

Міністерство освіти і науки України
Центральноукраїнський національний технічний університет
Центр заочної та дистанційної освіти
Кафедра будівельних, дорожніх машин і будівництва

Кваліфікаційна магістерська робота

на тему: **ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕПЛОТЕХНІЧНИХ І
КОНСТРУКТИВНИХ ВУЗЛІВ ПРИ БУДІВНИЦТВІ
МАНСАРДНИХ ПОВЕРХІВ**

Допустити до захисту

Завідувач кафедри БДМБ, к.т.н., професор

Владислав НАСТОЯЦЬКИЙ

«____» _____ 2024 р.

Керівник кваліфікаційної магістерської роботи, к.т.н., доцент

Сергій ХАЧАТУРЯН

«____» _____ 2024 р.

Консультант з охорони праці, к.т.н., доцент

Віктор ДАРИЄНКО

«____» _____ 2024 р.

Виконала здобувачка спеціальності 192 – Будівництво та
цивільна інженерія

Віра ТЕМРЮК

«____» _____ 2024 р.

Кропивницький – 2024 рік

Центральноукраїнський національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет будівництва, транспорту та енергетики

Центр заочної та дистанційної освіти

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр

Напрямок підготовки 060101 «Будівництво»

(шифр і назва)

Спеціальність 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри БДМБ

_____ Настоящий В.А.

«___» _____ 2024 року

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу освітньо-кваліфікаційного рівня «Магістр»

Темрюк Вірі Сергіївні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Оптимізація теплотехнічних і конструктивних вузлів при будівництві мансардних поверхів

2. Керівник магістерської роботи

к. т. н., доц. Хачатурян С.Л.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «___» _____ 2024 року №___

3. Строк подання здобувачем роботи 02.12.2024 року.

4. Вихідні дані до роботи

Теоретичні та практичні дослідження вузлів мансарди в області забезпечення їх конструктивної та теплотехнічної надійності.

5. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити).

1. Вступ. 2. Переваги та недоліки мансардних поверхів з позиції теплозбереження. 3. Експериментальні методи досліджень за темою магістерської роботи. 4. Класифікація конструкційних і теплоізоляційних недоліків для формування типології дефектів у вузлах мансардних поверхів 5. Висновки до наукових досліджень. 6. Список використаних джерел. 7. Додатки.

6. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових слайдів)

1. Мета, задачі, актуальність дослідження, апробація роботи, наукова новизна, практична значимість. 2. Переваги та недоліки мансардного поверху. 3. Основні технології та особливості влаштування. 4. Ризики, виникаючі при приватному домобудівництві. 5. Категорії оцінки сталості докільця. 6. Відмінні характеристики мансарди від повноцінного поверху. 7. Креслення та термограма вузла конструкції стику зовнішніх стін. 8. Креслення та термограма конструкції вузла перекриття. 9. Креслення карнизного вузла та термограма даної ділянки. 10. Розтин фінішного оздоблення з ГКЛ. 11. Наявність пилюватих відкладень в утеплювачі. 12. Розтин шару покрівлі з шпунтових дошок. 13. Наявність щілин і зазорів між настилом із шпунтових дошок. 14. Пилюваті відкладення в утеплювачі в області бруса-мауерлату. 15. Нещільне примикання настилу покрівлі з основною стіною. 16. Результати тепловізорної зйомки всередині приміщення. 17. Результати тепловізорної зйомки ззовні

приміщення. 18. Дефекти в кладці у вигляді неоднорідності розчину та щілин теплоізолюючого шару. 19. Неоднорідність і низька якість огорожуючої конструкції. 20. Термограма ділянки після розтину кладки. 21. Термограма відкритої порожнини кладки без утеплювача. 22. Термограма вузла всередині приміщення. 23. Термограма зовнішньої поверхні при $t_3 = -20^\circ\text{C}$. 24. Термограма внутрішньої поверхні вузла при $t_3 = -20^\circ\text{C}$. 25. Термограма розкритої порожнини при $t_3 = -25^\circ\text{C}$. 26. Термограма внутрішньої поверхні вузла при $t_3 = -25^\circ\text{C}$. 27. Термограма зовнішньої поверхні після утеплення при $t_3 = -22^\circ\text{C}$. 28. Термограма внутрішньої поверхні при $t_3 = -22^\circ\text{C}$ після утеплення. 29. Термограма зовнішньої поверхні вузла під час вітру. 30. Термограма внутрішньої поверхні вузла під час вітру. 31. Дефекти карнизного вузла. 32. Результати розрахунку вузла 1: конструкція карнизного вузла теплої покрівлі. 33. Схема основних типів каркасу мансардного поверху. 34. Результати розрахунку вузла 2: перекриття мансардного поверху. 35. Результати розрахунку вузла 3: стик перекриття з стіною мансардного поверху. 36. Результати розрахунку вузла 3: конструкція стику цегляних зовнішніх стін мансарди. 37. Результати розрахунку вузла 4: конструкція стику зовнішніх стін мансарди з різнорідних матеріалів. 38. Висновки до наукових досліджень.

7. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Архітектурно-будівельний	к. т. н., доц. Яцун Вол. Вол.		
Дослідно-конструкторський	к. т. н., доц. Хачатурян С.Л.		
Розрахунково-конструктивний	к. т. н., доц. Хачатурян С.Л.		
Організаційно-технологічний	к. т. н., доц. Скриннік І.О.		
Охорона праці	к. т. н., доц. Дарієнко В.В.		

8. Дата видачі завдання 02.09.2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Проходження практики, здача заліку	02.09. – 27.09.	
2.	Розробка архітектурно будівельного розділу	30.09. – 04.10.	
3.	Переваги та недоліки мансардних поверхів з позиції теплозбереження	07.10. – 18.10.	
4.	Експериментальні методи досліджень за темою магістерської роботи	21.10. – 25.10.	
5.	Розробка слайдів дослідно-конструкторської частини	28.10. – 01.11.	
6.	Класифікація конструкційних і теплоізоляційних недоліків для формування типології дефектів у вузлах мансардних поверхів	04.11. – 15.11.	
7.	Числове моделювання теплового контуру в програмному комплексі ELCUT	18.11. – 22.11.	
8.	Оформлення альбому документів	25.11. – 29.11.	

Здобувач _____ Темрюк В.С.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ доц. Хачатурян С.Л.
(підпис) (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

	с.
ВСТУП.....	1
Розділ 1. ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ МАНСАРДНИХ ПОВЕРХІВ З ПОЗИЦІЇ ТЕПЛОЗБЕРЕЖЕННЯ.....	4
Розділ 2. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ ЗА ТЕМОЮ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ.....	18
Розділ 3. КЛАСИФІКАЦІЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ І ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИХ НЕДОЛІКІВ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ТИПОЛОГІЇ ДЕФЕКТІВ У ВУЗЛАХ МАНСАРДНИХ ПОВЕРХІВ.....	32
ВИСНОВКИ ДО НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	47
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	49
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Об'єктом дослідження в даній кваліфікаційній магістерській роботі є дефекти теплозахисту мансардних поверхів у кліматичних умовах Сумської області.

Актуальність теми. Енергозбереження на всіх етапах життєвого циклу будівель має вирішальне значення. Від прийнятих технічних і технологічних енергозберігаючих рішень, які закладаються на стадії архітектурно-будівельного проектування, залежать експлуатаційні показники майбутнього об'єкту нерухомості, котрі здійснюють вплив на безпечне та комфортне довкілля людини.

Таким чином, дослідження в сфері технології будівництва мансардного поверху та забезпечення його енергоефективності в кліматичних умовах Кіровоградської області є актуальними на сьогоднішній день.

Мета дослідження. Метою даної магістерської роботи є створення типології дефектів мансардного поверху індивідуальних будівель Сумської області.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Обрана тема магістерської роботи відповідає профілю спеціальності «Будівництво та цивільна інженерія», а дослідження та розрахунок архітектурних, конструктивних і теплотехнічних вузлів при створенні мансардних поверхів є одним з напрямків наукової роботи кафедри будівельних, дорожніх машин і будівництва.

Задачі дослідження:

У дослідженні даної роботи стоять такі задачі:

- провести пошук і аналіз існуючих технологій проектування мансардного поверху;
- дослідити вплив технічних параметрів на теплотехнічні характеристики вузлів мансард;

					<i>КРМ-2319216 ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Темрюк</i>			<i>Оптимізація теплотехнічних і конструктивних вузлів при будівництві мансардних поверхів Пояснювальна записка</i>	<i>Літера</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірив</i>		<i>Хачатурян</i>					<i>1</i>	<i>54</i>
<i>Т. контроль</i>		<i>Хачатурян</i>				<i>ЦНТУ, гр. БІ-23МЗ</i>		
<i>Н. контроль</i>		<i>Яцун</i>						
<i>Затвердив</i>		<i>Настоящий</i>						

- оцінити ефективність існуючих методів проектування мансардного поверху на прикладі об'єкту, що експлуатується;
- виявити фактори руху інфільтраційних і ексфільтраційних повітряних потоків через щілини та пустоти багат шарових конструкцій;
- оцінити стан роботи теплоізоляції у вузлах мансардного поверху на прикладі об'єкту, що експлуатується в Сумській області;
- розробити типологію дефектів вузлів мансардного поверху, виявити основні конструкційні та технологічні недоліки, що впливають на теплоізоляцію будівлі.

Наукова новизна:

- виявлена залежність факторів руху інфільтраційних потоків повітря через багат шарові огорожуючі конструкції мансард, яка впливає на загальні тепловтрати будівлі;
- розроблена методика тепломоніторингу будівель при різних погодних умовах;
- експериментальним шляхом встановлена закономірність зниження властивостей теплозахисту будівлі при неконтрольованій якості укладки його теплоізоляції.

Практичне значення одержаних результатів:

- проведено дослідження мансардного поверху, в ході котрого були виявлені основні конструкційні та теплотехнічні недоліки його улаштування;
- проведений розрахунок кількості інфільтраційного повітря, що надходить через щілини та нещільності огорожуючої конструкції. У ході розрахунку виявлено, що на 1м² площі дефектної огорожуючої конструкції припадає до 20,285кг/ч холодного потоку повітря, що надходить.

Виявлені в процесі багатозадачного дослідження мансардного поверху дефекти, можуть бути покладені в основу класифікації типології дефектів тепловтрат об'єктів нерухомості;

					КРМ-2319216 ПЗ	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

•проведений розрахунок вузлів мансарди на стаціонарне теплоперенесення в програмному комплексі Elcut professional. У ході моделювання розрахунком виявлені мости холоду й надані рекомендації з усунення виявленого браку.

Публікації:

В.С. Темрюк, С.Л. Хачатурян. Оптимізація теплотехнічних вузлів при будівництві мансардних поверхів. Збірник матеріалів IV Всеукраїнської студентської науково-практичної конференції «Досвід впровадження у навчальний процес сучасних комп'ютерних технологій». – Кропивницький: ЦНТУ, 2024.

Структура роботи. Робота складається з основного тексту на 54 сторінках, у тому числі 7 таблиць, 27 рисунки. Текст роботи містить вступ, 3 розділи, висновки за результатами роботи, список з 66 використаних джерел, 4 додатки на 36 сторінках. Графічна частина містить 39 слайдів мультимедійної презентації.

					КРМ-2319216 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

	нахилених вікон, інсоляція приміщення вища	місця розташування вікон. Крім того, глибокий відкіс вікна затримує 2/3 сонячного світла
Площа засклення	На 25% менше, ніж при використанні вертикальних вікон	Мінімум 1:8 до площі поверхонь стін (залежить від місця розташування)
Втрати тепла	Вищі, однак, при правильному виконанні всіх етапів робіт, показник практично однаковий	Нижчі
Потреба в теплоізоляційному матеріалі	Вища, однак, при правильному виконанні всіх етапів робіт показник практично однаковий	Вища. Перекриття над поверхом потрібно утеплювати
Естетичність будови	Будинок з мансардним поверхом виглядає більш елегантно та незвичайно	Типова конструкція

Аналізуючи порівняльну таблицю, представлену вище, можна зробити висновок, що не дивлячись на деякі складнощі улаштування та додаткові витрати, мансарда має низку переваг по відношенню до повноцінного поверху. Важливим моментом є лише те, що будівництво мансарди вимагає більшої уваги до технології її улаштування [13, 27].

Немаловажною задачею є не тільки дотримання існуючих технологій, але й розробка нових методів і технологічних рішень, які забезпечують підвищення експлуатаційної надійності будівель, таких як зниження енергоспоживання та тепловтрат, підвищення комфортності проживання, покращення архітектурного вигляду будівлі. На сьогоднішній день класифікація існуючих технологій улаштування мансардних поверхів має такий вигляд [7, 8, 34, 48]:

1) За конструкцією:

- об'ємні блок-модулі;
- бетонні (монолітні з легких бетонів);
- металеві;
- повнозбірні мансарди з сандвіч-панелей;
- дерев'яні (використовується найбільше);
- комбіновані з металевим профілем і м'яким утеплювачем.

						<i>КРМ-2319216 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			5

2) За рівнем механізації:

- ручний спосіб;
- з використанням підйомника;
- з використанням крана;
- з використанням лебідки;
- конвеєрний спосіб (канатно-тросова система).

3) Транспортування конструкцій:

- пакетна схема;
- контейнерна схема;
- поелементно.

4) За висотністю:

- однорівневі;
- дворівневі.

5) За несучою конструкцією:

- фермові;
- балочні з розпірками.

6) За способом зборки:

- зборка з мокрими процесами;
- зборка з сухими процесами.

7) За сезонністю використання:

- утеплення мансарди;
- неутеплені (використовуються рідко).

Технологічні рішення при зведенні мансард достатньо різноманітні. Вони визначаються багатьма факторами, такими як тип будівлі, рівень конструктивних робіт, особливість архітектурної складової покрівлі, фінансова складова проєкту будівництва, а також іншими факторами. Для приватного домобудівництва, де об'єми виконуваних робіт невеликі, а рівень механізації прямує до нуля, найбільше віддають перевагу класичній схемі мансард з дерева, рідше – повнозбірна з сандвіч-панелей [12, 50].

					КРМ-2319216 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

Використання звичної технології з одного боку не вимагає додаткових знань технологічності процесу, а з іншого, використання дерев'яних елементів покрівлі вимагає суворого дотримання технології та готовності до різних нюансів.

Існуючі технології улаштування мансардних поверхів різноманітні й діляться на п'ять типів:

I. Каркас з дерев'яних ферм на металевих шпонках з віконними блоками «Велюкс». Ручна зборка з напівферм. Утеплення мінераловатними плитами. Покриття з металочерепиці по обрешітці.

II. Каркас з деревометалевих шпренгельних ферм по стойках і обв'язаному брусу. Віконне заповнення – з блоків. Утеплення покрівлі здійснюється мінераловатними плитами. Зборка конструкції здійснюється ручним способом з напівферм, з здійсненням попереднього улаштування монолітного залізобетонного обв'язаного поясу.

III. Переобладнання холодної покрівлі в житлову, з частковою зміною конфігурації покрівлі. Основний матеріал утеплення при даному типі робіт – утеплення мінераловатними плитами.

IV. Зведення мансардного поверху в монолітному варіанті з використанням дрібнощитової опалубки. Подача та укладка бетонної суміші здійснюється ручним, напівавтоматичним або автоматичним способом. Основний плюс даної технології – це використання прискорених методів твердіння бетону.

V. Зведення мансардного поверху в блочній горизонтально переміщуваній опалубці. Утеплення конструкцій такого типу здійснюється пінополістерольними плитами. У конструкції покрівлі використовується металева черепиця по обрешітці. Подача бетонної суміші напівавтоматичним способом. Як і в попередньому варіанті використовуються прискорені методи твердіння бетону.

Як відомо, при виборі варіантів конструктивно-технологічних рішень найбільш важливим показником є тривалість виконання робіт і умови

					КРМ-2319216 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

інтенсифікації процесів [15, 28]. Немаловажну роль також відіграє й економічна складова проєкту, доступність матеріалів і простота технології, котра не вимагає висококваліфікованих спеціалістів на весь період роботи.

З огляду на велике різноманіття проєктів житлових будинків на ринку нерухомості рішення оптимального вибору варіантів проєктування може бути досягнуто, ґрунтуючись на такі пункти: принцип будівництва, вид і конструкція мансарди, технологія, організація та механізація робіт з її улаштування. Кожний варіант у такому випадку описується множиною різних характеристик: показники ефективності, критерії оптимальності вибору й так далі [39].

Поряд з конструкційною складовою, особлива увага при улаштуванні мансардних поверхів повинна приділятися теплоізолюючому матеріалу та покрівельному покриттю мансард. Теплоізоляція мансардного поверху є однією з основних і доволі складних задач, оптимальне розв'язання котрої до сих пір не знайдено. На думку спеціалістів оптимальним вибором для утеплення конструкцій мансард, можуть бути плити з кам'яної вати щільністю $30\div 40\text{кг/м}^3$, так як даний матеріал не горючий, паропроникний і стійкий до деформацій [26].

У статті [38] пропонується використання більш сучасних теплоізоляційних матеріалів, ніж звичних класичних, описаних вище. Одним з таких матеріалів є піноскло. Використання даного матеріалу взамін класичних мінераловатних утеплювачів при зведенні мансард дозволяє створити не тільки легкі, але й міцні, капітальні конструкції, забезпечити довгочасний захист несучих конструкцій при виникненні пожежі. Даний теплоізоляційний матеріал може монтуватися на покрівлю без улаштування вентиляційного зазору, механічного кріплення та пароізоляції. Використання такого рішення не можна назвати «засобом від усіх проблем», так як піноскло є дороговартісним матеріалом і для його використання в ізоляції покрівлі потрібні певні навички та додаткові працевитрати. Також необхідно відмітити, що використання даного матеріалу в конструкцію покрівлі без

					KPM-2319216 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

гідро- та пароізоляції не зовсім коректно, так як конструкція «теплої покрівлі» має не увазі симбіоз роботи різних будівельних матеріалів, і для їх взаємної та тривалої роботи наявність паро- та гідроізоляції в покрівлі необхідна. Про важливість і необхідність пароізоляційної мембрани в багатошаровій конструкції покрівлі докладно йдеться в статтях [52, 57].

Суттєвий вплив на рівень тепловтрат і експлуатаційні характеристики в основному здійснюють два основних фактори: якість і структуру теплоізоляційного матеріалу, а також огороження його від капілярного проникнення пари та вологи з допомогою плівки-пароізоляції.

Дослідження [23, 24] показали, що вітрозахисна плівка може, при неправильному її розташуванні в конструкції, перебивати повітряний вентиляційний прошарок. Використання ж мембрани замість пароізоляційної плівки може привести до намокання та перезволоженню утеплювача багатошарової конструкції з-за підвищеного опору паропроникненню. Поряд з цим використання вітро-вологозахисної плівки попереджає емісію волокна з утеплювача, дозволяє зменшити фільтрацію повітря в утеплювачі й тим самим сприяє збереженню теплозахисних властивостей огорожуючих конструкцій, а також забезпечує збережаність утеплювача в період монтажу та захищає утеплювач від зволоження рідкими опадами в період експлуатації об'єкту.

Саме пароізоляція покликана захистити утеплювач від проникнення в нього парів вологи [6]. В мансардних приміщеннях тепле повітря, будучи легшим холодного, піднімається вгору, таким чином температура повітря під стелею вища приблизно на 2°C, ніж в середині кімнати. Крім того, вологовміст теплого повітря звичайно вище, ніж холодного, тому конденсат на стелі верхнього поверху мансарди може утворюватися при більш високих температурах, ніж на внутрішній поверхні зовнішніх стін.

Класична схема мансардного поверху являє собою багатошарову конструкцію з розташуванням утеплювача між стропилами, рідше – ще й поверх. Однак існують технології монтажу покрівельних конструкцій з

					КРМ-2319216 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

сандвіч-панелей. Сандвіч-панелі являють собою вже готовий конструкційний матеріал, який складається з двох жорстких листів і шару утеплювача між ними. Найбільш розповсюджена технологія улаштування мансардних поверхів з сандвіч-панелей – це так звана технологія каркасно-дерев'яних панелей – «Хаус-Концепт».

Конструкція мансардного поверху являє собою багат шарові панелі на основі дерев'яного рамного каркасу, обшитого з зовнішньої та внутрішньої сторони плитами ОСП. Внутрішній простір панелей заповнено базальтовим утеплювачем, який забезпечує необхідний теплозахист, а гідропароізоляційна мембрана забезпечує захист конструкції будинку та утеплювача від вологи [48, 16, 49]. Переваги даної технології – це висока точність виготовлення, так як будинок фактично виготовляється за допомогою промислового обладнання на підприємстві, а монтується на майданчику. Безумовним плюсом виступають також стислі терміни виготовлення та зборки, висока економічність при будівництві та експлуатації. Однак, існують і недоліки, до них можна віднести необхідність використання монтажної та підіймальної техніки, вогнебезпека матеріалів, які використовуються.

Для проєктувальника, і особливо для кінцевої особи в вигляді споживача, основним питанням стоїть не тільки грамотне утеплення майбутньої конструкції, але й наступна інсоляція кімнат «другого поверху». Освітлення мансардних кімнат здійснюється з улаштуванням у конструкції покрівлі спеціальних світлових люків. Найбільш розповсюдженими варіантами світлопрозорих конструкцій є використання вікна «ВЕЛЮКС» або вікна типу «ДОРМЕР» [48]. Однак улаштування світлових вікон у покрівлі викликає додаткові труднощі, ускладнює стропильну систему й може привести до порушення герметичності покрівлі та утворенню додаткових мостів холоду [56].

1.2. Основні дефекти проєктування мансард, які сприяють тепловтратам будівлі

Вибір і суміщення елементів покрівлі є складною задачею, розв'язання

					КРМ-2319216 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

котрої вимагає наявності певної інформації щодо характеристик теплоізоляційних матеріалів, їх сумісності з іншими функціональними елементами покрівельної системи.

Таким чином, ще на стадії проєктування мансардного поверху можуть виникнути такі ризики:

- неправильний вибір і суміщення теплоізоляційних матеріалів елементів покрівлі;
- недотримання рекомендацій і нормативів з улаштування тепло-звуко-пароізоляції покрівлі;
- прорахунок у забезпеченні несучої здатності конструкції.

Однак, основний відсоток браку припадає на виробництво та виконання робіт. Таким чином, основні ризики, котрі виникають при виконанні робіт безпосередньо на будівельному майданчику, можуть мати такий характер:

- слабка кваліфікація робочих;
- використання матеріалів, які не відповідають проєкту;
- недотримання технологій по монтажу;
- слабкий або відсутній контроль якості виконаних робіт.

Однак, часто ризики та проблеми виникають вже на стадії експлуатації будівлі, котрі ведуть до рекламації. Але з великою часткою вірогідності до виникнення проблем причасний сам експлуататор будівлі.

Основні ризики, котрі виникають при експлуатації мансардного поверху, полягають у такому:

- недотримання температурно-вологісних характеристик приміщення;
- порушення роботи вентиляції приміщення шляхом захламиження чи демонтажем вентиляційних каналів;
- внесення власних змін у конструкцію без переробки проєкту.

Якщо розглядати класичну схему мансардного поверху приватного будинку, то основними проблемними вузлами, схильними до деформацій від

					КРМ-2319216 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

зовнішнього навантаження та такими, що сприяють утворенню мостів холоду, будуть виступати:

- карнизний вузол;
- вузол примикання міжповерхового перекриття до основної стіни;
- коньковий вузол;
- вікна та світові ліхтарі в тілі покрівлі.

Найбільш розповсюдженим матеріалом для зведення остову будівлі на сьогоднішній день виступає цегла та її більш сучасні різновиди.

Як відмічалось і в таблиці 1. 1, мансардний поверх надає об'єкту архітектурну виразність, так як покрівля має більш складний характер. Різноманіття улаштування мансардної покрівлі пояснюється не тільки архітектурними рішеннями, але й бажанням потенційного замовника використовувати простір під покрівлею з максимальною користю, не втрачаючи при цьому естетичної складової. Однак, більш складні покрівельні конструкції вимагають більшої кількості матеріалів і уваги до їх надійності, так як вітрове діяння на мансарду помітно більше, і це слід враховувати при проектуванні. Також при зведенні ломаних силуетів покрівлі, неминуче будуть виникати складнощі в забезпеченні теплоізоляції даних конструктивних вузлів, так як у підстропильному просторі, утвореному нахиленими площинами даху, неминуче утворюються так звані «мертві зони», котрі можуть виступати додатковими вогнищами для утворення мостів холоду.

При зведенні основних несучих стін будівлі з каменю, конструкція теплої покрівлі та вузли її спряження з основною коробкою будівлі є найбільш вразливими для утворення дефектів, які сприяють проникненню холодних потоків повітря в приміщення. Основними дефектами конструкції мансардного поверху прийнято вважати утворення щілин і нещільностей, що призводить до порушення однорідності багат шарової конструкції.

Наявність і поява такого роду дефектів приводить до збільшення показників інфільтрації повітря – надходження в приміщення зовнішнього

					КРМ-2319216 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

повітря через нещільності зовнішніх огорожуючих конструкцій під дією гравітаційного та вітрового тисків [35]. Крім такого фактору як інфільтрація існує й другий показник, обернено протилежний першому – ексфільтрація. Збільшення цих двох показників у значній мірі знижують теплозахисні якості огорожень, а, отже, і порушують повітряно-тепловий баланс приміщення. Ексфільтрація зовнішнього повітря через огорожуючі конструкції покрівлі в холодний період року здатна викликати додаткові втрати тепла приміщеннями, а також охолодження внутрішніх поверхонь огороження. Тому відповідно до вимог [4] опір проникненню повітря R_n повинен бути не менше потрібного опору проникнення повітря $R_{n,пот.}$, $m^2 \cdot g \cdot Pa/kg$.

Ще одним фактором, який впливає на втрати тепла будівлі, є підвищення вологості теплоізоляційних матеріалів, а отже, і значне зниження їх властивостей. Крім того, вологісний режим огорожень здійснює вплив і на довговічність самого утеплювача. Найбільш розповсюдженим матеріалом для створення «теплої покрівлі» виступають мінераловатні утеплювачі та його аналоги, однак дані матеріали мають низьку повітряну проникність, а в результаті і схильність до вбирання в себе надлишку вологи з повітря в приміщенні [10]. Таким чином, процес конденсації тісно пов'язаний з теплотехнічним режимом огороження, а позбавлення від конденсаційної вологи в товщі утеплювача потрібно передбачати ще на стадії проектування [35, 37]. Необхідно пам'ятати, що утворення конденсату в конструкції покрівлі з мінераловатних матеріалів – це, безумовно, негативний процес, так як насичений вологою утеплювач практично повністю втрачає всі свої теплоізоляційні властивості та перетворюється в теплопровідний матеріал, тобто виконує функцію, протилежну своєму прямому призначенню, виступаючи прямим мостом холоду. Цей факт описаний в багатьох закордонних наукових публікаціях [62, 63, 64].

Як відмічалось вище, процес інфільтрації повітря в приміщення є серйозною проблемою, однак сучасні норми проектування, і зокрема самі проєктувальники не приділяють належної уваги таким показникам як

					KPM-2319216 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

інфільтрація та протилежній їй – ексфільтрації. Процесу інфільтрації сприяє економайзерний ефект: різниця тисків зовнішнього повітря, що перевищує тиск внутрішнього в приміщенні. При цьому, процес інфільтрації повітря в приміщенні підсилюється з підвітряного боку будівлі, а також в нижніх поверхах за рахунок дії гравітаційного тиску та різниці температур по висоті будівлі [23, 31]. Таким чином, інфільтрація холодного повітря на мансардному поверсі буде ще вищою.

Як відмічалось раніше, в процесі протиточного руху теплового потоку з опалювального приміщення через щілини та пустоти, в огорожуючій конструкції виникає економайзерний ефект, при котрому частина трансмісійного тепла приміщення передається зустрічному повітряному потоку. Внаслідок цього виникає більший ризик випадіння точки роси в товщі утеплювача, що знижує всі його теплоізолюючі властивості до нуля. Дослідження впливу вологості на теплофізичні характеристики різних будівельних матеріалів були початі О.У. Франчуком. У подальшому, на основі результатів цих досліджень були складені таблиці теплотехнічних характеристик будівельних матеріалів [53], які використовуються в діючих нормах БП [24].

У подальшому, в дослідженнях розрахунку енергоспоживання та теплотехнічних характеристик оболонки будівель великий внесок зробили В.М. Богословський [19, 20], Ю.О. Табунщиков [50], В.Г. Гагарін [23, 24], В.К. Савін [46], О.І. Ананьєв [9], В.І. Прохоров [41], Ю.О. Матросов [36] і інші вчені. Теплозахисні властивості будівель і їх енергоефективність оцінюють виходячи з забезпечення нормованого енергоспоживання, тобто оцінка енергоефективності будівель виконується за питомим енергоспоживанням шляхом порівняння нормованого споживання та фактичного (формула 1. 1).

$$q_{des} \leq q_{reg} \quad (1.1)$$

де q_{des} , q_{reg} – розрахункове та фактичне питоме енергоспоживання будівлі.

Очевидним фактом є те, що чим менше значення q_{des} , задовольняюче

					КРМ-2319216 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

умові (1. 1), тим вище буде енергоефективність будівлі в цілому [31, 33]. Однак фактично досягти таких показників на стадії проєктування, й особливо вже на стадії експлуатації будівлі, складно.

Підвищити енергоефективність будівлі можна за рахунок зменшення впливу так званих крайових зон, тобто локально неоднорідних за геометричними чи теплофізичними параметрами ділянок огорожень, на питомі витрати енергії [31]. Отже, вдосконалення використовуваних конструктивних рішень зовнішніх огорожень приводить до зниження трансмісійних тепловтрат через оболонку будівлі на 29%, а витрати теплової енергії на опалення приміщень – на 25% [31].

В Україні подальша увага повинна приділятися підвищенню теплозахисних характеристик огорожуючих конструкцій. Таким чином, у теперішній час саме енергозбереження та енергоефективність будівель продовжують залишатися ключовими темами, як серед великих забудовників, так і приватних осіб.

Стоїть проблема не тільки інформованості, але й вмотивованості приватного сектора, вирішенням якої може стати необхідна діяльність органів адміністративної влади регіональних і місцевих закладів. При цьому проблема тепловтрат будівлі має пряму залежність з екологічною складовою довкілля людини.

Тема енергозбереження до недавнього часу в Україні та зокрема в Сумській області була переважно побічним продуктом науково-технічного прогресу. Тому при зведенні конструкцій і зокрема елементів мансардного поверху, основний упор направлений на забезпечення конструктивної надійності без розрахунку на забезпечення теплоізоляції.

1.3. Енергозбереження при проєктуванні – ключовий фактор розвитку будівельної галузі

У сучасних умовах будівництва існують фактори вдосконалювання традиційних технологій надбудови мансардного поверху, однак дослідження в основному спрямовані на використання нових теплоізоляційних матеріалів,

					КРМ-2319216 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

без урахування технологічності забезпечення теплової надійності вузлів конструкцій. Проблеми енергозбереження та енергоефективності будівель, як в українській, так і в світовій економіці є одними з найбільш актуальних, а способи розв'язання цих проблем будуть у значній мірі визначати місце нашого суспільства в ряду економічно розвинених країн і рівень життя та житла українських громадян [41, 36].

Варто відмітити, що енергоефективність і енергозбереження займають міцну нішу в сталості довкілля людини. Даний показник має максимальне значення серед параметрів оцінки якості довкілля людини в житловій сфері (табл. 1. 2) [51].

Таблиця 1.2

Категорії оцінки сталості довкілля

Категорія	Вагомість категорії, %
Комфорт і якість зовнішнього середовища	10,8
Комфорт і екологія внутрішнього середовища	13,3
Якість архітектури та планування об'єкту	9,2
Раціональне водокористування	6,1
Використання альтернативної та відновлюваної енергії	9,2
Якість санітарного захисту та утилізація відходів	3,9
Енергозбереження та енергоефективність	18,5
Екологія створення, експлуатації та утилізації об'єкту	9,8
Якість підготовки та керування проектом	9,2
Економічна ефективність	10

Варто відмітити, що дана категорія (табл. 1. 2), містить у собі такі критерії оцінки енергоспоживання інженерними системами будівлі по одинці та сумарні витрати первинної енергії [51]. Отже, такий підхід до оцінки дозволяє провести повний аналіз, як енергоспоживання будівлі, так і сумарного впливу енергозберігаючих заходів.

Проблемі теплозбереження та енергоефективності проєктуємих і існуючих будівель присвячені роботи багатьох закордонних вчених, таких як М. Tenpieric [66], Y. Cheng [59], A. Alajmi [58], C. Rode [65], G. Hauser [61].

Таким чином, для забезпечення енергоефективності проєктуємого та (чи) мансардного поверху, що будується, необхідно розробити систему теплотехнічних експертиз, для консультацій або співробітництва проєктувальників, яка буде містити у собі операційний контроль якості

прийнятих рішень. Тільки експертний облік на кожному етапі будівництва, а не на завершальній стадії проєкту, дозволить не допустити втрати вартості об'єкту за рахунок підвищення енергоефективності огорожуючих конструкцій і недопущення втрат тепла через найбільш вразливі місця для даного типу будівель [42].

При оцінці енергоефективності будівлі слід враховувати й показник компактності будівлі, на котрий впливають його поверховість, конфігурація, порізаність фасаду і так далі [43]. Чим нижче поверховість будівлі, тим більше значення показника компактності, так як у малоповерхових будівель відношення площі огорожуючих конструкцій до об'єму суттєво зростає в порівнянні з багатоповерховими. Таким чином, малоповерхові будівлі, з-за меншого значення показника компактності, є менш тепло- та енергоефективними в порівнянні з багатоповерховими, при цьому вимагають при витраті тих же енергоресурсів і кращого теплозахисту [43].

Спираючись на все вище викладене, слід зробити висновки, що для розробки якісного енергоефективного проєкту малоповерхового будівництва, необхідна якісна проробка проєкту організації будівництва та створення бази дефектів вузлів конструкцій [15]. При цьому слід пам'ятати, що реконструкція об'єкту завжди обходиться дорожче й вимагає більших трудових і часових витрат [42].

Висновок по розділу 1

У ході літературного огляду та аналізу існуючих технологій улаштування мансардних поверхів було виявлено, що, не дивлячись на те, що сучасний ринок переповнений видами теплоізолюючих матеріалів і технологій улаштування мансард, існує проблема забезпечення енергоефективності та надійності з позиції теплозбереження проєктуємого та (чи) будівлі, що будується, в цілому, а також вузлів її конструкцій.

					КРМ-2319216 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розділ 2

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ ЗА ТЕМОЮ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

2.1. Виявлення факторів тепловтрат і конструкційних недоліків при улаштуванні мансардного поверху в кліматичних умовах Сумської області

Відповідно до норм [5] кліматичні умови Сумської області, за даними багаторічних метеорологічних спостережень, відносяться до помірно-континентальних. Ці умови характеризуються коротким жарким літом, тривалою холодною зимою, з значними сезонними та добовими коливаннями температури повітря. Впродовж року переважають вітри південно-західного напрямку. Тому ймовірність значних тепловтрат через огорожуючі конструкції будівлі дуже висока, отже, питання про необхідність підвищення енергоефективності будівель є переважаючим після питання про забезпечення конструкційної надійності будівлі.

Для того, щоб знизити тепловтрати будівлі та підвищити її теплотехнічну надійність, необхідно провести тепломоніторинг будівлі й на основі отриманих даних дати необхідні рекомендації з усунення причин [55]. При цьому, для забезпечення енергоефективності проєктуємої та (чи) вже існуючої будівлі необхідна система теплотехнічних експертиз, яка буде полягати в залученні спеціалістів для консультацій [54].

Для виявлення факторів тепловтрат було проведено обстеження мансардного поверху приватного будинку в місті Конотоп Сумської області. При обстеженні використана інфрачервона камера FLIR B200, призначена для вимірювання температури та надає в вигляді зображень теплове випромінювання об'єкту, що свідчить про дефекти. Тепловізійна зйомка проводилася при зовнішній температурі $t_n = -12^\circ\text{C}$ і вологості повітря $25 \div 30\%$. Температура всередині приміщення дорівнювала $t_b = +22^\circ\text{C}$, вологість повітря $\sim 55\%$. Коефіцієнт випромінювання поверхні – 0,92.

За результатами проведеної тепловізійної зйомки мансардного

					КРМ-2319216 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

піддаються додатковим тепловтратам [31], а на мансардному поверсі це значення може бути значно вище, так як конструкція мансардного поверху являє собою ділянки локально неоднорідних за геометричними та теплофізичними параметрами [32, 33].

На основі описаної вище тепловізійної зйомки ділянок мансардного поверху було прийнято рішення виконати локальний розтин багатошарової конструкції покрівельного пирога, з метою виявлення та вияву в ній таких дефектів, як:

- вологість утеплювача;
- наявність грибка;
- «сповзання» утеплювача;
- Наявність тріщин і пустот в конструкції.

Розтин багатошарової конструкції проводився в літній період з внутрішньої частини приміщення. Робота з розтину була виконана в такій послідовності:

1) Розтин фінішного оздоблення з ГКЛ товщиною $t=12$ мм з внутрішньої частини приміщення. Розтин було виконано шляхом виконання прямокутного пропилу розмірами $\sim 400 \times 300$ мм (рис. 2. 4).



Рис. 2.4 – Розтин фінішного оздоблення з ГКЛ

У ході вилучення першого шару утеплювача товщиною $t=50$ мм (матеріал утеплювача – мінеральна вата на основі кварцу «Isover»), було виявлено, що утеплювач містить домішки та вкраплення в своїй товщі пилових відкладень (рис. 2. 5). Дане явище свідчить про те, що слоїста конструкція мансардного поверху не герметична, отже проникнення та

					КРМ-2319216 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

осідання пилу в утеплювачі можливе за рахунок інфільтруючих та ексфільтруючих потоків повітря під час вітру крізь утворені щілини та порожнечі в наступних шарах покрівлі [23].



Рис. 2.5 – Наявність пилюватих відкладень в утеплювачі

Наявність зволжених ділянок і вогнищ плісняви в даному шарі, а також «сповзання» утеплювача не виявлено.

2) Наступний шар утеплювача в конструкції покрівлі огорожений настилом із шпунтових дошок $t=40$ мм. Для того, щоб добратися до наступного шару утеплювача в настилі з дошок було випиляне «вікно» розмірами $\sim 100 \times 150$ мм (рис. 2. 6).



Рис. 2.6 – Розтин шару покрівлі з шпунтових дошок

Наступний шар утеплювача, котрий знаходиться за шаром з настилу шпунтових дошок являє собою матеріал – плита мінераловатна. Даний теплоізолюючий матеріал низької якості й має неоднорідну структуру щільності. Наявність зволжених ділянок і вогнищ плісняви також не виявлено.

На даному етапі було виявлено, що настил із шпунтових дошок у процесі експлуатації будівлі та деформації покрівлі дав усадку, що посприяло

					КРМ-2319216 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

утворенню нерівномірних щілин і зазорів (рис. 2. 7), які могли стати причиною перенесення холоду від зовнішньої частини будівлі в глибину конструкції. Даний факт підтверджується наявністю пилових відкладень у товщі першого шару утеплювача (рис. 2. 5).



Рис. 2.7 – Наявність щілин і зазорів між настилем із шпунтових дошок

3) Наступний – перший шар утеплювача з зовнішнього боку багатшарової конструкції, являє собою напилований матеріал – піноізол. Даний теплоізолюючий матеріал, за словами власника, практично одразу після нанесення дав значні тріщини та розриви, причинами котрих послугувала усадка будинку та деформації конструкції.

Матеріал також закритий з внутрішнього боку приміщення суцільним настилем з дошок $t=32$ мм, які, як і настил із шпунтових дошок, не мають щільного прилягання одна до одної. Добратися в повній мірі до даного шару утеплювача не має можливості з-за складності даної конструкції покрівлі. Тому для того, щоб перевірити стан утеплювача та виявити в ньому наявність вологи, в настилі з тесу був висвердлений отвір $\sim\text{Ø}30$ мм. У ході розтину підвищеної вологи, а також порушення структури утеплювача не виявлено.

4) Далі була зроблена спроба розтину фінішного оздоблення з ГКЛ нижче скату покрівлі, з метою дослідження стану бруса-мауерлату та виявлення під ним щілин і пустот. Послідовність робіт аналогічна послідовності розтину покрівельного пирога.

Як і у випадку розтину «покрівельного пирога», першим шаром є мінеральна вата на основі кварцу «Isover», в якій також містяться пилуваті

					КРМ-2319216 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

відкладення, як і в попередньому місці розтину (рис. 2. 8).



Рис. 2.8 – Пилуваті відкладення в утеплювачі в області бруса-мауерлату

Вміст пилуватих відкладень у товщі утеплювача свідчить про те, що під оздоблювальним шаром з гіпсокартонних листів відбувається рясне проникнення потоків повітря. Ймовірніше всього проникнення повітря в утеплювач відбувається з боку покрівлі, так як у процесі розтину було виявлено нещільне примикання стику шпунтових дошок з кладкою стіни (рис. 2. 9).

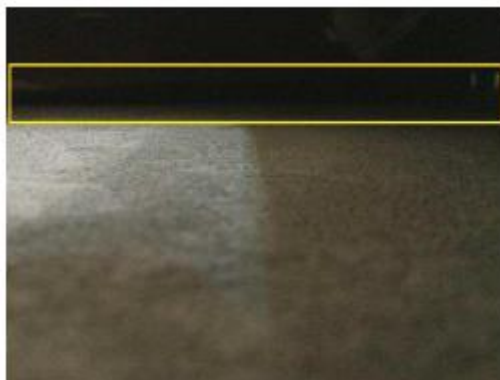


Рис. 2.9 – Нещільне примикання настилу покрівлі з основною стіною (прямокутником виділена щілина між настилем і кладкою стіни)

У зв'язку зі складністю улаштування фінішного шару з ГКЛ і наявністю шару штукатурки по верху кладки основної стіни аж до стику з покрівлею, обслідувати стан бруса-мауерлату не вдалося. Однак відставання штукатурного шару та тріщини в ньому не виявлені, що свідчить про те, що підвищеної вологості в даному шарі немає.

Проведене обстеження стану конструкції «покрівельного пирога» виявило низку конструктивних недоліків, таких як щілини та зазори між чистовим і чорновим настилем, низька однорідність основного

					КРМ-2319216 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

теплоізоляційного шару та відсутність необхідного паро- та гідро-бар'єрів як з боку приміщення, так і вітрозахисної мембрани з боку зовнішнього контуру огорожуючої конструкції. Щодо необхідності та технології улаштування пароізоляційних матеріалів у покрівлі мансардного поверху докладно висвітлено в роботах [11, 17, 18].

2.1.1. Теплотехнічний розрахунок існуючої конструкції покрівлі, розрахунок на паропроникність

Після проведеного дослідження, описаного в попередньому параграфі, в першу чергу необхідно було виконати теплотехнічний розрахунок для виявлення відповідності прийнятих конструктивних рішень при утепленні покрівельного пирога. Розрахунок виконаний у відповідності до нормативних документів [2, 4].

Вихідні дані:

- район будівництва: м. Конотоп;
- відносна вологість повітря $\varphi_{п}=55\%$;
- тип будівлі чи приміщення – житлові;
- розрахункова середня температура внутрішнього повітря будівлі $t_{в}=23^{\circ}\text{C}$.

У відповідності до таблиці 1 [4] при температурі внутрішнього повітря будівлі $t_{int}=23^{\circ}\text{C}$ і відносній вологості повітря $\varphi_{int}=50\%$ вологісний режим приміщення встановлюється як нормальний.

Визначимо базове значення потрібного опору теплопередачі R_{O}^{TP} , виходячи з нормативних вимог до приведеного опору теплопередачі п. 5. 2 [4] відповідно до формули 1:

2.2. Моніторинг тепловтрат мансардного поверху. Аналіз ефективності роботи утеплювача

Знизити тепловтрати об'єктів нерухомості й підвищити ефективність споживання енергії можна, використовуючи з дотриманням технології, сучасні проектні рішення з теплоізоляції будівель. При цьому, для забезпечення необхідної енергоефективності проектуємого та (чи) будуємої

					KPM-2319216 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

будівлі, у відповідності до [4, 21], необхідна система теплотехнічних експертиз, яка полягає в залученні спеціалістів для консультацій як на стадії проєктування, так і вже безпосередньо експлуатації будівлі [54].

Однак існує масова проблема серед вже існуючих об'єктів нерухомості, котрі експлуатуються. Саме для підвищення енергоефективності та зниження теплових втрат, а також підвищення надійності теплового захисту даних об'єктів, може слугувати експертна думка та рекомендації, котрі ґрунтуються на моніторингу тепловтрат вихідного об'єкту нерухомості. Таким чином, ґрунтуючись на отриманих результатах проведеного дослідження, по тому чи іншому об'єкту, спеціаліст зможе дати необхідні рекомендації, котрі не будуть носити загального характеру та будуть спрямовані на усунення конкретної проблеми.

При цьому підвищити теплоізоляційні властивості будівлі при реконструкції набагато складніше, ніж у процесі її будівництва, тому ще на стадії проєктування та узгодження проєкту необхідно приділяти належну увагу характеристикам енергоефективності будівлі [60].

Тому досвід експертів у дефектології тепловтрат, на основі аналізу дефектів при тепломоніторингу, буде вирішальним із зниження теплових втрат і підвищенню надійності теплового захисту як проєктуємих, так і будівель, які будуються [54].

Тепломоніторинг може мати множинні варіації [21], найбільш ефективний спосіб для розв'язання поставленої задачі, на наш погляд – пошук мостів холоду та витоків тепла з допомогою тепловізора з наступним програмуванням заходів з модернізації вузлів конструкції в програмному комплексі Elcut. Однак найбільш точний результат може бути досягнутим, якщо будуть враховуватися не тільки трансмісійні втрати тепла, але також і інфільтрація холодного повітря.

Після проведеного обстеження конструкції покрівлі мансардного поверху, описаного в параграфі 2. 1, необхідно було виявити ефективність роботи утеплювача та знайти можливу закономірність між погодними

					КРМ-2319216 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

умовами та інтенсивністю загальних тепловтрат ділянки будівлі, що обстежується.

Як і в параграфі 2. 1, тепломоніторинг ефективності роботи утеплювача, проводився на тому ж житловому об'єкті в м. Конотоп Сумської області. Даний експеримент з дослідження теплового контуру ділянки будівлі містить у собі чотири етапи робіт.

Перший етап – візуальний огляд вузла будівлі, що обстежується, на предмет виявлення дефектів, таких як тріщини та щілини, будівельний брак.

Наступне більш ладне інструментальне дослідження за допомогою тепловізора для виявлення скритих дефектів конструкції. Тепловізор марки Flir B200, чутливість – $0,08^{\circ}\text{C}$, з роздільною здатністю 200×150 точок.

Тепловізорна зйомка ділянки об'єкту проводилася як з середини приміщення, так і ззовні, при температурі зовнішнього повітря $t_3 = -27^{\circ}\text{C}$, $\pm 3^{\circ}\text{C}$. Температура всередині приміщення мала постійне значення $t_b = +22^{\circ}\text{C}$. моніторинг проводився впродовж місяця.

Як і у випадку першого тепловізорного обстеження, описаного в параграфі 2. 1, найбільш сильні витоки тепла були зафіксовані в місці стику кута зовнішніх стін, нижче розташування бруса-мауерлату, та в конструкції «покрівельного пирога» мансардного поверху (рис. 2. 11, 2. 12).

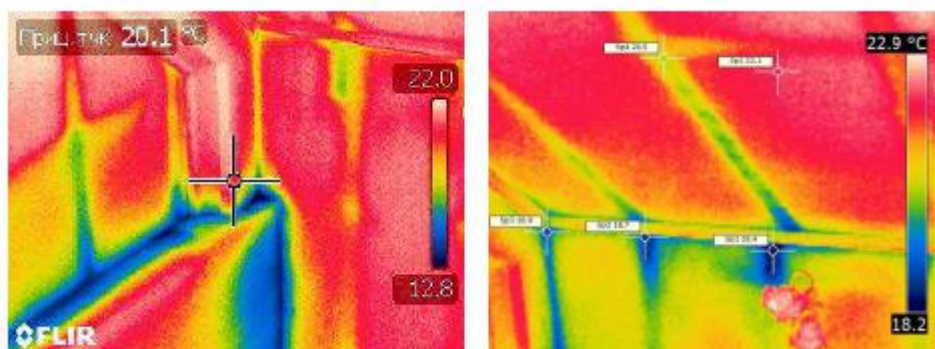


Рис. 2.11 – Результати тепловізорної зйомки всередині приміщення

Другим етапом, ґрунтуючись на результатах тепловізорної зйомки, було прийнято рішення виконати локальний розтин зовнішньої облицювальної версти в місці найбільш помітних витоків тепла. Розтин кладки необхідний для визначення стану утеплювача та його ефективності за

					КРМ-2319216 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

допомогою тепловізійної зйомки.

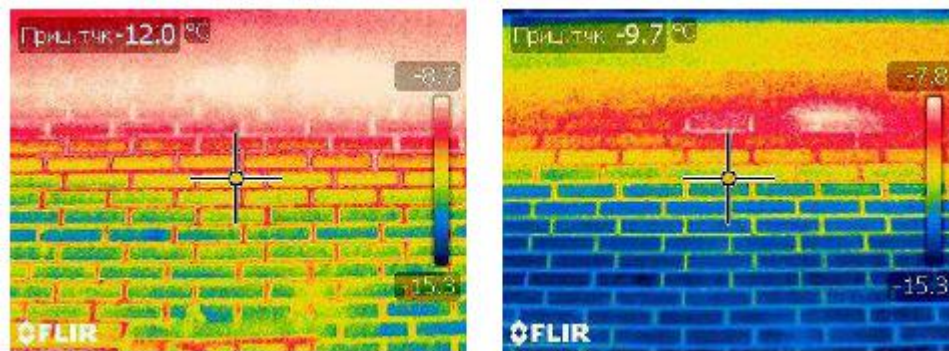


Рис. 2.12 – Результат тепловізійної зйомки ззовні приміщення

Розтин облицювальної версти виявив значні дефекти в основній конструкції цегляної стіни: дефекти кладки основної стіни у вигляді відсутності місцями розчину (рис. 2. 13), неоднорідність і низька якість утеплювача, мала товщина утеплювача (рис. 2. 14).



Рис. 2.13 – Дефекти в кладці у вигляді неоднорідності розчину та щілин



Рис. 2.14 – Неоднорідність і низька якість теплоізолюючого шару огорожуючої конструкції

Після робіт з виявлення теплоізолюючого шару, виконувалася повторна тепловізійна зйомка для фіксування змін з теплопередачі (рис. 2. 15). Тепловізійна зйомка проводилася при температурі повітря $t_3 = -13^\circ\text{C}$, $\pm 3^\circ\text{C}$.

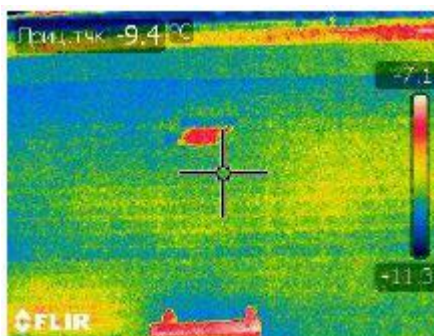


Рис. 2.15 – Термограма ділянки після розтину кладки

Як видно з рис. 2. 15, в місці розтину спостерігаються значні перепади

					KPM-2319216 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

температур, що говорить про те, що нагріте в приміщенні повітря намагається через дефекти основної цегляної кладки вийти назовні приміщення. При цьому різниця температур холодної поверхні кладки та розкритої порожнини склала $4,2^{\circ}\text{C}$. Після зняття показників, теплоізоляційний шар з мінераловатного утеплювача був видалений, повністю розкрив при цьому цегляну кладку основної стіни.

Третій етап оснований на тепловізорному моніторингу даної ділянки: проводилася фіксація показників тепловізора до та після утеплення, при різних погодних умовах.

При температурі зовнішнього повітря $t_3 = -22^{\circ}\text{C}$, $\pm 3^{\circ}\text{C}$, і відсутності вітру показники тепловізора мали значення, показані на рис. 2. 16, 2.17. Різниця температур поверхні кладки облицювальної версти та відкритої порожнини склала $7,4^{\circ}\text{C}$. Значення «холодних» показників кута всередині приміщення склала різницю на $2,5^{\circ}\text{C}$ менше, ніж початкові показники (рис. 2. 11).

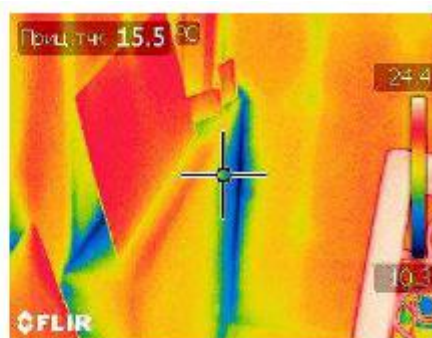
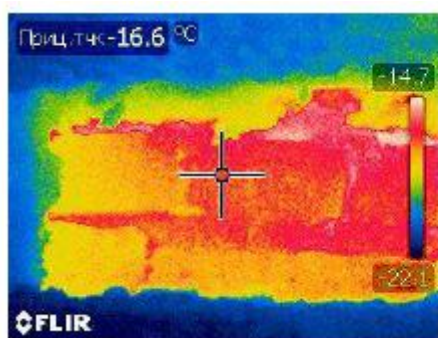


Рис. 2.16 – Термограма відкритої порожнини кладки без утеплювача
Рис. 2.17 – Термограма вузла всередині приміщення

При температурі зовнішнього повітря $t_3 = -20^{\circ}\text{C}$, $\pm 3^{\circ}\text{C}$, тепловізорна зйомка зафіксувала більші тепловтрати на ділянці, котра спостерігалася. При цьому значення температури розкритої кладки стіни з температурою основної поверхні, склали різницю $+16,1^{\circ}\text{C}$. Значення внутрішньої поверхні кута склали різницю $6,1^{\circ}\text{C}$, в порівнянні з початковим показником. Результати тепловізornoї зйомки представлені на рис. 2. 18, 2. 19.

Після незначного підвищення температури зовнішнього повітря, $t_3 = -25^{\circ}\text{C}$, $\pm 3^{\circ}\text{C}$, зафіксовані показники тепловізора практично не змінилися відносно показників при температурі зовнішнього повітря $t_3 = -20^{\circ}\text{C}$, $\pm 3^{\circ}\text{C}$.

					KPM-2319216 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

отже, втрати тепла через розкрити порожнину та спільні тепловтрати мансардного поверху практично вирівняли температуру всієї поверхні стін мансардного поверху. Результати тепловізорової зйомки при $t_3 = -25^\circ\text{C}$, $\pm 3^\circ\text{C}$, представлені на рис. 2. 20, 2. 21.

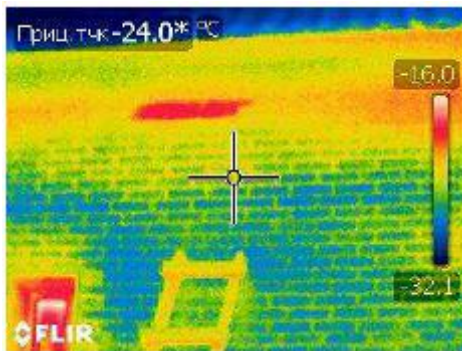


Рис. 2.18 – Термограма зовнішньої поверхні при $t_3 = -20^\circ\text{C}$

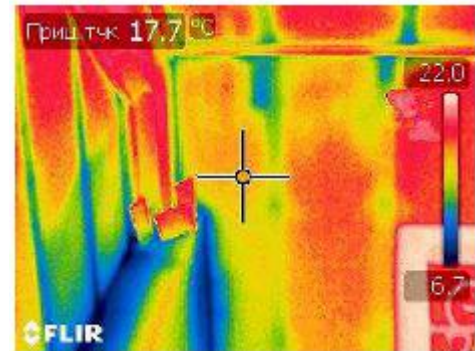


Рис. 2.19 – Термограма внутрішньої поверхні вузла при $t_3 = -20^\circ\text{C}$

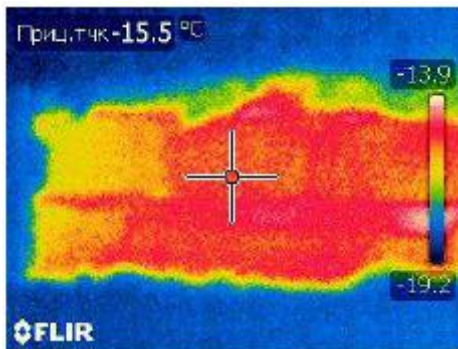


Рис. 2.20 – Термограма розкритої порожнини при $t_3 = -25^\circ\text{C}$

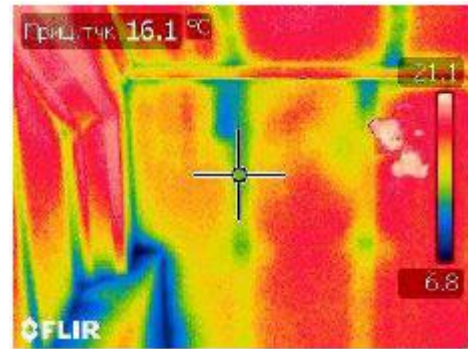


Рис. 2.21 – Термограма внутрішньої поверхні вузла при $t_3 = -25^\circ\text{C}$

Після того, як розкрита порожнина була утеплена новим теплоізолюючим мінераловатним утеплювачем на основі кварцю «Isover», проводилася повторна тепловізорна зйомка для фіксації можливих змін. Зняття показників тепловізора після робіт з утеплення проводилася при температурі зовнішнього повітря $t_3 = -22^\circ\text{C}$, $\pm 3^\circ\text{C}$ і відносній вологості повітря $\sim 63\%$. Після відновлення теплоізолюючого шару показники тепловізора практично залишилися на попередньому рівні. При цьому різниця температур поверхні кладки та утепленої порожнини склала 5°C , а температура поверхні кута мансарди має різницю $1,7^\circ\text{C}$ в порівнянні з початковими результатами. Термограми поверхонь вузла мансарди після робіт з утеплення представлені на рис. 2. 22, 2. 23.

					KPM-2319216 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

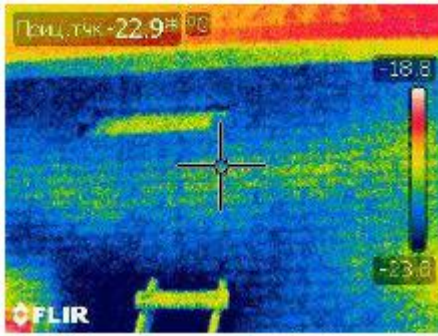


Рис. 2.22 – Термограма зовнішньої поверхні після утеплення при $t_3 = -22^\circ\text{C}$

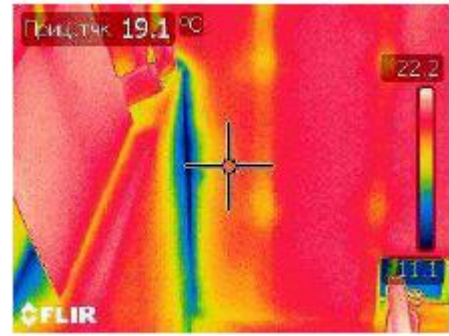


Рис. 2.23 – Термограма внутрішньої поверхні при $t_3 = -22^\circ\text{C}$ після утеплення

Після зняття показників при різних температурах зовнішнього повітря, необхідно було виявити, як зміняться показники тепловтрат при вітряній погоді. Як відомо, тепловтрати під час вітру майже завжди вищі, так як діяння вітру видаває тепло з приміщення через бідь-які щілини та нещільності в огорожуючих конструкціях. Про це свідчать і пилові відкладення в товщі утеплювача, виявлені при обстеженні покрівельного пирога мансарди (рис. 2. 5). Також під час вітру процесу інфільтрації сприяє обернене її значення – ексфільтрація, так званий економайзерний ефект – різниця тисків зовнішнього повітря, що перевищує тиск внутрішнього в приміщенні. При цьому процес «винесення тепла» з приміщення буде підсилюватися з навітряного боку будівлі [14], а виявлені в процесі розтину щілини та пустоти в основній кладці несучої стіни (рис. 2. 13), здатні підсилити ефект проникнення повітря через огорожуючу конструкцію.

Саме для виявлення факторів і характеру тепловтрат важливо було зняти показання тепловізора у вітряну погоду. Тепловізорна зйомка проводилася при $t_3 \approx -12 \div -14^\circ\text{C}$ і швидкості вітру $16 \div 18$ м/с. Показання тепловізора представлені на рис. 2. 24, 2. 25.

Як видно з рис. 2. 24, під час вітру навіть більш товстий шар утеплювача ніж в основній конструкції стіни, укладений у відкриту порожнину не здатен утримати значні тепловтрати. При цьому під час вітру рух теплового повітря відбувається практично по всій поверхні огорожуючої конструкції. Дане явище говорить про низьку якість і недостатній шар утеплювача по всій площі стіни.

					KPM-2319216 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

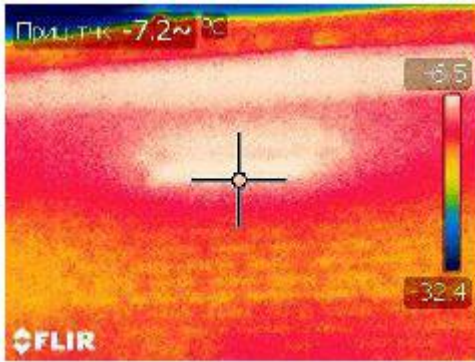


Рис. 2.24 – Термограма зовнішньої поверхні вузла під час вітру



Рис. 2.25 – Термограма внутрішньої поверхні вузла під час вітру

Завершальним етапом даного експерименту є аналіз результатів проведеного дослідження.

Проведений експеримент виявив низку конструктивних недоліків мансардного поверху з позиції енерго- та теплосбереження. Тепловізорне обстеження з пошаровим розтином теплоізоляції виявило, що збільшення числа шарів теплоізоляції не впливає належним чином на якість теплозахисту об'єкту нерухомості. Даний експеримент підтвердив дослідження «НДІКиївбуд», які виявили, що одношарове та багатошарове утеплення, котре використовується в зовнішніх огороженнях, рівнозначні за своєю ефективністю [29].

Таким чином, проведене дослідження виявило нові припущення щодо природи тепловологоперенесення в багатошарових конструкціях і припущення щодо конденсації холодного повітря на теплій поверхні теплоізоляції. При цьому виявлені дефекти можуть бути покладені в основу класифікації дефектів мансардного поверху, ранжування та, в подальшому, їх усунення з метою зниження тепловтрат об'єктів нерухомості [56].

Висновки по розділу 2

1) Проведено обстеження теплої покрівлі мансардного поверху, котре виявило суттєві недоліки конструкції та технології її улаштування, що впливають на забезпечення необхідної теплоізоляції приміщення.

2) Експериментальним шляхом виявлена ефективність роботи утеплювача в крайовій зоні мансардного поверху, отриманий характер

					KPM-2319216 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

тепловтрат, який залежить від якості укладки та кількості теплоізолюючого шару огорожуючої конструкції при різних погодних умовах.

3) Для подальших досліджень багат шарової конструкції покрівельного пирога необхідно провести розтин покрівельного покриття (шифер), для огляду стану теплоізоляції «Піноізол» і внутрішньої поверхні шиферу.

Розділ 3

КЛАСИФІКАЦІЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ І ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИХ НЕДОЛІКІВ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ТИПОЛОГІЇ ДЕФЕКТІВ У ВУЗЛАХ МАНСАРДНИХ ПОВЕРХІВ

Мансардний поверх має в своїй конструкції різну кількість архітектурних вузлів, вирішення улаштування котрих вимагає оптимального балансу конструктивної та теплотехнічної надійності. При створенні типології дефектів, крім виявлених під час обстеження мостів холоду та наглядного їх представлення на слайді, з демонстрацією руху температурних потоків, необхідно змоделювати тепловий контур різних вузлів конструкції в програмному комплексі ELCUT, для виявлення та прогнозування промерзання та руху температурних полів при більш низьких, нормативних температурах зовнішнього повітря у відповідності до [5].

Метод моделювання один з найбільш раціональних, зручний і доступний для прогнозування поведінки конструкцій ще на стадії проєктування. Перевагою цього методу є також можливість узагальнення дослідів, розповсюдження отриманих результатів не тільки на один зразок, який моделюється, але й на цілу групу явищ, пристроїв, подібних до зразка, котрий моделюється, і відтворюваних у різних масштабах [50].

Метод моделювання може бути використаний на моделях споруд, які проєктуються, для вибору оптимального проєктного рішення. Це дає можливість своєчасно внести в проєкт корективи, що забезпечить найбільш оптимальний варіант для потенційного замовника.

					KPM-2319216 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

3.1. Область використання, можливості та побудова задачі в програмному комплексі ELCUT

ELCUT – програма моделювання двомірних і тримірних полів методом скінченних елементів. В основі програмного комплексу лежать дві головні ідеї: дискретизація досліджуваного об'єкту на кінцеву множину елементів і кусково-елементна апроксимація досліджуваних функцій [25, 40].

Програма дозволяє розраховувати поля електричної, магнітної, температурної природи, механічні пружні напруження та деформації, а також розв'язувати задачі, котрі описуються рівняннями Лапласа, Пуассона та дифузії в плоско паралельній і осесиметричній розрахунковій області довільної форми.

При розрахунку вузлів і проектуванні оптимального способу підсилення теплотехнічних параметрів огорожуючих конструкцій мансарди, буде використаний програмний модуль з розрахунку стаціонарної та нестаціонарної теплопередачі [25].

Модуль «теплопередача» може бути використаний для аналізу та проектування теплового стану різних систем. При цьому можна розраховувати сталий розподіл температури та процеси нагрівання та охолодження.

Можливості модуля «теплопередача»:

- нелінійні чи анізотропні властивості;
- розподілені, лінійні та точкові джерела тепла;
- джерела тепла в залежності від температури;
- джерела тепла як результат електричних втрат;
- задання температур і потоків тепла на межах;
- граничні умови з тепловідведенням конвекцією чи випроміненням;
- результати розв'язання: температура, тепловий потік, градієнт температури, сумарні теплові втрати в будь-якій області і т. д. [45].

При створенні геометричної моделі конфігурація задачі визначається набором так званих підобластей, які являють собою одно- та багатозв'язні

					KPM-2319216 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

криволінійні багатокутники в площині моделі, котрі не перетинаються між собою на межі. Кожній підобласті приписується певний набір її фізичних властивостей. У пакеті використовуються терміни блок для полігональної підобласті, ребро для відрізків і дуг окружностей, які утворюють межі блоків і вершина для кінців ребер і ізольованих точок. Ребра відділяють розрахункову область від іншої частини площини, складаючи зовнішню межу розрахункової області. Всі інші ребра є внутрішніми межами об'єкту.

Створення геометричної моделі в програмному комплексі та наступний її розрахунок відбувається в основному в п'ять етапів:

- побудова геометричних об'єктів або їх імпортування з периферійних CAD систем;
- задання властивостей, джерел поля та граничних умов об'єкту;
- побудова мережі кінцевих елементів;
- розрахунок задачі;
- перегляд і аналіз результатів розрахунку.

Після завершення створення геометричної моделі та присвоєння їй всіх необхідних фізичних властивостей, виконується розв'язання задачі та отримання картини поля.

Для аналізу результатів розрахунку програмний комплекс ELCUT надає розв'язок задачі у вигляді картини поля з можливістю виводу факторів, таких як:

- локальні польові значення;
- графіки та таблиці в часі;
- інтегральні величини;
- графіки й таблиці в просторі;
- експорт таблиць, картинок і всього кінцево-елементного розв'язку в інші програми і т. д.

					KPM-2319216 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

3.2. Дефекти у вузлах мансардного поверху. Числове моделювання теплового контуру в програмному комплексі ELCUT

3.2.1. Карнизний вузол і покрівельний пиріг мансардного поверху

Однією з основних проблем, яка має свій початок ще на стадії будівництва будинку, є те, що потенційний забудовник не звертає уваги на те, що мансардний дах – це не зовсім звичайна конструкція, котра повинна виконувати не тільки функції даху, але й налаштувати на комфортне життя в приміщенні. Щоб виконувалися обидві умови, необхідно розуміти суть конструкції, а також нюанси процесів її монтажу.

Одним з таких нюансів є улаштування карнизного вузла будівлі. Як і на об'єкті, котрий розглядається, основна проблема криється в спряженні основної стіни остову будівлі з брусом-мауерлатом і правильним улаштуванням стропильних ніг даху. Частіше всього брус-мауерлат укладається по контуру будівлі без будь-яких додаткових заходів з його надійного кріплення до стіни та недопущенню утворення під ним щілин, у результаті усушки матеріалу чи напружень, які передаються на нього від конструкцій покрівлі, котрі лежать вище.

На рис. 3. 1 показані виявлені дефекти та ймовірне проникнення холодного повітря в товщу огорожуючої конструкції мансардного поверху об'єкту, котрий розглядається, через містки холоду, котрі виникли в результаті неправильного улаштування конструкції покрівлі та напружень у процесі експлуатації будівлі.

Як видно з рис. 3. 1, холодні потоки повітря проникають через виявлені характерні дефекти, такі як щілини та зазори між брусом-мауерлатом, підшивним шаром з дюймової та шпунтованої дошок, тріщини в утеплювачі «Піноізол» і далі прагнуть у середину приміщення, охолоджуючи при цьому поверхню теплоізоляції. При цьому з-за відсутності пароізоляції, тепле і вологонасичене повітря з приміщення, потрапляючи на охолоджену поверхню, утворює конденсат тим самим зволожуючи теплоізоляційний шар.

					КРМ-2319216 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

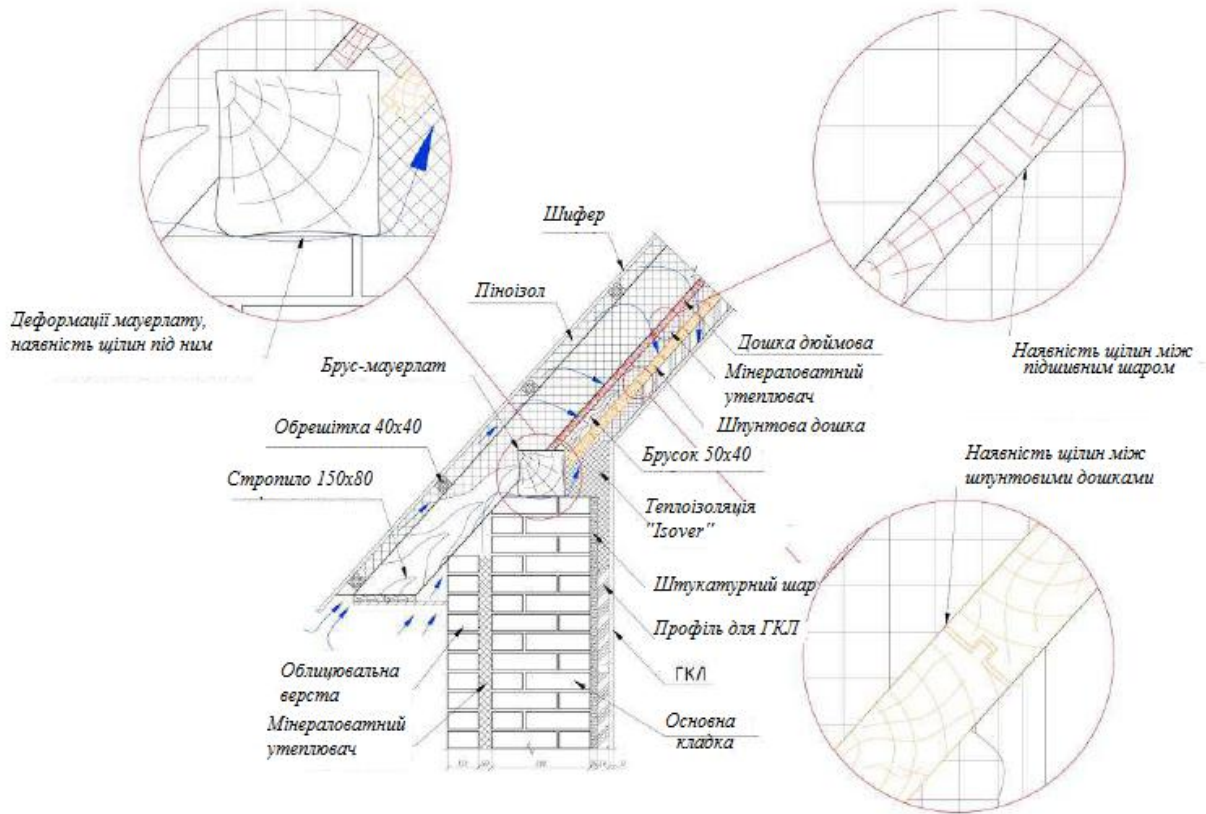


Рис. 3.1 – Дефекти карнизного вузла

Таблиця 3.1

Результати розрахунку вузла 1: конструкція карнизного вузла теплої покрівлі

Температура зовнішнього повітря $t_3 = -27^\circ\text{C}$			
<p>Конструкція вузла</p>	Температурне поле		<p>T, °C</p>
Теплотехнічні характеристики матеріалів за напрямком від внутрішнього контуру			
Найменування шару	Товщина шару, мм	Тепловий потік, Вт	Середня температура поверхні, T_s , °C
ГКЛ	12	39,08	20,28
«Isover standard»	50	18,36	9,64
Дошка шпунтова	36	11,72	8,55
Мінераловатний утеплювач	50	10,98	2,03
Дошка дюймова	25	11,44	-12,03
«Піноізол»	~150	3,32	-18,42
Штукатурний шар	25	30,97	-0,31

Теплотехнічні характеристики матеріалів за напрямком від зовнішнього контуру			
Шифер	6	3,48	-26,89
«Піноізол»	~150	3,47	-24,36
Кладка облицювальна	125	14,57	-26,14
Мінераловатний утеплювач	50	14,73	-20,25
Кладка стіни	380	27,98	-15,16
Брус-мауерлат	180	1,50	-27,25

За результатами розрахунку в програмному комплексі ELCUT professional, при більш низьких, нормативних температурах зовнішнього повітря відповідно до [5], можна зробити висновки, що навіть без урахування наявних тріщин і пустот у матеріалі теплоізоляції покрівлі «Піноізол», найбільша різниця температур виявлена саме в цьому шарі. Однак містком холоду в даному вузлі виступає й розташування бруса-мауерлату, так як у даному місці найбільш вузька частина огорожуючої поверхні й немає достатнього теплоізоляційного шару: за розрахунком видно, як ізотерми в цьому місці змінюють свою поведінку й починають вигинатися (табл. 3. 1). Однак початкова гіпотеза про найбільше проникнення інфільтраційних потоків повітря через щілини під брусом-мауерлатом не справдилася, оскільки виявлені в процесі тепломоніторингу результати довели, що переважання потоків холодного повітря йде через дефекти теплоізоляційного шару огорожуючої конструкції стіни.

Рекомендації щодо усунення/недопущення виявлених дефектів

Щоб вирішити виявлені конструкційні недоліки та попередити чи зменшити дію інфільтрації та ексфільтрації в даному вузлі, необхідне комплексне розв'язання з максимальною перебудовою конструкції мансардної покрівлі об'єкту, що розглядається, з заміною теплоізолюючого шару «Піноізол» на мінераловатний, з забезпеченням необхідного вентиляційного зазору. Також необхідно усунути зазори, що утворилися, між настилами з дошок або замінити дощані настили на користь дерево-плитних матеріалів, додати пароізоляційний шар між фінішним оздобленням і внутрішньою теплоізоляцією для зниження ефекту ексфільтрації [38].

					КРМ-2319216 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Для попередження утворення вище описаних дефектів і зниження ймовірності утворення мостів холоду на стадії будівництва теплої покрівлі, необхідне комплексне рішення конструкції даного вузла, при цьому конструкція повинна відповідати нормам [3].

При улаштуванні бруса-мауерлату на остов будівлі, для його надійного закріплення з несучими стінами, слід використовувати металеві шпильки, котрі мають жорсткий зв'язок з армувальним поясом, при цьому між брусом-мауерлатом і основною стіною необхідно прокласти не тільки гідроізоляційний шар, але й теплоізоляційний. Використання даного рішення, в порівнянні з традиційною обв'язкою металевим дротом або використанням анкерних пластин, має декілька плюсів: на завершальній стадії улаштування покрівлі та навантаженням її гідроізоляційними матеріалами, наявність шпильок дозволяє притягнути брус-мауерлат, тим самим знижуючи ймовірність утворення між ним і стіною щілин. Також дане рішення забезпечує підвищену надійність конструкції, при цьому шпильки, розташовані в тілі матеріалу, виступають меншим джерелом проникнення холодного повітря, ніж дріт або анкерна пластина.

Карнизний вузол мансардного поверху вимагає не тільки якісного закріплення бруса-мауерлату, але й грамотного закріплення стропильних ніг даху. Як показує практика, великий відсоток будинків має помилки у вузлі обпирання стропил на брус-мауерлат. При зведенні мансардного даху найбільш раціональним буде жорстке закріплення стропильних ніг з їх запилюванням під мауерлат і укріпленням опорним бруском або шпонкою. Жорстке кріплення стропил забезпечить нерухомість системи, а, отже, і зменшить деформації всієї конструкції покрівлі. Відсутність деформацій покрівлі не тільки знизить ймовірність виникнення будь-яких щілин в огорожуючих конструкціях мансарди, але й не змінить напрямок і дію навантаження на опорні стіни, що є немало важливим значенням при зведенні несучих стін з кам'яних матеріалів.

Для комфортного перебування людей у приміщенні, необхідна якісна

					КРМ-2319216 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

теплоізоляція мансарди та якісне улаштування «покрівельного пирога». При утепленні мансарди необхідне чітке дотримання технології «пошарової» теплоізоляції, а також необхідно використовувати пароізоляційну плівку та гідро-вітрозахисну мембрану для того, щоб виключити попадання в теплоізоляційні матеріали водяних парів зсередини приміщення та атмосферних опадів ззовні. Найбільш прийнятним рішенням теплоізоляції мансарди будуть технологічні рішення провідних виробників тепло- та гідроізоляційних матеріалів, таких як «ROCKWOOL» [44, 30].

3.2.2. Переkritтя мансардного поверху, коньковий вузол

Конструкція даху мансардного поверху має дві найбільше розповсюджені конфігурації: коли використовується весь підпокрівельний простір, частіше всього двохскатний дах, і, коли споруджується додатковий каркас у підпокрівельному просторі для надання правильних форм приміщенню – двоскатна ломана, чи вальмовий дах [3]. На рис. 3. 2 представлені схеми найбільш розповсюджених і використовуваних типів каркасу мансардного поверху при приватному будівництві будинків.

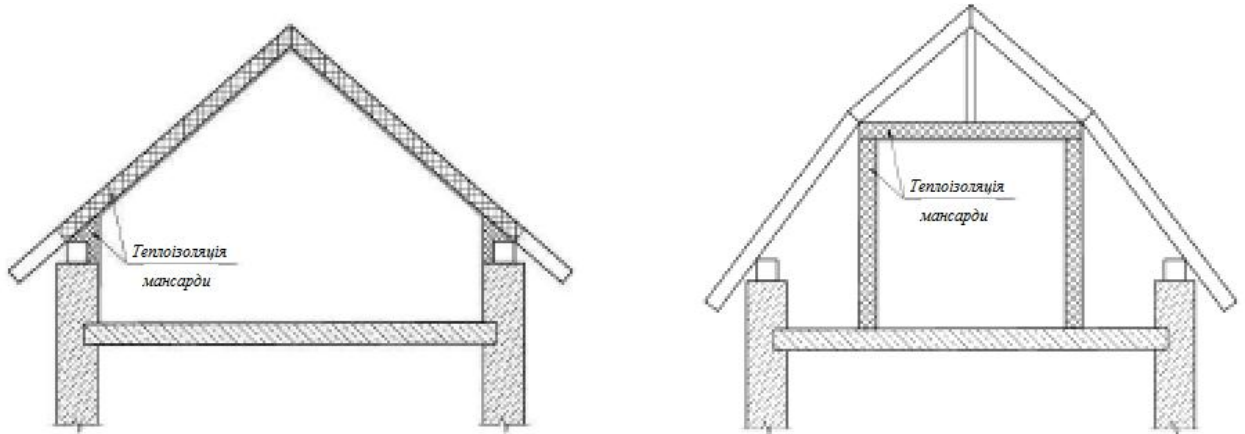


Рис. 3.2 – Схема основних типів каркасу мансардного поверху

Принципова схема конструкції мансардного поверху об'єкту, котрий розглядається, являє собою комбінований варіант розглянутих вище двох типів. Частина приміщення мансардного поверху являє собою дерев'яний зруб з бруса 100×180, а частина виконана у вигляді дерев'яного каркасу, стіни котрого зашиті дошками з теплоізоляційним матеріалом «Піноізол» між ними. Стіни мансардного приміщення виштукатурені з зовнішнього боку

					KPM-2319216 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

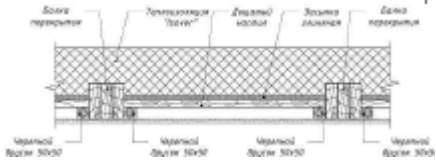
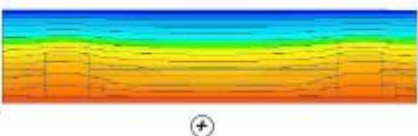
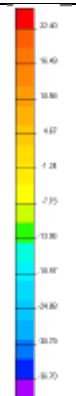
глиняною штукатуркою по дранці, теплоізоляція брусової стіни відсутня.

Перекрыття мансардного поверху виконано по дерев'яним балкам, з'єднаних з плах 180×50, крок балок відповідає кроку стропильних ніг в площині покрівлі. Теплоізоляція перекрыття виконана з мінераловатних матеріалів «Isover standard» по глиняній засипці.

Креслення конструкції та результати розрахунку вузла перекрыття та стику перекрыття з стіною мансарди представлені в табл. 3. 2, 3. 3.

Таблиця 3.2

Результати розрахунку вузла 2: перекрыття мансардного поверху


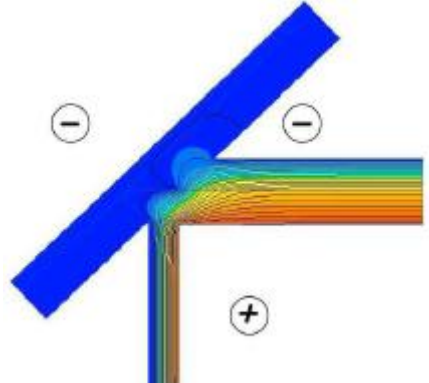
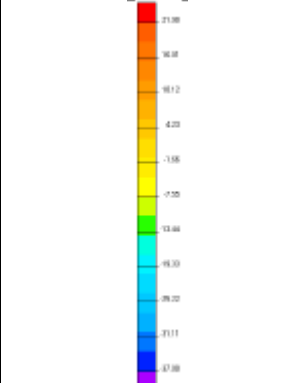
Температура зовнішнього повітря $t_3 = -27^\circ\text{C}$			
Температура повітря всередині приміщення $t_в = +22^\circ\text{C}$			
<p>Конструкція вузла</p> 	<p>Температурне поле</p> 	<p>T, °C</p> 	
		<p>Теплотехнічні характеристики матеріалів за напрямком від внутрішнього контуру</p>	
Найменування шару	Товщина шару, мм	Тепловий потік, Вт	Середня температура поверхні, T_s , °C
ГКЛ	12	12,04	22,03
Настил з дошок	30	6,48	8,17
Глиняна засипка	20	6,75	6,61
Теплотехнічні характеристики матеріалів за напрямком від зовнішнього контуру			
Теплоізоляція Isover	200	12,34	-24,58
Глиняна засипка	20	6,75	6,61

Розрахунок стаціонарного теплопереносу в програмному комплексі Elcut professional виявив, що теплоізоляція перекрыття мансарди задовольняє вимогам з теплопередачі, містки холоду не виявлені. Однак, відсутність в конструкції пароізоляційного шару може несприятливо позначатися на стані утеплювача з мінераловатних матеріалів. Також вразливим місцем може слугувати дерев'яна балка перекрыття, виконана з трьох відтинків дошок, однак товщина теплоізоляційного шару в 200÷250 мм знижує ймовірність

інфільтраційних потоків холодного повітря через можливі утворення щілин даної конструкції.

Таблиця 3.3

Результати розрахунку вузла 3: стик перекриття з стіною мансардного поверху

Температура зовнішнього повітря $t_3 = -27^\circ\text{C}$			
Температура повітря всередині приміщення $t_в = +22^\circ\text{C}$			
<p>Конструкція вузла</p> 	<p>Температурне поле</p> 		<p>T, °C</p> 
	<p>Теплотехнічні характеристики матеріалів за напрямком від внутрішнього контуру</p>		
Найменування шару	Товщина шару, мм	Тепловий потік, Вт	Середня температура поверхні, T_s , °C
ГКЛ	12	49,82	20,03
Балка перекриття	180	16,21	15,27
Теплоізоляція «Isover»	150	11,67	0,57
Брус сосновий	100	34,32	12,94
<p>Теплотехнічні характеристики матеріалів за напрямком від зовнішнього контуру</p>			
Теплоізоляція Isover	150	9,6	-26,55
Балка перекриття	180	15,33	-3,89
Штукатурний шар	25	33,83	-25,17
Брус сосновий	100	33,78	-23,85

Розрахунок стику перекриття з дерев'яною стіною мансарди (табл. 3. 3) показав, що, як і в інших випадках, стик конструкцій найбільше схильний до утворення містків холоду. При цьому найбільше виражені значення показника значень низьких температур спостерігаються в місці спряження балки перекриття та стропильної ноги. У ході розрахунку також виявлено, що товщини огорожуючої конструкції мансарди з дерев'яного зрубу брусом 100×180 не достатньо для забезпечення задовільних умов з теплоізоляції приміщення, необхідне улаштування теплоізоляційних матеріалів з зовнішнього боку стіни.

У процесі дослідження улаштування покрівлі, також були виявлені конструкційні недоліки в улаштуванні стропильних ніг. Зокрема стик стропильних ніг суміжних ухилів виконаний внехлест на цвяхах. Дане з'єднання не може забезпечити жорсткості всієї конструкції в поперечному напрямку при дії вітрового навантаження. Шарнірне з'єднання стропильних ніг в конковій частині здатне викликати надмірні деформації під час дії на них тиску вітру. Такі переміщення каркасу можуть утворювати деформаційні щілини та пустоти в місцях стику стропильних ніг і балок перекриття, порушуючи при цьому цілісність всієї конструкції.

Рекомендації з усунення/недопущення виявлених дефектів

Для забезпечення жорсткості конкового вузла та попередження переміщення всієї конструкції, необхідно забезпечити жорстке з'єднання стропильних ніг в конковій частині покрівлі. Найбільш раціональним в даному випадку рішенням буде улаштування в конку покрівлі дерев'яної затяжки, котра забезпечить жорсткість покрівлі в поперечному напрямку.

Для недопущення промерзання стінового огороження, виконаного з бруса 100×150, необхідно передбачити його теплоізоляцію з підбором товщини утеплювача відповідно до розрахунку за діючими нормами [3].

3.2.3. Вузол спряження зовнішніх стін мансардного поверху

При зведенні мансардного поверху, для збільшення простору та корисної площі, а також збереження необхідних умов по висоті стель, відповідно до вимог [3], існують варіанти, коли зовнішні несуча стани зводять над перекриттям першого поверху на рекомендовану пропорцію до площі – $\frac{1}{2}$ [47], тим самим отримуючи більш сприятливі умови для перебування людей.

Як правило, матеріал і конструкція таких стін повністю аналогічна матеріалу стін всієї будівлі, такий прийом є і найбільш раціональним. Однак існують варіанти, коли конструкція несучих стін мансарди виконується з інших, більш легких, матеріалів, або використовується каркасна будівля. Використання різнорідних матеріалів не завжди доцільно, оскільки різні

					KPM-2319216 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

матеріали вимагають більш ретельного спряження, а в процесі експлуатації будівлі різномірні матеріали будуть мати різну ступінь усадки, що може привести до деформацій конструкції.

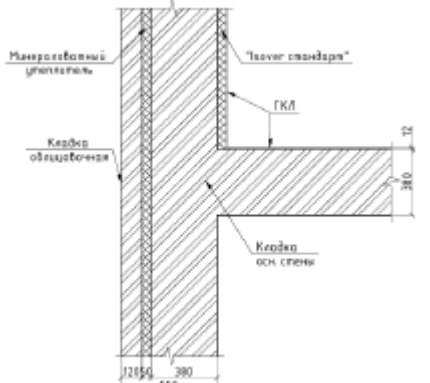
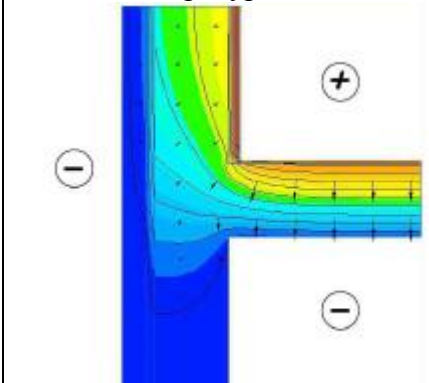
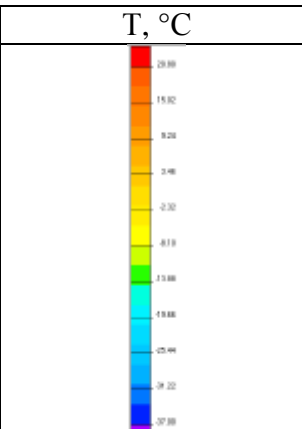
Використання даного варіанту улаштування мансардного поверху в свою чергу вимагає ретельного підходу до теплоізоляції не тільки самої покрівлі, але й стін будівлі. При недостатній теплоізоляції несучих стін, саме в цьому вузлі буде підвищена концентрація проникаючого холодного повітря, а теплофізичні процеси, виникаючі на межах теплових потоків, можуть привести до порушення цілісності всієї огорожуючої конструкції.

Огороджуюча конструкція стін мансардного поверху об'єкту, котрий розглядається, має в різних рівнях різну структуру: на рівні підлоги та східцевого маршу матеріал стін – цегла, вище – брус перетином 200×200.

Розрахунок стаціонарного теплопереносу, виконаний на основі конструктивних даних об'єкту, котрий обстежується, виявив значні тепловтрати в місцях стику зовнішніх стін, а також в місцях спряжень різномірних матеріалів огорожуючих конструкцій, результати розрахунку представлені в табл. 3. 4, 3. 5.

Таблиця 3.4

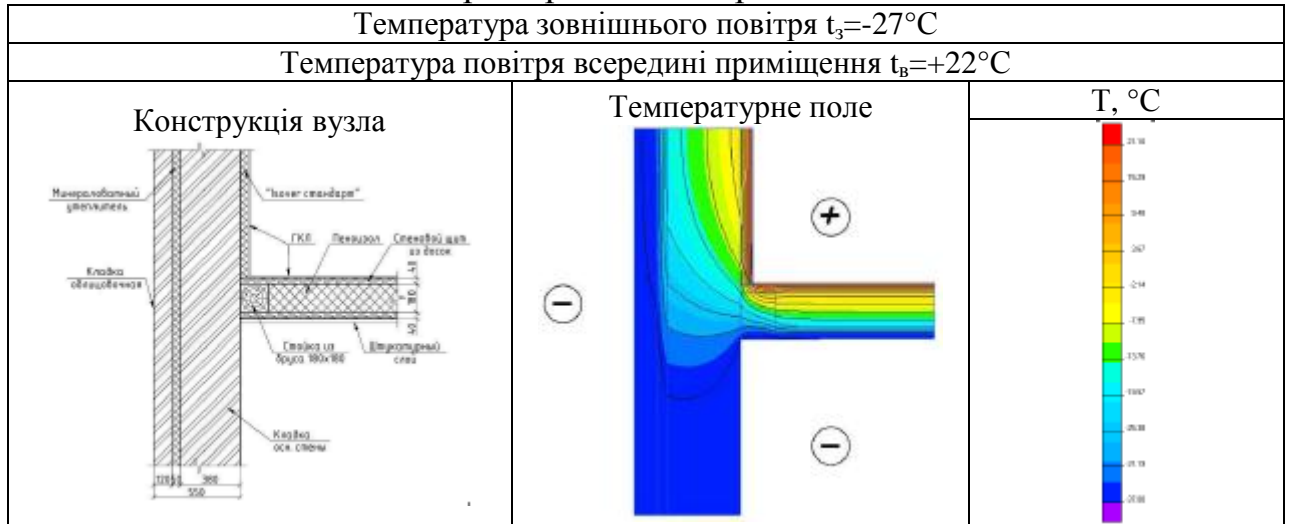
Результати розрахунку вузла 3: конструкція стику цегляних зовнішніх стін мансарди

Температура зовнішнього повітря $t_z = -27^\circ\text{C}$			
Температура повітря всередині приміщення $t_v = +22^\circ\text{C}$			
<p>Конструкція вузла</p> 	<p>Температурне поле</p> 	<p>T, °C</p> 	
Теплотехнічні характеристики матеріалів за напрямком від внутрішнього контуру			
Найменування шару	Товщина шару, мм	Тепловий потік, Вт	Середня температура поверхні, T_s , °C
ГКЛ	12	101,07	16,29

«Isover standard»	50	16,23	13,61
Кладка стіни	380	101,53	0,64
Теплотехнічні характеристики матеріалів за напрямком від зовнішнього контуру			
Кладка облицювальна	125	15,82	-26,66
Мінераловатний утеплювач	50	15,82	-20,65
Кладка стіни	380	15,81	-25,61

Таблиця 3.5

Результати розрахунку вузла 4: конструкція стику зовнішніх стін мансарди з різнорідних матеріалів



Теплотехнічні характеристики матеріалів за напрямком від внутрішнього контуру

Найменування шару	Товщина шару, мм	Тепловий потік, Вт	Середня температура поверхні, T_s , °C
ГКЛ	12	48,95	19,75
«Isover standard»	50	15,44	14,33
Кладка стіни	380	15,84	-6,77
Стіновий щит з дошок	40	33,88	10,95
Піноізол	180	29,42	1,39

Теплотехнічні характеристики матеріалів за напрямком від зовнішнього контуру

Кладка облицювальна	125	12,53	-26,73
Мінераловатний утеплювач	50	12,53	-25,47
Штукатурний шар	25	32,48	-25,50
Стіновий щит з дошок	40	31,59	-29,66
Піноізол	180	28,82	-18,83

Аналізуючи результати розрахунку вузла 3, можна зробити висновок, що товщина теплоізоляції зовнішньої стіни в 50 мм недостатня, температура поверхні несучої стіни по внутрішньому контуру склала $-7,41^\circ\text{C}$, що є

					KPM-2319216 ПЗ	Арк. 44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

недопустимим.

Однак на практиці показники можуть бути ще гіршими, так як виявлені раніше дефекти теплоізоляції (рис. 2. 14) можуть сприяти виносу тепла з приміщення.

Картина теплового поля вузла 4 має практично ідентичний характер показників з вузлом 3: найбільші тепловтрати виникають саме в місці стику зовнішніх стін. Промерзання стику можливе й з причини низької щільності спряжених деталей конструкції, так як на практиці забезпечити щільне прилягання бруса до цегляної стіни дуже важко. Однак показники температурного поля дерев'яної стіни з-за кращих характеристик матеріалів з теплопровідності (вузол 4), мають позитивні показники в порівнянні зі значеннями температур поверхонь вузла 3.

Рекомендації з усунення/недопущення виявлених дефектів

Для вирішення питання з усунення дефектів у вузлі спряження зовнішніх стін будівлі, необхідна комплексна система заходів, яка полягає в повній переробці теплоізоляційної схеми вузла.

Для зниження інфільтрації холодних потоків повітря та усунення недоліків кладки, необхідно зачеканити цементно-піщаним розчином усі щілини та пропуски в кладці несучої стіни. Для забезпечення надійної теплоізоляції необхідно підібрати утеплювач та його товщину за розрахунком відповідно до норм і вимогам БП [3].

При укладанні теплоізоляції необхідно забезпечити її надійне та герметичне прилягання до стіни, а при використанні декількох шарів, для забезпечення необхідної товщини, обов'язкове її розташування з перехльостуванням швів без допущення утворення щілин і пропусків. Проведені дослідження «НДКіївбуд» довели, що при наявності зазорів між плитами утеплювача в 5 мм, суттєво знижується теплозахист конструкції, як при одношаровому, так і при багат шаровому утепленні [31].

Для запобігання промерзання кута необхідно забезпечити його теплоізоляцію з обох боків з нахльостуванням теплоізолюючого матеріалу на

					КРМ-2319216 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

спряжену стіну не менше, ніж на 500 мм. Також необхідно загерметизувати стик між кладкою та стійкою з дерев'яного бруса за допомогою ущільнюючих стрічок або напилених матеріалів.

Оскільки приміщення мансарди на об'єкті, котрий розглядається, займає не весь простір під покрівлею, то необхідно виконати умови забезпечення теплоізоляції не тільки зовнішніх стін, але й стін, розташованих з боку простору горища. Такі заходи знизять тепловтрати через локально-неоднорідні за геометричними чи теплофізичними параметрами ділянок огороження.

Ґрунтуючись на дослідженнях щодо впливу крайових зон на загальні тепловтрати будівлі [31, 32, 33], можна зробити висновок про необхідність ретельного улаштування зовнішніх огорожень, зокрема їх стиків між собою та з різнорідними матеріалами.

Висновки до розділу 3

1) Виявлені основні конструкційно-теплоізоляційні недоліки улаштування мансардних поверхів на прикладі експлуатуємого об'єкту в Сумській області.

2) Виконаний розрахунок вузлів мансардного поверху на стаціонарний теплопереніс у програмному комплексі Elcut Professional, у ході котрого були виявлені містки холоду, отримані значення температур на межах матеріалів.

3) Дано рекомендації з усунення у вузлах мансарди конструкційних дефектів, які впливають на загальні тепловтрати будівлі.

4) Моделювання теплового контуру будівлі проводилося в програмному комплексі Elcut Professional у вигляді розрахунку на стаціонарний теплопереніс. Однак у процесі обстеження будівлі вияснилося, що при певних умовах значення інфільтраційних потоків холодного повітря може мати суттєвий вплив на тепловтрати будівлі. Таким чином, для повного формування картини теплового поля вузла конструкції, необхідне врахування впливу інфільтраційних потоків повітря, котре не передбачено програмою.

5) На основі проведеного обстеження мансардного поверху

					КРМ-2319216 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

експлуатованої будівлі, виділені такі основні типи дефектів при його улаштуванні, а саме: неправильне улаштування бруса-мауерлату, відсутність його герметичності між основною стіною та конструкцією теплої покрівлі, порушення у виборі кріплення стропильних ніг при формуванні підпокрівельного простору; неправильне формування конструкції теплої покрівлі у вигляді недотримання технології улаштування багат шарових конструкцій; при улаштуванні каркасу мансардного поверху не приділяється належна увага його теплоізоляції та забезпечення його жорсткості.

ВИСНОВКИ ДО НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

1) Сучасні технології зведення мансард у приватному домобудівництві недосконалі та характеризуються значними дефектами на стадії будівництва. На основі аналізу літературних джерел виявлені основні технології та умови проєктування енергозберігаючих будівель.

2) Проведено обстеження експлуатованого мансардного поверху, в ході котрого виявлені конструкційні недоліки, котрі впливають на надійність теплозахисту будівлі. Зафіксовані факти руху інфільтраційних потоків через щілини та нещільності в шарах багат шарової конструкції теплої покрівлі. Проведений розрахунок кількості інфільтраційного потоку, котрий виявив значні показники кількості потоку повітря на 1 м² площі огорожуючої конструкції.

3) Розроблена методика моніторингу тепловтрат, яка полягає в пошаровій тепловізорній зйомці при різних погодних умовах, на основі котрої зроблено висновки про низьку ефективність теплоізолюючого шару в огорожуючій конструкції мансардного поверху об'єкту, котрий розглядається.

4) На основі програмного моделювання теплового контуру вузлів мансарди в розрахунковій програмі Elcut Professional виконана оцінка впливу конструктивної схеми на теплотехнічні параметри. Запропоновані рекомендації з підсилення конструктивної схеми теплої покрівлі та усуненню містків холоду у вузлах мансардного поверху.

					KPM-2319216 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

5) Удосконалення конструктивних рішень огорожуючих конструкцій мансардного поверху приводить до зниження трансмісійних та конвекційних тепловтрат і витрат енергії на опалення в процесі експлуатації будівлі. Таким чином, зниження факторів втрат теплоти через містки холоду, щілини та нещільності в огорожуючих конструкціях має потенціал до енергозбереження.

					КРМ-2319216 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48