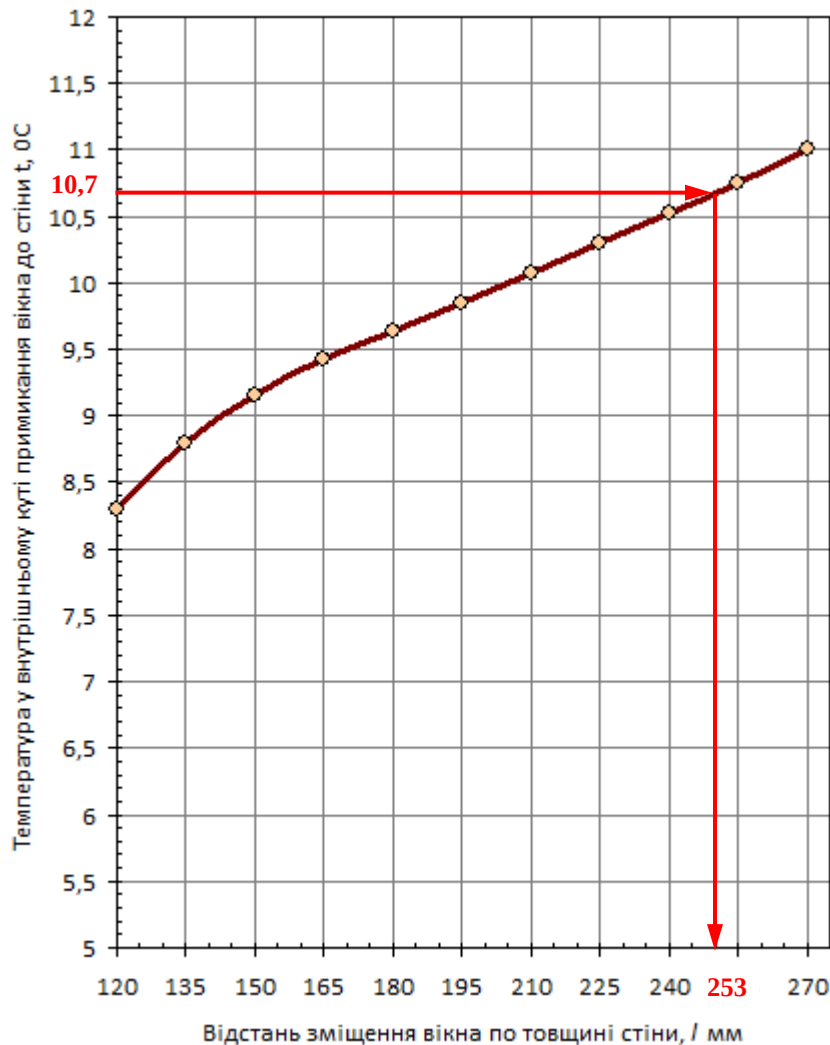


Рисунок 3.5 – Графік залежності температури у вузлі примикання вікна ПВХ до суцільної цегляної стіни виконаної з звичайної керамічної цегли щільністю 1800 кг/м^3 від розташування вікна у товщі стіни.

Аналіз виконаних досліджень показав, що в суцільній цегляній стіні зміщуючи вікно в зону додатних температур підвищується температура у вузлі примикання. Найбільш вигідним місцем установки вікна є відстань 250-255 мм. Це приблизно середина відкосу. При такому положенні вікна на його поверхні і поверхні відкосу конденсат не утворюється і промерзання відкосу неможливе (рис. 3.6).

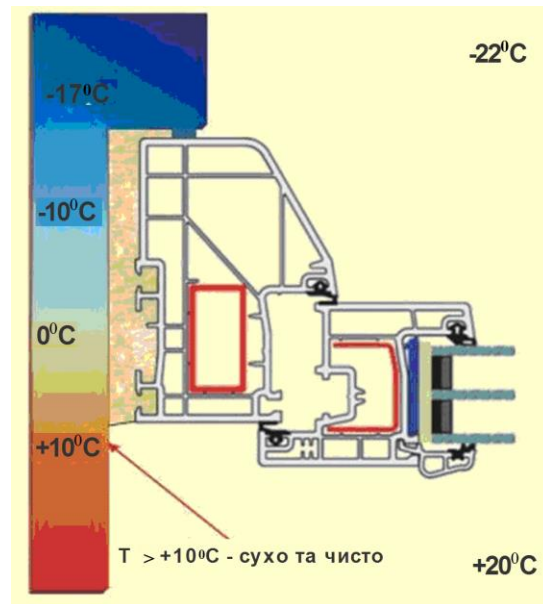


Рисунок 3.6 – Розподілення температур по товщині стіни при зміщенні вікна в бік приміщення.

Дане рішення може застосовуватись в існуючих будівлях з цегляними стінами при їх термомодернізації, іншими словами при заміні дерев'яних вікон на вікна з ПВХ. При новому будівництві стіни даної конструкції для нового будівництва не застосовуються, так як вони не відповідають нормативному опору теплопередачі огорожувальних конструкцій відповідно [15].

3.2 Аналіз температурного режиму вузлів примикань світлопрозорих огорожувальних конструкцій в неоднорідних (багатошарових) цегляних стінах

Зміщення вікна в бік приміщення зменшує рівень освітленості помешкання і зменшує розміри підвіконня, що в свою чергу негативно впливає на інтер'єр приміщення, змінює вигляд фасаду, потребує додаткових витрат на улаштування пінополістерольного утеплення відкосу або наявності широкої додаткової віконної коробки [37]. Даний спосіб зниження тепловтрат має обмежену галузь застосування.

Для того, щоб запобігти промерзанню відкосу не зміщуючи вікно в товщу стіни, в тіло стіни поміщається ефективний теплоізоляційний матеріал з низьким коефіцієнтом теплопровідності (наприклад екструзійний пінополістирол) (рис. 3.7), який перешкоджає інтенсивному відтоку тепла через відкос віконного отвору по мінімально можливому шляху.

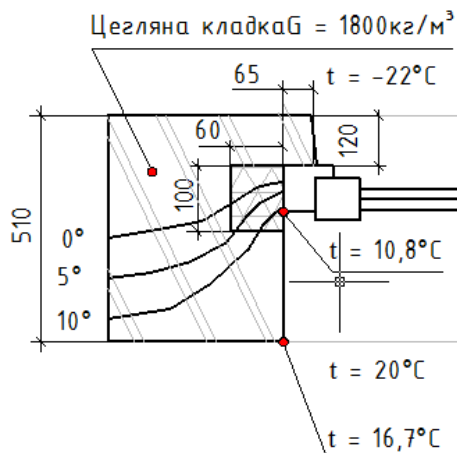


Рисунок 3.7 – Температурні поля в вузлі примикання вікна до стіни з цегли при додатковому утепленні вкладишем з пінополістиролу.

Таке рішення показує, що введення в тіло стіни теплоізоляційного матеріалу дозволяє змістити ізотерми і створити додатні температурні поля в місті примикання вікна до стіни, тим самим виключити втрати тепла через віконний відкос і вузол примикання.

Перевагою цього варіанту є те, що зберігається традиційне розташування вікна зразу за чвертю при незмінних габаритах внутрішньої віконної ніші і підвіконня.

Альтернативою введення вкладиша з теплоізоляційного матеріалу може бути застосування багатошарової конструкції стіни. Це дасть можливість не тільки підвищити теплоізоляційні показники в місцях примикання віконних блоків до стін, а і значно покращити теплоізоляційні властивості зовнішніх стін.

Запропонована трьохшарова конструкція зовнішньої стіни – фасадна цегла, шар утеплювача і звичайна керамічна цегла (рис. 3.8).

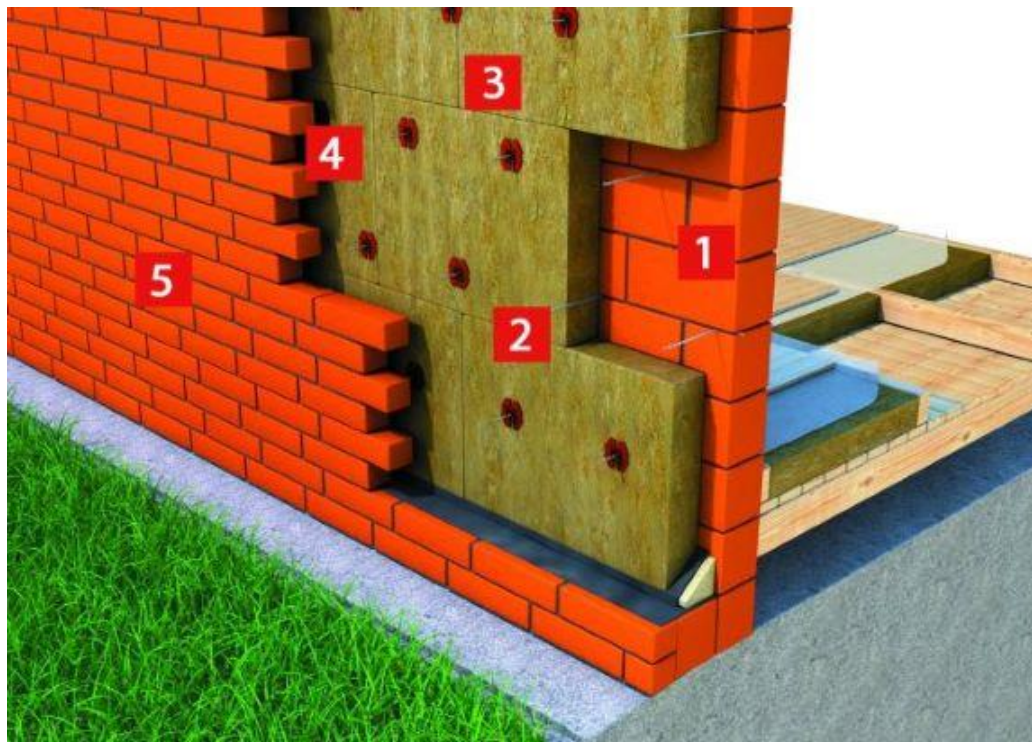


Рисунок 3.8 – Конструкція трьохшарової стіни з оздоблювальним шаром цегли:

- 1 – несуча частина стіни (внутрішня верста); 2 – зв'язки;
- 3 – теплоізоляційні плити; 4 – елементи кріплення;
- 5 – зовнішня кладка (зовнішня верста) з облицювальної цегли.

Товщина зовнішньої стіни прийнятої в дослідженнях, як і в попередньому випадку складає 510 мм (дві цеглини), але має багатошарову конструкцію.

Внутрішня верста, несуча частина стіни виконана із звичайної керамічної цегли (щільністю $\rho_0 = 1800 \text{ кг/м}^3$) товщиною 250 мм.

В якості теплоізоляційного матеріалу в конструкції багатошарової стіни застосовуємо теплоізоляційні плити з кам'яної вати.

Для багатошарових кладок слід застосовувати напівжорсткі плити з кам'яної вати, які гарно зберігають геометричну цілісність (не дають усадку) на протязі всього терміну служби.

В якості утеплювача застосовуємо теплоізоляцію фірми ROCKWOOL, а саме напівжорсткі плити із кам'яної вати Rockton (щільністю $\rho = 50 \text{ кг/м}^3$) (теплопровідність $\lambda_p = 0,035 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$), що спеціально розроблені для застосування в якості середнього теплоізоляційного шару в трьохшарових зовнішніх стінах.

Товщина утеплюючого шару відповідно до виконаного теплотехнічного розрахунку (Додаток Д) складає 140 мм.

Зовнішня частина стіни (зовнішня верста) виконана товщиною 120 мм (пів цеглини) із фасадної (лицювальної) цегли щільністю $\rho_0 = 1700 \text{ кг/м}^3$.

Утеплення зовнішнього відкосу, при зміщенні вікна виконуємо, як і в попередніх дослідженнях. Утеплення шва між коробкою вікна і стіною, або утеплювачем стіни здійснюється за допомогою монтажної піни.

Дослідження виконуються за допомогою програмного комплексу THERM.

Кліматичні умови прийняті для міста Кропивницький відповідно [36].

Віконний блок з ПВХ із товщиною коробки 70 мм, розташований відразу за чвертю, відстань від зовнішньої поверхні стіни складає 120 мм (рис. 3.9).

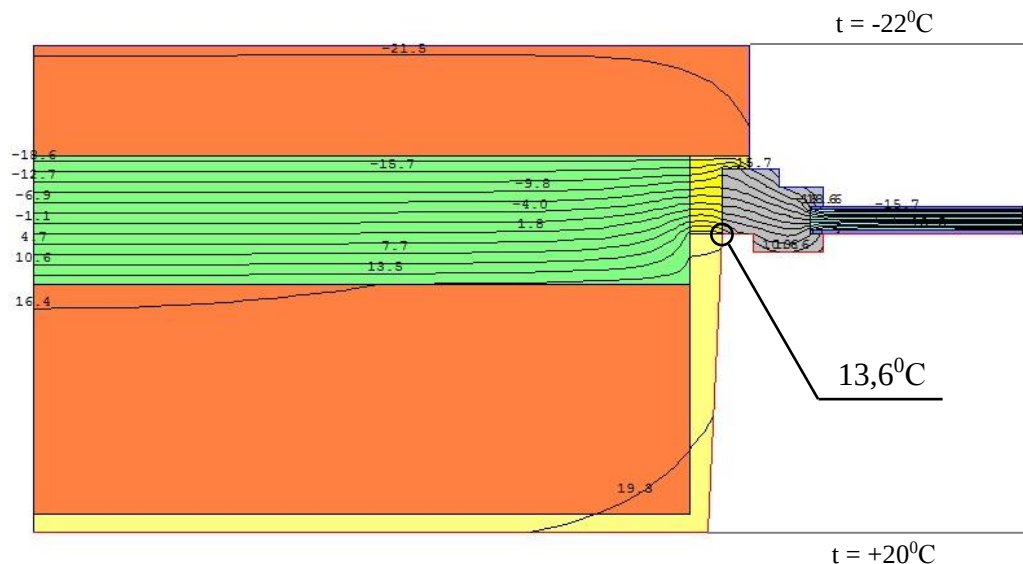


Рисунок 3.9 – Розподілення (ізотерм) температур на ділянці примикання вікна з ПВХ до трьохшарової цегляної стіни (з внутрішнім шаром утеплювача).

Аналіз результатів показав, що в цегляній стіні з шаром утеплювача зміщувати вікно в середину приміщення не має потреби, так як шар утеплювача створює гарні температурні умови внутрішнього відкосу. Температура у внутрішньому куті $13,6^{\circ}\text{C}$, отримана в результаті дослідження значно перевищує точку роси $10,7^{\circ}\text{C}$, що виключає можливість утворення конденсату на внутрішній поверхні вузла примикання.

Однак, попередні дослідження суцільної цегляної стіни показали, що зміщення вікна в товщу стіни також призводить до підвищення температури на поверхні внутрішнього відкосу. І тому викликає цікавість яким чином буде змінюватись температура відкосу при зміщенні вікна в середину приміщення у цегляній стіні багатошарової конструкції.

Умови проведення дослідження не змінюються. Крок зміщення віконного блоку відносно зовнішньої поверхні стіни у бік приміщення приймається 15 мм.

Для побудови графіка залежності температури внутрішнього укусу від положення вікна в товщі стіни виконано 11 розрахунків у програмі THERM при розміщенні віконного блоку від 120 до 270 мм від зовнішньої поверхні стіни з кроком зміщення 15 мм. Найбільш наочні приклади результатів розрахунків наведені на рис. 3.9 і 3.10. Останні результати досліджень винесені в додатки рис. Б.1.

Результати проведених досліджень представлено в табл. 3.2.

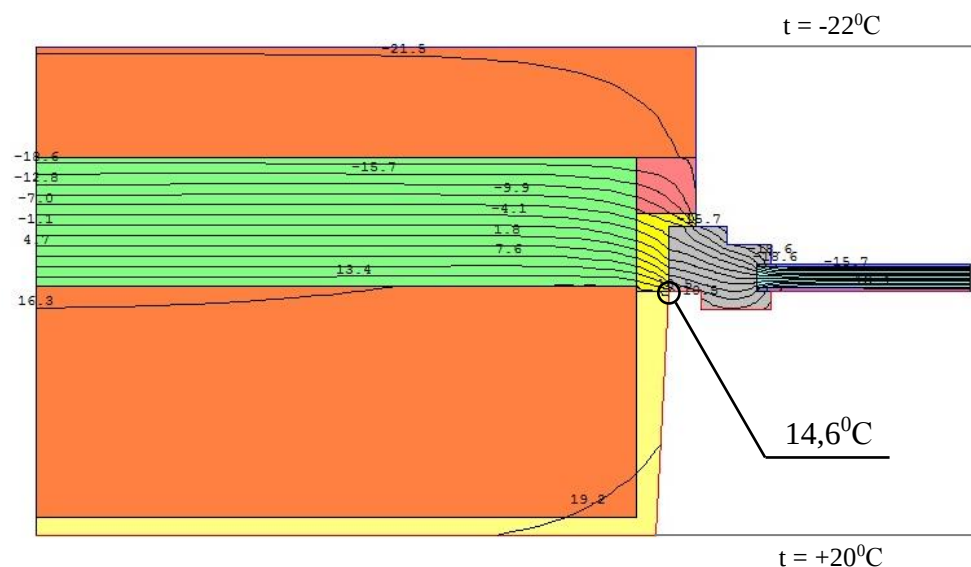
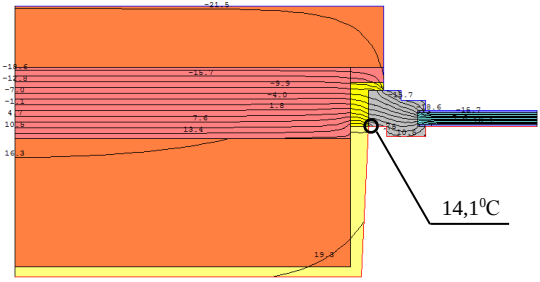


Рисунок 3.10 – Розподілення (ізотерм) температур на ділянці примикання вікна з ПВХ до трьохшарової цегляної стіни (розташування віконного блоку на відстані 180 мм від зовнішньої поверхні стіни).

Проведені дослідження дозволили побудувати залежність температури у внутрішньому куті примикання вікна ПВХ (поверхні відкосу) від глибини установки вікна в товщі трьохшарової зовнішньої стіни (як і в попередньому випадку товщиною 510 мм (дві цеглини)) виконаної з звичайної керамічної цегли щільністю 1800 кг/м^3 , шару утеплювача товщиною 140 мм щільністю 50 кг/м^3 і фасадної (лицювальної) цегли товщиною 120 мм (пів цеглини) щільністю 1400 кг/м^3 , що зображена на рис. 3.11.

Таблиця 3.2 – Результати досліджень положення вікон з ПВХ в товщі трьохшарової цегляної стіни (з внутрішнім шаром утеплювача) на температуру у внутрішньому куті примикання вікна до стіни.

Стіна та вікно (горизонтальний розріз)	Відстань зміщення вікна по товщі стіни, l мм	Температура у внутрішньому куті примикання вікна до стіни, t °C
	120	13,6
	135	13,9
	150	14,1
	165	14,5
	180	14,6
	195	14,1
	210	14,2
	225	14,3
	240	14,5
	255	14,6
	270	14,2

Виконані дослідження показали, що зміщення вікна в товщу цегляної багатошарової стіни також призводить до підвищення температури на поверхні внутрішнього відкосу. І найбільш оптимальною з точки зору найменших тепловтрат є відстань 180 мм від зовнішньої частини стіни, так як температура у внутрішньому куті вузла примикання (відкосу) складає 14,6⁰C (рис. 3.10) і є найвищою з усіх отриманих температур в ході дослідження зміщення вікна в товщу стіни.

Аналіз графіка (рис. 3.11) дозволив встановити, що підвищення температури у вузлі примикання відбувається під час знаходження віконного блоку в зоні утеплювача (рис. Б.2). Як тільки віконний блок попадає в зону внутрішньої версти температура у вузлі примикання падає. Тому в стінах з шаром утеплювача віконний блок слід розташовувати безпосередньо в зоні утеплювача.

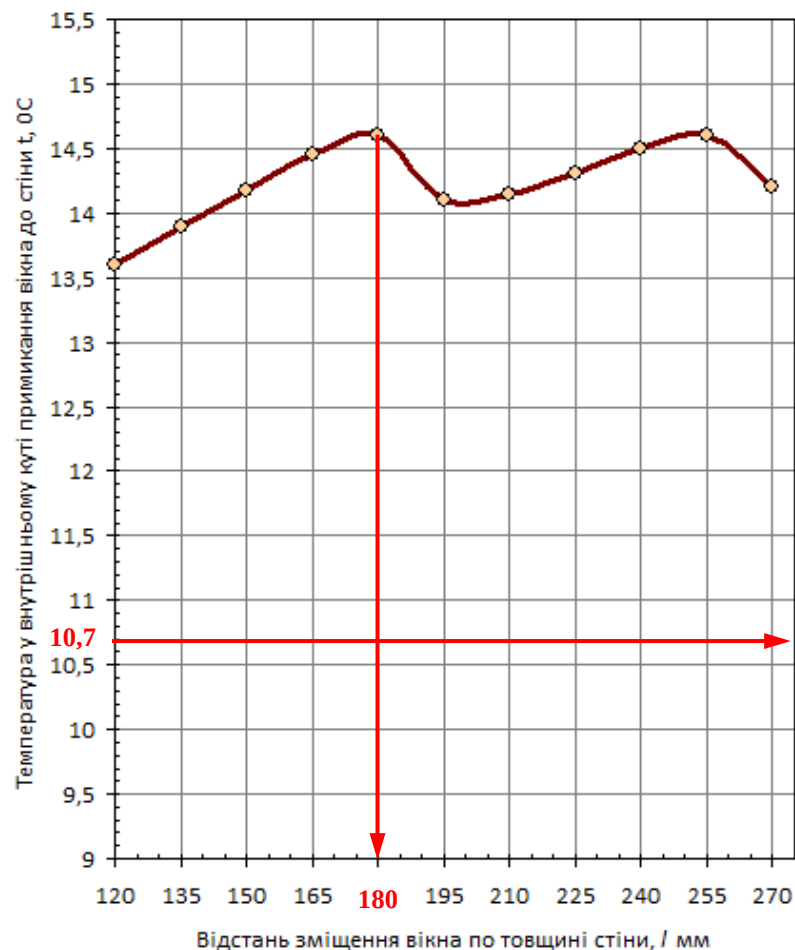


Рисунок 3.11 – Графік залежності температури у вузлі примикання вікна ПВХ до трьохшарової зовнішньої стіни товщиною 510 мм від розташування вікна у товщі стіни.

Проведений аналіз температурних полів (рис. Б.2) показує, що при збереженні традиційного розташування вікна в площині стіни (відразу за четвертю) воно знаходиться в зоні додатних температур і що найважливіше ізотерма $10,7^{\circ}\text{C}$ знаходиться в конструкції вікна. Також наочно видно, що теплотехнічні властивості багатошарової конструкції стіни значно кращі ніж суцільної цегляної стіни.

Дане рішення може застосовуватись при новому будівництві, так як цегляні стіни багатошарової конструкції відповідають нормативному опору теплопередачі огорожувальних конструкцій відповідно [15] і широко застосовуються у сучасному будівництві.

Таким чином, зміщення вікна в середину приміщення і застосування багатошарової конструкції зовнішньої стіни вирішує проблему промерзання відкосів і значно покращує температурний режим в вузлі примикання вікна до зовнішньої стіни при термомодернізації і новому будівництві.

Для підвищення рівня енергозбереження існуючих і нових будинків потрібно враховувати, що вузли примикання світлопрозорих конструкцій повинні задовольняти умовам не утворення конденсату і не промерзання, а і мати гарні теплотехнічні показники.

Тому потрібно виконати розрахунок кількості теплових втрат через вузли примикання віконних блоків для запропонованих і досліджених в попередніх розділах конструктивних рішень для зовнішніх суцільних і багатошарових цегляних стін.

3.3 Розрахунок кількості теплових втрат через примикання віконних блоків для різних конструктивних рішень зовнішніх стін

Втрати тепла через досліджувані вузли примикання віконних блоків до зовнішніх стін при стаціонарному тепловому режимі визначаємо за допомогою програмного комплексу THERM.

Кліматичні умови: «температура довкілля -22°C (розрахункова температура зовнішнього повітря); температура в приміщенні $+20^{\circ}\text{C}$ » [15,29], прийняті відповідно [36] для міста Кропивницький.

Тривалість опалювального періоду прийнята рівною одиниці; площа розрахована на 1 метр висоти. Отримана кількість теплових втрат у Ватах.

Розглянемо конструкції стін і вузлів примикання до них віконних блоків цивільних будівель, які аналізувалися в попередніх розділах.

Відповідно до попередніх досліджень приймаємо: стіна будинку цегляна, одношарова, виконана із звичайної керамічної цегли щільністю $\rho_0 = 1800 \text{ кг/м}^3$ на цементному розчині товщиною 510 мм.

Вузол примикання складається з зовнішнього відкосу – цементно-піщаний розчин, заповнення шва – монтажна піна, внутрішній відкос штукатурний розчин (рис. А.1, В.1).

Вікна прийняті металопластикові з трьох-камерним профілем фірми "RENAU" шириною коробки 70 мм з двокамерним склопакетом.

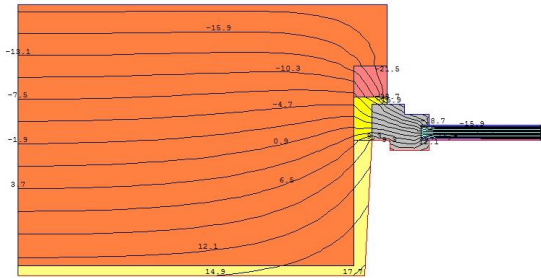
Віконний блок розміщений відразу за чвертю на відстані 120 мм від зовнішньої поверхні стіни. Крок зміщення віконного блоку у бік приміщення приймається 30 мм.

Для утеплення зовнішнього відкосу застосовуємо вкладиш з екструдованого пінополістиролу щільністю $\rho = 30 \text{ кг/м}^3$ (теплопровідність $\lambda_p = 0,037 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$), товщиною 65 мм, що дорівнює ширині чверті цеглини (рис. Б.1).

Втрати тепла розраховано для шести положень віконного блоку відповідно кроку зміщення від 120 до 270 мм від зовнішньої поверхні стіни.

Отримані результати проведених досліджень зводимо в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Результати досліджень положення вікон з ПВХ в товщі суцільної цегляної стіни на тепловтрати у вузлі примикання.

Стіна та вікно (горизонтальний розріз)	Відстань зміщення вікна по товщі стіни, мм	Тепловтрати у вузлі примикання вікна до стіни, Ватт
	120	66,811
	150	65,423
	180	64,223
	210	63,398
	240	62,522
	270	61,935

На основі даних табл. 3.3 побудована залежність кількості тепловтрат у вузлі примикання вікна від його положення в товщі суцільної цегляної стіни зі звичайної керамічної цегли щільністю 1800 кг/м^3 (рис. 3.12).

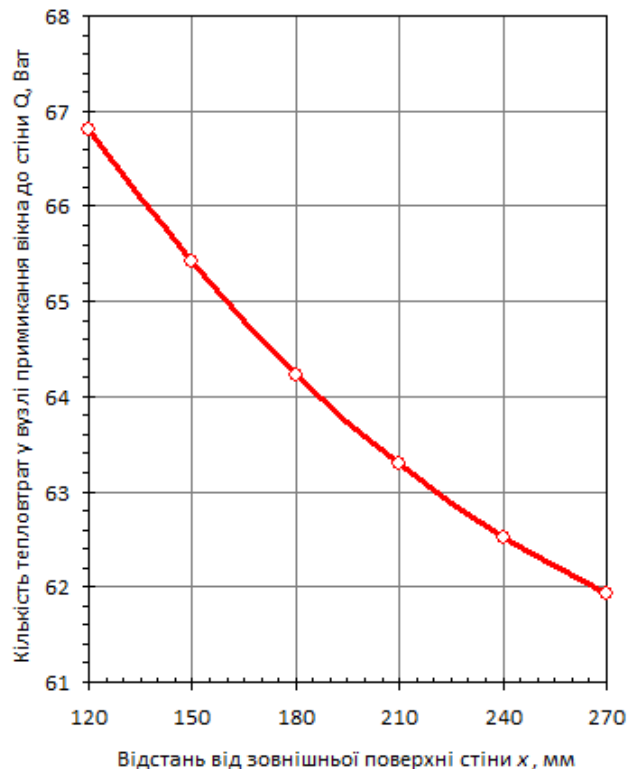


Рисунок 3.12 – Графік залежності кількості тепловтрат у вузлі примикання вікна від його положення в товщі суцільної цегляної стіни.

Аналіз отриманих результатів дозволив встановити.

В суцільній цегляній стіні зміщуючи вікно в середину приміщення кількість тепла, що проходить через примикання вікна до стіни зменшується.

Для ділянки стіни і вузла без теплової модернізації зображених на рис. А.1 (вікно розташоване на відстані 120 мм від зовнішньої поверхні стіни) кількість тепловтрат складає $Q = 66,81 \text{ Вт}$.

Попередні дослідження дозволили встановити оптимальне місце розташування вікна (відстань 250 мм від зовнішньої поверхні стіни).

Для суцільної цегляної стіни і вузла примикання зі зміщенням вікна на 250 мм в зону позитивних температур кількість тепловтрат $Q = 62,3 \text{ Вт}$.

Зміщення вікна у зону позитивних температур і додаткове утеплення зовнішнього відкосу дозволило підвищити температуру у точці примикання рами до стіни до $10,7^{\circ}\text{C}$, тим самим мінімізувавши можливість випадіння конденсату і промерзання вузла примикання та знизити тепловтрати на 6,8%.

Другим етапом досліджень було визначення втрат тепла через вузол примикання вікна до зовнішньої багатошарової стіни.

Товщина зовнішньої стіни прийнятої в дослідженнях, як і в попередньому випадку складає 510 мм (дві цеглини) і має трьохшарову конструкцію (рис. Б.1). Конструкційні особливості багатошарової цегляної стіни описані в підрозділі 3.2. Віконний блок розташований на відстані 180 мм від зовнішньої поверхні стіни (рис. Б.1) відповідно до рекомендацій попередніх досліджень.

Для ділянки трьохшарової цегляної стіни і вузла примикання (на відстані розташування вікна 180 мм від зовнішньої поверхні стіни) зображених на (рис. Б.1) кількість тепловтрат складає $Q = 29,2$ Вт.

Зміщення вікна у зону позитивних температур, застосування трьохшарової цегляної стіни (з внутрішнім шаром утеплювача) та розташування вікна в зоні утеплювача дозволило підвищити температуру у точці примикання рами до стіни до $14,6^{\circ}\text{C}$ і знизити тепловтрати на 56,3% в порівнянні з суцільною цегляною стіною.

Розділ 4
ОХОРОНА ПРАЦІ

В розділі "Охорона праці" висвітлені питання, щодо охорони праці при монтажі віконних блоків. Виконано розрахунок природного освітлення. Всі питання і розрахунки приведено в додатку К.

					МП 2019206 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Виконані дослідження в магістерській роботі "Удосконалення примикання світлопрозорих огорожуючих конструкцій в житлових і громадських будівлях з метою підвищення рівня енергозбереження" дослідження дозволили зробити наступні висновки:

1. За результатами огляду науково-технічної літератури встановлено, що по сукупності вимог, що пред'являються до віконних конструкцій (доступність початкової сировини, хімічна стійкість, зручність обслуговування, гарні теплотехнічні показники), вікна з ПВХ є найбільш перспективною технологією з точки зору підвищення рівня енергозбереження в будівництві.

2. Застосування вікон з ПВХ замість традиційних дерев'яних є величезним резервом для економії природних ресурсів. Адже лісові ресурси не безмежні, і заповнюються при втраті упродовж десятиліть.

3. Визначено основні напрямки досліджень вузлів примикань світлопрозорих огорожуючих конструкцій, а саме визначити оптимальні місця розташування вікон з ПВХ в товщі стін різної конструкції, тепловтрати і конструкцію вузлів примикань.

4. В якості апарату для досліджень температурних полів і передачі тепла для вузлів примикань світлопрозорих огорожуючих конструкцій до стін використано програму THERM.

7. Відповідно до виконаних досліджень побудовані графічні залежності, які дозволяють визначити оптимальне положення віконних блоків з ПВХ в товщі зовнішніх суцільних і багатошарових (з шаром утеплювача) цегляних стін з умови теплової надійності вузлів примикання для заданих кліматичних умов розташування об'єкту будівництва.

8. На основі виконаних досліджень побудовані графічні залежності, які дозволяють визначити і оцінити тепловтрати у вузлі примикання в залежності від положення віконних блоків з ПВХ в товщі зовнішніх суцільних і багатошарових цегляних стін.

9. Встановлено, що в суцільних цегляних стінах найкращі показники теплоізоляції і енергозбереження вузлів примикання при розташуванні вікна в середині стіни на відстані 250 мм від її зовнішньої поверхні. Для багатошарових цегляних стін вікно повинно розміщуватися в зоні утеплювача, на відстані 180 мм від зовнішньої поверхні стіни.

10. Розроблена конструкція вузла примикання вікна з ПВХ до зовнішньої стіни, який задовольняє не тільки теплотехнічним показникам, а і умовам пароізоляції, забезпечує відвід пароподібної вологи назовні, захищає від атмосферних впливів, тим самим дозволяє виключити можливість промерзання вузла і досягти комфортного клімату в помешканні (Додаток В).

11. Вирішені основні питання технології монтажу віконних блоків в цегляних стінах різних конструкцій (Додаток Ж).

12. Аналіз результатів виконаних досліджень запропонованих конструктивних рішень дозволив визначити їх вплив на рівень енергозбереження будинків. Встановлено, що зміщення вікна у зону позитивних температур, застосування трьохшарової цегляної стіни (з внутрішнім шаром утеплювача), розташування вікна в зоні утеплювача дозволило підвищити температуру у вузлі примикання до $14,6^{\circ}\text{C}$ і знизити тепловтрати на 56,3% в порівнянні з суцільною цегляною стіною.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Промислова екологія. Технології захисту навколишнього середовища: веб-сайт. URL: <http://eco.com.ua/content/ energozberezheniya-v-suchasni-ukraini> (дата звернення: 15.09.2021).
2. Гертис, К. Здания XXI века – здания с нулевым потреблением энергии / К. Гертис // Энергосбережение. – 2007. - №3. – С. 34-36.
3. Тукало, О.С. Дослідження впливу положення вікон з ПВХ в товщі стін на тепловтрати існуючих житлових будівель вторинного ринку нерухомості в м. Кіровоград / О.С. Тукало, С.О. Джирма // Збірник тез доповідей IV Всеукраїнського студентського науково-практичного семінару "Досвід впровадження у навчальний процес сучасних комп'ютерних технологій". – КНТУ, 2016. – С. 59-66.
4. Бродач, М.М. Многоэтажное энергоэффективное жилое здание в Нью-Йорке / М.М. Бродач, Н.В. Шилкин // АВОК. – 2003. – №4. – С. 38.
5. Матросов, Ю.А. Новые государственные нормы Украины "Тепловая изоляция зданий" / Ю.А. Матросов, Г.Г. Фаренюк // Жилищное строительство. – 2007. - №11. – С. 8-12.
6. Директива Європейського Парламенту і Ради 2012/27/ЄС від 25 жовтня 2012 року. Верховна Рада України. Законодавство України: веб-сайт. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_017-12#Text (дата звернення: 25.09.2021).
7. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні: ДСТУ Б. А.2.2-12:2015. – К.: Мінрегіон України, 2015. – 140 с. (Національний стандарт України).
8. Тепловтрати через різні види зовнішніх огорожень. Електронна бібліотека): веб-сайт. URL: <http://bibliograph.com.ua/spravochnik-113-uteplenie/3.htm> (дата звернення: 07.10.2021).

9. В.М. Долголаптеп, И.Н. Симонова, Е.К. Николаева, С.И. Симонов. Проблемы теплозащиты зданий и задачи исследования энергоэффективных проектных решений жилых домов // Коммунальное хозяйство городов. – 2008. – №84. – С. 159-162.
10. Програми фінансування енергоефективності в житловому секторі від ЄБЗЗ (IQ energy): веб-сайт. URL: <http://www.iqenergy.org.ua/>. (дата звернення: 10.10.2019).
11. Державним агентством з енергоефективності та енергозбереження України: веб-сайт. URL: <http://saee.gov.ua/> (дата звернення: 10.10.2021).
12. Фокин, К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий / Под ред. Ю.А. Табунщикова, В.Г. Гагарина. – 5-е изд., пересмотр. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. – 256 с.
13. Сахновська С.О. Прогнозування енергоефективності великоблочних житлових будинків на основі раціональної теплоізоляції огорожень: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01 / Сахновська Світлана Олексіївна; ДНАБА. – Макіївка, 2013. – 20 с.
14. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6.-31:2006 – К.: Мінбуд України, 2006. – 40 с. (Державні будівельні норми України).
15. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6-31:2016. – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2017. – 30 с. (Державні будівельні норми України).
16. Настанова з виконання термомодернізації житлових будинків: ДСТУ-Н Б В.3.2-3:2014. – К.: Мінрегіон України, 2014. – 67 с. (Національний стандарт України).
17. Конструкції будинків і споруд. Настанова щодо проектування й улаштування вікон та дверей: ДСТУ-Н Б В.2.6-146:2010. - К. Мінрегіонбуд України, 2010. - 104 с. (Національний стандарт України).

18. Конструкції будинків і споруд. Шви з'єднувальні місць примикань віконних блоків до конструкцій стін. Загальні технічні умови: ДСТУ Б В.2.6-79:2009. - К. Мінрегіонбуд України, 2009. - 26 с. (Національний стандарт України).
19. Конструкції будинків і споруд. Блоки віконні та дверні. Загальні технічні умови ДСТУ Б В.2.6-23:2009. - К. Мінрегіонбуд України, 2009. - 32 с. (Національний стандарт України).
20. IQenergy: веб-сайт. URL: <http://www.iqenergy.org.ua/ru>. (дата звернення: 10.10.2019).
21. Про енергетичну ефективність будівель. Верховна Рада України: веб-сайт. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2118-19#Text>. (10.10.2021).
22. Providing the thermal reliability of window junctions during the thermal modernization of civil buildings / M. Pashynskiy, S. Dzhyrma, V. Pashynskiy, V. Nastoyashchiy // Electronic Journal of the Faculty of Civil Engineering Osijek-e-GFOS. - 2020. - № 21, p. 45-54.
23. Електросистеми "Мегаліт": веб-сайт. URL: <http://megalit.lviv.ua/teploizolyatsijne-pokryttya-tezolat/teplovtraty/> (дата звернення: 10.10.2021).
24. Борискина, И.Г. Проектирование современных оконных систем гражданских зданий / И.Г. Борискина, А.А. Плотников, А.В. Захаров – К.: Изд. Домашевская О.А., 2005. – 320 с.
25. Полівінілхлорид як матеріал для вікон: веб-сайт. URL: <http://okna-info.com.ua/book/export/html/25>. (дата звернення: 12.10.2021).
26. Переваги та недоліки пластикових вікон. ibud.ua: веб-сайт. URL: <https://ibud.ua/ua/statya/preimushchestva-i-nedostatki-plastikovyykh-okon-296> (дата звернення: 12.10.2021).
27. Борискина, И.Г. Современные светопрозрачные конструкции гражданских зданий. Справочник проектировщика. Том II Оконные конструкции из ПВХ / И.Г. Борискина, Н.В. Шведов, А.В. Захаров – Санкт-Петербург: НИУПЦ "Межрегиональный институт окна", 2005. – 320 с.

28. ПВХ у будівництві: веб-сайт. URL: <https://e-plastic.ru/specialistam/polimernie-materiali/pvkh-v-stroitelstve/>.
29. Основні види пластмас, маркування, застосування, властивості. Replast: веб-сайт. URL: <https://www.replast-ltd.com/osnovnye-vydy-plastmass-markirovka-prymenenye-y-svoystva/>. (дата звернення: 12.10.2021).
30. Тепловтрати через різні види зовнішніх огорожень: веб-сайт. URL: <http://bibliograph.com.ua/spravochnik-113-uteplenie/>. (дата звернення: 15.10.2021).
31. Беляев, В.С. Пути повышения энергоэффективности окон и улучшения воздушного режима помещений // Стройресурс. – №5. – 2003.
32. Правиленко, Н.М. Зниження тепловтрат будівель шляхом застосування енергоефективних проектних і технологічних рішень вузлів примикань сучасних світлопрозорих огорожуючих конструкцій / Правиленко Н.М., Джирма С.О. // Збірник праць молодих науковців КНТУ. – Вип. 3. – Кіровоград: КНТУ, 2014. – С. 510-513.
33. Національна лабораторія Лоуренса Берклі: веб-сайт. URL: <https://windows.lbl.gov/>. (дата звернення: 25.10.2021).
34. Подольский, Ю.Ф. Утепление и гидроизоляция дома и квартиры / Подольский Ю.Ф. - Харьков: Книжный Клуб "Клуб Семейного Досуга"; Белгород: ООО "Книжный клуб "Клуб семейного досуга", 2011. - 352 с.
35. Википедия. Точка росы: веб-сайт. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Точка_росы. (дата звернення: 25.10.2021).
36. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія: ДСТУ-Н Б В.1.1 – К.: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2011. – 131 с. (Національний стандарт України).
37. Гаврилова, В.В. Технологічні особливості кріплення сучасних вікон із ПВХ в пройомах зовнішніх стін з шаром утеплювача / Гаврилова В.В., Джирма С.О. // Збірник тез доповідей III Всеукраїнського студентського

науково-практичного семінару "Досвід впровадження у навчальній процес сучасних комп'ютерних технологій". – КНТУ, 2015. – С. 37-43.

38. Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель: ДСТУ Б В.2.6-189:2013. - К.: Мінрегіон України, 2013. – 52 с. (Національний стандарт України).
39. Теплотехнічний розрахунок зовнішніх огорожувальних конструкцій будівель різного призначення: метод. вказ. до виконання частини розрахунково-графічної роботи (ребриста плита перекриття) для студ. ОКР "Бакалавр" напрям 6.060101 - "Будівництво" всіх форм навчання / уклад. О.М.Кушнір, О.О. Коробко, О.М. Коцюренко, С.Є. Верьовкіна. - Одеса: ОДАБА, 2015. - 34 с.
40. Фаренюк Є.Г. Приклади розрахунку к ДСТУ Б В.2.6-189:2013 "Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель": Посібник для проектування / Г. Фаренюк, Є. Колесник, Є. Фаренюк, В. Ральчук. - Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України (ДП НДІБК), 2014. - 106 с.
41. Блоки віконні та дверні полівінілхлоридні. Загальні технічні умови ДСТУ Б В.2.6-15:2011. - К. Мінрегіонбуд України, 2012. - 38 с. (Національний стандарт України)
42. 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).
43. Инструкция по охране труда для монтажника пластиковых и алюминиевых конструкций. Бесплатная техническая библиотека: веб-сайт. URL: <http://www.diagram.com.ua/info/ohrana/toi/1150.shtml>. (дата звернення: 29.10.2021).

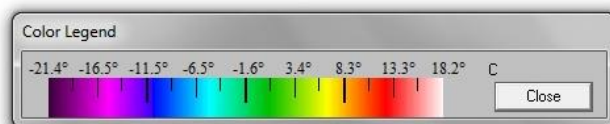
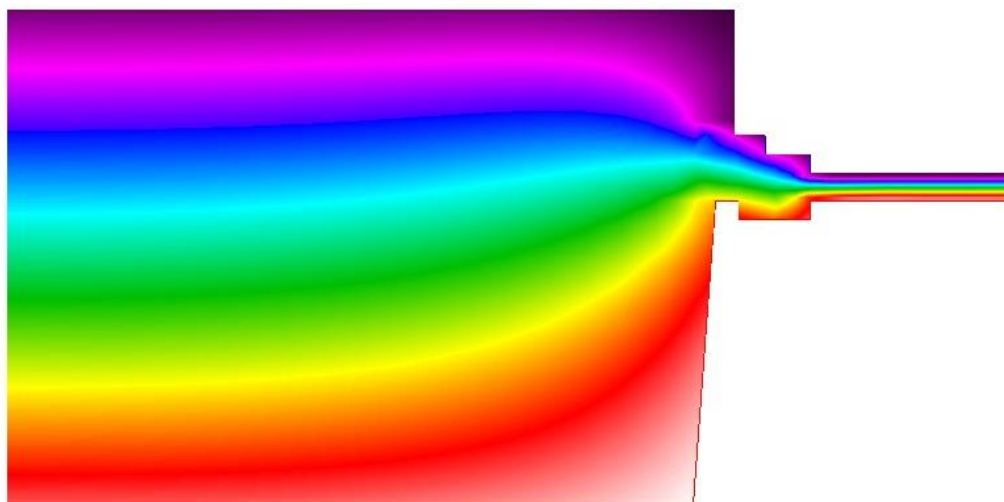
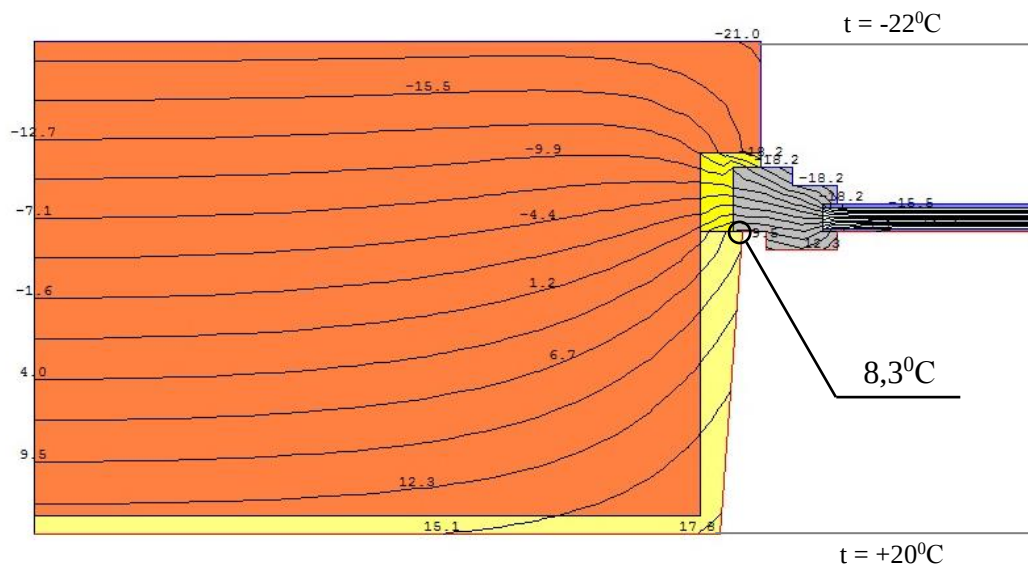
ЗМІСТ

стор.

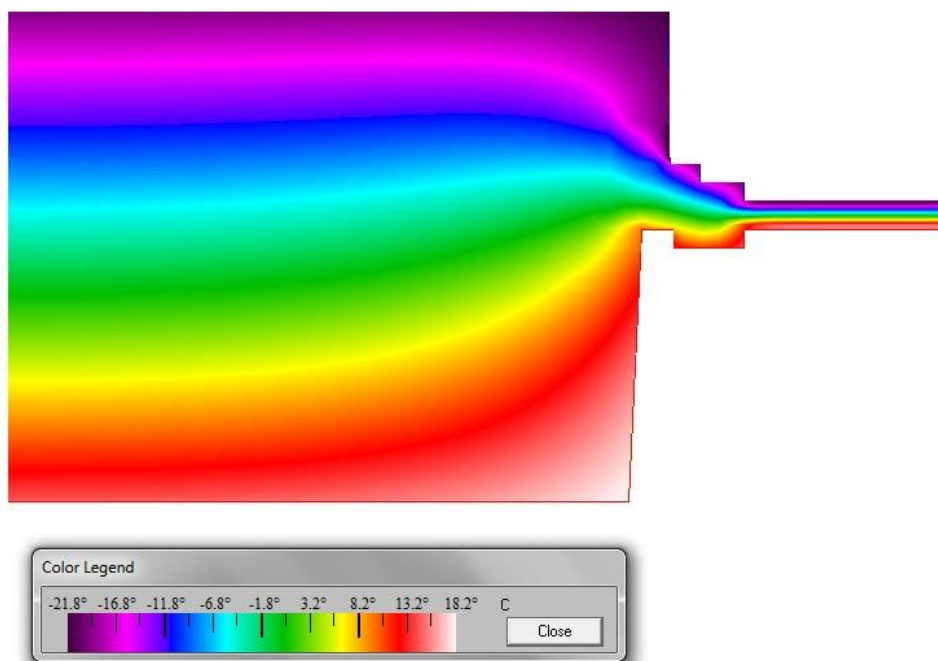
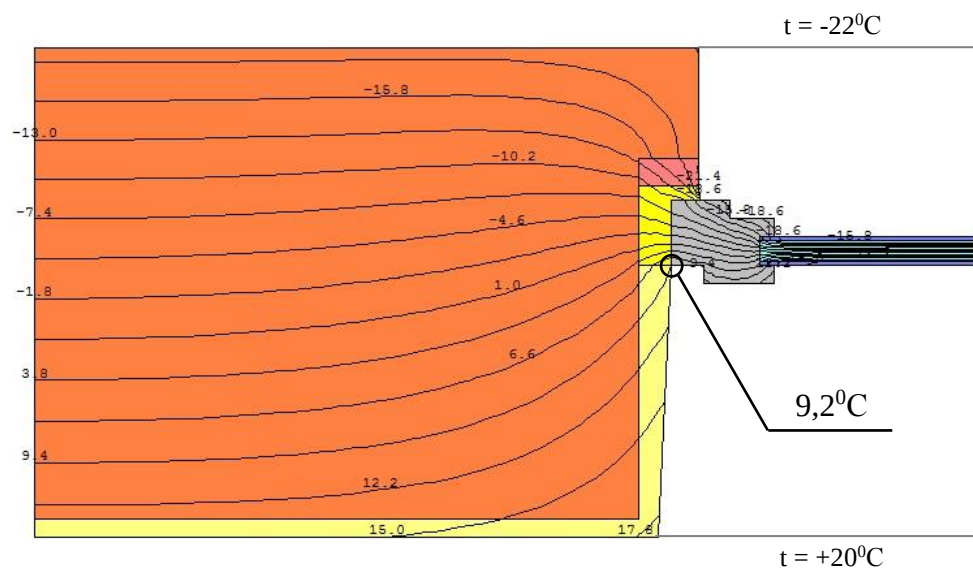
Вступ	1
Розділ 1. Аналіз питання і задачі дослідження щодо забезпечення рівня енергозбереження будівель	6
1.1 Сучасні вимоги до забезпечення рівня енергозбереження будівель	6
1.2 Аналіз тепловтрат через різні види огорожень	8
1.3 Типи і галузі використання сучасних світлопрозорих огороджувачих конструкцій	10
Розділ 2. Методика досліджень	18
2.1. Методика розрахунку теплових полів у стінових конструкціях і вузлах примикань світлопрозорих конструкцій за допомогою програмного комплексу THERM ...	18
Розділ 3. Дослідження вузлів примикань світлопрозорих огороджувачих конструкцій до зовнішніх стін будівель	22
3.1 Аналіз температурного режиму вузлів примикань світлопрозорих огороджувальних конструкцій в однорідних (одношарових) цегляних стінах	22
3.2 Аналіз температурного режиму вузлів примикань світлопрозорих огороджувальних конструкцій в неоднорідних (багатошарових) цегляних стінах	30
3.3 Розрахунок кількості теплових втрат через примикання віконних блоків для різних конструктивних рішень зовнішніх стін	37
Розділ 4. Охорона праці	41
Висновки за результатами досліджень	42
Список використаних джерел	44
Додатки	50

Додаток А

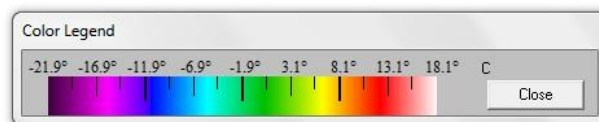
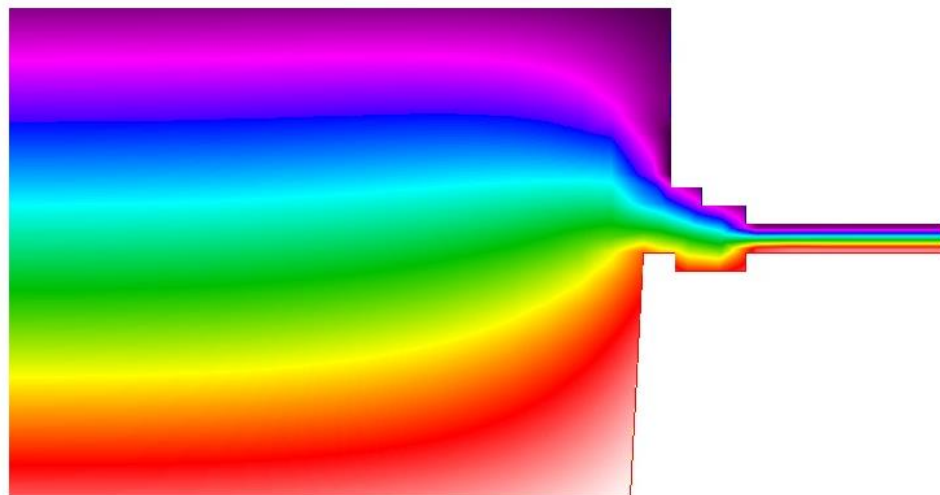
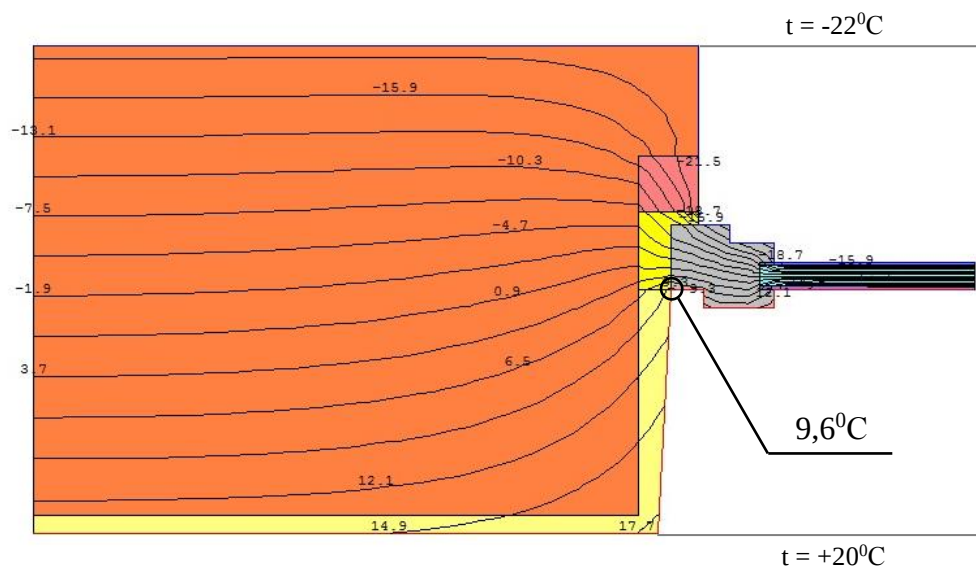
ДОСЛІДЖЕННЯ ВУЗЛІВ ПРИМИКАНЬ СВІТЛОПРОЗОРИХ ОГОРОДЖУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ В ОДНОРІДНИХ (ОДНОШАРОВИХ) ЦЕГЛЯНИХ СТІНАХ



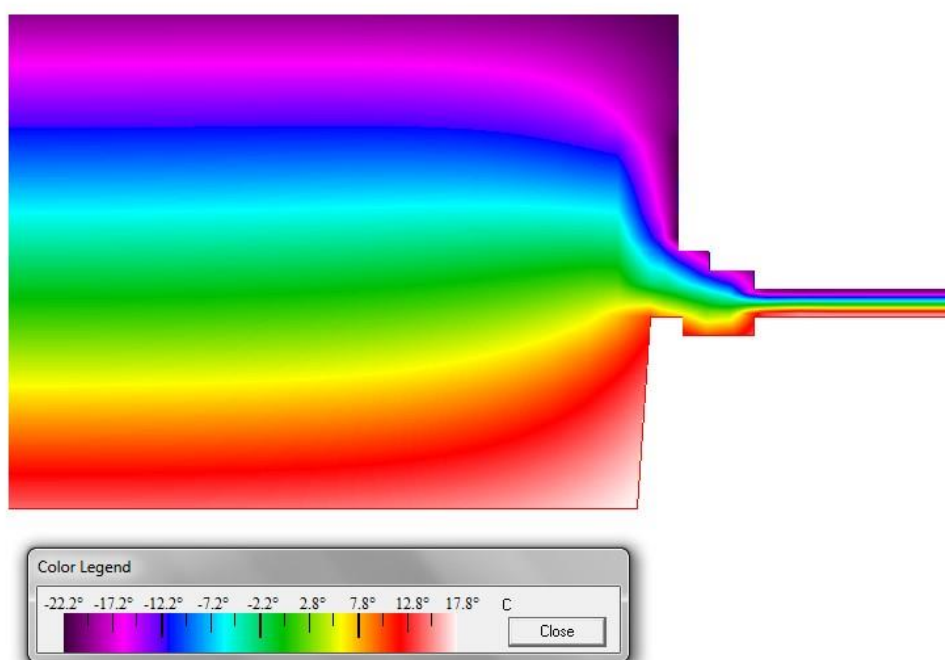
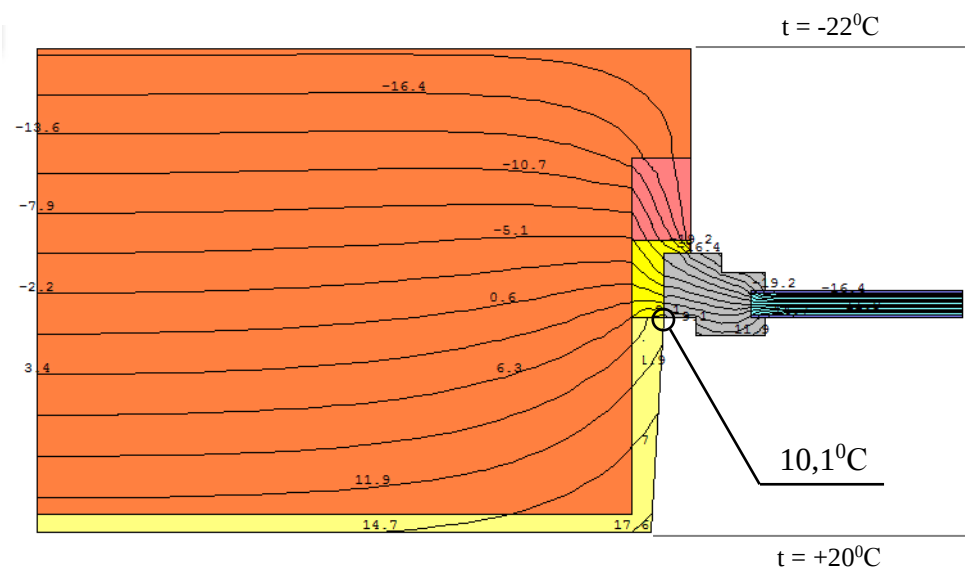
а – розташування віконного блоку (відразу за чвертю) на відстані 120 мм від зовнішньої поверхні стіни;



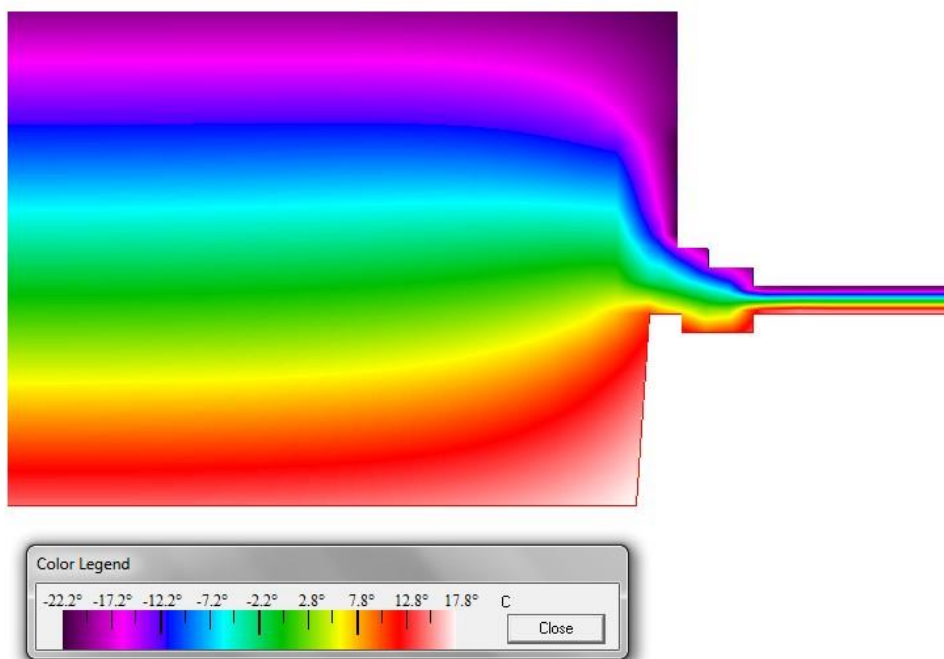
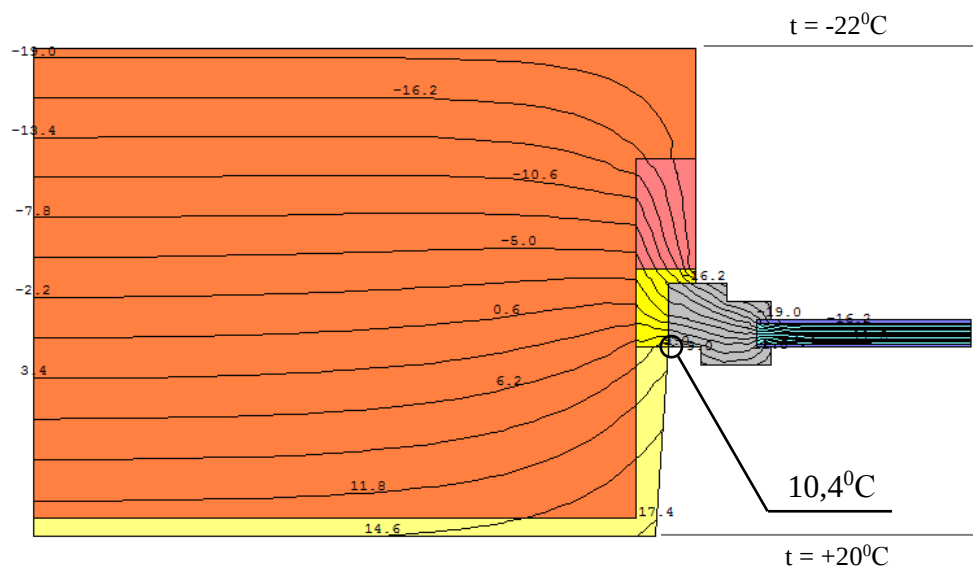
б – розташування віконного блоку на відстані 150 мм від зовнішньої поверхні стіни і утепленням зовнішньої поверхні віконного відкосу пінополістиролом;



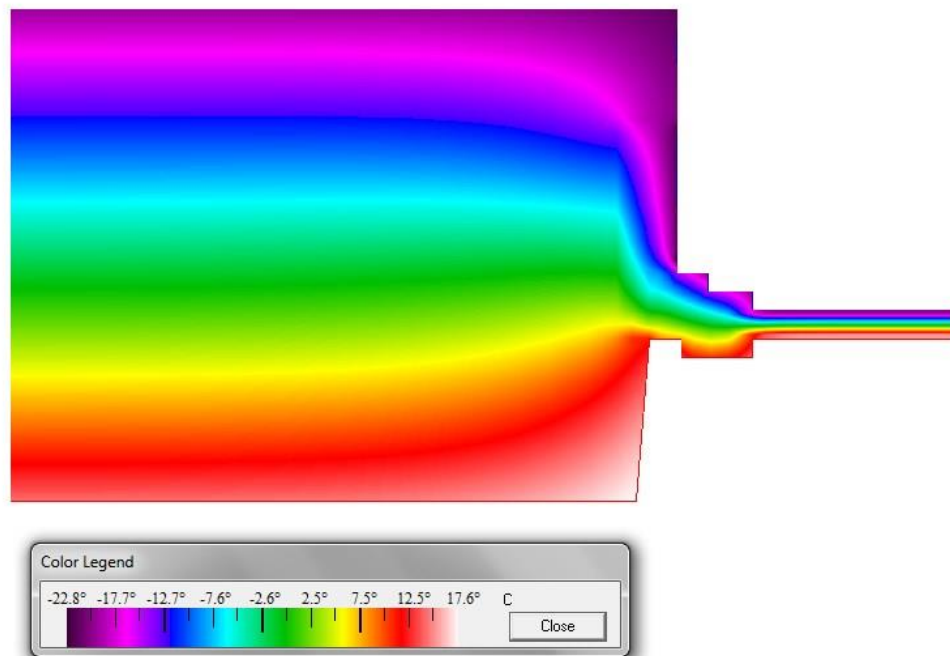
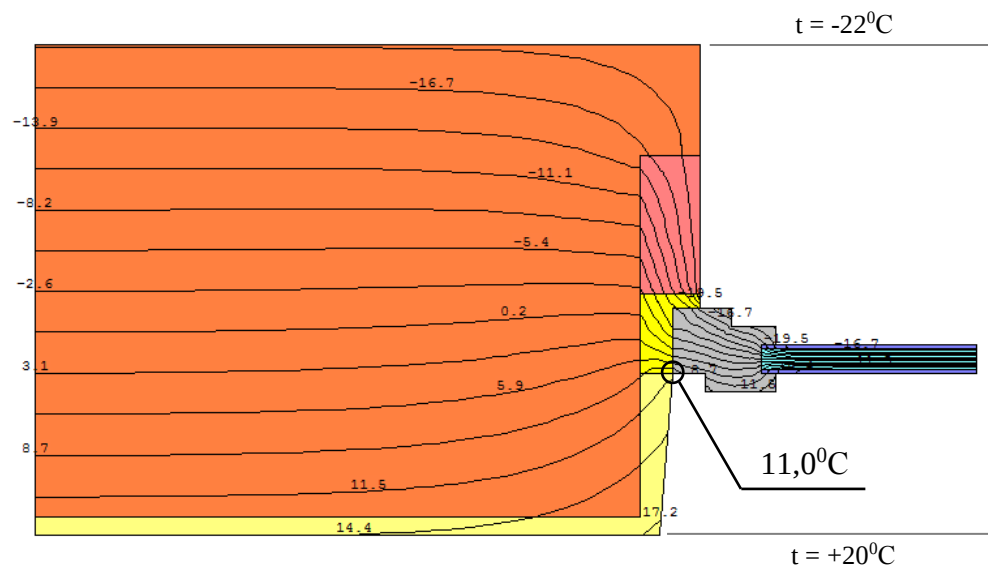
в – розташування віконного блоку на відстані 180 мм від зовнішньої поверхні стіни і утепленням зовнішньої поверхні віконного укосу пінополістиролом;



г – розташування віконного блоку на відстані 210 мм від зовнішньої поверхні стіни і утепленням зовнішньої поверхні віконного укосу пінополістиролом;



д – розташування віконного блоку на відстані 240 мм від зовнішньої поверхні стіни і утепленням зовнішньої поверхні віконного укосу пінополістиролом;

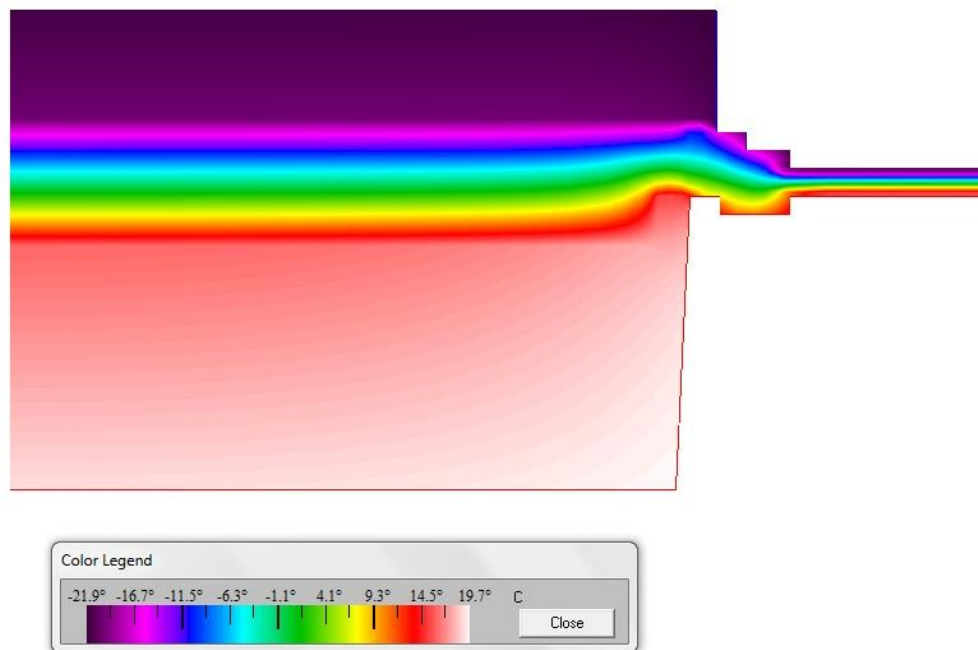
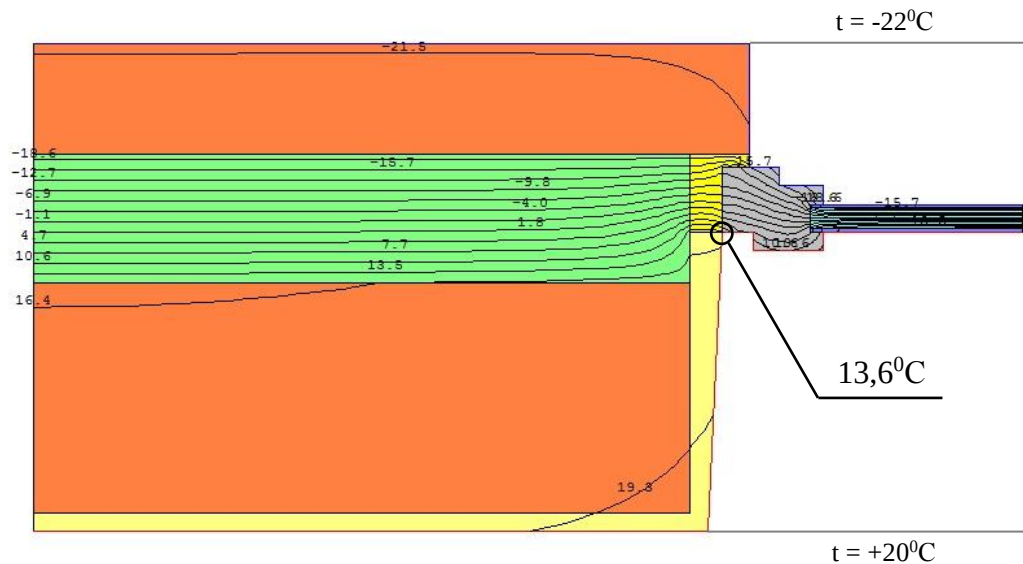


е – розташування віконного блоку на відстані 270 мм від зовнішньої поверхні стіни і утепленням зовнішньої поверхні віконного укосу пінополістиролом;

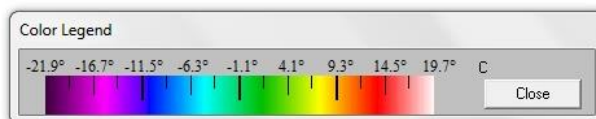
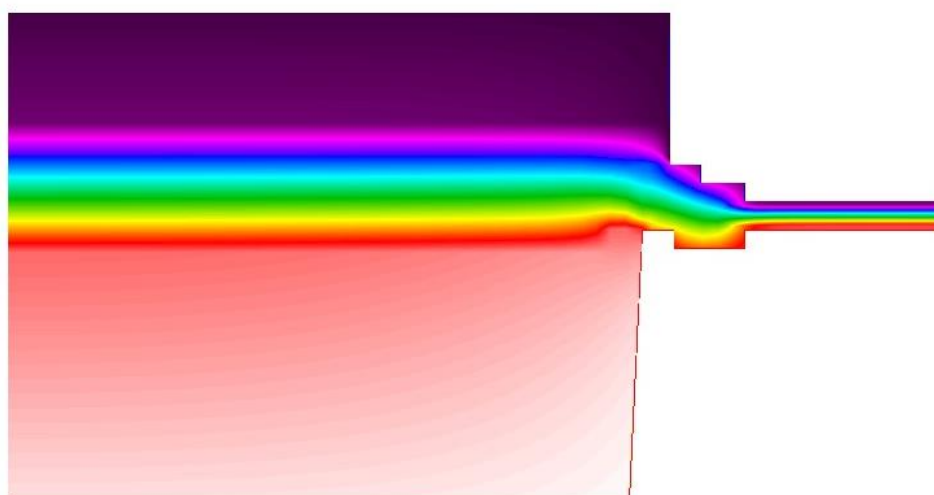
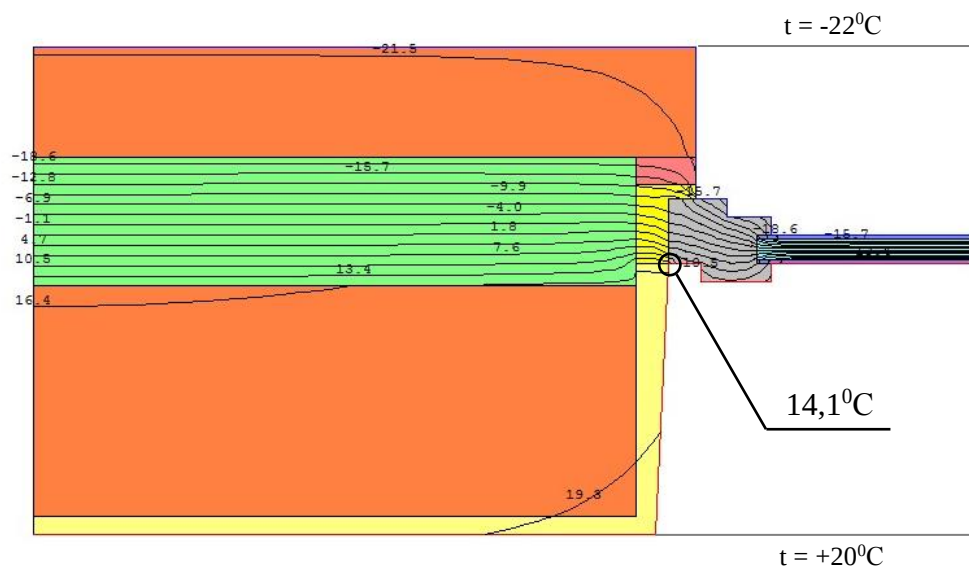
Рисунок А.1 – Розподілення температур (ізотерм) в зоні примикання віконного блоку з ПВХ до одношарової суцільної цегляної стіни.

Додаток Б

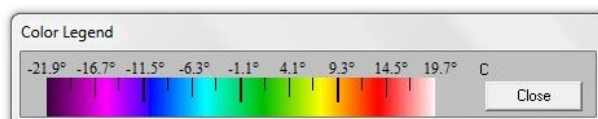
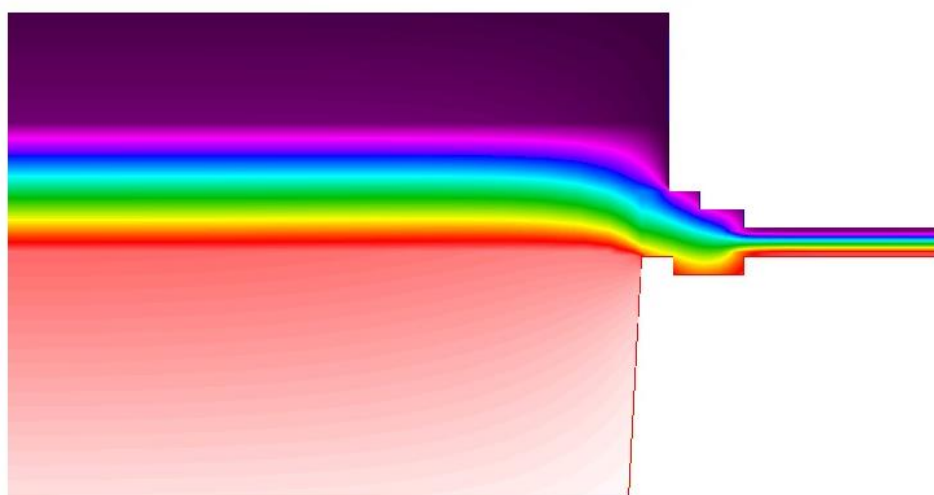
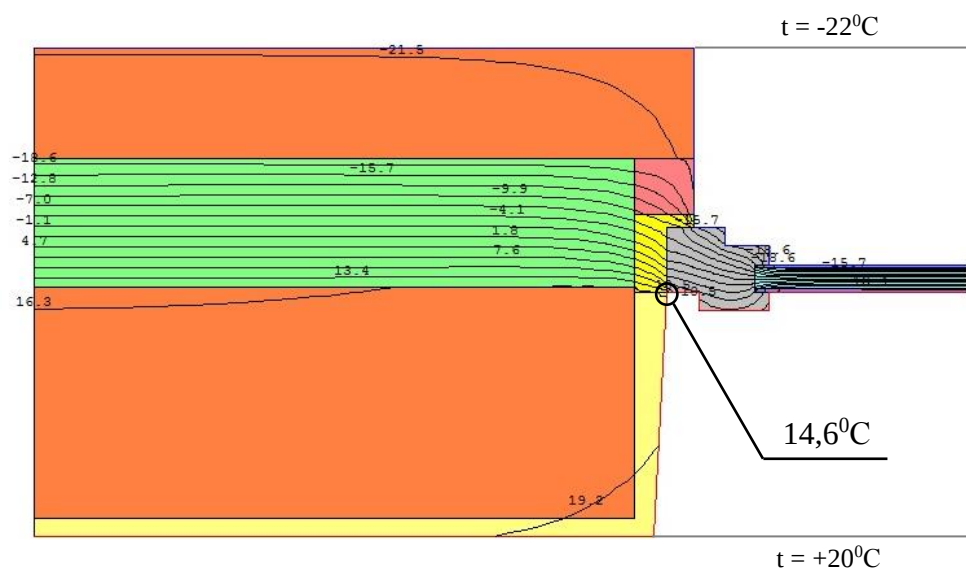
ДОСЛІДЖЕННЯ ВУЗЛІВ ПРИМИКАНЬ СВІТЛОПРОЗОРИХ
ОГОРОДЖУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ В НЕОДНОРІДНИХ
(БАГАТОШАРОВИХ) ЦЕГЛЯНИХ СТІНАХ



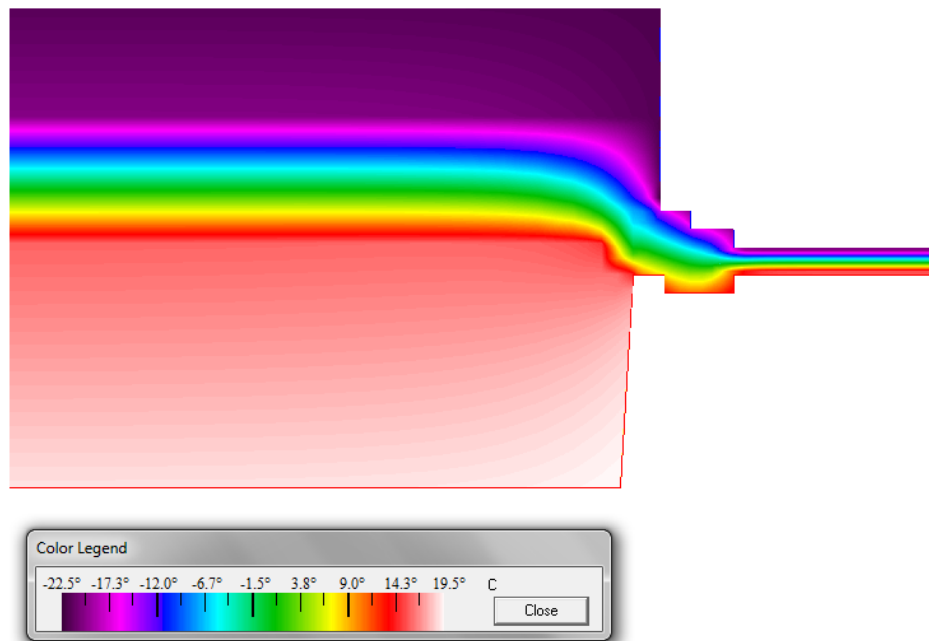
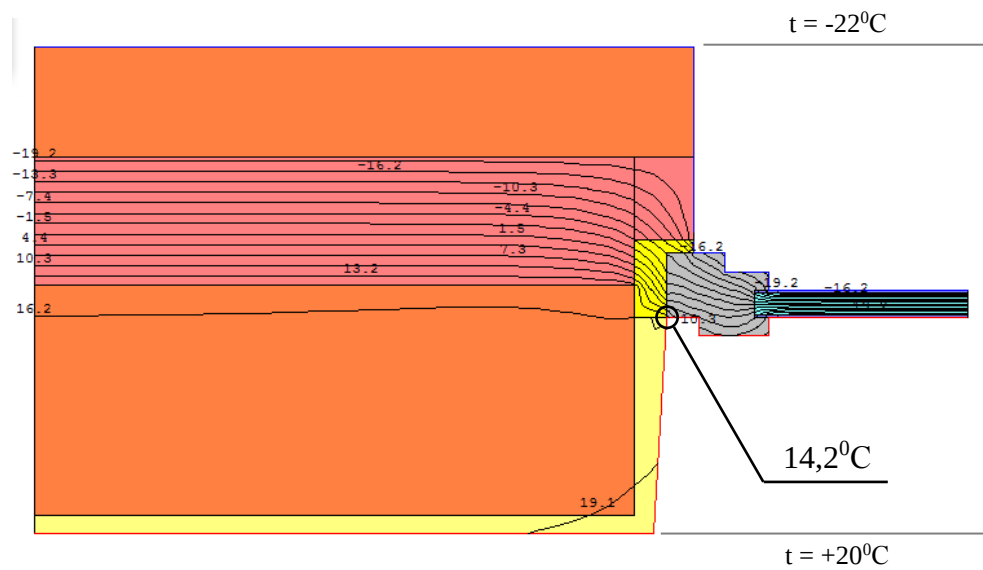
а – розташування віконного блоку (відразу за чвертю) на відстані 120 мм від зовнішньої поверхні стіни;



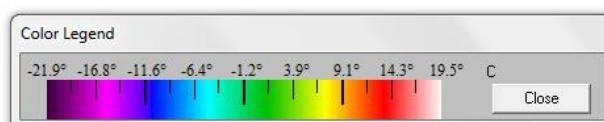
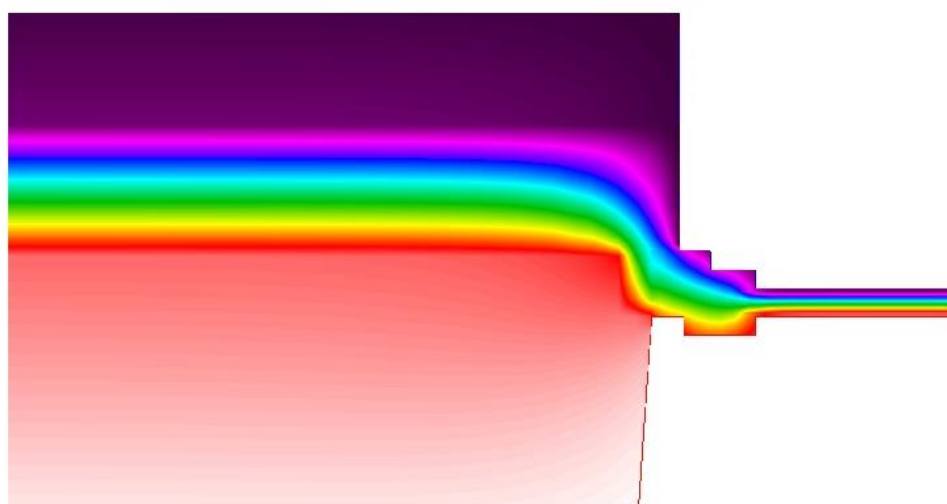
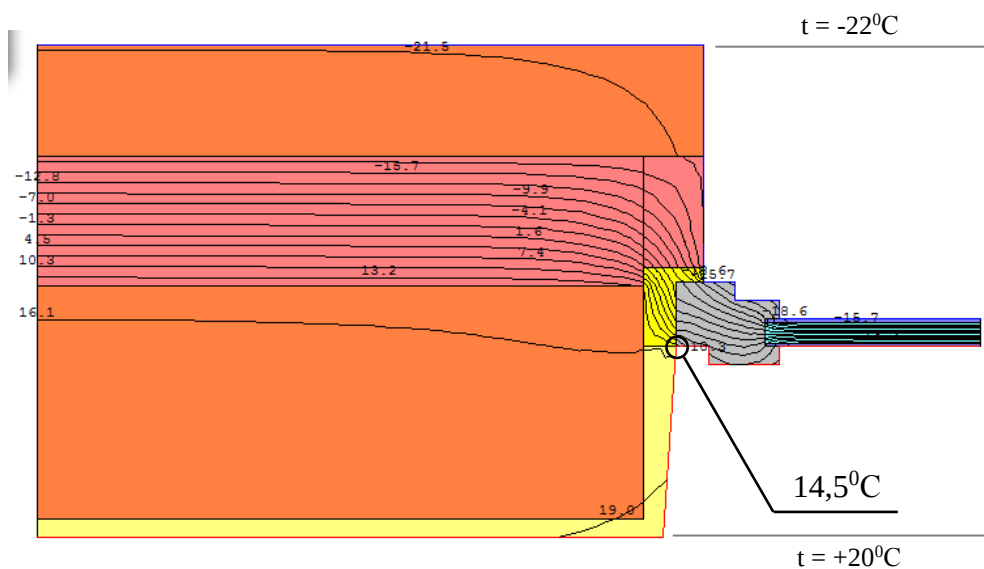
б – розташування віконного блоку на відстані 150 мм від зовнішньої поверхні стіни і утепленням зовнішньої поверхні віконного відкосу пінополістиролом;



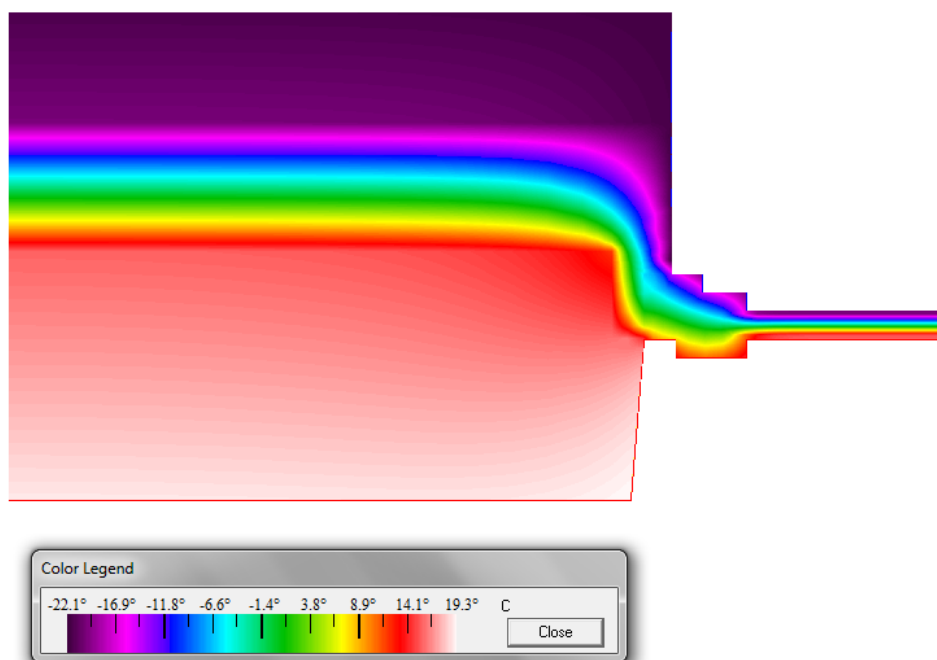
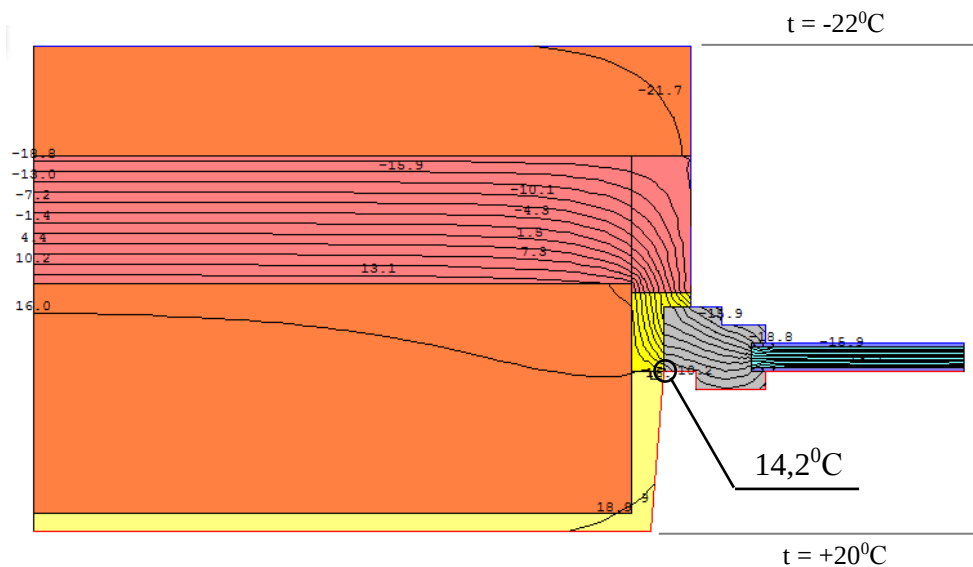
в – розташування віконного блоку на відстані 180 мм від зовнішньої поверхні стіни і утепленням зовнішньої поверхні віконного укосу пінополістиролом;



Г – розташування віконного блоку на відстані 210 мм від зовнішньої поверхні стіни і утепленням зовнішньої поверхні віконного укосу пінополістиролом;



д – розташування віконного блоку на відстані 240 мм від зовнішньої поверхні стіни і утепленням зовнішньої поверхні віконного укосу пінополістиролом;



е – розташування віконного блоку на відстані 270 мм від зовнішньої поверхні стіни і утепленням зовнішньої поверхні віконного укосу пінополістиролом;

Рисунок Б.2 – Розподілення температур (ізотерм) в зоні примикання віконного блоку з ПВХ до трьохшарової цегляної стіни (з внутрішнім шаром утеплювача).

Додаток В

РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ВУЗЛА ПРИМИКАННЯ ВІКОННИХ БЛОКІВ З ПВХ ДО ЗОВНІШНІХ ЦЕГЛЯНИХ СТІН

В.1 Аналіз конструктивних особливостей вузла примикання віконних блоків з ПВХ до зовнішніх стін і розроблення їх конструктивних рішень

Раніше, та і зараз установка вікон з ПВХ виконується лише на одну монтажну піну, захистивши її зовні і з середини приміщення штукатурним розчином (рис. В.1). Термін служби такого монтажу не перевищує 3 років. Вікна ми змінюємо, як правило, один раз, і тому потрібно подумати про монтаж, який гарантує термін служби монтажного шва не менше 20 років а також його правильну роботу і як наслідок комфортний клімат в приміщенні.

В процесі експлуатації монтажний шов піддається інтенсивній дії атмосферних чинників, а також випробовує значні навантаження, обумовлені як температурними деформаціями віконної конструкції, так і переміщеннями, викликаними осіданням будівлі. Щоб протистояти цим діям, ізоляційний шов повинен задовольняти вимогам теплоізоляції, водонепроникності, повітронепроникності, пароізоляції, звукоізоляції, мати достатню хімічну стійкість і стійкість до ультрафіолетового випромінювання, а також забезпечувати конструктивну рухливість без руйнування системи ізоляції.

Для аналізу температурного режиму у вузлі примикання вікна до зовнішньої стіни використано програмний комплекс THERM. Зовнішня стіна прийнята цегляна, одношарова, товщиною 510 мм (дві цеглини) та віконний блок з ПВХ із товщиною коробки 70 мм.

Кліматичні умови прийняті згідно [36] для міста Кропивницький і вони складають: температура довкілля -22°C (розрахункова температура зовнішнього повітря); температура в приміщенні $+20^{\circ}\text{C}$ [15]; відносна вологість повітря 55%.

					МП 2019206 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

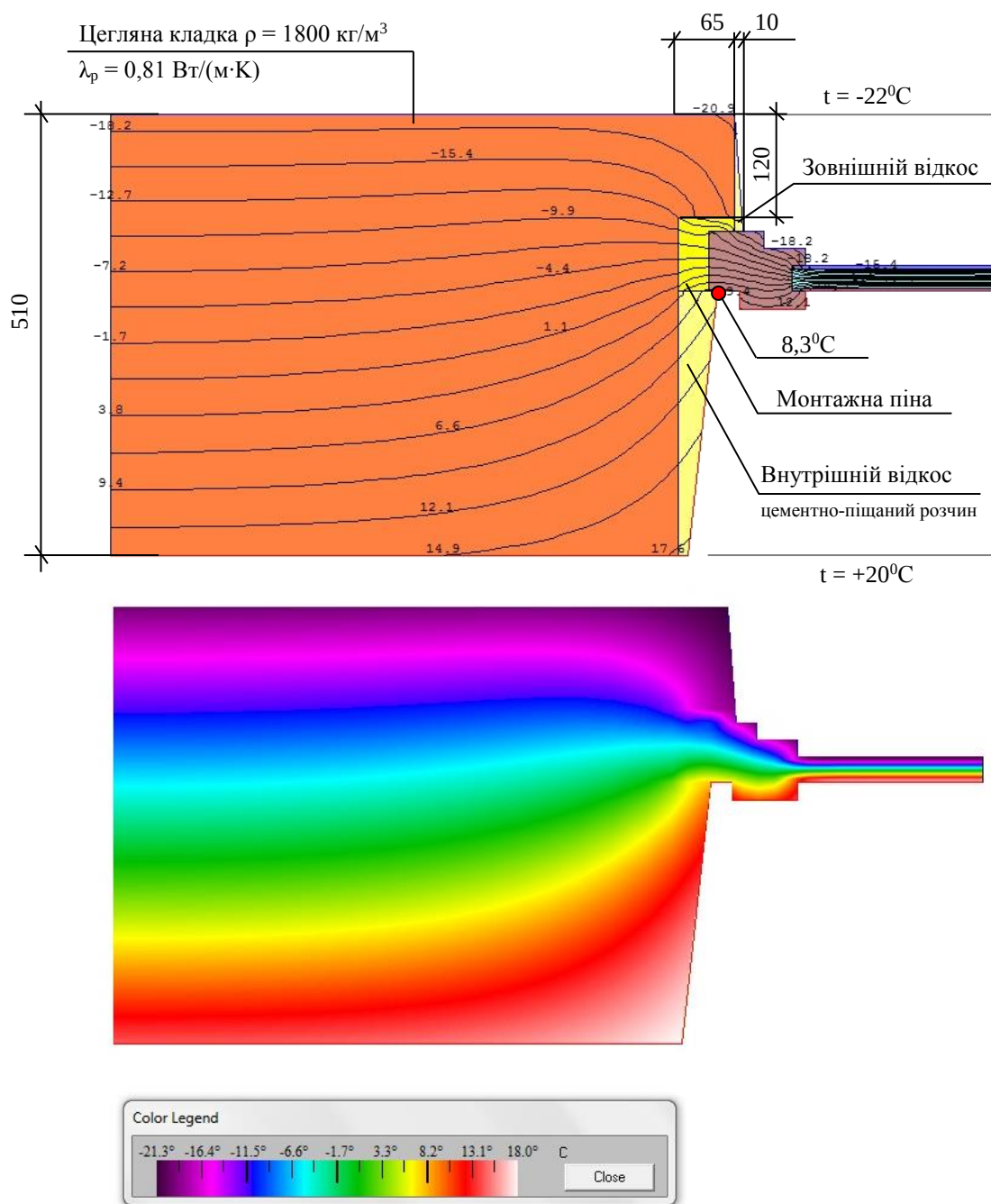


Рисунок В.1 – Дослідження вузла примикання вікна з ПВХ до зовнішньої стіни з використанням в якості утеплювача піни і захисним шаром з штукатурного розчину.

Аналіз вузла примикання віконного блоку до стіни (рис. В.1) показує, що такий шов не задовольняє теплотехнічним показникам, так як температура у внутрішньому куті складає 8,3⁰С.

Такий шов не створить комфортних умов в приміщенні, так як він не здатен забезпечити відвід пароподібної вологи назовні. Зміна геометричних розмірів вікна під впливом температур створить щілини в місцях примикання штукатурного розчину до віконної рами. І як наслідок з часом волога через нещільності прилягання захисного шару з штукатурки, як ззовні та і зсередини буде потрапляти до внутрішнього утеплення.

Такий шов не здатен задовольняти вимогам, водонепроникності, повітронепроникності, пароізоляції, звукоізоляції, мати достатню хімічну стійкість, а також забезпечувати конструктивну рухливість без руйнування системи ізоляції.

Як приклад розглянемо два варіанти облаштування ізоляції сполучного шва стандартного примикання віконної рами до одношарової стіни за умови розташування вікна в зоні плюсових температур (виключається небезпека утворення конденсату на поверхні відкосу і профілю) (рис. В.2). Граничні кліматичні умови однакові.

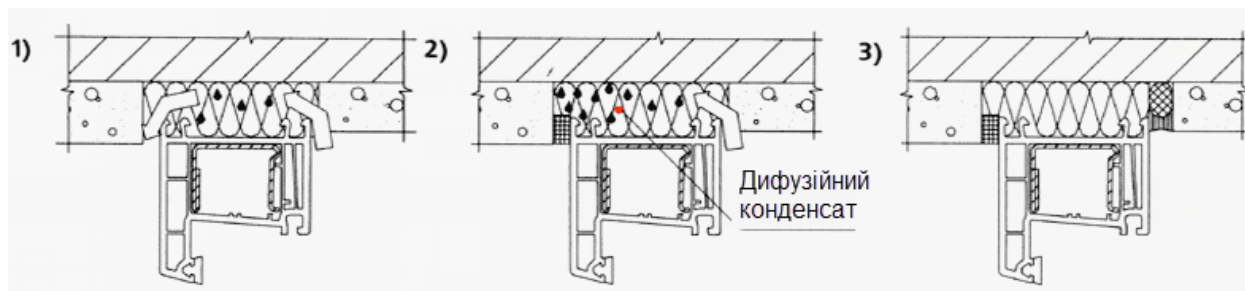


Рисунок В.2 – Приклади облаштування ізоляції монтажного шва.

У першому випадку з усієї системи ізоляції є присутнім тільки теплоізолююче заповнення шва. При відкритому доступі повітря з приміщення в шві неминуче накопичується волога і утворюється конденсат,

який перетворюється на лід після проходження через нульову ізотерму. До цього ще додається волога, проникаюча з вулиці у вигляді атмосферних опадів, і пряма дія сонячної радіації.

У другому випадку забезпечений захист від дощу і снігу, виконана теплоізоляція, але не закрита поверхня ізоляції з боку приміщення, що призводить до утворення конденсату, який, в результаті відсутності прямого виходу назовні, рясно скупчується поблизу зовнішньої межі шва.

Тому при проектуванні систем ізоляції монтажних швів необхідно дотримуватися принципу: "усередині щільніше, ніж зовні".

Конструктивне рішення монтажного шва вибирають залежно від матеріалу стіни, рами, технології обробки відкосів, товщини шва, але, у будь-якому разі, він представляє собою комплекс матеріалів, що в сукупності утворюють систему ізоляції.

Система ізоляції включає внутрішній ізоляційний шар, заповнювач монтажного шва і зовнішній ізоляційний шар. Кожен з цих компонентів виконує певну функцію.

Зовнішній ізоляційний шар забезпечує захист від атмосферних опадів, сонячної радіації і вітру; при цьому він повинен мати високі показники звуко- і теплоізоляції.

Заповнення монтажного шва забезпечує необхідні теплозахисні якості (термічний опір), достатні для того, щоб виключити локальне промерзання конструкції, по монтажному шву.

Внутрішній ізоляційний шар забезпечує необхідний рівень звукоізоляції і запобігає дифузії вологи через монтажний шов (з приміщення – назовні).

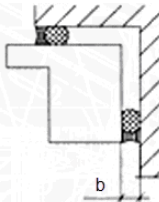
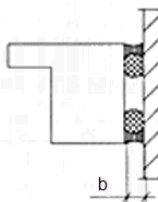
Навіть при якісно запроектованій ізоляції, за рахунок істотної різниці парціальних тисків водяної пари, що міститься у внутрішньому і зовнішньому повітрі, деяка доля пароподібної вологи все одно проникатиме в шов. Мігруючи в товщу шва, тепле водонасичене повітря потрапляє в зону

низьких температур (нижче точки роси), що спричиняє за собою утворення конденсату, наявність якого, у свою чергу, призводить до деструкції утеплювача і втрати теплоізоляційних властивостей.

Шов між вікном і каркасом будівлі є рухливим з'єднанням, що багато в чому визначає вибір ізоляційних матеріалів. Рухливість шва обумовлена температурними деформаціями профілю віконної конструкції, рівень яких визначає мінімальну товщину шва. За даними німецьких виробників, температурні зміни геометричних розмірів вікон з ПВХ складають: 1,6 мм/м для твердого білого ПВХ і 2,4 мм/м для твердого кольорового ПВХ.

На підставі цих даних побудовано табл. В.1, ширина монтажного шва, що відображує залежність, від довжини елементів віконної рами. При користуванні таблицями слід пам'ятати, що випробування німецьких профілів на нагрівання-охолодження проводиться при температурі внутрішнього повітря +65°C і -15°C. В українських умовах значення, приведені в таблицях 1 і 2, треба множити на коефіцієнт 1,5.

Таблиця В.1 – Мінімальна ширина з'єднувальних швів, виконаних з використанням аерозольних герметиків

Матеріал віконного профілю							
	Довжина елементів конструкцій, м						
	до 1,5	до 2,5	до 3,5	до 4,5	до 2,5	до 3,5	до 4,5
	Мінімальна ширина шва b, мм.						
ПАХ жорсткий білий	10	15	20	25	10	10	15
ПВХ жорсткий кольоровий	15	20	25	30	10	15	20

Матеріалами для внутрішньої пароізоляції служать аерозольні герметики спільно з формотворним матеріалом; ізоляційні стрічки.

Аерозольні герметики (на основі силікону, поліефіру (SMP), поліуретану, полісульфіду, дисперсійного акрилу) можна використати тільки спільно з формоутворюючим матеріалом, що має малу теплопровідність, мінімальне водопоглинання, низький модуль пружності і гладку поверхню (ущільнювач на основі спіненого поліетилену – "Вілатерм"). Заповнюючи матеріал формує оптимальні габарити аерозольного герметика, який повинен зчіплюватися тільки з двома поверхнями (для найкращої роботи під навантаженням). При цьому повинне дотримуватися співвідношення ширини і глибини $t = 1/2b$ 6 мм, де t – глибина ізоляційного матеріалу, b – ширина ізоляційного матеріалу (рис. В.3).

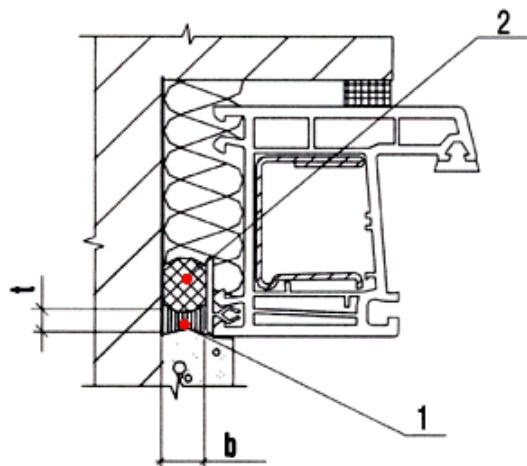


Рисунок В.3 – Облаштування ізоляції монтажного шва:

1 – аерозольний герметик; 2 – формотворний матеріал.

Аерозольні герметики, що мають досить велике відносне подовження (до 100-250%), здатні сприймати істотні амплітуди стискування-розтягування. При цьому якісною характеристикою є, передусім, висока адгезія герметика до матеріалів, що сполучаються. Також слід враховувати сумісність герметиків з цими матеріалами. Наприклад, силіконовий герметик, у якого побічним продуктом вулканізації є оцтова кислота, не може бути

використаний на оцинкованій сталі, натуральному облицювальному камені або аналогічному матеріалі, а також ПВХ без спеціальної обробки поверхонь.

До вітчизняних матеріалів цієї групи відносяться:

ГЕРМАБУТИЛ-С – м'яка бутилкаучукова мастика (розчин бутилкаучука із спеціальними наповнювачами і модифікуючими добавками) холодного затвердіння.

"САЗИ" АКСА – акрилатний будівельний герметик (мастика). Використовується для герметизації конструкцій з амплітудою деформації швів і стиків до 20%. Витримує температурний інтервал експлуатації від - 40 до +80°C, температурний інтервал нанесення від -15 до +35°C. Глибина ізоляції t має бути більша або дорівнює 3 мм.

Матеріалами для зовнішньої ізоляції служать:

- стрічки із спінених матеріалів з просоченням;
- гідроізоляційні паропроникні стрічки.

До першої групи матеріалів відноситься так звана заздалегідь стисла стрічка ущільнювача – ПСУС. Цей матеріал характеризується невеликим опором дифузії водяної пари, що і визначає сферу його застосування в площині зовнішньої ізоляції.

Стрічки виготовляються з м'якого пінополіуретану з відкритими порами і просочуються спеціальними водовідштовхувальними складами. Принцип роботи ПСУС оснований на саморозширенні стрічки в шві, що забезпечує постійний тиск на прилеглій поверхні. Таким чином, навіть при знакозмінних термічних деформаціях рами шов завжди залишається заповненим і захищеним від атмосферних опадів і вітру, що особливо важливо саме для зовнішньої сторони профілю, що сприймає найбільші перепади температур. Застосування стрічки, що саморозширюється, не лише дозволяє виконати основний принцип ізоляції, але і забезпечує максимальну довговічність конструкції, оскільки ПСУС сумісна практично з усіма матеріалами. Для надійної роботи стрічки шов має бути рівним, без різких

перепадів поверхні. ПСУС випускаються різної товщини, що дозволяє застосовувати цей матеріал ущільнення для швів шириною від 3 до 20 мм.

Стрічки ущільнювачів такого типу випускають фірми Illbruck ("illmod 2d", "illmod eco", "illmod 600"), ХАНО (стрічка "Голтогум"), СОУДАЛ (стрічка "Соудал"), ЕК-САДАН (стрічка "Фенфаст"). Розмірний ряд цих стрічок, як правило, включає наступні типорозміри: 15/20, 15/40 або 20/40 (ширина стрічки / її повне розширення).

Сферою застосування гідроізоляційної паропроникної стрічки є зона примикання нижньої горизонтальної частини рами до стіни і віконного відливу, а також по усьому зовнішньому периметру вікна.

Матеріалом для заповнення монтажного шва є монтажна піна – аерозольний однокомпонентний поліуретановий герметик. По своїй структурі піна є комірчастою поліуретановою пластмасою, яка, після виходу з балона, вулканізується в результаті хімічної реакції з вологою, що міститься в повітрі або на оброблюваних поверхнях, в 20-30 разів збільшуючись в об'ємі. Твердіння піни відбувається за рахунок хімічної реакції з вологою, що міститься в повітрі або на оброблюваних поверхнях. Після твердіння піна є однорідною комірчастою пластмасою, в осередках якої знаходиться повітря.

Затверділа піна має невелику об'ємну вагу (20-25 кг/м²) і низький коефіцієнт теплопровідності (0,036 Вт/М·К). Це крихкий і малопластичний матеріал, що має малу (близько 1,5 МПа) міцність на розтягування-стискування (для твердого ПВХ ця величина складає 80-90 МПа). Вона витримує лише близько 10% зміни товщини шва, після чого відбувається руйнування комірчастої структури. По суті, піна, що заповнює в процесі монтажу увесь простір шва, на першому етапі підвищує жорсткість конструкції вікно-шов-стіна, але надалі, змінюючи свої геометричні розміри під дією температурних переміщень рами вікна, вона втрачає свої несучі властивості продовжуючи виконувати основну функцію теплоізоляції. Тому

піна не може бути використана в якості єдиного і достатнього матеріалу, що застосовується для закріплення віконного блоку.

Для якісної монтажної піни характерні:

- широкий інтервал температур, при яких можливе її нанесення;
- пористість, рівномірно розподілена за об'ємом в застиглому стані, що можна проконтролювати, зробивши зріз застиглої піни. При використанні так званої "професійної" піни, що наноситься за допомогою монтажного пістолета, можливе регулювання об'єму пір;
- стабільність властивостей і об'єму при зміні температури і вологості довкілля.

До числа найбільш відомих виробників належать такі компанії, як UREPOL OY (Фінляндія), ILLBRUCK (Німеччина) і (Soudal - Німеччина). Піна поставляється у балонах місткістю 500, 650, 750 і 1000 мл.

Проведений аналіз вимог до конструкції монтажного шва і матеріалів, що використовуються запропонована конструкція монтажного шва примикання вікна до зовнішньої стіни і виконано дослідження вузла в програмному комплексі THERM.

В якості зовнішньої ізоляції монтажного шва запропонована заздалегідь стисла стрічка ущільнювача – ПСУС, наприклад: ILLMOD 2d. Характеризується стійкістю до дії природних чинників, придатна для ущільнення стиків з нерівними поверхнями, сумісна з усіма матеріалами і профілями. Має стійкість до дощу і вітру з тиском до 600 Па, при цьому шов, виконаний із стрічки, забезпечує фільтрацію пари води (коефіцієнт паропроникності 0,1 мг/м²·ч·Па). Температура експлуатації від -50 до +90°C, коефіцієнт теплопровідності 0,050-0,055 Вт/м °C.

Матеріалом для заповнення монтажного шва є монтажна піна (Soudal - Німеччина).

Для внутрішньої ізоляції використано акрилатний будівельний герметик (мастика) "САЗИ" АКСА.

					МП 2019206 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Значний вплив на теплотехнічні властивості вузлів примикань надають відкоси. Найдешевший спосіб виконання відкосів з штукатурки. Штукатурка наноситься в декілька шарів, кожен наступний шар наноситься після того, як висохне попередній. Обштукатурювання займає близько 2-5 днів. Недоліки такого способу очевидні: будь-яке порушення технології приводить до розтріскування поверхні, не дає гарних показників тепло- та шумоізоляції, недовговічність. Цей спосіб розглянуто на (рис. В.1). Такі відкоси отримали назву "холодних".

В нашому випадку запропоновано улаштування "теплого" відкосу з трьохшарових сендвіч-панелей товщиною 10 мм, з заповненням утеплювачем ROCKWOOL (ІЗОВЕР) (рис. В.4).

З виконаних досліджень видно, що запропонована конструкція вузла примикання вікна до зовнішньої стіни дозволяє досягти більш оптимальних умов за теплотехнічними показниками, температура у внутрішньому куті підвищилась до 9,5⁰С. Також дана конструкція шва буде задовольняти всім вимогам до монтажних швів, не буде накопичувати вологу і сприятиме створенню комфортних умов у приміщенні.

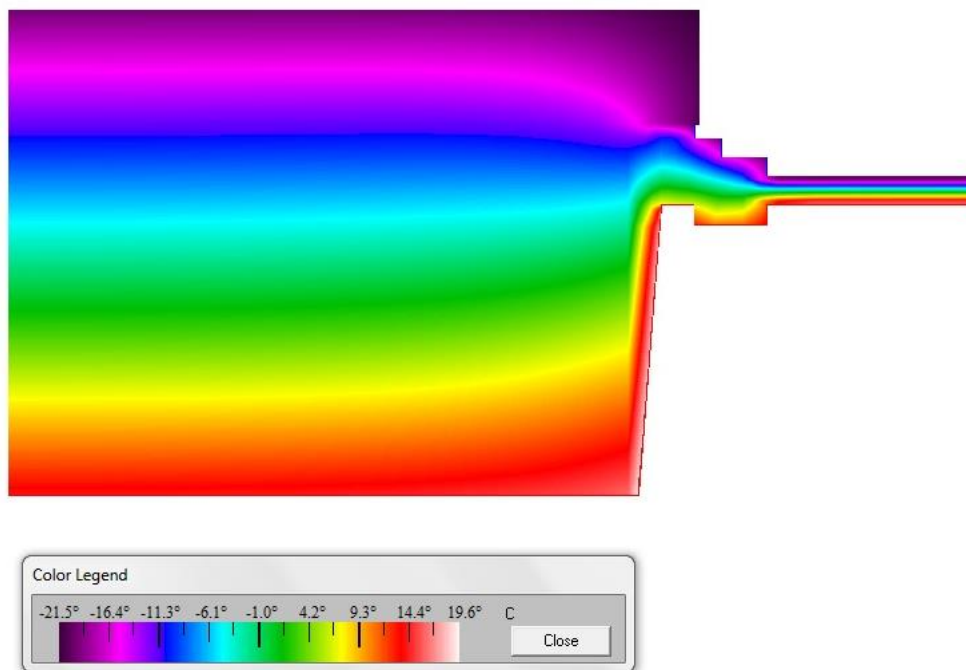
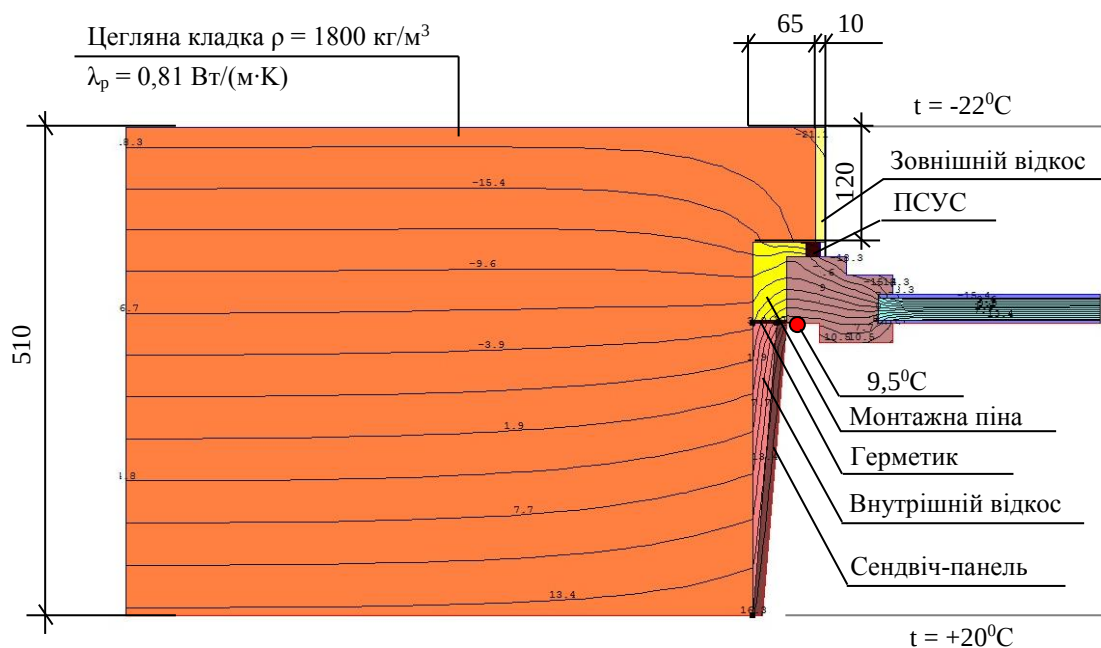


Рисунок В.4 – Дослідження вузла примикання вікна з ПВХ до зовнішньої стіни з улаштування внутрішньої і зовнішньої ізоляції, з шаром утеплювача і з теплим відкосом.

Додаток Д
АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНИЙ

Д.1 Характеристика умов будівництва

Д.1.1. Адміністративно-географічне положення.

Дослідження виконуються для міста Кропивницький.

Д.1.2. Основні кліматичні характеристики району будівництва.

Згідно [36] за архітектурно-будівельним кліматичним районуванням території України, місто Кропивницький відноситься до II-го Південно-східного району.

Середня температура повітря за рік $8,1^{\circ}\text{C}$. Температура повітря холодного періоду: найбільш холодна доба -30°C , найхолодніша п'ятиденка -25°C . Температура повітря теплого періоду: найжаркіша доба 29°C , найжаркіша п'ятиденка 25°C . За районуванням території за кількістю опалювального періоду – 4000 градусо-днів.

Переважає напрям вітру в січні ПнЗх, Зх з повторюваністю 18%, середня швидкість вітру, 4,3 м/с, в липні Пд з повторюваністю 25%, середня швидкість вітру, 3,4 м/с. За районуванням середньої швидкості вітру в січні: III – від 4,1 до 5,0 м/с.

Доза сумарної сонячної радіації за опалювальний період, що надходить на горизонтальну поверхню різної орієнтації за середніх умов хмарності 946 МДж/м^2 . Енергетична освітленість площин різної орієнтації сонячною радіацією у січні за умов ясного неба на 50° пн.ш., середня за добу: пряма – 40 Вт/м^2 , розсіяна – 21 Вт/м^2 ; у липні: пряма – 243 Вт/м^2 , розсіяна – 72 Вт/м^2 .

					МР 2019206 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Середньомісячні дози теплової радіації, що надходять на просторові поверхні при середній хмарності в січні – 719 МДж/м², в липні – 1045 МДж/м².

Відносна вологість повітря середньомісячна за січень – 86%, за липень – 66%. Середня за рік відносна вологість становить – 74%.

Середньомісячна кількість опадів за січень – 32 мм, за липень – 67 мм. Кількість опадів за рік від 507 мм.

Д.2 Вибір і розрахунок зовнішніх огорожувальних конструкцій

Для виконання досліджень в магістерській роботі виконуємо теплотехнічний розрахунок зовнішніх стін трьох конструкцій:

1. Цегляна стіна зі звичайної керамічної цегли товщиною 510 мм.
2. Трьохшарова цегляна стіна з оздоблювальним шаром фасадної цегли і шаром утеплювача загальною товщиною 510 мм.
3. Цегляна стіна товщиною 510 мм з фасадним утепленням товщиною 100 мм з облицюванням тонкошаровою штукатуркою

Д.2.1. Загальні положення і нормативні вимоги.

Для зовнішніх огорожувальних конструкцій опалюваних будівель і споруд відповідно до ДБН В.2.6-31:2016 [15] обов'язковим є виконання умов:

$$R_{\Sigma np} \geq R_{q min} ;$$

$$\Delta t_{np} \leq \Delta t_{cz} ;$$

$$t_{в min} > t_{min} ,$$

де $R_{\Sigma np}$ – приведений розрахунковий опір теплопередачі огорожувальної конструкції, м² · К/Вт;

$R_{q\ min}$ – нормативне мінімально допустиме значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ залежить від температурної зони і визначається відповідно з ДБН В.2.6.-31:2016 [15];

Δt_{np} – температурний перепад між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, $^{\circ}\text{C}$;

Δt_{ce} – допустима за санітарно-гігієнічними вимогами різниця між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, $^{\circ}\text{C}$, залежить від призначення будівлі і визначається згідно з [15]. Для внутрішньої поверхні зовнішніх і внутрішніх стін житлових будинків, дитячих і дошкільних закладів, навчальних закладів та закладів охорони здоров'я $\Delta t_{ce} = 4^{\circ}\text{C}$;

$t_{e\ min}$ – мінімальне значення температури внутрішньої поверхні в зонах теплопровідних включень в огорожувальній конструкції, $^{\circ}\text{C}$;

t_{min} – мінімальне допустиме значення температури внутрішньої поверхні при розрахункових значеннях температур внутрішнього й зовнішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$.

Достатній теплозахист є передумовою для створення здорових і комфортних умов перебування людей в приміщенні. Теплозахисна здатність огорожувальних конструкцій визначає величину тепловтрат, припливу тепла і, перш за все, температуру поверхні конструкції, на яку так реагує людина.

При пониженні температури навколишніх предметів нижче $18-24^{\circ}\text{C}$ (комфортні умови), підвищується тепловіддача людського тіла і виникає відчуття ознобу. При підвищенні температури напрямок тепловіддачі змінюється і людина реагує на це виділенням поту.

Д.2.2. Методика розрахунку. Вихідні данні.

Опір теплопередачі багатошарової конструкції визначається за формулою [38]:

$$R_{\Sigma np} = \frac{1}{\alpha_в} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_з},$$

де $R_{\Sigma np}$ – приведений розрахунковий опір теплопередачі багатошарової огорожувальної конструкції, Вт/(м² · К);

$\alpha_в$ – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, Вт/(м² · К), визначається згідно [38] і залежить від типу конструкції;

$\alpha_з$ – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції, Вт/(м² · К), визначається згідно [38] і залежить від типу конструкції;

R_i – термічний опір теплопередачі шару огорожувальної конструкції, визначається за формулою:

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i},$$

δ_i – товщина i -го шару, розрахункової конструкції;

λ_i – коефіцієнт теплопровідності матеріалу i -го шару розрахункової конструкції (розрахункова теплопровідність) Вт/(м · К), приймається згідно ДСТУ Б В.2.6-189 [38] залежно від вологісних умов експлуатації приміщень;

n – кількість шарів розрахункової огорожувальної конструкції.

Опір теплопередачі конструкції $R_{\Sigma np}$ має бути не меншим від мінімально допустимого значення опору $R_{q \min}$ відповідно [15]

$$R_{\Sigma np} \geq R_{q \min}.$$

Температура внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції визначається за формулою [39]:

$$t_{en} = t_{\epsilon} - \left(\frac{t_{\epsilon} - t_3}{R_{np} \cdot \alpha_{\epsilon}} \right),$$

де t_{en} – температура внутрішньої поверхні зовнішньої огорожувальної конструкції, $^{\circ}\text{C}$;

t_{ϵ} – розрахункова температура внутрішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$;

Нормативна температура внутрішнього повітря відповідно [15]
 $t_{\epsilon} = +20^{\circ}\text{C}$.

t_3 – розрахункова температура зовнішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$;

Для міста Кропивницький відповідно [36] $t_3 = -22^{\circ}\text{C}$.

Температурний перепад між температурою внутрішнього повітря і температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції визначається за формулою:

$$\Delta t_{np} = t_{\epsilon} - t_{en}.$$

Д.2.3. Теплотехнічний розрахунок зовнішньої стіни.

Вихідні данні:

1. Район будівництва: м. Кропивницький.
2. Призначення будівлі: житловий будинок.
3. Конструкція стіни:

Стіни виконано із керамічної повнотілої цегли марки М100 на розчині марки М50 товщиною 510 мм (дві цеглини) щільністю $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$ (теплопровідність $\lambda = 0,81 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$) (рис. Д.1).

Розрахунок:

1. Район будівництва (м. Кропивницький) знаходиться в І-й температурній зоні згідно [15].

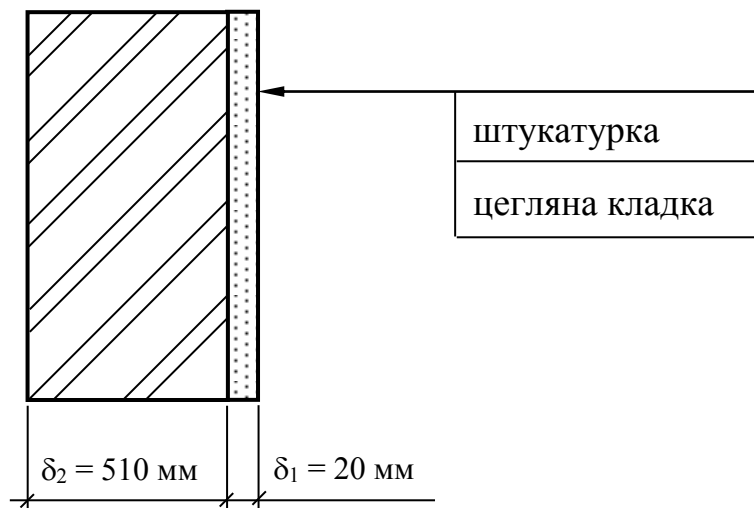


Рисунок Д.1 – Розрахункова схема зовнішньої суцільної цегляної стіни.

2. Згідно ДБН В.2.6.-31:2016 [15] мінімально допустиме значення опору теплопередачі зовнішньої стіни для I-ої температурної зони становить $R_{q\ min} = 3,3\ \text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

3. Розрахункові значення температури й вологості повітря в приміщеннях житлового будинку дорівнюють $t_{\text{в}} = +20^{\circ}\text{C}$ та $\phi_{\text{в}} = 55\%$ відповідно [15].

4. Вологісний режим – нормальний. Визначається залежно від відносної вологості $\phi_{\text{в}}$ і температури внутрішнього повітря $t_{\text{в}}$ згідно ДБН В.2.6.-31:2016 [15].

5. Зовнішня стіна експлуатується в умовах Б згідно ДБН В.2.6.-31:2016 [15].

Значення теплотехнічних характеристик матеріалів шарів стіни визначаємо для умов експлуатації Б згідно [38] і зводимо в табл. Д.1.

Необхідно перевірити чи відповідає вимогам [15] опір теплопередачі прийнятої нами конструкції зовнішньої стіни будівлі та виконання умови:

$$R_{np} \geq R_{q\ min} .$$

Таблиця Д.1 – Розрахункові теплофізичні характеристики матеріалів шарів стіни

№ шару	Найменування матеріалу	Товщи-на шару δ , м	Щіль-ність шару ρ , кг/м ³	Коефіцієнти	
				теплопрові-дність λ , Вт К	тепло-засвоєння S , Вт/м ² ·К
1	Штукатурка (розчин складний: пісок, вапно, цемент)	0,02	1700	0,87	8,48
2	Цегляна кладка (цегла керамічна повнотіла на цементно-піщаному розчині)	0,51	1800	0,81	10,12

Обчислюємо опір теплопередачі всіх шарів огорожуючої конструкції

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i},$$

де δ_i – товщина i -го шару, розрахункової конструкції;

λ_i – коефіцієнт теплопровідності матеріалу i -го шару розрахункової конструкції (розрахункова теплопровідність) Вт/(м · К), приймається згідно [38] залежно від вологісних умов експлуатації приміщень;

$$R_1 = \frac{0,02}{0,87} = 0,023 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}},$$

$$R_2 = \frac{0,510}{0,81} = 0,63 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Визначаємо опір теплопередачі зовнішньої стіни [38]:

$$R_{np} = \frac{1}{\alpha_6} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_3},$$

де $\alpha_6 = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огорожувальної [38];

$\alpha_3 = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції [38];

$$R_{np} = \frac{1}{8,7} + 0,023 + 0,63 + \frac{1}{23} = 0,81 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}},$$

Розрахунковий опір теплопередачі огорожувальної конструкції, $R_{\Sigma np} = 0,81 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$.

Економічно доцільний нормований опір теплопередачі зовнішньої стіни для м. Кропивницький $R_{q \min} = 3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$.

Так як умова $R_{np} \geq R_{q \min}$ не виконується, конструкція стіни не відповідає нормативним вимогам з економічно доцільного опору теплопередачі.

Забезпечити нормативне значення опору теплопередачі можливо шляхом зміни конструкції стіни, а саме застосуванням багатошарової конструкції з шаром внутрішнього утеплення або улаштування зовнішнього утеплення.

Конструкція стіни:

Запропонована трьохшарова конструкція зовнішньої стіни – фасадна цегла, шар утеплювача і звичайна керамічна цегла (рис. Д.2).

Внутрішня верста, несуча частина стіни виконана із звичайної керамічної цегли (щільністю $\rho_0 = 1800 \text{ кг}/\text{м}^3$) товщиною 250 мм (одна цеглина).

В якості утеплювача застосовуємо теплоізоляцію фірми ROCKWOOL, а саме напівжорсткі плити із кам'яної вати Rockton (щільністю $\rho = 50 \text{ кг}/\text{м}^3$) (теплопровідність $\lambda = 0,035 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{С})$), що спеціально розроблені для застосування в якості середнього теплоізоляційного шару в трьохшарових зовнішніх стінах.

Зовнішня частина стіни (зовнішня верста) виконана товщиною 120 мм (пів цеглини) із фасадної (лицювальної) цегли щільністю $\rho_0 = 1700 \text{ кг/м}^3$.

Умови розрахунку аналогічні попередньому.

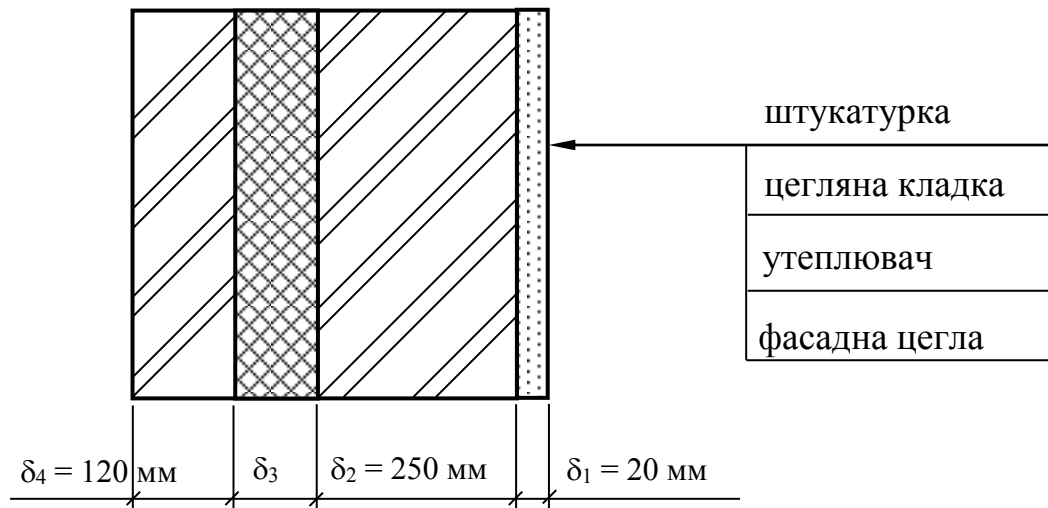


Рисунок Д.2 – Розрахункова схема зовнішньої стіни трьохшарової конструкції.

Значення теплотехнічних характеристик матеріалів шарів стіни визначаємо для умов експлуатації Б згідно [38] і зводимо в табл. Д.2.

Обчислюємо опір теплопередачі всіх шарів огорожуючої конструкції

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i},$$

де δ_i – товщина i -го шару, розрахункової конструкції;

λ_i – коефіцієнт теплопровідності матеріалу i -го шару розрахункової конструкції (розрахункова теплопровідність) $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$, приймається відповідно до [38] залежно від вологісних умов експлуатації приміщень;

$$R_1 = \frac{0,02}{0,87} = 0,023 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}},$$

Таблиця Д.2 – Розрахункові теплофізичні характеристики матеріалів шарів стіни

№ шару	Найменування матеріалу	Товщи-на шару δ , м	Щіль-ність шару ρ , кг/м ³	Коефіцієнти	
				теплопрові-дність λ , Вт К	тепло-засвоєння S , Вт/м ² ·К
1	Штукатурка (розчин складний: пісок, вапно, цемент)	0,02	1700	0,87	8,48
2	Цегляна кладка (цегла керамічна повнотіла на цементно-піщаному розчині)	0,25	1800	0,81	10,12
3	Утеплювач напівжорсткі плити із кам'яної вати Rockton фірми "Rockwool"	X	50	0,035	0,37
4	Фасадна цегла на цементно-піщаному розчині	0,12	1700	0,76	9,7

$$R_2 = \frac{0,250}{0,81} = 0,309 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}},$$

$$R_4 = \frac{0,120}{0,76} = 0,158 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Визначимо товщину утеплювача δ_3 , для якої опір теплопередачі конструкції стіни відповідатиме нормативній вимозі [15]
 $R_{q \min} = 3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}.$

Для цього прирівнюємо праву частину формули для визначення опору теплопередачі до $R_{q \min}$ [39, 40]

$$R_{q \min} = \frac{1}{\alpha_g} + R_1 + R_2 + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + R_4 + \frac{1}{\alpha_3} \Rightarrow,$$

$$\delta_3 = \left(R_{q \min} - \left(\frac{1}{\alpha_g} + R_1 + R_2 + R_4 + \frac{1}{\alpha_3} \right) \right) \cdot \lambda_3,$$

де $\alpha_6 = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огорожувальної [38];

$\alpha_3 = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції [38];

$$\delta_3 = \left(3,3 - \left(\frac{1}{8,7} + 0,023 + 0,309 + 0,158 + \frac{1}{23} \right) \right) \cdot 0,035 = 0,093 \text{ м.}$$

Товщину утеплювача приводимо до стандартного значення продукції ROCKWOOL і приймаємо $\delta_3 = 100 \text{ мм}$ напівжорсткі плити Rockton щільністю ($\rho = 50 \text{ кг}/\text{м}^3$).

З урахуванням прийнятої товщини утеплювача опір теплопередачі зовнішньої стіни складе

$$R_{np} = \frac{1}{8,7} + 0,023 + 0,309 + \frac{0,1}{0,035} + 0,158 + \frac{1}{23} = 3,51 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}},$$

Розрахунковий опір теплопередачі огорожувальної конструкції, $R_{np} = 3,51 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$.

Економічно доцільний нормований опір теплопередачі зовнішньої стіни для м. Кропивницький $R_{q \min} = 3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$.

Так як умова $R_{np} \geq R_{q \min}$ виконується, конструкція стіни відповідає нормативним вимогам [15] з економічно доцільного опору теплопередачі.

Температура внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції визначається за формулою:

$$t_{en} = t_e - \left(\frac{t_e - t_3}{R_{np} \cdot \alpha_6} \right),$$

де $t_e = +20^\circ\text{C}$ розрахункова температура внутрішнього повітря відповідно [15];

$t_3 = -22^{\circ}\text{C}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря для міста Кропивницький (Кіровоград) відповідно [36];

$$t_{en} = 20 - \left(\frac{20 - 22}{3,51 \cdot 8,7} \right) = 19,9^{\circ}\text{C}.$$

Температурний перепад між температурою внутрішнього повітря і температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції визначається за формулою:

$$\Delta t_{np} = t_{\text{в}} - t_{en} = 20 - 19,9 = 0,1^{\circ}\text{C} \leq \Delta t_{cz} = 4^{\circ}\text{C},$$

що задовольняє нормативним вимогам [15].

Температура внутрішньої поверхні.

Температура внутрішньої поверхні захисної конструкції повинна бути не нижче точки роси. У житлових будинках температура точки роси становить $t_{\min} = 10,7^{\circ}\text{C}$.

Розрахункова температура внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції $t_{en} = 19,9^{\circ}\text{C}$, що перевищує мінімально допустиму $t_{\min} = 10,7^{\circ}\text{C}$.

Прийнята конструкція зовнішньої стіни задовольняє вимогам [15].

Д.3 Короткий опис конструктивних рішень

Д.3.1. Вікна.

Вікна вибрані згідно [41] у відповідності з площами приміщень, що освітлюються. Верх вікон максимально наближено до стелі, що забезпечує кращу освітленість в глибині кімнат. Вікна прийняті металопластикові з трьох камерним профілем фірми "REHAU Euro-Design" шириною 70 мм з двокамерним склопакетом і фурнітурою компанії "Gretsch-Unitas".

Додаток Ж
ТЕХНОЛОГІЯ БУДІВНИЦТВА

Ж.1 Монтаж віконних блоків

Застосування в сучасній будівельній практиці енергоефективних віконних і стінових конструкцій, а також заміна традиційних природних сировинних матеріалів на синтетичні, виявили необхідність нового підходу до пристрою вузлів примикань віконних блоків до стінних прорізів. Цей підхід базується на умові, що три основних елементи вузлів примикань: стіна (віконний проріз), монтажний шов, віконний блок (торцева зона коробки) повинні проектуватися і працювати як єдина конструктивна система, що забезпечує виконання комплексу вимог, що пред'являються до вікна як до елемента зовнішніх огорожувальних конструкцій.

Різноманіття варіантів і поєднання конструкторських рішень стін і віконних блоків, а також складність надійного забезпечення функціональних вимог, що пред'являються до монтажних швах з точки зору будівельної фізики, визначають проблеми їх проектування і пристрою стосовно кліматичних умов різних регіонів.

Вихідні дані для проектування монтажних вузлів віконних блоків на конкретному будівельному об'єкті повинні включати:

- розрахункові кліматичні параметри зовнішнього середовища (температура, вологість повітря, вітер, сонячна радіація і ін.), що визначають зовнішні навантаження і впливи;
- розрахункові параметри мікроклімату всередині приміщень, що визначають внутрішні навантаження і впливи;
- особливості пристрою систем опалення та вентиляції будівлі, а також умов природного обміну повітря і кондиціонування;

- технічні характеристики монтажних швів, необхідні для сприйняття всього комплексу зовнішніх і внутрішніх навантажень і впливів;
- необхідні значення експлуатаційних характеристик віконних блоків і прилеглих стінових елементів;
- архітектурно-конструктивне рішення зовнішніх стін в області віконних прорізів (включаючи габаритні розміри прорізів, наявність і розташування чвертей, перемички, підвіконної дошки, слива та ін.);
- розташування віконних блоків по глибині прорізу;
- конструкцію, матеріал, габаритні розміри і розміри перетину профілів коробки (рами) віконних блоків;
- особливості температурно-вологісного режиму зовнішніх стін в області віконних прорізів.

З точки зору будівельного проектування, до навантажень відносяться всі дії і причини, які призводять до виникнення в конструктивному елементі внутрішніх напружень і, відповідно, деформацій. Всі дії мають несиловим природу і не призводять до виникнення в елементах конструкцій напружених станів; при цьому вдають із себе деяку сукупність факторів внутрішнього і зовнішнього середовища, що впливають на людину, що знаходиться в приміщенні, і на конструкції, що огорожують це приміщення.

Напруження, що виникають в місцях сполучення окремих елементів огорожувальних конструкцій під час їх експлуатації, сприймаються елементами вузлів примикань. У вузлах примикання віконних блоків до стінних прорізів цю функцію виконують кріпильні елементи і монтажні шви [27].

Пластикові вікна характеризуються тим, що мають значні теплові лінійні розширення. Це означає, що при впливі теплих променів сонця, елементи коробки і стулок вікон будуть збільшуватися в розмірах (розрахунки показують, що збільшення досягає 1,5 мм на один погонний метр, у випадку з кольоровими вікнами - 2,5 мм на погонний метр) цей

фактор значно впливає на те, як саме буде здійснюватися кріплення коробки до стін. Кути пластикового вікна повинні бути вільні, при цьому всі елементи кріплення монтуються на відстані не менше 150 мм від внутрішніх кутів конструкції. Решта кріплення встановлюється через рівні проміжки (для білих вікон - не більше ніж через 70 см, для кольорових - через 60 см). При наявності імпортів, кріплення також ставиться не менш ніж в 150 мм від кута.

Технологічний зазор між віконною коробкою і стінами повинен бути не менше 15 мм, що пов'язано з розширенням вікон і трудомісткістю заповнення тонкого шва.

У нижній частині вікна під кути ставляться підтримують колодки. Їх також встановлюють і з боків за такою технологією: якщо ви дивитеся на вікно зсередини приміщення, то, при наявності одностулкової вікна, колодки монтуються на протилежній від петель стороні вгорі, а на петлевій стороні - внизу. У випадку з двостулковими вікнами знадобиться, відповідно, вже чотири колодки [18].

За допомогою розпірних колодок-підкладок, а також тимчасово встановлених клинів (рис. Ж.1), віконному чи дверному блоку надають проектне положення.

Несучі опірні колодки-підкладки повинні бути виконані із матеріалу, що витримує діючі на вікна або двері навантаження та передає їх на стінові конструкції.

Розташування зазначених колодок-підкладок не повинно перешкоджати лінійному розширенню віконних або дверних блоків [18].

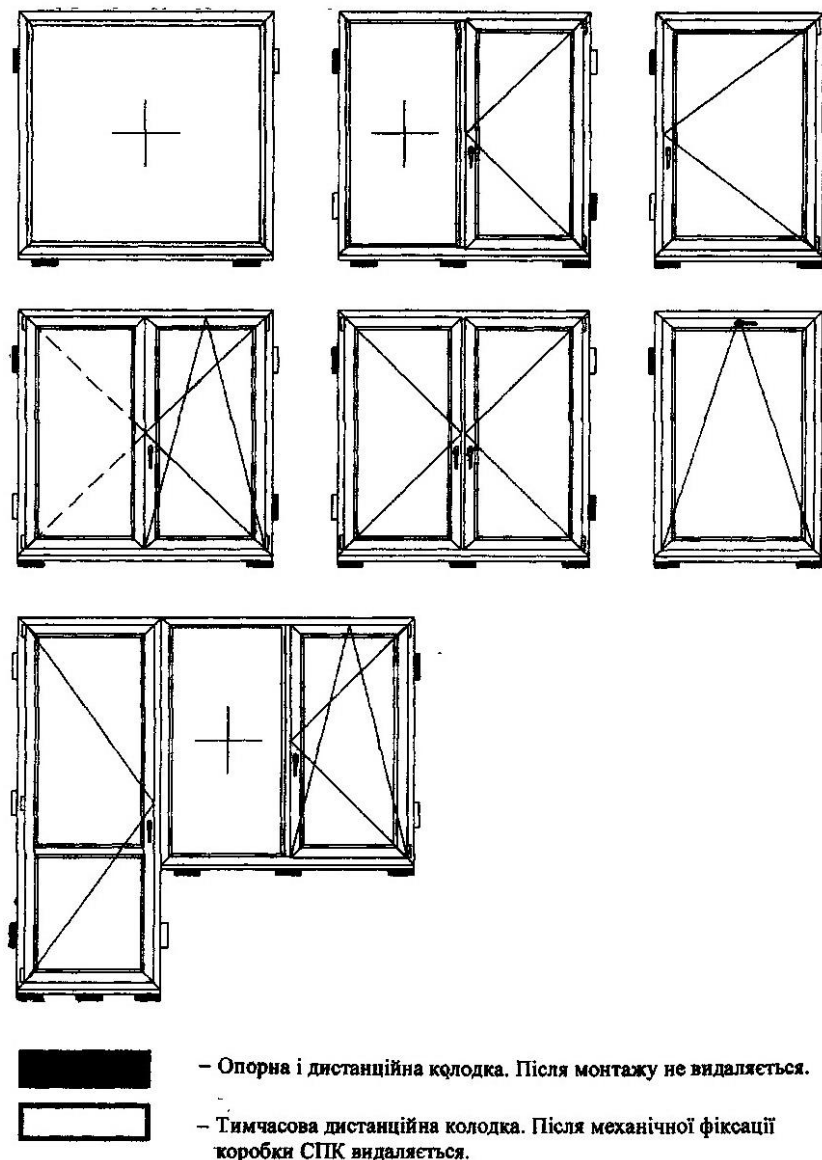


Рисунок Ж.1 – Схеми розташування опірних (несучих та тимчасових) колодок-підкладок при улаштуванні вікон та дверей

Приклади технології облаштування підкладок наведені на рис. Ж.2. При цьому хотілося б відмітити, що клиновидне формування краще зі сторони технології і надійніше, ніж багат шарове за рахунок щільнішої підгонки [27].

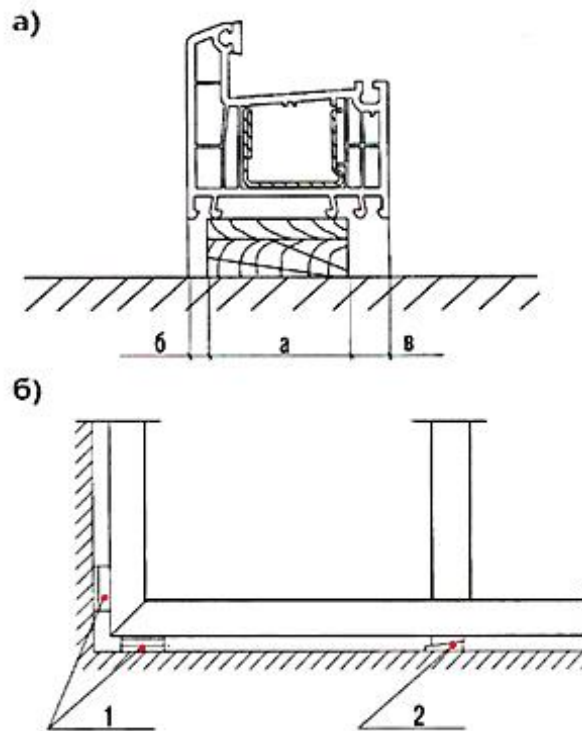


Рисунок Ж.2 – Формування підкладок: а) по ширині: а – ширина підкладки; б – відстань, необхідна для ізоляції зовні; у – відстань необхідне, для ізоляції зсередини; б) по висоті: 1 – багатошарові, 2 – клиновидні.

При проектуванні габаритного скління слід відповідально спланувати теплові зазори, особливо при засклення вітрин і еркерів на всю висоту поверху [27].

Незалежно від наявності або відсутності чверті, при установці вікна по всьому контуру отвору повинні бути передбачені технологічні (температурні) зазори, необхідні для вільного зрушення вікна при його температурному розширенні-стисканні. Ця вимога має бути обов'язково виконана, незалежно від типу стіни, в якій закріплюється вікно (цегляна, залізобетонна, тощо).

Оскільки при нагріванні вікно розширюється у всіх напрямках, температурні зазори повинні бути залишені всюди, де вікно стикається з перешкодами, що заважають вільному зрушенню. Поширена помилка:

ширина шва у верхній частині прорізу з чвертю, як правило, виходить конструктивно і визначається відстанню, технологічно необхідним для установки на рамному профілі москітної сітки. При цьому про можливість температурного вигину вікна в сторону чверті монтажники часто забувають, і вікно притискається до чверті впритул (рис. Ж.3).

Товщина монтажних швів (монтажних температурних зазорів) призначається в залежності від зміни розмірів віконних блоків в результаті коливання температур (рис. Ж.4).

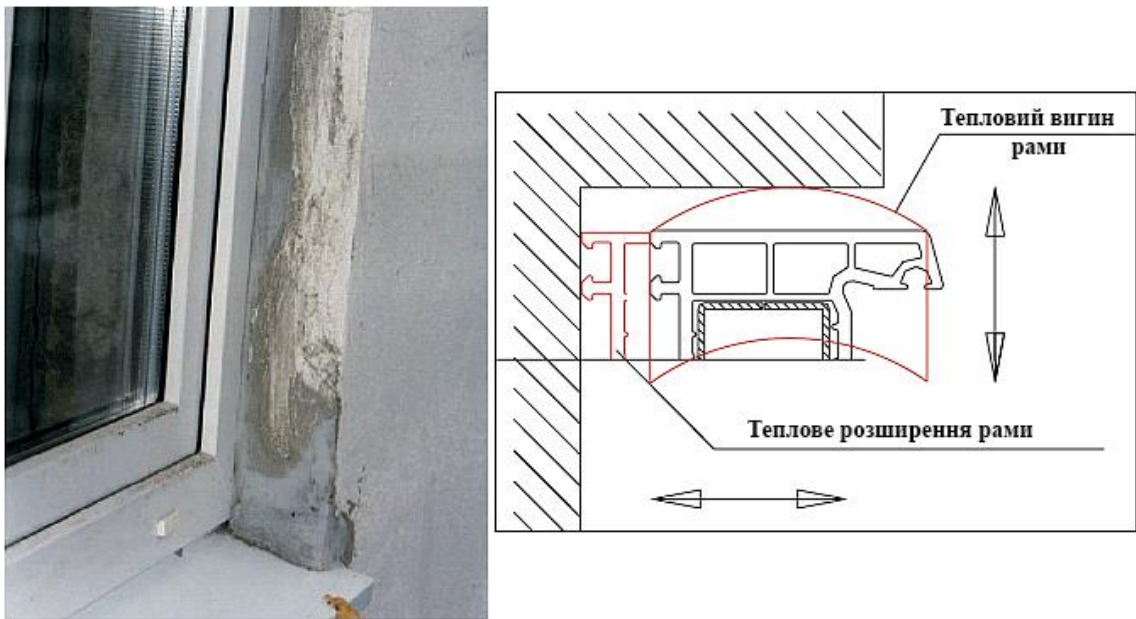


Рисунок Ж.3 - Вікно з ПВХ впритул притиснутий до чверті. Відсутня можливість вільної зрушення вікна в сторону чверті при температурному розширенні.

матеріал
віконних
профілів

b_{2a} для герметиків із загальною
допустимого
деформацією 15%

b_{2a} для герметиків із загальною
допустимого
деформацією 15%

довжина вікна в мм

до 1,5 до 2,5 до 3,5 до 4,5

мінімальна ширина швів для проїмів
без чверті b_0 в мм

до 2,5 до 3,5 до 4,5

мінімальна ширина швів для
внутр.чверті b_0 в мм

ПВХ (білий)

10

15

20

25

10

10

15

ПВХ з кольор. поверх.

15

20

25

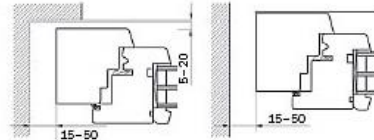
30

10

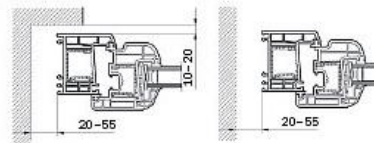
15

20

1. Дерев'яні віконні блоки, а також віконні блоки з алюмінієвих сплавів з розміром сторони коробки до 2000 мм.



2. Віконні блоки з ПВХ профілей білого кольору з розміром сторони коробки до 2000 мм, а також віконні блоки з алюмінієвих сплавів з розміром сторони коробки більше 2000 мм.



3. Віконні блоки з ПВХ профілей білого кольору з розміром сторони коробки більше 2000 мм та з кольорових ПВХ профілей з розміром сторони до 2000 мм
а - боковий зазор
в - фронтальний зазор

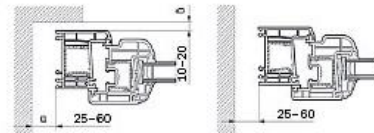


Рисунок Ж.4 – Мінімально допустима товщина монтажних швів (температурних зазорів).

Необхідний температурний зазор (ширина шва) призначається з умови лінійного розширення вікна з ПВХ білого кольору з армуванням. Фактичний коефіцієнт лінійного розширення встановлених вікон при зміні температури від -20°C до $+80^{\circ}\text{C}$ становить $\alpha_{\text{вікна}} = 25 \times 10^{-6} \text{ I/K}$. Це майже в 3 рази нижче коефіцієнта лінійного розширення твердого ПВХ $\alpha_{\text{ПВХ}} = 70 \times 10^{-6} \text{ I/K}$. При розрахунках температурних змін геометрії вікон з ПВХ використовується певний запас надійності. При цьому величина розрахункового значення коефіцієнта лінійного розширення приймається рівною 60% від відповідної величини для твердого ПВХ і дорівнює $\alpha_{\text{вікна розр.}} = 42 \times 10^{-6} \text{ I/K}$.

У більшості випадків реальна прогнозована зміна геометричних розмірів вікна може бути визначено з табл. Ж.1 [18].

Таблиця Ж.1 - Зміна габаритних розмірів віконного блоку з ПВХ білого кольору з армуванням при температурі установки +15°C і нагріванні-охолодженні на 30°C.

Ширина/висота вікна, мм	Зміна розмірів, мм
1500	± 1,9
2500	± 3,2
3500	± 4,4
4500	± 5,7

Вікно з ПВХ кріпиться по периметру (рис. Ж.5) через певні відстані, які, передусім, визначаються жорсткістю рами, а також оптимальністю статичних характеристик самого кріпильного елементу.

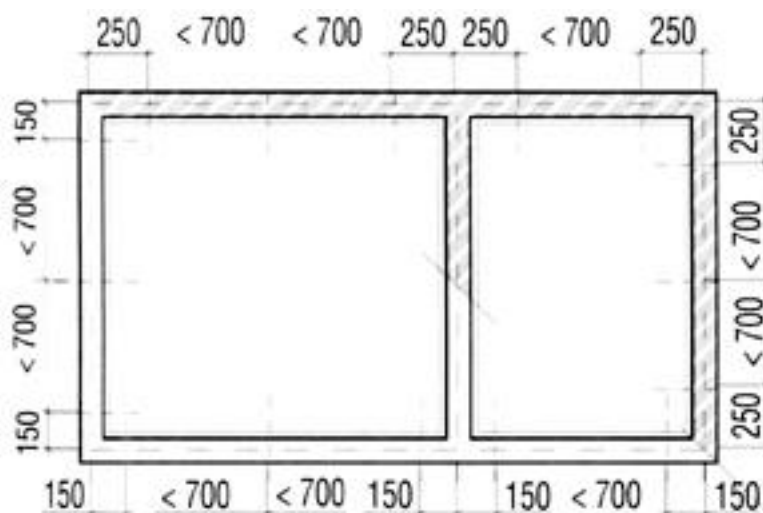


Рисунок Ж.5 – Відстань між елементами кріплення для вікон з ПВХ.

Для передачі зусиль, утворених від силових дій, спрямованих з площини вікна, застосовуються кріпильні засоби, такі як рамний дюбель, монтажна пластина, будівельний шуруп.

Критеріями вибирання кріпильних засобів є: конструкція стіни; технологія обробки відкосів; матеріал рами; прийняті навантаження.

Сфера застосування рамного дюбеля – примикання віконної конструкції безпосередньо до несучої частини стіни (рис. Ж.6) по бокам і вверху прорізу.

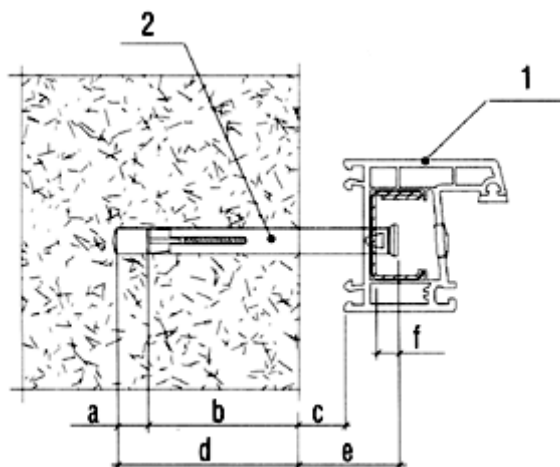


Рисунок Ж.6 – Закріплення вікна з ПВХ (1) за допомогою рамного дюбеля (2): а – нівелююча глибина; b – глибина анкерування; с – ширина шва; d – глибина отвору; е – корисна довжина дюбеля; f – температурний проміжок.

При роботі дюбеля, він не повинен сприймати висмикуючих зусиль, які можуть виникнути при термічних деформаціях профілю рами. Тому при монтажі вікна не допускається зайве затягування дюбелів, особливо в літній період року. Інакше при охолодженні ПВХ-профілю взимку станеться розщільнення віконної конструкції за рахунок утримування рами дюбелями. Щоб цього не відбувалося і щоб профіль рами мав можливість вільно переміщатися в площини вікна, рекомендується залишати проміжок $f = 3-5$ мм між голівкою дюбеля і поверхнею армуючого елементу рами.

Дюбель призначений для роботи у бетоні; кладці з цегли керамічної, силікатної, піноблоків, газобетону, природного каменю.

Допустимі навантаження на дюбель дані в технічній документації виробника. Окрім цього, необхідно дотримуватися рекомендованих

виробником відстаней від краю і між осями дюбелів з урахуванням будівельного матеріалу, оскільки в процесі кріплення дюбеля в анкер утворюється складний напружено-деформований стан.

Сфера застосування монтажних пластин (у ряді джерел поворотний анкер) – тришарові системи зовнішніх стін, примикання внизу вікна.

Одна з умов застосування монтажних пластин – подальша обробка відкосів віконного отвору обштукатурюванням або облицюванням "сухим" способом. Хоча, на відміну від дюбелів, пластини технологічніші в монтажі за рахунок особливостей своєї будови. Вони можуть вільно обертатися навколо осі, утвореної в місці приєднання до профілю, що дає більше свободи у виборі місця кріплення.

Кріплення монтажної пластини до стіни здійснюється за допомогою двох анкерів, в якості яких можуть застосовуватися шурупи з пластмасовими дюбелями або будівельні шурупи-саморізи. Пластина є профілеутворюючим елементом, в місці приєднання до профілю рами вона має так звані "лапки" із зубчастою поверхнею, якими вставляється в спеціальні профільні частини, що виступають, де міцно фіксується. Додатково кріпиться за допомогою самонарізаючого віконного шурупа.

Монтажна пластина сприймає зусилля, спрямовані перпендикулярно площини вікна, при цьому вона не сприймає зусилля в площині вікна, дозволяючи рамі здійснювати переміщення, обумовлені температурними деформаціями. Причому вона здатна витримувати досить великі навантаження при різній товщині монтажного шва [17].

Це основоположні принципи установки віконних конструкцій. Існує безліч нюансів і особливостей в кожному конкретному випадку, однак вищесказане має особливу важливість. Ну і, звичайно ж, не варто забувати і про людський фактор, який може звести до нуля ефект від вибору навіть найкращих матеріалів і технологій.

Додаток К
ОХОРОНА ПРАЦІ

К.1 Заходи щодо охорони праці при монтажі віконних блоків

Організація будівельного майданчика, ділянок і окремих робочих місць повинна забезпечувати безпеку праці робітників на всіх етапах виконання робіт з термомодернізації будинків [42].

До самостійної роботи на обладнанні в якості монтажника віконних блоків допускаються особи, які пройшли вступний інструктаж, інструктаж з пожежної безпеки, первинний інструктаж на робочому місці, навчання безпечним методам і прийомам праці, інструктаж з електробезпеки на робочому місці і перевірку засвоєння його змісту. Для виконання обов'язків монтажника віконних блоків можуть бути прийняті особи, які не мають медичних протипоказань для даної професії, які пройшли навчання та інструктаж з охорони праці [42].

Роботи з термомодернізації слід проводити, згідно з: ДБН А.3.2-2, НПАОП 0.00-1.15, НПАОП 0.00-5.04, НПАОП 0.00-5.06, ДСТУ-Н Б В.3.2-3:2014 52 НАПБ А.01.001, НПАОП 40.1-1.01, НПАОП 0.00-1.11, НПАОП 0.00-1.20, НПАОП 40.1-1.21, НПАОП 40.1-1.32, ДСП 201 а також дотримуючись вимог до матеріалів і виробів.

Матеріали та вироби, які використовуються при виконанні робіт з термомодернізації, повинні відповідати вимогам чинних нормативних документів та бути дозволеними до використання Центральними органами виконавчої влади у сфері охорони здоров'я України та у сфері пожежної безпеки України.

Небезпечні та шкідливі фактори, що можуть впливати на робітників під час виконання робіт з термомодернізації, способи захисту робітників від їх впливу слід визначати та встановлювати згідно з [42].

					МП 2019206 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Вантажно-розвантажувальні роботи, складування матеріалів та виробів слід виконувати механізованим способом згідно з НПАОП 63.11-7.01, Правилами будови і безпечної експлуатації вантажопідіймальних кранів, ДБН А 3.2-2, ГОСТ 12.3.009, ГОСТ 12.3.020. При виконанні вантажно-розвантажувальних робіт матеріалів та виробів необхідно вживати заходи, які забезпечують цілісність тари та збереження якості матеріалів.

Організація робіт з улаштування вікон та дверей повинна виконуватись згідно з ГОСТ 12.1.004, ГОСТ 12.1.010, ГОСТ 12.1.044, ГОСТ 12.4.124, ДСТУ 3273, НАПБ А.01.001. Умови транспортування та зберігання віконних та дверних блоків, а також ДСТУ-Н Б В.3.2-3:2014 54 супутніх виробів та матеріалів мають відповідати вимогам безпеки згідно з ДБН В.2.5-67, НАПБ А.01.001, ГОСТ 12.1.004, ГОСТ 12.1.010. Ділянки робіт та робочі місця під час улаштування вікон та дверей мають бути організовані відповідно до вимог [42]. Переміщення, транспортування, завантаження до транспортного засобу та зберігання матеріалів здійснюють згідно з вимогами ГОСТ 12.3.009.

Монтажнику слід пам'ятати, що внаслідок невиконання вимог, викладених в інструкції з охорони праці, правила внутрішнього трудового розпорядку, ППБ та ПТБ, при проведенні монтажних робіт може виникнути небезпека ураження електричним струмом; травмування, падіння з висоти, отруєння хімічними речовинами.

Дерев'яні рукоятки ручних інструментів повинні бути виготовлені з деревини твердих і в'язких порід (кизил, бук, граб, береза) з вологістю не більше 12%, гладко оброблені і надійно закріплені. На поверхні рукояток не допускаються вибоїни, що випадають сучки й відколи. Робочі частини інструменту не повинні мати тріщин, задирок і підсічок.

До роботи з електрифікованим інструментом допускаються особи, які пройшли виробниче навчання і мають допуск.

					МП 2019206 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Ручний та електрифікований інструмент повинен мати правильну заточку, а зубці дискових пилок, крім того - правильну розведення. Усі пускові і гальмові пристрої повинні бути огорожені. Корпуси електроінструментів повинні бути заземлені.

Монтажнику видаються безкоштовно наступні засоби індивідуального захисту:

- костюм бавовняний;
- рукавиці з надолонником з вінілшкіри;
- черевики шкіряні.

Монтажнику забороняється:

- застосовувати небезпечні методи і прийоми роботи;
- включати електроінструмент і працювати (в робочому режимі) при знятих, несправних або неправильно встановлених огорожувальних, блокувальних або сигнальних пристроях, при відсутності або несправності захисного заземлення;
- виконувати роботи без відповідних справних засобів індивідуального захисту і спеціального інструменту;
- торкатися до рухомих і обертовим механізмам, до струмоведучих частин обладнання, роз'ємів, сполучних кабелів, годуючих проводів;
- самостійно усувати несправності, розбирати і ремонтувати механізми, електрообладнання, світильники, кабелі штепсельні з'єднання, відкривати дверці електрошаф і механізмів приводу;
- включати і зупиняти (крім аварійних випадків) обладнання, на якому немає доручено працювати;
- працювати з електропилками в розстебнутих або довгих рукавах без зазначеного їх закріплення.

За невиконання вимог безпеки, викладених у цій інструкції, робітник несе дисциплінарну відповідальність [42].

К.2 Вимоги безпеки перед початком робіт

Привести в порядок робочий одяг: застебнути або обхопити широкою гумкою рукави, прибрати кінці косинки або хустки, заправити одяг так, щоб не було майоріючих на вітру решт, прибрати волосся під щільно облягаючий головний убір. Приготувати справні рукавиці.

Перевірити не захащені чи проходи і робоче місце, привести його в порядок, прибрати всі зайві предмети. Робочий інструмент, пристосування і допоміжні матеріали розташувати в зручному та безпечному для використання порядку і перевірити їх справність. Несправний інструмент і пристосування з робочого місця прибрати.

Переконатися в тому, що робоче місце достатньо освітлене і світло не буде сліпити очі.

Перевірити стан обладнання:

- в робочому режимі всі привідні пристрої повинні бути закриті огороженнями;
- розетки і вилки для підключення обладнання і пристроїв повинні бути трьохклеммними;
- розташування контактів в розетках повинно бути наступним: нуль зліва, фаза справа, посередині – захисне заземлення.

Ознайомитися з майбутньою роботою, продумати порядок її виконання. Узгодити з керівником робіт прийоми робіт і додаткові засоби захисту (запобіжний пояс, респіратор, захисні окуляри, тощо)

При виконанні малярних робіт з шкідливо діючими фарбами додатково видається:

- рукавички гумові чергові;
- респіратор;
- окуляри захисні.

Для захисту шкірного покриву слід застосовувати рукавички двошарові з латексу, пасту ІЕР-1 або ХІОТ-6, або інші мазі і пасти.

К.3 Вимоги безпеки під час роботи

До монтажу віконних блоків необхідно приступати після перевірки робочого місця і наявності запобіжного поясу у кожного монтажника.

Перед початком монтажних робіт прибрати в віконних отворах сторонні предмети.

Працюючи на висоті повинні:

- користуватися інструментальними ящиками або сумками для перенесення і зберігання інструменту і кріпильних матеріалів;
- закріплювати інструмент і кріпильні матеріали;
- не кидати що-небудь вниз.

Стежити за тим, щоб навантаження на ліси і підмостки не перевищувала розрахункову.

При використанні вантажопідйомних механізмів постійно стежити за їх справним станом. При виявленні несправностей припинити роботу і доповісти майстру.

Не залишати вантаж, що піднімається в підвішеному стані, а також проходити під вантажем, що піднімається.

Застосовуючи домкрати, встановлювати їх під вантаж стійко і міцно, не допускаючи перекосів. Домкрати встановлювати тільки на стійкі предмети, не використовувати цеглу, колоди.

Таль використовувати в роботі тільки зі справними стропами і гальмом.

При користуванні верстатом укладати тільки ті деталі і інструмент, які необхідні для виконання даної роботи.

З лівого боку лещат на верстак кладуть інструмент, який беруть лівою рукою, а з правого - інструмент, який беруть правою рукою (молоток, напилек, гайкові ключі тощо), на середині верстата - вимірювальний інструмент.

Для зручності і щоб уникнути мікротравм Складальні лещата повинні бути встановлені так, щоб верхня частина губок перебувала на рівні ліктя слюсаря.

Працюючи на верстатах дотримуватися заходів безпеки, викладені в інструкціях з охорони праці для робітників, які обслуговують відповідне обладнання.

Для використання переносного електроінструменту користуватися спеціальною електропроводкою, що витримує напругу 220 В.

При роботі електродрилем предмети, що підлягають свердлінню, необхідно надійно закріпити. Торкатися руками обертового ріжучого інструменту забороняється.

Чи не видаляти стружку або тирсу руками під час роботи інструменту. Стружка і тирса підлягають видаленню після повної зупинки електроінструмента спеціальними гачками або щітками.

Обробляти електроінструментом обмерзлі та мокрі заготовки забороняється.

Працювати дрилем не більше $\frac{2}{3}$ тривалості робочого дня. Відповідно до санітарних норм передбачити 10-15 хвилинні перерви після кожної години роботи.

З метою захисту від ураження електрострумом при роботі з електроінструментом користуватися гумовими рукавичками і гумовими килимками.

З метою безпеки стежити за справністю ізоляції, не допускати механічних пошкоджень кабелю.

Під час перерв у роботі відключати електроінструмент. Не проводити підключення електроінструменту до електромережі за відсутності спеціального, безпечного штепсельного роз'єму. Це повинен зробити електромонтер.

При раптовій зупинці електроінструменту він повинен бути відключений вимикачем.

Особам, які працюють з електроінструментом, самим не розбирати і не ремонтувати інструмент, кабель, штепсельні з'єднання, інші частини.

При знятті або установці деталей і вузлів на машині, користуватися інструментом і пристосуваннями, передбаченими для виконання даного виду робіт.

Використовуючи підлоговий транспорт, ручні візки правильно вибирати конструкції візків відповідно до характеру вантажу; правильно укласти вантаж і закріплювати його під час перевезення.

Після закінчення роботи на висоті перевірити, чи не залишилися на лісах і риштуванні інструмент, кріпильні пристосування та інші предмети, які можуть впасти [43].

Монтажник пластикових і алюмінієвих вікон зобов'язаний:

- виконувати інструкцію з охорони праці, правила внутрішнього трудового розпорядку, вказівки майстра (виконроба);
- застосовувати спецодяг та інші засоби індивідуального захисту за призначенням;
- не допускати на робоче місце сторонніх осіб;
- вміти надавати долікарську допомогу потерпілим;
- виконувати тільки ту роботу, по якій пройшов навчання стажування;
- виконувати вимоги знаків безпеки;
- не заходити за огороження небезпечних зон;
- бути уважним до попереджуючим сигналам вантажопідійомних машин, автомашин та інших видів транспорту, що рухається;

- повідомляти майстра (виконроба) про помічені несправності електрообладнання (порушена ізоляція або відірвані дроти, розбита арматура світильників, відкритий або поламаний електророзподільний щит і ін. і інших порушеннях вимог безпеки, а також про нещасні випадки на ділянці;

- вміти користуватися засобами пожежогасіння (вогнегасниками внутрішнім пожежним краном); при виникненні пожежі викликати пожежну команду (по телефону, пожежними сповіщувачами тощо) і брати участь ліквідації пожежі.

К.4 Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

При помічені несправності застосовуваного інструменту та обладнання або створення аварійної обстановки при виконанні робіт тесля зобов'язаний:

- припинити роботу;
- попередити працюючих про небезпеку;
- довести до відома начальника підрозділу і сприяти усуненню аварійних ситуацій, а також їх розслідування з метою розробки протиаварійних заходів;

- виробляти усунення найнагальніших несправностей її суворим дотриманням вимог безпеки, викладених в інструкції з охорони праці;

- при нещасних випадках з людьми надати їм долікарську допомогу. Негайно повідомити начальника підрозділу, зберегти обстановку, при якій стався нещасний випадок.

К.5 Вимоги безпеки після закінчення робіт

Устаткування відключити від мережі, обмахнути щіткою - кмітливістю, окремі частини протерти ганчіркою. Інструмент і пристосування промити, протерти і покласти у відведене для них місце.

Привести в порядок робоче місце. Прибрати відходи, сміття.

Повідомити керівника про всі несправності і недоліки, помічені під час роботи і про вжиті заходи щодо їх усунення.

Зняти і привести в порядок засоби індивідуального захисту та інші використовувані засоби захисту.

Вимити руки і обличчя теплою водою з милом, прополоскати рот, по можливості прийняти душ. Застосовувати для миття хімічні речовини забороняється.

К.6 Розрахунок природного освітлення

При проектуванні нових приміщень, при реконструкції старих, при проектуванні природного освітлення житлових приміщень необхідно визначити достатню площу світлових прорізів, що забезпечують нормоване значення КПО.

Розглянемо приклад житлового приміщення прощеною $S_n = 5 \cdot 4 = 20 \text{ м}^2$, з віконним отвором площею $S_o = 1,8 \cdot 2,1 = 3,78 \text{ м}^2$. Місце знаходження будівлі м. Кропивницький.

Розрахунок полягає в порівнянні відношення площі світлових прорізів при бічному освітленні до площі підлоги приміщення за формулою:

$$100 \frac{S_o}{S_n} = \frac{e_n \cdot K_z \cdot \eta_0}{\tau_0 \cdot r_1} K_{зд}$$

де S_o – площа світлових прорізів при бічному освітленні, м^2 ;

S_n – площа підлоги приміщення, м^2 ;

e_n – нормоване значення КПО (коефіцієнта природного освітлення) приймається згідно рис. К.1;

K_z - коефіцієнт запасу;

η_0 - світлова характеристика вікон, приймають по табл. К.1;

τ_0 - загальний коефіцієнт світло пропускання, визначають за

					МР 2019206 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

формулою: $\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3$

τ_1 - коефіцієнт світло пропускання матеріалу, приймають по табл. К.2;

τ_2 - коефіцієнт, що враховує втрати світла в несучих конструкціях, при бічному освітленні дорівнює 1;

τ_3 - коефіцієнт, що враховує втрати світла в сонцезахисних пристроях, приймають по табл. К.3;

τ_1 - коефіцієнт, що враховує підвищення КПО при бічному освітленні, завдяки світлу, відбитому від поверхні приміщення та підстиляючого шару, що примикає до будівлі, приймають по табл. К.4;

$K_{зд}$ - коефіцієнт, що враховує затемнення вікон сусідніми будинками, приймають по табл. К.5.



Рисунок К.1 - Карта світлового клімату України.

Таблиця К.1 – Значення світлової характеристики η_0 вікон при бічному освітленні

Відношення довжини приміщення до його глибини	Значення світлової характеристики η_0 при відношенні глибини приміщення до його висоти від рівня умовної робочої поверхні до верху вікна							
	1	1,5	2	3	4	5	7,5	10
4 і більше	6	7	7,5	8	9	10	11	12,5
3	7,5	8	8,5	9,6	10	11	12,5	14
2	8,5	9	9,5	10,5	11,5	13	15	17
1,5	9,5	10,5	13	15	17	19	21	23
1	11	15	16	18	21	23	26,5	29
0,5	18	23	31	37	45	54	66	-

Таблиця К.2 – Значення коефіцієнта τ_1 .

Вид світлопропускаючого матеріалу		τ_1
Скло віконне листове:	одинарне	0,9
	подвійне	0,8
	потрійне	0,75
Скло вітринне товщиною 6-8 мм		0,8
Скло листове армоване		0,6
Скло листове візерункове		0,65
Скло листове зі спеціальними властивостями:	сонцезахисний	0,65
	контрастне	0,75
Органічне скло:	прозоре	0,9
	молочне	0,6
Пустотілі скляні блоки:	світлорозсіюючі	0,5
	світлопрозорі	0,55
Склопакети		0,8

Таблиця К.3 - Значення коефіцієнта τ_3 .

Сонцезахисні пристрої, вироби і матеріали		τ_3
Регульовані жалюзі і штори (міжскляні внутрішні, зовнішні), які можна прибрати		1
Стационарні жалюзі та екрани із захисним кутом не більше 45° при розташуванні пластин жалюзі або екранів під кутом 90° до площини вікна:		0,65
	горизонтальні	0,75
	вертикальні	
Горизонтальні козирки:	з захисним кутом не більше 30°	0,8
	з захисним кутом від 15 до 45°	0,9-0,6

Таблиця К.4 – Значення коефіцієнта τ_1 .

Відношення глибини приміщення до висоти від рівня умовної робочої поверхні верху вікна	Відношення відстані розрахункової точки від зовнішньої стіни до глибини приміщення	Значення τ_1 при боковому освітленні								
		Середньозважений коефіцієнт відбиття стелі, стін і підлоги								
		0,5			0,4			0,3		
		Відношення довжини приміщення до його глибини								
		0,5	1	2 і більше	0,5	1	2 і більше	0,5	1	2 і більше
Від 1 до 1,5	0,1	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1	1,05	1	1
	0,5	1,4	1,3	1,2	1,2	1,15	1,1	1,2	1,1	1,1
	1	2,1	1,9	1,5	1,8	1,6	1,3	1,4	1,3	1,2
Від 1,5 до 2,5	0	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1	1
	0,3	1,3	1,2	1,1	1,2	1,15	1,1	1,15	1,1	1,05
	0,5	1,85	1,6	1,3	1,5	1,35	1,2	1,3	1,2	1,1
	0,7	2,25	2	1,7	1,7	1,6	1,3	1,55	1,35	1,2
	1	3,8	3,3	2,4	2,8	2,4	1,8	2	1,8	1,5
Від 2,5 до 3,5	0,1	1,1	1,05	1,05	1,05	1	1	1	1	1
	0,2	1,15	1,1	1,05	1,1	1,1	1,05	1	1,05	1,05
	0,3	1,2	1,15	1,1	1,15	1,1	1,1	1,05	1,1	1,05
	0,4	1,35	1,25	1,2	1,2	1,15	1,1	1	1	1,1
	0,5	1,6	1,45	1,3	1,35	1,25	1,2	1,25	1,15	1,1
	0,6	2	1,75	1,45	1,6	1,45	1,3	1,6	1,8	1,6
	0,7	2,6	2,2	1,7	1,4	1,7	1,4	1,6	1,5	1,3
	0,8	3,6	3,1	2,1	2,4	2,2	1,55	1,9	1,7	1,4
	0,9	5,3	4,2	3	2,9	2,45	1,9	2,2	1,85	1,5
	1	7,2	5,4	4,3	3,6	3,1	2,4	2,6	2,2	1,7

Таблиця К.5 - Значення коефіцієнта $K_{зд}$, що враховує затінення вікон сусіднім будинками в залежності від відношення відстані між даним і сусідньою будівлею P до висоти розташування карниза сусіднього будинку над підвіконням розглянутого вікна $H_{зд}$.

$P / H_{зд}$	0,5	1	1,5	2	3 і більше
$K_{зд}$	1,7	1,4	1,2	1,1	1

$$\tau_0 = 0,8 \cdot 1 \cdot 1 = 0,8$$

$$100 \cdot \frac{3,78}{20} = \frac{0,9 \cdot 1,5 \cdot 11}{0,8 \cdot 1,3} \cdot 1,4 = 100 \cdot 0,189 = \frac{14,85}{1,04} \cdot 1,4.$$

Для даного варіанту житлової кімнати площі світлових конструкцій достатньо.