

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет будівництва та транспорту
Кафедра Архітектури та інженерних вишукувань**

До захисту
Допускається
Завідувач кафедри
Архітектури та інженерних
вишукувань
_____ Бородай Д. С.

«___»_____2025р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за другим рівнем вищої освіти

На тему: «Впровадження енергоефективних методів утеплення фасадів на прикладі 9-ти поверхового житлового будинку в м. Львів»

Виконав (ла)

Ю. А. Токаренко

(підпис)

(Прізвище, ініціали)

Група

БУД 2401-2 м

(Науковий)
керівник

А. О. Редько

(підпис)

(Прізвище, ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра: Архітектури та інженерних вишукувань
Спеціальність: 192 "Будівництво та цивільна інженерія"

ЗАВДАННЯ

НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Токаренко Юрій Анатолійович

Тема роботи: Впровадження енергоефективних методів утеплення фасадів на прикладі 9-ти поверхового житлового будинку в м. Львів

Затверджено наказом по університету № 34/ОС від " 07 " 01 2025р.
Строк здачі студентом закінченої роботи: " 10 " 12 2025 р.

Вихідні дані до роботи:

Дані інженерно-геологічних вишукувань, типові проекти, завдання проектування _____

4.Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що підлягають розробці)

Розділ 1. Загальна характеристика роботи, Розділ 2. Бібліографічний огляд досліджень, Розділ 3. Впровадження енергоефективних методів утеплення фасадів, 3.1 Різновиди та класифікація систем утеплення, 3.2 Впровадження технології вентиляованих фасадів, Розділ 4. Опис архітектурно-планувального рішення будівлі, 4.1 Ситуаційний план, 4.2 Об'ємно-планувальне рішення, 4.3 Архітектурно-конструктивне рішення, Список використаних джерел

5. Перелік графічного та або мультимедійного матеріалу (з вказівкою обов'язкових креслень)

15 слайдів мультимедійного матеріалу

Керівник :		А. О. Редько
	(підпис)	(Прізвище, ініціали)
Консультант		А. О. Редько
	(підпис)	(Прізвище, ініціали)
Завдання прийняв до виконання:		
Здобувач		Ю. А. Токаренко
	(підпис)	(Прізвище, ініціали)

Анотація

Токаренко Юрій Анатолійович «Впровадження енергоефективних методів утеплення фасадів на прикладі 9-ти поверхового житлового будинку в м. Львів» – Кваліфікаційна робота магістра на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота магістра за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія». – Сумський національний аграрний університет, Суми, 2025.

Робота складається із змісту, загальної характеристики роботи та її кваліфікаційних ознак, огляду досліджень за обраною темою, розділів основної частини, висновків за результатами МКР (українською та англійською мовами).

Сформульовано мету, задачі, об'єкт та предмет дослідження, методи наукового дослідження.

Дослідження зосереджується на аналізі та впровадженні вентилярованих фасадних систем для поліпшення теплових характеристик та довговічності багатопверхових житлових будинків. Традиційні будівельні оболонки часто характеризуються високими втратами тепла, накопиченням вологи та недостатньою звукоізоляцією, що негативно впливає на енергоефективність, цілісність конструкції та комфорт у приміщенні. Вентилявані фасади в поєднанні з відповідними ізоляційними матеріалами, такими як плити з мінеральної вати, пропонують ефективне рішення, створюючи повітряний прошарок, який забезпечує контрольовану вентиляцію, зменшує вміст вологи в стінах, запобігає конденсації та покращує теплові та акустичні характеристики.

Механічно закріплені системи з вертикальними та горизонтальними профілями компенсують відхилення в рівності стін, пристосовуються до теплового розширення та забезпечують структурну стабільність, одночасно полегшуючи технічне обслуговування та часткову заміну елементів фасаду без значних перебоїв. Використання мінеральної вати як ізоляційного матеріалу забезпечує повітропроникність системи, запобігаючи утворенню цвілі та підтримуючи здоровий мікроклімат у приміщенні.

Дослідження також підкреслює переваги вентилярованих фасадів у міських умовах, де будівлі піддаються мінливим кліматичним умовам,

включаючи опади, вітрові навантаження та коливання температури. Відводячи воду від поверхні стіни та підтримуючи вентилявану порожнину, фасадна система продовжує термін експлуатації оболонки будівлі та підтримує стабільний тепловий опір протягом тривалого часу. Крім того, звукоізоляційні властивості панелей сприяють створенню більш комфортного та тихого мікроклімату в приміщенні.

Ключові слова: вентилявані фасади, мінеральна вата, енергоефективність.

Список публікацій та/або виступів на конференціях студента:

1. Токаренко Ю.А. Впровадження енергоефективних методів утеплення фасадів на прикладі 9-ти поверхового житлового будинку в м. Львів// Матеріали 87-ї Міжнародної наукової конференції студентів університету, 7–11 квіт. 2025 р. Харків, 2025.

2. Токаренко Ю.А. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ МЕТОДІВ УТЕПЛЕННЯ ФАСАДІВ // Матеріали XIX Міжнародної науково-практичної конференції, 26 листопада 2025 р. Харків, 2025. С.39

В додатках наведено тези конференції, альбом слайдів мультимедійної презентації.

Структура роботи.

Робота складається з основного тексту на 42 сторінках, у тому числі 1 таблиця та 10 рисунків. Текст роботи містить загальну характеристику роботи, 4 розділи, висновки і рекомендації за результатами роботи, список з 21 використаного джерела. Графічна частина складається з 15 слайдів мультимедійної презентації.

Abstracts

Tokarenko Yuriy “Implementation of energy-efficient methods of facade insulation using the example of a 9-storey residential building in Lviv” - Master's thesis in manuscript form.

Master's thesis in the specialty 192 “Construction and Civil Engineering”. – Sumy National Agrarian University, Sumy, 2025.

The thesis consists of a table of contents, a general description of the work and its qualifying characteristics, a review of research on the chosen topic, sections of the main part, and conclusions based on the results of the MCR (in Ukrainian and English).

The purpose, objectives, object and subject of the research, and methods of scientific research are formulated.

The research focuses on the analysis and implementation of ventilated facade systems to improve the thermal characteristics and durability of multi-storey residential buildings. Traditional building envelopes are often characterized by high heat loss, moisture accumulation, and insufficient sound insulation, which negatively affects energy efficiency, structural integrity, and indoor comfort. Ventilated facades, combined with appropriate insulation materials such as mineral wool boards, offer an effective solution by creating an air gap that provides controlled ventilation, reduces moisture content in walls, prevents condensation, and improves thermal and acoustic performance.

Mechanically fastened systems with vertical and horizontal profiles compensate for variations in wall flatness, adapt to thermal expansion, and provide structural stability while facilitating maintenance and partial replacement of facade elements without significant disruption. The use of mineral wool as an insulating material ensures the breathability of the system, preventing mold growth and maintaining a healthy indoor climate.

The study also highlights the advantages of ventilated facades in urban environments, where buildings are exposed to changing climatic conditions, including precipitation, wind loads, and temperature fluctuations. By diverting water

away from the wall surface and maintaining a ventilated cavity, the facade system extends the service life of the building envelope and maintains stable thermal resistance over time. In addition, the sound insulation properties of the panels contribute to a more comfortable and quiet indoor microclimate.

Keywords: ventilated facades, mineral wool, energy efficiency.

List of publications and/or conference presentations by the student:

1. Tokarenko Y. Implementation of energy-efficient facade insulation methods using the example of a 9-storey residential building in Lviv// Materials of the 87th International Scientific Conference of University Students, 7–11 April 2025. Kharkiv, 2025.

2. Tokarenko Y. TECHNICAL AND ECONOMIC RESEARCH OF ENERGY-EFFICIENT METHODS OF FACADE INSULATION // Proceedings of the XIX International Scientific and Practical Conference, November 26, 2025. Kharkiv, 2025. P. 39

The appendices contain the conference abstracts and a slide album of the multimedia presentation.

Structure of the work.

The work consists of the main text on 42 pages, including 1 table and 10 figures. The text of the work contains a general description of the work, 4 sections, conclusions and recommendations based on the results of the work, and a list of 21 sources used. The graphic part consists of 15 slides of a multimedia presentation.

ЗМІСТ

Розділ 1. Загальна характеристика роботи.....	9
Розділ 2. Бібліографічний огляд досліджень.....	11
Розділ 3. Впровадження енергоефективних методів утеплення фасадів.....	17
3.1 Різновиди та класифікація систем утеплення.....	17
3.2 Впровадження технології вентильованих фасадів.....	25
Розділ 4. Опис архітектурно-планувального рішення будівлі.....	33
4.1 Ситуаційний план.....	33
4.2 Об'ємно-планувальне рішення.....	33
4.3 Архітектурно-конструктивне рішення.....	34
Список використаних джерел.....	41

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми: Питання енергоефективності та довговічності багатоповерхових житлових будинків залишається дуже актуальним в Україні. Традиційні огороджувальні конструкції будівель часто характеризуються високими тепловтратами, накопиченням вологи та недостатньою звукоізоляцією, що призводить до збільшення енергоспоживання, погіршення стану конструктивних елементів та дискомфорту для мешканців. Застосування вентиляованих фасадних систем у поєднанні з мінеральною ватою як утеплювачем є сучасним рішенням, яке дозволяє вирішити ці проблеми та відповідає європейським стандартам енергоефективності та будівництва.

Мета і завдання дослідження: Метою цього дослідження є оцінка ефективності, практичної реалізації та економічної доцільності вентиляованих фасадних систем для теплової реновації багатоповерхових житлових будинків. Завдання включають визначення оптимальних теплоізоляційних матеріалів та їх товщини, оцінку конструктивних вимог, аналіз волого- та теплопередачі, оцінку технологій монтажу та порівняння вентиляованих фасадів з іншими теплоізоляційними рішеннями з точки зору вартості, ефективності та довговічності.

Об'єкт дослідження: 9-ти поверховий житловий будинок в місті Львів.

Предмет дослідження: Впровадження системи вентиляованих фасадів для покращення теплоізоляції.

Методи дослідження: У дослідженні було використано поєднання теоретичних та прикладних методів дослідження, включаючи детальний огляд літератури щодо чинних українських та європейських стандартів, порівняльний аналіз фасадних систем, розрахунок теплових характеристик та енергозбереження, структурну оцінку несучих стін та технічну оцінку процедур монтажу. Було проаналізовано практичні приклади, включаючи

дев'ятиповерховий цегляний житловий будинок, для кількісної оцінки економічних та експлуатаційних переваг.

Наукова та технічна новизна одержаних результатів: Дослідження кількісно оцінює поліпшення теплового опору (до 1,5 разів), зменшення вологості в стінових конструкціях (від 15 % до 3–4 % середнього річного вмісту) та підвищення звукоізоляції (до подвоєння початкових показників). Крім того, воно надає обґрунтовану економічну оцінку для стандартної площі стіни 100 м², порівнюючи початкові витрати, експлуатаційні заощадження та періоди окупності між вентиляльованими фасадними системами та традиційними методами утеплення.

Практичне значення одержаних результатів: Дослідження надає комплексну технічну основу для впровадження вентиляльованих фасадних систем у багатоповерхових житлових будинках. Воно встановлює конкретні параметри для ізоляційних матеріалів, включаючи плити з мінеральної вати визначеної щільності і товщини, а також детально описує конфігурацію механічно закріплених панельних систем з вертикальними та горизонтальними профілями для забезпечення належної вентиляції, розподілу навантаження та компенсації теплового розширення.

Апробація та публікація результатів роботи: 1. Токаренко Ю.А. Впровадження енергоефективних методів утеплення фасадів на прикладі 9-ти поверхового житлового будинку в м. Львів// Матеріали 87-ї Міжнародної наукової конференції студентів університету, 7–11 квіт. 2025 р. Харків, 2025.

2. Токаренко Ю.А. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ МЕТОДІВ УТЕПЛЕННЯ ФАСАДІВ // Матеріали XIX Міжнародної науково-практичної конференції, 26 листопада 2025 р. Харків, 2025.

С.39

РОЗДІЛ 2

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ ОГЛЯД ДОСЛІДЖЕНЬ

Питання теплоізоляції в житловому будівництві зазнало значних змін в Україні, коли в кінці ХХ століття було розпочато перший етап впровадження заходів з енергоефективності. Протягом цього періоду регуляторні вимоги щодо теплового опору конструкцій огороджувальних конструкцій будівель були суттєво посилені, що спричинило перехід до багатошарових енергоефективних стінових конструкцій. Ця зміна в нормативних вимогах також передбачала обов'язковий моніторинг енергоспоживання в будівлях, що сприяло зниженню експлуатаційних витрат енергії на 30% у новобудовах та реконструйованих об'єктах. Хоча розробка та впровадження систем фасадів із зовнішньою ізоляцією широко досліджувалися та застосовувалися на практиці, проблема залишається в відсутності системних підходів до методів ізоляції та недостатньому висвітленні сучасних ізоляційних матеріалів у науковій літературі. Світові тенденції в цій галузі підкреслюють впровадження енергозберігаючих заходів, застосування енергоефективних технологій та використання екологічно чистих матеріалів у будівельній практиці[1].

Відповідно до змін, внесених у 2021 році до будівельних норм України, вимоги до теплових характеристик огороджувальних конструкцій житлових будівель були значно підвищені. Ця нормативно-правова база відображає більш широку стратегію приведення національних будівельних стандартів у відповідність до європейських директив з енергоефективності. Міський будівельний фонд демонструє широке застосування систем утеплення зовнішніх стін, які стали більш популярними в ХХІ столітті, коли почали реєструвати технічні характеристики систем утеплення фасадів, в яких в якості основного ізоляційного шару використовуються плити з мінеральної вати. Ці системи, що характеризуються здатністю поєднувати теплоізоляцію з зовнішньою обробкою, передбачають застосування мінераловатної ізоляційної плити, закріпленої на зовнішній поверхні стіни і захищеної тонким шаром штукатурки товщиною

приблизно 4–6 мм, армованої скловолокном. Шар штукатурки та фарбування поверхні, виконують не тільки захисну, але й естетичну функцію, надаючи фасаду завершеного вигляду.



Рис. 2.1 Сучасний утеплений фасад

Незважаючи на швидке поширення таких рішень, відсутність єдиного державного нормативного документа призвела до появи технічних специфікацій, що відрізняються залежно від того, чи компоненти системи постачаються розробником, чи закуповуються у вітчизняних та міжнародних виробників. Ці документи є власністю розробника, що обмежує їх доступність для третіх осіб, і, як результат, параметри та вимоги до випробувань систем утеплення часто визначаються внутрішніми стандартами розробника. Однак на практиці більшість зовнішніх теплоізоляційних композитних систем незначно відрізняються за конструкцією та експлуатаційними характеристиками, що призводить до дублювання при розробці майже ідентичних технічних специфікацій у різних компаніях. На сьогодні в Україні зареєстровано понад десять різних технічних специфікацій для зовнішніх теплоізоляційних систем, багато з яких базуються на закордонних прототипах. Хоча таке походження може означати високі технологічні стандарти, зміст цих документів виявляє

розбіжності в вимогах до експлуатаційних характеристик та методологіях випробувань[8].

Ще з 2000 року європейські країни прийняли єдину нормативну базу для ізоляції через ETAG 004, яка встановлює єдині вимоги до експлуатаційних характеристик та стандартизовані процедури випробувань для зовнішніх теплоізоляційних композитних систем з армуванням. Цей документ забезпечує порівнянність та надійність різних систем і створює спільну основу для забезпечення якості, оптимізації проектування та оцінки довгострокової стійкості, тим самим вирішуючи проблеми, які залишаються невирішеними в українському нормативному та технічному середовищі.

Важливим обмеженням існуючих систем зовнішньої ізоляції в Україні є недостатня інтеграція вимог, викладених в ETAG 004, що ускладнює систематизацію національних нормативних документів з європейськими стандартами. Системи, в яких використовуються ізоляційні плити з мінеральної вати, складаються з багатошарового захисного покриття, що включає клейовий розчин, армований скловолокном, ґрунтовку на силікатній основі та тонкий або товстий зовнішній шар силікатної декоративної штукатурки. Одним з найважливіших показників ефективності цих систем є їхня вогнестійкість. Повномасштабні випробування на вогнестійкість продемонстрували, що фасадні системи з використанням мінеральної вати не поширюють вогонь, тим самим відповідаючи одній з основних вимог для висотних житлових будівель. Поєднання клейового з'єднання та механічного кріплення за допомогою розширювальних дюбелів забезпечує надійне кріплення з рівнем опору, що перевищує розрахункові сили всмоктування вітру на висоті будівлі 100 м більше ніж у 6 разів для другої зони вітрового навантаження України.

У монолітних залізобетонних каркасних будівлях, де балкони є прямим продовженням плит перекриття, на балконних плитах часто виникають теплові мости, що спричиняють значні втрати тепла. Щоб пом'якшити цей ефект, балконні плити потребують ізоляції як з верхньої, так і з нижньої поверхні, щоб

запобігти проникненню холоду на 1,5 м у внутрішню площу приміщення. Без належної ізоляції температурний градієнт між холодною балконою плитою та теплішим повітрям у приміщенні спричиняє конденсацію всередині конструкції підлоги та на сусідніх поверхнях стін, що призводить до гниття деревини, утворення цвілі та довгострокового погіршення стану конструкції. Проблема ускладнюється в утеплених будівлях, обладнаних герметичними вікнами з подвійним склінням, де недостатня природна вентиляція може призвести до високої вологості в приміщенні та мікробного забруднення стель і стін. Існуючі стратегії вентиляції, які передбачають витяжні повітроводи тільки в кухнях і ванних кімнатах, залишаючи вітальні без спеціальної вентиляції, є недостатніми для забезпечення здорової якості повітря в приміщенні в герметичних, енергоефективних будівлях.

Під час опалювального сезону втрати теплової енергії через оболонку будівлі залишаються серйозною проблемою, причому на стіни припадає 30–80 % загальних втрат тепла. Статистичний аналіз показує, що річна потреба в опаленні в неізольованих будівлях може досягати еквівалента 22–28 літрів мазуту на квадратний метр площі підлоги. Застосування систем теплоізоляції зменшує цю потребу більш ніж у п'ять разів, що забезпечує значну економію коштів. Крім того, переваги ізоляції виходять за межі зменшення витрат енергії. Дозволяючи будувати тонші зовнішні стіни без шкоди для теплових характеристик, системи ізоляції збільшують корисну площу підлоги. Наприклад, один погонний метр утепленої зовнішньої стіни може збільшити житлову площу на 0,125 м². У житловій одиниці з площею 120 м² це означає приблизно 5,5 м² додаткової площі, або близько 5% приросту площі, що може істотно підвищити ринкову вартість нерухомості.

Погано утеплені або неутеплені зовнішні стіни не тільки підвищують енергоспоживання, але й сприяють дискомфорту та несприятливим кліматичним умовам у приміщенні. На холодних поверхнях стін повітря в приміщенні охолоджується, стає щільнішим і опускається, створюючи протяги, які мешканці

сприймають як дискомфорт і які навіть можуть спричинити проблеми зі здоров'ям, такі як застуда. На відміну від цього, добре утеплені стіни підтримують температуру поверхні, близьку до температури повітря в приміщенні, запобігаючи утворенню конвекційних потоків і відчуттю протягів[6].

Застосування мінеральної вати в якості утеплювача фасадів будівель значно зменшує передачу шуму, що не тільки сприяє довговічності конструкції будівлі, але й безпосередньо впливає на психологічне самопочуття та загальний комфорт мешканців. У житлових приміщеннях, обладнаних такими системами утеплення, постійно підтримується стабільний і сприятливий тепловий та вологісний режим. Висока паропроникність мінеральної вати дозволяє підтримувати свіжість повітря в приміщенні, подібну до мікроклімату, що спостерігається в традиційних дерев'яних будівлях. Взимку та влітку утеплені будівлі мають стабільний мікроклімат: тепло та комфорт зберігаються навіть при тимчасовому відключенні систем опалення, а зовнішні стіни залишаються прохолодними в сонячні літні дні, запобігаючи перегріванню внутрішніх приміщень.

Сучасні системи зовнішньої ізоляції не тільки забезпечують значну економію енергії, але й надають архітекторам та дизайнерам більшу гнучкість у формуванні візуальної ідентичності будівлі. Ці системи дозволяють фасадам набувати форм і текстур, які раніше були недосяжними, підтримуючи як функціональні, так і естетичні цілі. Крім того, ці технології розроблені з урахуванням довговічності та надійності, особливо в міських умовах, де фактори навколишнього середовища, такі як забруднення, коливання вологості та екстремальні погодні умови, можуть негативно впливати на будівельні матеріали. Вибір матеріалів, стійких до цих агресивних факторів, має вирішальне значення для збереження довгострокової ефективності.

Ці системи мають численні експлуатаційні та функціональні переваги. Монтаж можливий протягом усього року при температурі навколишнього середовища від $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+35\text{ }^{\circ}\text{C}$. Відсутність стиків в ізоляційних шарах і низька

теплопровідність мінеральної вати забезпечують чудові теплоізоляційні характеристики. Ретельні випробування підтверджують довговічність і структурну надійність цих систем.

Додаткові переваги включають широку палітру текстур і кольорів обробки, відповідність екологічним стандартам та інтеграцію облицювання з теплоізоляцією в єдину технологічну операцію без необхідності посилення фундаменту. Фасади з ізоляцією вимагають мінімального обслуговування і є стійкими до появи цвілі або грибка. Системи розроблені для ефективного і швидкого монтажу кваліфікованим персоналом. Їх модульна та адаптивна конструкція дозволяє застосовувати їх на будівлях висотою до 72 метрів, практично на будь-якій основі, часто без попередньої підготовки елементів облицювання[8].

Результатом є фасадна система, яка забезпечує чудовий захист від вологи, покращену архітектурну естетику, підвищену ринкову вартість будівлі та довгострокову експлуатаційну надійність. Ці характеристики роблять сучасні системи зовнішньої ізоляції на основі мінеральної вати комплексним рішенням для енергоефективного, довговічного та візуально привабливого житлового будівництва.

РОЗДІЛ 3

ВПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ МЕТОДІВ УТЕПЛЕННЯ ФАСАДІВ

3.1 Різновиди та класифікація систем утеплення

У будівельній фізиці кожен матеріал можна класифікувати за його теплопровідністю або опором. Під час будівництва для забезпечення структурної стабільності часто використовуються матеріали з високою теплопровідністю, такі як метали; однак для досягнення оптимальних теплових характеристик ці матеріали не повинні безпосередньо контактувати з іншими будівельними елементами, які також мають високу теплопровідність. Прямі з'єднання між внутрішніми та зовнішніми елементами будівлі, що складаються з теплопровідних матеріалів, створюють так званий тепловий міст, зону, де теплопередача відбувається легше, ніж через навколишню ізоляцію. Теплові мости погіршують загальну енергоефективність оболонки будівлі, що призводить до локальних втрат тепла, потенційної конденсації та підвищеного ризику утворення цвілі. Правильні стратегії проектування, включаючи використання теплових розривів, розділових шарів і суцільної ізоляції, є необхідними для пом'якшення ефектів теплових мостів і збереження цілісності як енергетичної ефективності, так і якості внутрішнього середовища.

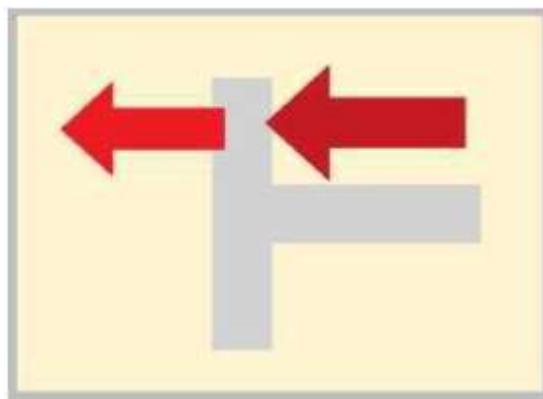


Рис. 3.1 Схема утворення теплового мосту через неутеплену стіну

Внутрішня ізоляція будівлі може прискорити процес обігріву внутрішніх приміщень, тим самим зменшуючи кількість енергії, необхідної для досягнення

комфортної температури в приміщенні. Однак такий підхід не забезпечує переваг традиційної ізоляції, залишаючи зовнішні стіни схильними до швидкого охолодження в нічний час. В результаті тепло природним чином мігрує через неізольовані ділянки оболонки будівлі, особливо в місцях, де внутрішні та зовнішні елементи безпосередньо з'єднані. Ці зони сприяють передачі тепла зсередини назовні, зменшуючи загальну ефективність ізоляції та потенційно створюючи локальні проблеми з конденсацією та вологістю[1]. Отже, хоча внутрішня ізоляція забезпечує короткострокову економію енергії, вона не може повністю запобігти втратам тепла, якщо не інтегрована в систему, яка вирішує проблему теплових мостів і зберігає теплову інерцію оболонки будівлі.

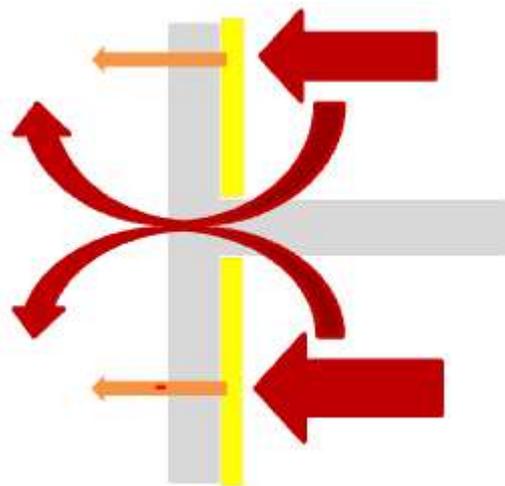


Рис. 3.2 Схема утворення теплового мосту при внутрішній ізоляції стін

Внутрішня теплоізоляція є спеціалізованим підходом до поліпшення енергоефективності будівель, коли зовнішня модифікація фасаду обмежена, наприклад, у будівлях, що охороняються як пам'ятки архітектури, або коли потрібна часткова ізоляція. Цей метод також застосовується як додатковий захід у випадках, коли зовнішня ізоляція технічно неможлива через щільність забудови міста, обмеження сусідніх ділянок або специфічні архітектурні обмеження. Головна перевага внутрішньої ізоляції полягає в її здатності підвищувати тепловий комфорт без зміни зовнішнього вигляду будівлі. Однак її ефективність сильно залежить від правильного вибору матеріалів, методу монтажу та

включення пароізоляційних шарів для запобігання конденсації між цегляною кладкою та ізоляційною панеллю.

У практичному будівництві мінераловатні плити є найпоширенішим ізоляційним елементом завдяки своїй вогнестійкості, паропроникності та стабільним тепловим характеристикам. Для внутрішнього застосування мінеральна вата товщиною 50–80 мм і щільністю 30–45 кг/м³ зазвичай використовується для несучих перегородок, стель і внутрішніх стін. Для підлог можуть знадобитися плити з більш високою щільністю (до 90–120 кг/м³). Теплопровідність цих матеріалів знаходиться в діапазоні 0,035–0,040 Вт/(м·К), що забезпечує надійне зменшення теплопередачі через внутрішні стіни. При правильному застосуванні система повинна включати пароізоляційну мембрану, розміщену на теплій стороні ізоляції, щоб усунути міжпорову конденсацію, яка в іншому випадку прискорює біологічне забруднення і призводить до деградації структурних шарів під час замерзання-відтавання[6].

З точки зору будівництва, системи внутрішньої ізоляції є вигідними, оскільки їх можна встановлювати незалежно від зовнішніх погодних умов, що особливо актуально в кліматичних умовах з довгими зимами. Монтаж передбачає кріплення плит з мінеральної вати до основи за допомогою клейових розчинів у поєднанні з механічними анкерами, а потім нанесення пароізоляційного шару, захисної гіпсокартонної обшивки та остаточної обробки. Для цього процесу потрібне таке обладнання, як перфратори для встановлення анкерів, змішувачі клею та ріжучі інструменти для ізоляційних панелей. Це зменшує логістичну складність фасадних робіт у густонаселених міських районах.

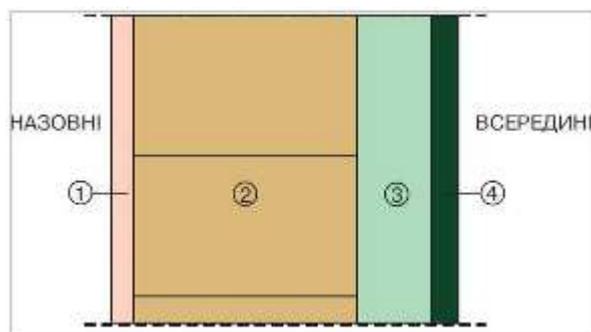


Рис. 3.3 Схема влаштування внутрішньої ізоляції (1.-зовнішній шар штукатурки, 2.-стіна, 3.-утеплювач, 4.-внутрішній шар штукатурки)

Вентильовані фасадні системи вважаються одним з найефективніших рішень для захисту зовнішніх стін у різних кліматичних зонах. Їх конструкція відносно проста. Система складається з несучої підконструкції, облицювальних панелей і ізоляційного шару. Між утеплювачем і зовнішньою облицюванням створюється суцільний вентильований повітряний простір. Його стандартна ширина становить 40–60 мм, що достатньо для забезпечення природного повітряного потоку. Цей повітряний потік стабілізує вологісний баланс стіни, видаляє конденсат і запобігає перегріванню фасаду влітку.

Довговічність вентильованих фасадів є однією з їх найважливіших переваг. При правильному проектуванні, з захищеними від корозії підконструкціями з оцинкованої сталі або алюмінієвих профілів, термін служби системи перевищує 40–50 років. На практиці самі облицювальні панелі, будь то композитний алюміній, фіброцемент, керамограніт або ламінати високого тиску, можуть зберігати свої механічні та естетичні властивості протягом десятиліть. Це дозволяє вважати фасад довгостроковим або майже постійним рішенням у порівнянні з системами на основі штукатурки, які вимагають періодичного обслуговування.

Хоча початкові інвестиції в вентильовані фасадні системи є вищими, зменшення потреби в обслуговуванні та подовження життєвого циклу оболонки будівлі дають очевидні економічні переваги. Економія енергії, досягнута завдяки поєднанню мінеральної вати товщиною 100–150 мм з щільністю 80–120 кг/м³, та

вентильованої порожнини, також зменшує експлуатаційні витрати. У багатоповерхових житлових будівлях такі системи значно зменшують потреби в опаленні та охолодженні, покращуючи клас енергоефективності будівлі.

Процес монтажу вентильованих фасадів є повністю механічним і базується на анкерах, кронштейнах та регульованих профілях. В результаті монтаж не залежить від температурних та вологісних умов і може здійснюватися в будь-яку пору року. Ця особливість є особливо важливою для великих житлових проєктів, де графік будівництва не може бути відкладений через погодні умови. Механічна система кріплення також дозволяє монтажникам компенсувати нерівності стін до 150 мм, забезпечуючи, що навіть стару або нерівну кладку можна покрити точною вертикальною поверхнею фасаду[1].

Для висотних будівель вентильовані фасади забезпечують додатковий рівень безпеки. Вентильована порожнина обмежує поширення вологи та покращує вогнестійкість стінової системи. На кожному поверсі встановлюються протипожежні бар'єри з негорючих смуг мінеральної вати, щоб запобігти вертикальному поширенню вогню. Ця деталь є обов'язковою частиною сучасного фасадного дизайну відповідно до європейських та українських стандартів.

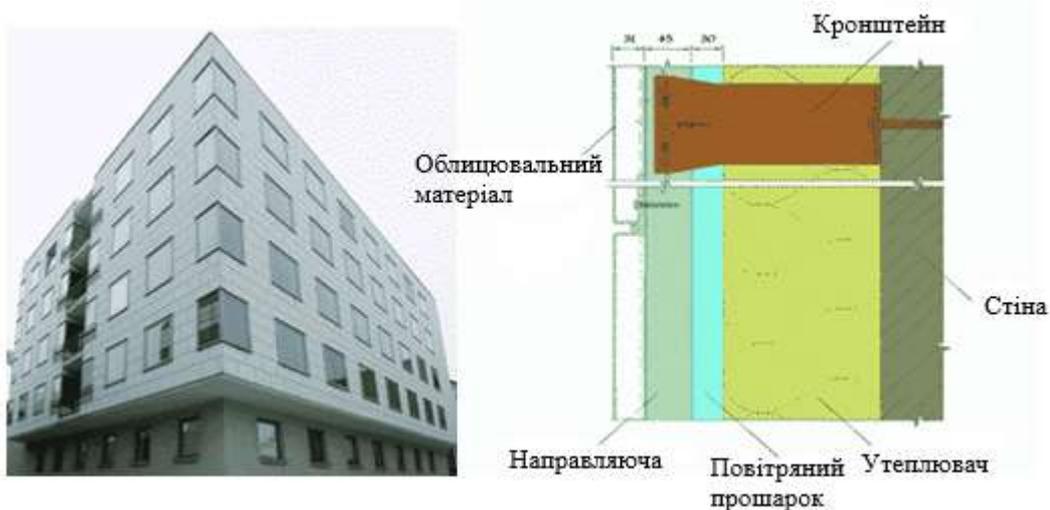


Рис. 3.4 Вентильований фасад

Наявність вологи всередині стіни будівлі призводить до її поступового руйнування. Повторні цикли замерзання та відтавання пошкоджують

конструкцію та знижують її тепловий опір. У звичайній бетонній стіні середній річний вміст вологи досягає близько 15%. При встановленні вентиляованих фасадних систем цей рівень знижується до 3–4%. В результаті теплові характеристики стіни поліпшуються в 1,5 рази. Цей ефект досягається завдяки тому, що атмосферна вода не може проникати в стіну. Дощова вода відводиться в дренажні канали фасаду, оминаючи як утеплювач, так і несучу конструкцію. Зовнішній утеплювальний шар захищає стіну від замерзання і відтавання.

Точка роси зміщується в утеплювальний шар. Водяна пара вільно виходить з внутрішньої стіни і проходить у вентиляований повітряний простір. Там вона видаляється безперервним потоком повітря. Вентилювана порожнина діє як температурний буфер. Вона зменшує тепловтрати взимку і запобігає перегріванню влітку. Вологість повітря в приміщенні залишається стабільною. Стіни залишаються сухими, не утворюється цвіль, а повітря в житлових приміщеннях не пересушується. Вентилювані фасади також підвищують акустичний комфорт. Ізоляція та фасадні панелі поглинають шум у широкому діапазоні частот, наприклад, звукоізоляція бетонної стіни може бути подвоєна за допомогою такої системи.

Полімерні фасадні панелі, що використовуються у вентиляованих фасадах, мають невелику вагу, зазвичай 8–10 кг/м². Ця особливість робить несучу підконструкцію легшою і менш дорогою. Зниження навантаження особливо важливе для реконструкції старих будівель, де несуча здатність стін обмежена. Панелі також практичні у використанні: їх поверхні самоочищаються і можуть бути очищені водою. Модульна конструкція дозволяє замінювати окремі панелі без демонтажу всього фасаду, що значно знижує витрати на ремонт.

Полімерні панелі надають широкі естетичні можливості. Вони можуть бути покриті довговічними акриловими фарбами будь-якого кольору з гарантією на покриття до 50 років. Панелі також можуть імітувати натуральний камінь, такий як граніт або мрамур, який часто технічно або економічно неможливо застосувати в його природній формі.

Такі фасадні системи універсальні в монтажі. Їх можна встановлювати на бетонні, цегляні, газобетонні, пісковикові, вапнякові, оштукатурені та неоштукатурені стіни, а також на дерев'яні балкові конструкції та каркасні будинки. Єдиним обмеженням є глиняні стіни, які не можуть забезпечити надійне механічне кріплення. Важливо, що монтаж вентилярованих фасадів не вимагає посилення існуючого фундаменту, навіть у старих будівлях[9].

Системи вентилярованих фасадів, призначені для житлових або громадських будівель в Україні, повинні суворо відповідати вимогам чинних національних будівельних норм та повного комплексу проектної документації, підготовленої для кожного конкретного об'єкта. Їх монтаж дозволений тільки на несучих стінах з достатньою міцністю на стиск. Наприклад, цегляна кладка повинна мати міцність на стиск не менше 7,5 МПа, а газобетонні блоки – не менше 3,5 МПа.

Основа та кріплення повинні безпечно витримувати розрахункове вітрове навантаження, яке в більшості регіонів України досягає 0,3–0,6 кН/м², з додатковою пульсаційною складовою до 40% від статичного тиску. Система також повинна враховувати додаткові навантаження, спричинені обмерзанням, які в північних і західних регіонах можуть досягати 50–80 кг/м². Всі металеві елементи повинні мати антикорозійний захист; алюмінієві профілі повинні бути анодовані з мінімальною товщиною оксидного шару 20 мкм, а сталеві елементи повинні бути гарячеоцинковані з товщиною покриття не менше 275 г/м².

Фасадна система повинна компенсувати лінійне теплове розширення як будівлі, так і підконструкцій. Для алюмінію коефіцієнт лінійного розширення становить 2,3 мм/м при зміні температури на 100 °С, що враховується при проектуванні стиків і з'єднань. Облицювальні панелі повинні залишатися стабільними при робочих температурах від –50 °С до +80 °С, бути стійкими до вологи та біологічних факторів (грибків, цвілі)[5].

Допуски на монтаж повинні допускати відхилення поверхонь стін від проектної площини до 30–40 мм. Теплоізоляційні плити повинні щільно

прилягати до стіни без зазорів. Зазвичай використовується мінеральна вата товщиною 100–150 мм і щільністю 90–120 кг/м³, яка кріпиться за допомогою дюбелів і клею, а вентилярована порожнина повинна бути не менше 40 мм для забезпечення безперервного потоку повітря.

Теплоізоляція повинна бути негорючою, а полімерні панелі повинні відповідати необхідному класу вогнестійкості, залежно від їхнього призначення. Рівень шуму, що утворюється під час експлуатації (наприклад, вібрація панелей під дією вітрового навантаження), не повинен перевищувати 30 дБА в приміщенні.

Під час реконструкції існуючих будівель можливість застосування вентиляваного фасаду визначається тільки після інженерно-геологічної розвідки та випробування несучих стін. Монтаж можуть виконувати тільки ліцензовані будівельні організації. Кожен етап процесу підлягає поетапному контролю якості з підготовкою актів прихованих робіт.

Забороняється монтувати додаткові елементи (балкони, сходи, зовнішні кондиціонери або супутникові антени) безпосередньо на облицювальні панелі, оскільки вони не призначені для таких навантажень. Системи водовідведення з даху повинні бути працездатними, щоб запобігти неконтрольованому стоку води на фасад. Чищення полімерних панелей повинно здійснюватися водою або м'якими миючими засобами, використання абразивних засобів, нафтопродуктів, спиртів, лугів, кислот або органічних розчинників суворо заборонено. Панелі з неремонтопридатними дефектами повинні бути замінені відповідно до інструкцій виробника[16].

Транспортування компонентів фасадної системи дозволяється будь-якими видами транспорту за умови дотримання правил перевезення вантажів. Продукція повинна транспортуватися в заводських транспортних упаковках з максимальною вагою не більше 5000 кг. Завантаження та розвантаження панелей у залізничні вагони або вантажні автомобілі повинно здійснюватися за допомогою двопетльових строп або траверси з гнучкими кронштейнами.

Під час зберігання фасадні панелі укладаються на піддони, розміщені на рівній основі, не вище трьох ярусів. Стеки повинні бути накриті брезентом або тимчасовим навісом для захисту від пилу та вологи. Прямий контакт з пальними, мастильними, розчинними та хімічно агресивними речовинами заборонений.

Гарантійний термін на компоненти фасадної системи залежить від специфікації виробника. Зазвичай на алюмінієві підконструкції надається гарантія 25–30 років, на мінеральну вату — не менше 30 років, а на панелі з полімерним покриттям — 40–50 років, залежно від типу обробки та захисного покриття.

3.2 Впровадження технології вентилязованих фасадів

Монтаж вентилязованих фасадних систем можна починати тільки після повного циклу підготовчих процедур. До них відносяться обстеження конструкції будівлі, випробування поверхні стін на несучу здатність анкерних болтів, підготовка детальної проектної та кошторисної документації, а також офіційне затвердження дозволу на виконання фасадних робіт. Послідовність монтажу повинна суворо відповідати технологічному порядку, передбаченому проектом, де кожна виконана операція проходить перевірку якості і документується в акті приймання прихованих робіт. Перед початком монтажу необхідно ретельно дослідити журнал робіт. У цьому документі вказується кількість залучених робітників, робочі зони з посиланням на будівельні секції та фасади, а також взаємодія з іншими бригадами, що працюють на об'єкті, для запобігання нещасним випадкам під час паралельних робіт[1].

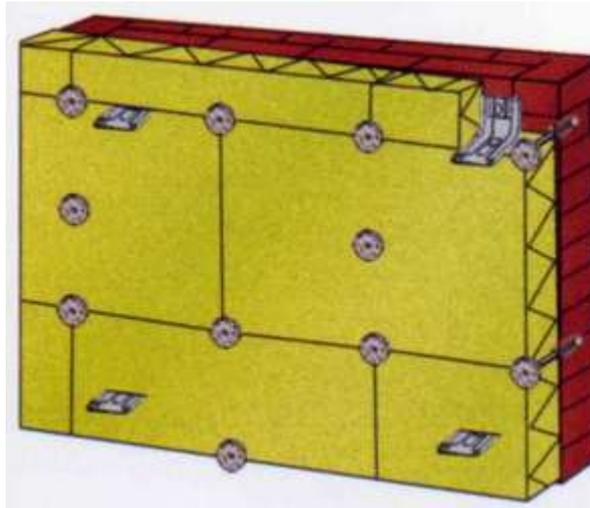


Рис. 3.5 Монтаж ізоляції

Монтаж вертикальних профілів підконструкцій здійснюється на попередньо встановлених горизонтальних напрямних. Кріплення виконується за допомогою оцинкованих саморізів для металу, розміщених симетрично по обидва боки кожного вертикального профілю для забезпечення структурної стабільності. Відстань між анкерами та гвинтами регулюється проектними розрахунками, з типовим кроком 600–800 мм залежно від зони вітрового навантаження та ваги облицювального матеріалу.

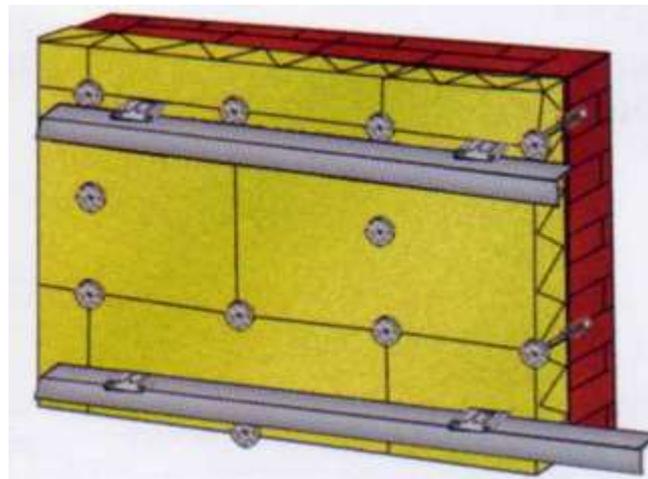


Рис. 3.6 Монтаж профілів

При монтажі фасадних панелей довжиною понад 1500 мм в горизонтальному напрямку необхідно підтримувати безперервні вертикальні вентиляційні канали за облицюванням. Підконструкція повинна бути влаштована таким чином, щоб ніякі елементи не перешкождали проходженню повітряного

поток в вентиляованій порожнині, ширина якої не повинна бути менше 40 мм. Особлива увага приділяється відстаням від краю панелі до точок кріплення. Для вертикального кріплення відстань не повинна перевищувати 70 мм, а для горизонтального кріплення вона зменшується до 50 мм, щоб уникнути локальних напружень і розтріскування облицювання під дією вітрового тиску[17].

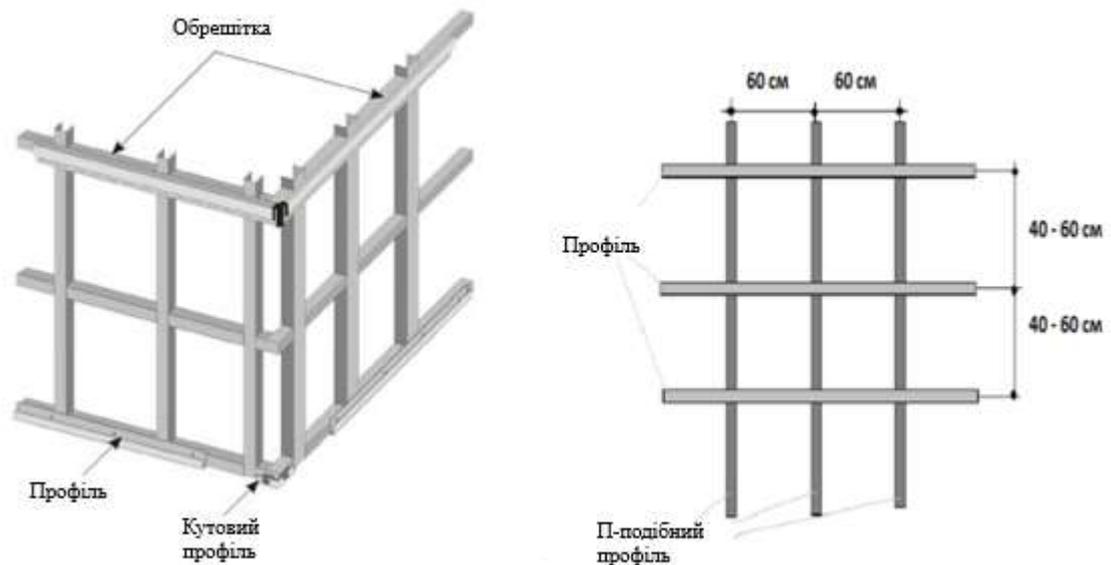


Рис. 3.7 Схема влаштування каркасу

Ключовою перевагою сучасних вентиляованих фасадних систем є низька витрата сталі, що досягається за рахунок використання легких алюмінієвих і оцинкованих профілів. Система також має можливість компенсувати нерівності несучої стіни за допомогою регульованих кронштейнів. Гнучкість підконструкції дозволяє встановлювати панелі у вертикальному положенні вздовж вигнутих або радіусних фасадів, що є особливо актуальним рішенням для багатоповерхових житлових комплексів зі складною архітектурною геометрією.

На практиці монтаж здійснюється за допомогою електричних свердлильних і анкерних інструментів, лазерних нівелірів для точного вирівнювання та підйомного обладнання, такого як баштові крани, підйомники або мачтові підйомні робочі платформи, залежно від висоти будівлі. Це забезпечує не тільки дотримання точності проектування, але й безпеку та ефективність під час монтажу.

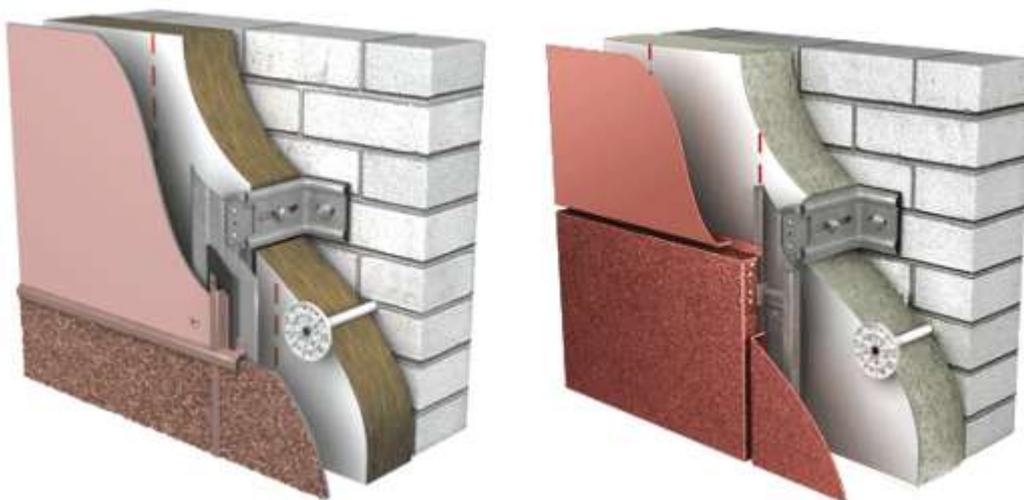


Рис. 3.8 Схема монтажу вентилязованих фасадів

Економічна ефективність вентилязованих фасадних систем значною мірою визначається їхньою модульною конструкцією та зменшеним споживанням матеріалів. Система підрамників і кронштейнів розроблена таким чином, щоб мінімізувати використання металевих компонентів, при цьому типове споживання матеріалів для несучої конструкції становить $2,5\text{--}3,5\text{ кг/м}^2$, а також забезпечує надійне кріплення облицювальних панелей висотою до 3 метрів. Такий підхід дозволяє зменшити загальні витрати на будівництво без шкоди для довговічності та безпеки. Поєднання легких полімерних панелей, зазвичай $8\text{--}10\text{ кг/м}^2$, та мінеральної вати щільністю $35\text{--}50\text{ кг/м}^3$ забезпечує низьке статичне навантаження на стіни, що є особливо вигідним під час ремонту старих будівель з обмеженою несучою здатністю[8].

Економія енергії досягається завдяки точному контролю теплопередачі. У вентилязованих фасадах ізоляційний шар захищений від прямого впливу атмосферної вологи, а вентилязована порожнина шириною 50 мм, забезпечує безперервне висихання водяної пари, що виходить зі стіни. В результаті тепловий опір стіни підтримується на проектному рівні, а енергоспоживання на опалення та охолодження зменшується на $20\text{--}30\%$, залежно від кліматичних умов та товщини ізоляції. Система також забезпечує буфер проти швидких змін

температури, що зменшує ймовірність пошкодження облицювання та конструктивних елементів під впливом термічних навантажень.

Для кращого розуміння ефективності даної системи пропонується виконати техніко-економічне порівняння на конкретному прикладі. Під час капітального ремонту дев'ятиповерхового житлового будинку з несучими цегляними стінами товщиною 640 мм і висотою фасаду 28 метрів пропонується система вентильованого фасаду з мінеральною ватою. Система включає металевий каркас з оцинкованих сталевих профілів, закріплений до стін за допомогою регульованих кронштейнів, розташованих з кроком 600 мм по вертикалі і 800 мм по горизонталі. Між каркасом встановлені панелі з мінеральної вати товщиною 100 мм і щільністю 40 кг/м³, що забезпечують тепловий опір $R \approx 2,5 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$. Зовнішнє облицювання складається з полімерних панелей вагою 9 кг/м². Вентильована порожнина між ізоляцією та облицюванням має розмір 50 мм, що забезпечує вільну циркуляцію повітря та постійне висихання будь-якої вологи, що потрапляє в порожнину.

У порівнянні з традиційними системами зовнішньої штукатурки, де цементно-піщаний клейовий шар і 10-міліметрове декоративне покриття наносяться безпосередньо на стіну, вентильований фасад має ряд переваг. Теплові розрахунки показують, що традиційна система з 120 мм мінеральної вати досягає теплового опору стіни $R \approx 2,0 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, тоді як вентильована система з 100 мм ізоляції та вентильованою порожниною досягає $R \approx 2,5 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$. Крім того, вентильований фасад зменшує ризик накопичення вологи в цегляній стіні з середнього річного вмісту вологи 15% до 3–4%, зберігаючи міцність конструкції та оригінальну цегляну кладку[20].

З економічної точки зору, початкова вартість вентильованої фасадної системи приблизно на 15–20% вища, ніж традиційної штукатурної системи, через вартість підрамника та облицювальних матеріалів. Однак експлуатаційні переваги, включаючи зниження енергоспоживання на опалення та охолодження на 20–30%, менші витрати на технічне обслуговування та збільшення терміну

служби полімерних облицювальних панелей до 50 років, забезпечують окупність протягом 7–10 років, залежно від місцевих тарифів на енергію. Вентильована система також забезпечує покращену звукоізоляцію, зменшуючи міський шум до 10 дБ, і дозволяє легше замінювати окремі облицювальні панелі, не порушуючи ізоляційний шар[10].

Процес монтажу вентильованого фасаду можливий в більш широкому діапазоні кліматичних умов, від $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+35\text{ }^{\circ}\text{C}$. Більше того, зменшене власне навантаження підрамника та облицювання, приблизно $18\text{--}20\text{ кг/м}^2$ загалом, не створює додаткового навантаження на існуючі цегляні стіни або фундамент, що робить систему придатною для ремонту старих багатоповерхових будівель. У підсумку, для дев'ятиповерхового житлового будинку з товстими цегляними стінами вентильована фасадна система забезпечує кращі теплові характеристики, захист від вологи, акустичний комфорт та довгострокові економічні переваги порівняно з традиційними зовнішніми штукатурними системами утеплення.

Для ділянки зовнішньої поверхні стіни площею 100 м^2 вартість монтажу алюмінієвих композитних панелей становить приблизно 2000 грн/м^2 , а вартість мінеральної вати – 1050 грн/м^2 . Додаткові витрати на алюмінієву підконструкцію, кріплення та монтажні роботи оцінюються в 500 грн/м^2 . Таким чином, загальна вартість 100 м^2 поверхні стіни становить 355 000 грн. Для порівняння, традиційна система зовнішньої теплоізоляції з використанням пінополістиролу та декоративної штукатурки має ринкову вартість 800 грн за м^2 , що дає загальну вартість 80 000 грн для тієї ж площі[21].

Що стосується енергоефективності, система вентильованого фасаду зменшує річні втрати тепла на 28% . При середніх витратах на опалення 100 000 грн на рік, щорічна економія енергії завдяки вентильованій фасадній системі становить 28 000 грн, порівняно з $16\text{--}18\%$ економії при використанні традиційної ізоляції, що відповідає $16\text{ 000--}18\text{ 000}$ грн на 100 м^2 . Це дає очікуваний термін окупності приблизно $12,5$ років для вентильованої фасадної системи, проти $22\text{--}25$ років для традиційних систем.

Окрім економії енергії, вентилярована фасадна система покращує комфорт у приміщенні завдяки підвищеній звукоізоляції, зменшує витрати на обслуговування завдяки міцним алюмінієвим композитним панелям і дозволяє модульно замінювати елементи фасаду без масштабного демонтажу. Ці фактори в сукупності підвищують довгострокову економічну ефективність системи, роблячи її кращим вибором для ремонту багатоповерхових житлових будинків.

Висновок

У дослідженні наводиться детальна оцінка рішень з теплоізоляції багатоповерхових житлових будинків, з особливою увагою до вентиляованих фасадних систем та внутрішньої ізоляції з мінеральної вати. Аналіз показує, що вентиляовані фасади забезпечують кращі показники енергоефективності, контролю вологості, звукоізоляції та довговічності. Ці системи дозволяють підтримувати стабільну температуру в приміщеннях, запобігають утворенню конденсату та цвілі, а також значно зменшують втрати тепла, особливо у висотних цегляних будівлях з товстими стінами. Поєднання зовнішнього вентиляованого шару, ізоляції з мінеральної вати та механічно закріплених фасадних панелей забезпечує надійну конструкцію та компенсує нерівності стін, а також тепловий розширення та деформацію.

Внутрішня ізоляція залишається прийнятним рішенням для ситуацій, коли зміна фасаду обмежена, наприклад, у будівлях, що є пам'ятками архітектури, або для вибіркової ізоляції підвалів та окремих приміщень. Правильний вибір плит з мінеральної вати з визначеною щільністю та товщиною оптимізує тепловий комфорт, мінімізуючи ризик накопичення вологи. Хоча внутрішня ізоляція зменшує корисну площу приміщення та забезпечує дещо нижчу теплову ефективність порівняно із зовнішніми системами, вона дозволяє швидко реалізувати проект та економічно ефективно поліпшити комфорт у приміщенні.

Дослідження також підкреслює критичну важливість дотримання технічних стандартів і належних процедур монтажу. Це включає забезпечення достатньої міцності стін, захисту від корозії, дотримання вимог пожежної

безпеки та точного розміщення ізоляції і кріплень. Економічний аналіз дев'ятиповерхового житлового будинку показав, що вентилявані фасадні системи, незважаючи на більш високі початкові інвестиції, забезпечують істотну довгострокову економію енергії, зниження експлуатаційних витрат і підвищену довговічність, перевершуючи традиційні методи ізоляції як за ефективністю, так і за довговічністю.

В цілому, дослідження підтверджує, що вентилявані фасадні системи в поєднанні з відповідними ізоляційними матеріалами є найбільш ефективним та економічно виправданим підходом до поліпшення теплових характеристик багатоповерхових житлових будинків. Ці рішення покращують комфорт у приміщенні, подовжують термін служби конструктивних елементів, знижують потреби в технічному обслуговуванні та забезпечують гнучкість в архітектурному дизайні, що робить їх надійним вибором для сучасних будівельних та реконструкційних проектів.

РОЗДІЛ 4
ОПИС АРХІТЕКТУРНО-ПЛАНУВАЛЬНОГО РІШЕННЯ БУДІВЛІ
4.1. Ситуаційний план

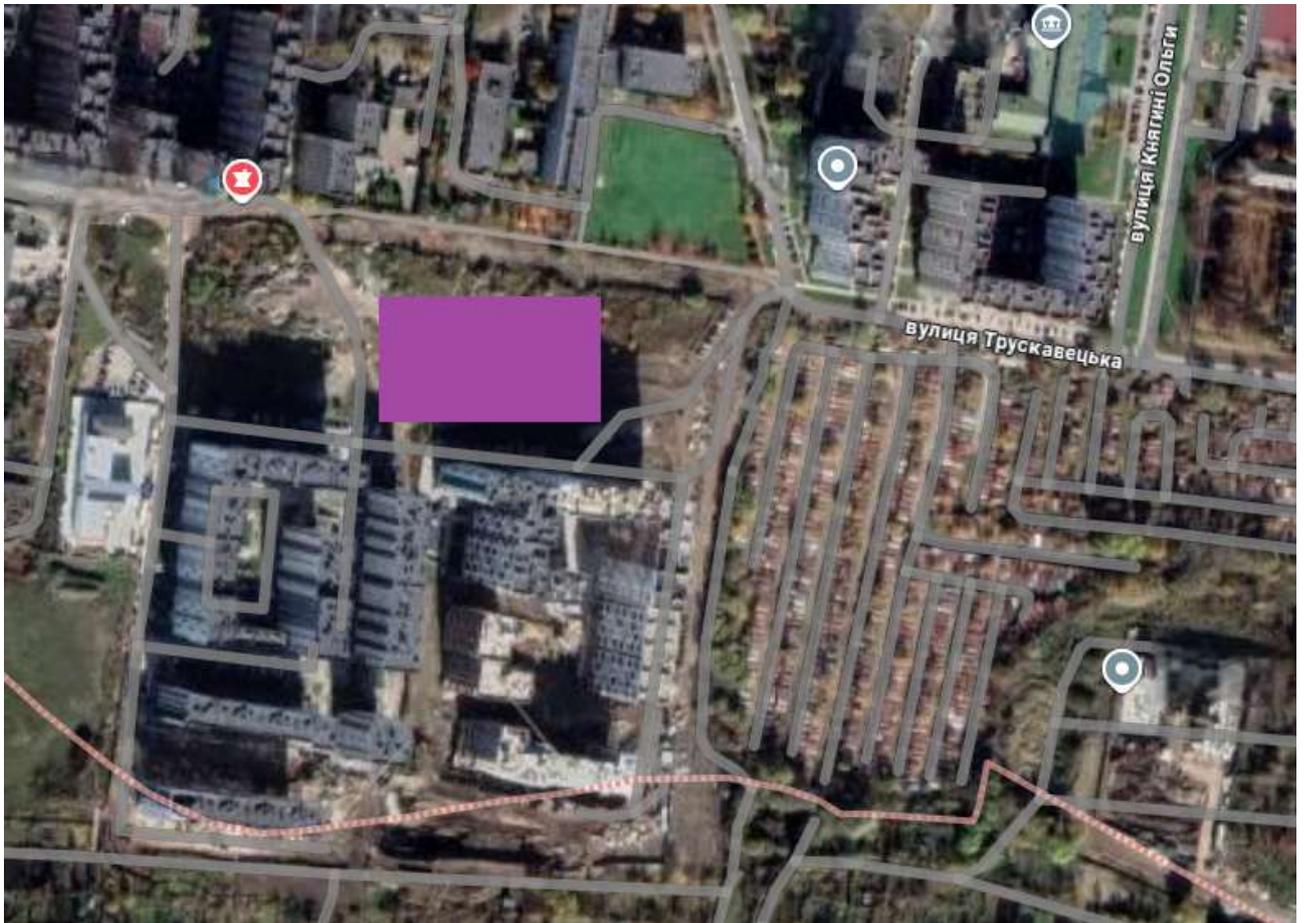


Рис. 4.1 Ситуаційний план

Дев'ятиповерховий житловий будинок розташовано в місті Львів на вулиці Трускавецькій.

4.2 Об'ємно-планувальне рішення

Дев'ятиповерховий житловий будинок має загальну висоту 28,2 м, при цьому кожен з дев'яти житлових поверхів має висоту 2,5 м, а підвальний поверх — 2,0 м. Розміри будівлі в конструктивній сітці становлять 40 800 мм вздовж осей 1–17 і 12 600 мм вздовж осей А–Д, утворюючи видовжений прямокутник із загальною площею близько 514 м²[2]. Конструктивна схема є безкаркасною. Несучі цегляні стіни товщиною 640 мм виконують основну конструктивну роль.

Збірні пустотні залізобетонні плити товщиною 220 мм простягаються між стінами, утворюючи конструкції перекриттів[13].

Будівля розділена на два під'їзди, кожний з яких має незалежне вертикальне циркуляційне ядро. Кожен вхід містить один пасажирський ліфт з вантажопідйомністю 630 кг і номінальним розміром кабіни $1,1 \times 2,1$ м, достатнім для восьми осіб, а також сходову клітку, спроектовану з шириною прольоту 1,05 м і висотою сходинок 150 мм, що відповідає ергономічним стандартам і стандартам пожежної безпеки. Сходи побудовані у вигляді залізобетонних прольотів з проміжними майданчиками шириною 1,5 м[7].

4.3 Архітектурно-конструктивне рішення

Фундамент

Фундамент будівлі палевий, він складається із залізобетонних палів діаметром 300 мм і довжиною до 12,0 м, на яких побудовано монолітний залізобетонний ростверк та стіни підвалу товщиною 800 мм. Палі армовані поздовжніми арматурними стержнями діаметром 18–20 мм і поперечними хомутами діаметром 8–10 мм з кроком 150–200 мм. Бетонне покриття над арматурою становить не менше 40 мм. Як палі, так і монолітні конструкції виготовляються з бетону марки С30/37, обраного за його міцність і морозостійкість[3]. Монолітні залізобетонні конструкції товщиною 800 мм містить верхній і нижній арматурні пояси з прутків $\varnothing 18$ –22 мм і поперечні стяжки $\varnothing 10$ мм з інтервалом 200 мм[14].

Під час капітального ремонту зовнішні поверхні підземних конструкцій проходять повний цикл захисних робіт. Викопування виконується за допомогою компактних гідравлічних екскаваторів та ручних інструментів, після чого видаляються старі шари та очищається бетон до міцного стану. Підготовка поверхні включає піскоструминну обробку або миття під високим тиском для поліпшення адгезії. Гідроізоляція наноситься у вигляді гарячого бітумного покриття у два шари загальною товщиною 3–4 мм. Нанесення здійснюється при робочій температурі 160–180 °С за допомогою нагрівальних котлів та

інструментів для рівномірного розподілу, при цьому поверхня попередньо ґрунтується бітумною ґрунтовкою для поліпшення адгезії.

Поверх гідроізоляції монтується теплоізоляційні плити з мінеральної вати товщиною 100 мм, щільністю 135–150 кг/м³ та коефіцієнтом теплопровідності $\lambda \leq 0,036$ Вт/(м·К). Плити кріпляться суцільним шаром полімерно-цементного клею і додатково закріплюються фасадними дюбелями з металевим сердечником з кроком 250–350 мм залежно від вітрових навантажень. Для захисту утеплювача від механічних пошкоджень під час засипки застосовується дренажна захисна мембрана товщиною 6–8 мм і фільтруючий шар геотекстилю[19].

Після утеплення засипка виконується поетапно з ущільненням шару. Піщано-гравійна суміш фракцією 5–40 мм укладається шарами товщиною 200–300 мм і ущільнюється за допомогою вібраційних трамбовщиків для досягнення щільності не менше 95%. По периметру будівлі для відведення поверхневих вод влаштовується бетонне вимощення шириною не менше 1,0 м з ухилом 3–5%. Конструкція має товщину 100–150 мм, виготовлена з бетону марки С20/25 і відокремлена від фундаментного поясу деформаційною смугою. Дренажна система оновлюється шляхом укладання перфорованих ПВХ-труб діаметром 110–160 мм в траншеї, заповнені гравієм фракції 20–40 мм, обгорнутими геотекстилем.

Зовнішні, внутрішні стіни та перегородки

Несучі стіни будівлі побудовані з суцільної цегляної кладки товщиною 640 мм. Внутрішні перегородки виконані в двох товщинах: 120 мм для міжкімнатних перегородок і 250 мм для міжквартирних перегородок. Тепловий опір зовнішньої кладки в її первісному стані є недостатнім для задоволення сучасних вимог до теплових характеристик.

В рамках капітального ремонту впроваджено систему вентиляваної фасадної ізоляції для підвищення теплової ефективності, довговічності та захисту від атмосферних впливів. Система базується на підконструкціях, сформованих з оцинкованих сталевих профілів, виготовлених зі сталі з масою

цинкового покриття не менше 275 г/м², що забезпечує корозійну стійкість протягом 25–30 років експлуатації. Ці профілі кріпляться до цегляної стіни за допомогою регульованих L-подібних сталевих кронштейнів, зафіксованих розширювальними анкерами діаметром Ø10–12 мм і глибиною закладення 100–120 мм. Кронштейни розташовані з вертикальним інтервалом 600 мм і горизонтальним інтервалом 800 мм, створюючи жорстку і геометрично стабільну несучу сітку для монтажу облицювання. Кожен кронштейн розрахований на навантаження не менше 0,8–1,0 кН, з коефіцієнтом безпеки системи 2,5[20].

Між профілями встановлюються теплоізоляційні панелі з мінеральної вати. Це плити товщиною 100 мм, щільністю 40 кг/м³, коефіцієнтом теплопровідності $\lambda \leq 0,039$ Вт/(м·К) та паропроникністю $\mu \approx 1$. При суцільному монтажі в два зміщених шари ізоляція досягає загального теплового опору $R \approx 2,5$ м²·К/Вт, знижуючи коефіцієнт теплопередачі стінового блоку до $U \approx 0,35–0,36$ Вт/(м²·К). Панелі кріпляться механічно за допомогою фасадних дюбелів із оцинкованої сталі (валець Ø8 мм, пластина Ø60 мм) з розрахунку не менше 6 шт./м², що забезпечує опір вітровому тиску понад 0,6 кПа.

Зовні вентилярована порожнина утворюється за рахунок відстані між ізоляцією та облицюванням у 50 мм. Ця порожнина є суцільною по всій висоті фасаду і включає перфоровані вентиляційні профілі в основі і увінчанні фасаду, забезпечуючи швидкість повітряного потоку 0,1–0,15 м³/с. Такий повітряний потік забезпечує безперервне видалення вологи і запобігає конденсації в ізоляції, тим самим продовжуючи теплові характеристики протягом терміну експлуатації[9].

Облицювання складається з легких полімерних фасадних панелей з питомою вагою 9 кг/м², які кріпляться до оцинкованої сталеві підконструкції за допомогою саморізів з нержавіючої сталі з неопреновими шайбами. Панелі виготовляються з полімерних композитів, стійких до УФ-випромінювання, з лінійним коефіцієнтом теплового розширення 2,0–2,5 мм/м на 100 °С, що враховується при монтажі за допомогою компенсаційних швів 6–8 мм.

Перекриття та покрівля

Будівля зведена з використанням залізобетонних плит. Кожна плита має товщину 220 мм, ширину від 1,2 до 1,5 м і прольоти 3,0–6,0 м залежно від конструктивної сітки. Порожнисті серцевини зменшують власну вагу плити приблизно до 350–400 кг/м², зберігаючи при цьому достатню несучу здатність для житлового використання. Ці плити також забезпечують достатню звукоізоляцію ($R_w \approx 48\text{--}50$ дБ) і вогнестійкість.

Покрівельна система спроектована як традиційний плоский дах з мінімальним ухилом 1,5–2% для забезпечення відведення поверхневої води. Первісне покриття складалося з декількох шарів руберойду, нанесеного на бітумну мастичну основу. Внаслідок тривалого впливу ультрафіолетового випромінювання, циклічного заморожування та відтавання, а також механічного зносу верхні шари руберойдового покриття втратили цілісність, на них з'явилися пухири, тріщини та локальні протікання[18].

Під час капітального ремонту буде оновлено всю конструкцію даху. Спочатку всі існуючі шари покрівлі будуть повністю демонтовані до верхньої поверхні плит. Оголена поверхня плит буде механічно очищена від пилу, сміття та залишків старого бітуму, що забезпечить належну адгезію нових матеріалів. Після цієї підготовки буде встановлено нову систему гідроізоляції та утеплення.

Теплоізоляція забезпечується жорсткими плитами з мінеральної вати товщиною 150 мм. Ці плити встановлюються безпосередньо на підготовлену поверхню плити з перекриттям швів для усунення теплових мостів і механічно фіксуються за допомогою дахових дюбелів із розрахунку 6–8 шт./м². Поверх утеплювача наноситься вирівнювальна стяжка з дрібнозернистого цементно-піщаного розчину товщиною 40–50 мм, що забезпечує проектний ухил не менше 2% у бік водостічних воронок.

Гідроізоляційна система складається з двох армованих бітумно-полімерних мембран. Базовим шаром є армований скловолокном бітумний лист товщиною 3,5 мм, наплавлений на поверхню стяжки. Верхнім шаром є армована

поліестером бітумна мембрана товщиною 4,5 мм з грубою мінеральною гранульованою обробкою, що забезпечує захист від УФ-випромінювання та механічного зносу. Загальна товщина гідроізоляції досягає 8,0 мм, що забезпечує стійкість до тиску води до 0,2 МПа і довговічність не менше 20 років[15].

На краях даху, навколо вентиляційних шахт, парапетів та інших проходів гідроізоляційні мембрани піднімаються і механічно фіксуються оцинкованими смугами, після чого герметизуються бітумною мастикою. Дренаж організовано за допомогою внутрішніх воронок, підключених до вертикальних труб всередині будівлі, розрахованих на інтенсивність опадів до 80 л/с·га.

Зовнішнє та внутрішнє опорядження

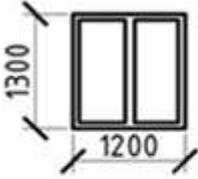
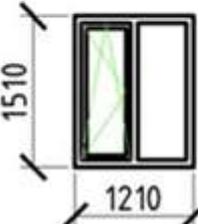
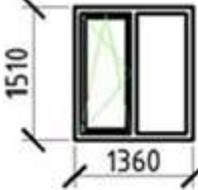
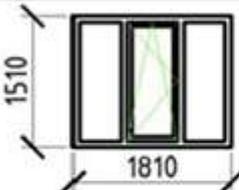
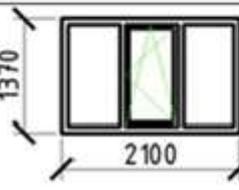
Під час капітального ремонту дев'ятиповерхового житлового будинку значну увагу було приділено відновленню та оновленню як внутрішнього, так і зовнішнього оздоблення, забезпечуючи відповідність сучасним вимогам щодо комфорту, гігієни та довговічності. Зовнішня частина будівлі пройшла теплову модернізацію шляхом встановлення вентиляційної фасадної системи з мінеральною ватою та полімерним облицюванням, що стало основою для підвищення енергоефективності.

Внутрішні оздоблювальні роботи розпочалися з повного очищення сходових клітин, коридорів та технічних приміщень від старих шарів фарби, залишків штукатурки та пошкоджених декоративних елементів. Стіни та стелі сходових клітин були вирівняні цементно-піщаною штукатуркою товщиною 15–20 мм, а потім пофарбовані водорозчинною фарбою на акриловій основі, що забезпечує паропроникність та стійкість до багаторазового миття. Вибір світлих відтінків збільшив природну яскравість та поліпшив візуальний комфорт[11].

Сходи та майданчики були відреставровані шляхом заміни зношених бетонних країв та нанесення цементно-полімерної ремонтної суміші з міцністю на стиск до 40 МПа. На відремонтовані поверхні було встановлено зносостійке гранітне покриття товщиною 10 мм з класом ковзання R10. Сходові перила, виготовлені зі сталі, були механічно очищені від корозії і покриті антикорозійною

грунтовкою, а потім двома шарами алкідної емалі темних тонів. Було замінено вікна в під'їзді[4].

Таблиця 4.1 Експлікація вікон

Марка по проекту	Позначення, ескіз	Найменування елемента	Площа, м ²	Кількість, шт.	Примітка
1	2	3	4	5	6
ВК-1		Металопластикове вікно фірми REHAU з подвійним склопакетом	1,56	12	
ВК-2		Металопластикове вікно фірми REHAU з подвійним склопакетом	1,83	40	
ВК-3		Металопластикове вікно фірми REHAU з подвійним склопакетом	2,05	80	
ВК-4		Металопластикове вікно фірми REHAU з подвійним склопакетом	2,73	40	
ВК-5		Металопластикове вікно фірми REHAU з подвійним склопакетом	2,877	20	

Підлоги в коридорах і загальних приміщеннях були оброблені керамогранітною плиткою розміром 600×600 мм і товщиною 9 мм. У технічних та службових приміщеннях було відремонтовано цементно-піщані стяжки, нанесено самовирівнювальні суміші, а потім покрито поліуретановою фарбою, стійкою до механічних впливів та хімічних речовин[12].

Вхідні двері було замінено на металеві захисні двері товщиною 70 мм, заповнені мінеральною ватою для тепло- та звукоізоляції, оснащені багатоточковими замками та посиленими петлями. Віконні блоки в сходових клітках і допоміжних приміщеннях були повністю замінені на ПВХ-профілі з потрійним склінням і коефіцієнтом теплопередачі $U_w \approx 1,1 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

Стелі в сходових клітках і підвальних коридорах були додатково оброблені протигрибковими ґрунтовками для запобігання розвитку цвілі. У підвальних приміщеннях, після гідроізоляції та утеплення зовнішніх стін, внутрішні стіни були оброблені вапняно-цементною штукатуркою товщиною 20 мм, пофарбованою силікатними сумішами, стійкими до високої вологості. Системи освітлення в загальних приміщеннях були модернізовані шляхом заміни застарілих ламп на світлодіодні світильники потужністю 12-18 Вт, оснащені датчиками руху для зменшення споживання електроенергії[11].

Зовні, крім системи вентиляваного фасаду, додаткові роботи включали фарбування всіх видимих бетонних елементів балконів акриловими фасадними фарбами. Балконні перила були очищені, поґрунтовані та пофарбовані захисними емалями на алкідній основі. Парапети та дренажні елементи були замінені на оцинковану сталь, покриту полімерним шаром для забезпечення довготривалої корозійної стійкості.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Беляєв С. В., Глечик А. О. Енергоефективність огорожувальних конструкцій із навісними вентиляльованими фасадами. // Науковий вісник будівництва, 2019.
2. Благоустрій територій (зі Змінами): ДБН Б.2.2-5:2011 [Чинний від 2012-09-01]. – К: Мінрегіонбуд України, 2019. – 44 с. (Національні стандарти України).
3. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення: ДБН В.2.6-98:2009 [Чинний від 2011-01-01]. – К: Мінрегіонбуд України, 2011. – 45 с. (Національні стандарти України).
4. Вікна та двері: ДСТУ EN 14351-1:2020.
5. Довідково-інформаційний збірник ресурсів та одиничних розцінок на будівельно-монтажні роботи, Суми, СНАУ – 2011 р.
6. Дудар І. Н., Риндюк С. В. Особливості проектування навісних вентиляльованих фасадів будівель. // Енергоефективність в будівництві та архітектурі, 2013. – КНУБА.
7. Житлові будинки. Основні положення: ДБН В.2.2-15:2019 [Чинний від 2019-12-01]. – К: Мінрегіонбуд України, 2019. – 54 с. (Національні стандарти України).
8. Заяць Є. О., Богданов І. О. Сучасні фасадні системи в енергоефективному будівництві. // Містобудування та територіальне планування, 2021. – КНУБА.
9. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією: ДБН В.2.6-33:2018.
10. Кошторисні норми України «Настанова з визначення вартості будівництва»: [Чинний від 2021-11-09]. – К: Мінрегіонбуд України, 2021. – 44–46 с. (Національні стандарти України).
11. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Оздоблювальні роботи.

12. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Підлоги.

13. Навантаження і впливи. Норми проектування: ДБН В.1.2-2:2016 [Чинний від 2017-10-01]. – К: Мінрегіонбуд України, 2016. – 13-16 с. (Національні стандарти України).

14. Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення: ДБН В.2.1-10:2018.

15. Охорона праці і промислова безпека в будівництві ДБН А.3.2-2-2009: [Чинний від 2012-04-01]. – К: Мінрегіонбуд України, 2012. – 53–54 с. (Національні стандарти України).

16. Організація будівельного виробництва: ДБН А.3.1-5:2016 [Чинний від 2016-01-01]. – К: Мінрегіонбуд України, 2016. – 44–46 с. (Національні стандарти України).

17. Організація будівельного виробництва (посібник для розробки курсових та дипломних проектів). Суми, СНАУ, 2011, 125 с.

18. Покриття будівель і споруд: ДБН В.2.6-220:2017.

19. Склад та зміст проектної документації на будівництво: ДБН А.2.2-3-2014 [Чинний від 2014-10-01]. – К: Мінрегіонбуд України, 2014. – 10 с. (Національні стандарти України).

20. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6-31:2016 [Чинний від 2016-10-01]. – К: Мінрегіонбуд України, 2017. – 15 с. (Національні стандарти України).

21. Нормування праці та кошториси в будівництві. Суми -«Мрія – 1 », 2010 , 452 с.