

**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: «Засоби та прийоми реконструкції багатоповерхового житлового  
будинку у м. Львів»

Виконав (ла)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

А. В. Сторожев  
\_\_\_\_\_  
(Прізвище, ініціали)

Група

Буд 2301-1м  
\_\_\_\_\_

(Науковий)  
керівник

\_\_\_\_\_  
(підпис)

В. П. Сопов  
\_\_\_\_\_  
(Прізвище, ініціали)

Суми – 2025 р.

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**

**Сторожев Андрій Васильович**

**Тема роботи:** Засоби та прийоми реконструкції багатоповерхового житлового будинку у м. Львів

Затверджено наказом по університету №\_\_\_\_\_ від "\_\_\_" \_\_\_ 2025р.  
Строк здачі студентом закінченої роботи: "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 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, 2.1. Огляд методів відновлення колон, Розділ 3. Гібридний метод посилення колон, 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 :**

(підпис)

В. П. Сопов

(Прізвище, ініціали)

**Консультант**

(підпис)

В. П. Сопов

(Прізвище, ініціали)

**Завдання прийняв до виконання:**

**Здобувач**

(підпис)

А. В. Сторожев

(Прізвище, ініціали)

## Анотація

Сторожев Андрій Васильович «Засоби та прийоми реконструкції багатоповерхового житлового будинку у 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.

Залізобетонні колони є ключовими елементами будівель, що забезпечують їхню несучу здатність та стійкість до зовнішніх впливів. У процесі експлуатації вони піддаються навантаженням, впливу агресивного середовища та поступовому зносу, що вимагає ефективних методів зміцнення та ремонту. Традиційні способи підсилення, такі як збільшення перерізу або зовнішнє армування, є матеріаломісткими та трудомісткими, що обмежує їхню застосовність у масштабних проєктах відновлення.

Гібридні методи підсилення забезпечують оптимальний баланс між міцністю та економічною ефективністю. Вони підвищують несучу здатність колон, покращують їхню пластичність і жорсткість, зменшуючи при цьому збільшення власної ваги. Дослідження показують, що такі методи можуть підвищити граничну міцність колон, що робить їх перспективним рішенням для реконструкції старіючої інфраструктури.

Комплексна оцінка цих технологій передбачає експериментальні дослідження, чисельне моделювання та аналіз поведінки колон під дією навантажень. Отримані результати сприятимуть розробці оптимізованих стратегій зміцнення, що підвищать довговічність та надійність будівельних

конструкцій.

Ключові слова: колони, капітальний ремонт, залізобетон.

Список публікацій та/або виступів на конференціях студента:

1. Сопов В. П., Сторожев А., ОСОБЛИВОСТІ ПРОВЕДЕННЯ РЕМОНТУ ТА ПОСИЛЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОЛОН // Матеріали XVIII Міжнародної науково-практичної конференції , 29 листопада 2024 р., ХНАДУ, Харків, С.74

В додатках наведено тези конференції, альбом слайдів мультимедійної презентації.

Структура роботи.

Робота складається з основного тексту на 49 сторінках, у тому числі 7 таблиць, 7 рисунків. Текст роботи містить загальну характеристику роботи, 4 розділи, висновки і рекомендації за результатами роботи, список з 20 використаних джерел. Графічна частина складається з 15 слайдів мультимедійної презентації.

## **Abstracts**

Storozhev Andriy Vasylevich “Means and methods of reconstruction of a multi-storey residential building in Lviv” – Master's qualification work in the form of a manuscript.

Master's qualification work in specialty 192 “Construction and civil engineering”. – Sumy National Agrarian University, Sumy, 2025.

The work consists of the content, general characteristics of the work and its qualification features, a review of research on the selected topic, sections of the main part, conclusions based on the results of the MCR (in Ukrainian and English).

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

Reinforced concrete columns are key elements of buildings that ensure their bearing capacity and resistance to external influences. During operation, they are subjected to loads, the influence of an aggressive environment and gradual wear, which requires effective methods of strengthening and repair. Traditional strengthening methods, such as increasing the cross-section or external reinforcement, are material-intensive and labor-intensive, which limits their applicability in large-scale rehabilitation projects.

Hybrid strengthening methods provide an optimal balance between strength and cost-effectiveness. They increase the load-bearing capacity of columns, improve their ductility and stiffness, while reducing the increase in their own weight. Studies show that such methods can increase the ultimate strength of columns, which makes them a promising solution for the reconstruction of aging infrastructure.

A comprehensive assessment of these technologies involves experimental studies, numerical modeling and analysis of the behavior of columns under load. The results obtained will contribute to the development of optimized strengthening strategies that will increase the durability and reliability of building structures.

Keywords: columns, capital repairs, reinforced concrete.

List of publications and/or presentations at student conferences:

1. Sopov V. P., Storozhev A., FEATURES OF REPAIR AND STRENGTHENING OF REINFORCED CONCRETE COLUMNS // Materials of the XVIII International Scientific and Practical Conference, November 29, 2024, KhNADU, Kharkiv, P.74

The appendices contain the conference abstracts, an album of multimedia presentation slides.

Structure of the work.

The work consists of the main text on 49 pages, including 7 tables, 7 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, a list of 20 sources used. The graphic part consists of 15 multimedia presentation slides.

## **ЗМІСТ**

<b>Розділ 1. Загальна характеристика роботи.....</b>	<b>9</b>
<b>Розділ 2. Бібліографічний огляд досліджень.....</b>	<b>12</b>
<b>2.1. Огляд методів відновлення колон.....</b>	<b>12</b>
<b>Розділ 3. Гібридний метод посилення колон.....</b>	<b>29</b>
<b>Розділ 4. Опис архітектурно-планувального рішення будівлі.....</b>	<b>38</b>
<b>4.1. Ситуаційний план.....</b>	<b>38</b>
<b>4.2. Об'ємно-планувальне рішення.....</b>	<b>38</b>
<b>4.3. Архітектурно-конструктивне рішення.....</b>	<b>43</b>
<b>Список використаних джерел.....</b>	<b>48</b>

## **РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ**

**Актуальність теми:** Залізобетонні колони відіграють фундаментальну роль у забезпеченні структурної цілісності та довговічності будівель, безпосередньо впливаючи на їхню несучу здатність і стійкість до зовнішніх сил. Оскільки глобальна інфраструктура погіршується через старіння, вплив навколишнього середовища та збільшення проектних навантажень, попит на ефективні методи зміцнення та відновлення посилюється. Традиційні методи ремонту, такі як розширення секцій та зовнішнє підсилення, часто пов'язані з великими витратами матеріалів, значними трудовитратами та тривалим часом будівництва, що робить їх менш ефективними для широкомасштабного впровадження.

Гібридні методи підсилення, які поєднують такі сучасні матеріали, як армовані волокнами полімери, високоміцний бетон та високоміцні сталеві оболонки, забезпечують оптимальний баланс між посиленням конструкції та економічною доцільністю. Ці методи підвищують осьову несучу здатність, міцність на вигин, пластичність і опір зсуву, зберігаючи при цьому оригінальну геометрію колони, зменшуючи збільшення власної ваги і мінімізуючи відходи, пов'язані зі знесенням.

Комплексна оцінка гібридних систем зміцнення за різних умов навантаження, впливу навколишнього середовища та довгострокових факторів продуктивності є важливою для оптимізації їх застосування. Сучасне чисельне моделювання та повномасштабні експериментальні випробування полегшують розробку прогнозних схем проектування, що дозволяє інженерам впроваджувати більш довговічні, економічно ефективні та сталі стратегії реабілітації старіючої інфраструктури.

**Мета і завдання дослідження:** Це дослідження має на меті провести комплексну оцінку різних методів зміцнення та ремонту залізобетонних колон, приділяючи особливу увагу гібридним методам, які інтегрують різні матеріали для покращення експлуатаційних характеристик конструкції. Завдання дослідження полягають у наступному:

Оцінка ефективності: Проаналізувати ефективність різних методів зміцнення для підвищення несучої здатності, довговічності та загальних структурних характеристик залізобетонних колон.

Аналіз гібридного методу: Дослідити вплив гібридного зміцнення на осьову та згинальну міцність, пластичність, опір зсуву та жорсткість, особливо в колонах, що піддаються прогресуючому зносу.

Оцінка двонаправленого навантаження: Вивчення ефективності цих методів в реалістичних умовах двонаправленого навантаження, імітуючи сейсмічні та бічні сили, що зустрічаються в реальних конструкціях.

Порівняльний аналіз: Визначити переваги, обмеження та механізми руйнування кожного з підходів до підсилення на основі експериментальних даних, скінченно-елементного моделювання та огляду існуючих досліджень.

Рекомендації щодо подальших досліджень: Запропонувати напрямки подальшого розвитку методів зміцнення з акцентом на оптимізацію матеріалів, економічну ефективність і довготривалу стійкість конструкцій.

**Об'єкт дослідження:** Багатоповерховий житловий будинок в місті Львів.

**Предмет дослідження:** Особливості ремонту та зміцнення залізобетонних колон.

**Методи дослідження:** У цьому дослідженні застосовано багатогранний дослідницький підхід, що поєднує експериментальні випробування, теоретичний аналіз і порівняльну оцінку для оцінки ефективності різних методів підсилення залізобетонних колон. Повномасштабні експериментальні випробування проводяться на колонах, підсилені різними методами зміцнення, в тому числі гібридними методами, під односпрямованим і двоспрямованим навантаженням для імітації реальних вимог до конструкції. Оцінка фокусується на ключових показниках, таких як осьова міцність і міцність на згин, пластичність, здатність до зсуву і жорсткість, забезпечуючи всебічне розуміння поведінки конструкції.

Для подальшої перевірки експериментальних результатів розробляються вдосконалені чисельні моделі з використанням методу скінченних елементів, що дозволяє моделювати поведінку колони за різних умов армування, властивостей матеріалу та сценаріїв навантаження. Ці моделі слугують для уточнення прогнозних рамок, оптимізації стратегій зміцнення та підвищення застосовності гібридних методів армування при відновленні конструкцій.

**Наукова та технічна новизна одержаних результатів:** Це дослідження поглиблює наукове розуміння гібридних методів армування залізобетонних колон, зокрема, у підвищенні структурної стійкості та несучої здатності. На відміну від традиційних методів армування, це дослідження надає комплексну оцінку гібридних підходів, які інтегрують різні матеріали та стратегії армування для оптимізації експлуатаційних характеристик. Дослідження заповнює критичну прогалину в існуючій літературі, оцінюючи поведінку підсиленних колон при двонаправленому навантаженні, що відповідає реальним структурним вимогам, включаючи сейсмічні та бічні сили.

Крім того, аналізуючи поведінку модифікованих колон в рамках проектування за переміщеннями, це дослідження дає цінну інформацію про деформаційну здатність, дисипацію енергії та механізми руйнування. Отримані результати пропонують практичні рекомендації для розробки більш стійких та ефективних рішень для підсилення, покращуючи як теоретичну базу, так і реальну реалізацію гібридних методів підсилення в сучасному будівництві.

**Апробація та публікація результатів роботи:** 1. Сопов В. П., Сторожев А., ОСОБЛИВОСТІ ПРОВЕДЕННЯ РЕМОНТУ ТА ПОСИЛЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОЛОН // Матеріали XVIII Міжнародної науково-практичної конференції , 29 листопада 2024 р., ХНАДУ, Харків, С.74.

## **РОЗДІЛ 2. БІБЛОГРАФІЧНИЙ ОГЛЯД ДОСЛІДЖЕНЬ**

### **2.1. Огляд методів відновлення колон**

Залізобетонні колони є важливими конструктивними елементами, які широко використовуються в будівництві будівель та інфраструктури. Ці колони несуть осьові навантаження і забезпечують вертикальну підтримку конструкції. Однак з часом різні фактори, такі як механічні навантаження, вплив навколишнього середовища, корозія арматури та хімічні реакції в бетоні, можуть призвести до погіршення стану колон. Такі пошкодження знижують несучу здатність колони та ставлять під загрозу безпеку споруди. Тому ремонт і реконструкція залізобетонних колон мають вирішальне значення для відновлення їх міцності і функціональності, а також продовження терміну служби[1].

Основною причиною пошкодження залізобетонних колон є корозія сталеві арматури. Корозія виникає, коли волога та хлорид-іони проникають у бетон, що призводить до утворення іржі на сталевих прутах. Цей процес спричиняє розширення арматури, що призводить до розтріскування та відшарування бетонного покриття. По мірі того, як сталь псується, зв'язок між арматурою і бетоном слабшає, що може ще більше порушити стабільність колони. Розтріскування також може виникнути через надмірні навантаження, теплове розширення або усадку бетону, що може призвести до утворення видимих поверхневих тріщин, які потребують уваги. У більш важких випадках може статися відшарування бетону, коли шматки бетонного покриття відриваються, оголюючи арматуру, що лежить під ним. Такий стан ще більше прискорює процес деградації, оскільки оголена сталь схильна до подальшої корозії.

Хімічні атаки також сприяють погіршенню стану залізобетонних колон. Вплив агресивних чинників навколишнього середовища, таких як сульфати, кислоти або інші хімічні речовини, може призвести до руйнування і ослаблення бетонної матриці. Ці хімічні речовини можуть взаємодіяти з мінералами в бетоні і викликати реакції, які призводять до утворення

продуктів, що розширюються, ще більше пошкоджуючи бетон і арматуру. Така хімічна деградація може значно знизити несучу здатність і довговічність колони.

Ремонт залізобетонних колон починається з підготовки поверхні, яка включає в себе очищення і видалення будь-якого пухкого або пошкодженого бетону. При незначних пошкодженнях, таких як невеликі тріщини або відшарування поверхні, наноситься ремонтний матеріал для відновлення стану поверхні. Це може включати використання цементних сумішей або матеріалів на основі полімерів, призначених для міцного зчеплення з існуючим бетоном. Однак, коли пошкодження є більш масштабними і включають значну корозію або структурне ослаблення, необхідні більш складні методи ремонту.

У випадках, коли корозія ушкодила арматуру, уражені прутки необхідно замінити або доповнити новою арматурою. Цей процес вимагає ретельного видалення зіпсованої сталі та введення додаткової арматури для відновлення несучої здатності колони. При більш значних пошкодженнях часто застосовують бетонну оболонку. Цей метод передбачає покриття пошкодженої колони новим шаром армованого бетону, що забезпечує підвищену міцність і відновлює здатність колони витримувати навантаження. Новий шар бетону повинен бути належним чином з'єднаний з існуючою колоною для забезпечення структурної цілісності. У деяких випадках використання зовнішнього армування також є життєздатним варіантом. Це може включати застосування армованих волокнами полімерів або сталевих пластин на зовнішній стороні колони для підвищення її міцності та жорсткості. Ці матеріали забезпечують додаткову підтримку, не вимагаючи значного руйнування оригінальної колони.

У випадках серйозних пошкоджень, коли структурна цілісність колони порушена без можливості ремонту, може знадобитися повна заміна. Цей процес передбачає повне видалення пошкодженої колони і спорудження нової, яка відповідає сучасним вимогам до несучої здатності. Нова колона

проектується і посилюється відповідно до оновлених специфікацій, щоб забезпечити її належну роботу в загальній структурі.

Посилення колон шляхом створення додаткових залізобетонних каркасів є поширеним методом, який використовується для підвищення несучої здатності та стабільності існуючих залізобетонних колон. Цей підхід особливо ефективний, коли оригінальна колона зазнала пошкоджень через такі фактори, як корозія арматури, розтріскування або загальне погіршення стану з плином часу. Метод передбачає будівництво нового залізобетонного каркасу навколо існуючої колони, який працює разом з оригінальною конструкцією, покращуючи її загальні характеристики[20].

Процес посилення колон шляхом додавання додаткових залізобетонних каркасів складається з послідовності кроків, які забезпечують належну інтеграцію нового каркасу з існуючою колоною, одночасно відповідаючи структурним вимогам. Першим кроком у цьому процесі є оцінка поточного стану колони, включаючи оцінку будь-яких пошкоджень, корозії або слабких місць в існуючому бетоні та арматурі. Ця оцінка має вирішальне значення для визначення того, чи може колона продовжувати витримувати необхідні навантаження, а також для прийняття рішення про найбільш підходящий метод зміцнення.

Після оцінки існуючої колони наступним кроком є проектування нової залізобетонної рами. Каркас будується шляхом оточення оригінальної колони додатковими шарами бетону та арматури. Ці шари ретельно розробляються для підвищення несучої здатності колони і компенсації будь-яких недоліків оригінальної конструкції. Новий бетонний каркас армується сталевими прутами або сіткою, які вбудовуються в бетон, щоб забезпечити додаткову міцність на розрив і гарантувати ефективну роботу каркасу під навантаженням.

Щоб забезпечити міцне з'єднання між новою рамою та існуючою колоною, важливо, щоб поверхня оригінальної колони була належним чином підготовлена перед нанесенням нового бетону. Це може включати очищення

поверхні від сміття, іржі або зіпсованого бетону, а також шліфування поверхні для забезпечення кращого зчеплення між старими і новими матеріалами. У деяких випадках для поліпшення адгезії між двома матеріалами можуть використовуватися хімічні сполучні речовини, які гарантують, що нова рама надійно з'єднається з оригінальною колоною.

Після завершення підготовки поверхні навколо колони встановлюється опалубка для нового бетонного каркасу. Опалубка ретельно спроектована, щоб зберегти форму рами і забезпечити правильне заливання і затвердіння бетону. Сталева арматура, яка попередньо згинається і розташовується в опалубці, розміщується так, щоб забезпечити належний розподіл зусиль по всьому каркасу. Після того, як арматура встановлена, в опалубку заливається бетон, заповнюючи простір навколо початкової колони. Потім бетон залишають для застигання, щоб він набув необхідної міцності для забезпечення належної опори.

Новий залізобетонний каркас виконує кілька ключових функцій. По-перше, він збільшує загальну площу поперечного перерізу колони, що дозволяє їй витримувати більше навантаження. Це особливо корисно, коли колона повинна витримувати додаткову вагу через зміни в конструкції будівлі або підвищені вимоги до навантаження. Каркас також забезпечує додаткову фіксацію оригінального бетону, допомагаючи поліпшити його структурну цілісність і запобігти подальшому руйнуванню. Крім того, новий каркас може допомогти вирішити такі проблеми, як корозія оригінальної арматури, оскільки додаткові сталеві пруті в каркасі розподіляють навантаження і більш ефективно розподіляють напруження[20].

У деяких випадках можуть бути вжиті додаткові заходи для подальшого підвищення ефективності залізобетонної рами. Наприклад, рама може бути спроектована з певними особливостями, такими як діагональна арматура або додаткові сталеві пластини для підвищення її бічної стійкості, особливо в місцях, де сейсмічні сили або інші бічні навантаження викликають занепокоєння. Ці додаткові елементи допомагають підвищити

загальну стійкість колони до вигину або скручування, гарантуючи, що вона залишається стабільною за будь-яких умов навантаження.

Посилення колон шляхом створення додаткових залізобетонних каркасів має кілька переваг. Воно дозволяє відновити початкову несучу здатність колони, підвищує її довговічність і допомагає забезпечити загальну безпеку і стабільність конструкції. Цей метод також є універсальним, оскільки його можна адаптувати до широкого діапазону розмірів колон і умов експлуатації. Крім того, використання залізобетонних каркасів не вимагає повної заміни існуючої колони, що робить його економічно вигідним і ефективним рішенням для посилення колон.



**Рис. 2.1. Використання залізобетонних каркасів**

Фібробетон це тип бетону, до складу якого входять волокнисті матеріали для покращення його механічних властивостей. Ці волокна розподіляються по всій бетонній матриці для покращення її структурних характеристик, зокрема, міцності на розрив, стійкості до розтріскування та

довговічності. Використання фібробетону стає все більш популярним у зміцненні залізобетонних колон завдяки його здатності підвищувати загальну міцність і стійкість матеріалу без істотної зміни розмірів колони.

Фібра, що використовується у фібробетоні, може бути виготовлена з різних матеріалів, таких як сталь, скло, синтетичні полімери або натуральні волокна. Найпоширенішим типом волокон є сталеві волокна, які часто використовуються для посилення структурної цілісності бетону в тих випадках, коли потрібна висока міцність. Сталеві волокна мають співвідношення довжини до діаметру від 30:1 до 100:1, і вони доступні в різних формах, таких як гачковані, прямі або гофровані, кожна з яких впливає на поведінку бетону під навантаженням.

У контексті армування бетонних колон фібробетон має кілька переваг над звичайним бетоном. Він покращує пластичність бетону, зменшуючи ймовірність крихкого руйнування і допомагаючи колоні поглинати більше енергії під навантаженням. Це особливо важливо в сейсмонебезпечних регіонах, де здатність колони деформуватися без руйнування має вирішальне значення для загальної стабільності конструкції.

Додавання волокон збільшує міцність на розрив бетону, який в іншому випадку є слабким на розтяг. Наприклад, армований фібробетон може досягти міцності на розрив в діапазоні 4-7 МПа, в порівнянні зі звичайним бетоном, який зазвичай має міцність на розрив близько 2-3 МПа.

Фібробетон допомагає контролювати поширення тріщин, особливо на ранніх стадіях твердіння, коли бетон найбільш схильний до усадочних тріщин. Фібра може перекривати тріщини і запобігати їх поширенню, значно підвищуючи довговічність колони. Присутність волокон у бетоні підвищує його стійкість до ударів і втоми. Це може бути особливо корисно для колон, що піддаються динамічним навантаженням або високочастотним вібраціям.

Чисельно додавання фібри може підвищити міцність бетону на стиск приблизно на 10-30%, залежно від типу, вмісту та дисперсності фібри. Зміст фібри у фібробетоні становить від 0,5% до 2% за об'ємом, хоча для

конкретних застосувань може використовуватися більша кількість фібри. Сталефібробетон може досягати міцності на стиск до 80-100 МПа, в той час як звичайний бетон коливається в межах 25-40 МПа. На ефективність фібробетону в підвищенні міцності колон можуть впливати такі фактори, як довжина волокон, їх співвідношення сторін і спосіб змішування.

При підсиленні залізобетонних колон фібробетон часто використовується в поєднанні з іншими методами, такими як бетонна оболонка або зовнішнє армування. Фібробетон можна наносити в якості додаткового шару навколо існуючої колони, працюючи разом з оригінальним матеріалом, щоб забезпечити поліпшену стійкість до розтягуючих і зсувних зусиль. Наприклад, в деяких випадках можна додати фібробетонну оболонку товщиною 50-100 мм, залежно від конструктивних вимог і ступеня пошкодження колони.

Використання фібробетону особливо вигідне в ситуаціях, коли застосування традиційного армування (наприклад, сталевих прутків або сітки) ускладнене або неможливе. Наприклад, у колонах з обмеженим доступом або складною геометрією фібробетон можна легше застосовувати без необхідності складного розміщення арматури. Крім того, самоущільнююча природа фібробетону дозволяє йому легше вливатися в опалубку, забезпечуючи рівномірний розподіл волокон і мінімізуючи порожнечі або повітряні кишені в матеріалі.

Здатність фібробетону підвищувати довговічність залізобетонних колон є ще однією ключовою перевагою. Він зменшує ймовірність проникнення води і пов'язаний з цим ризик корозії арматури, що може призвести до подальшого погіршення стану колони. Це особливо важливо в середовищах, що піддаються впливу солей антиобledenіння, морських умов або інших агресивних хімічних речовин[20].

Використання сталевих оболонок для підсилення залізобетонних колон є ефективним методом покращення структурних характеристик колон, які зазнали пошкоджень або потребують підвищення несучої здатності. Цей

метод передбачає кріплення сталевих секцій навколо зовнішньої частини бетонної колони. Проміжок між бетоном і сталевією оболонкою заповнюється розчином, що забезпечує додаткову фіксацію і підвищує загальну міцність колони. Зовнішня сталева оболонка слугує додатковим структурним елементом, який допомагає більш рівномірно розподіляти навантаження, підвищуючи стійкість колони до вигину, зсуву та осьових зусиль.

Однією з ключових переваг використання сталевією оболонки є значне підвищення міцності і стійкості колони. Сталева оболонка забезпечує підвищену фіксацію, запобігаючи відшаруванню бетону і знижуючи ризик руйнування при високих навантаженнях. Це особливо корисно для колон, що піддаються сильним навантаженням, наприклад, у сейсмонезбезпечних районах або для конструкцій, що витримують великі динамічні навантаження. Обмежуючи бетон, сталева оболонка також підвищує пластичність колони, дозволяючи їй деформуватися без руйнування. Зовнішня сталева оболонка може бути приварена до колони зварюванням або болтами, або, в деяких випадках, приклеєна на місці за допомогою спеціальних клеїв, в залежності від конструктивних вимог і типу колони, що підсилюється.

Однак цей метод зміцнення пов'язаний з певними проблемами. Одним з основних недоліків є висока вартість і трудомісткість процесу монтажу. Прикріплення сталевією оболонки вимагає точної роботи, а матеріали, що використовуються, включаючи сталеві пластини і розчин, можуть бути дорогими. Крім того, сталь схильна до корозії, тому антикорозійна обробка, така як оцинкування або покриття, має важливе значення для запобігання деградації з часом. Без належного антикорозійного захисту сталева оболонка може втратити свою ефективність і зменшити довгострокову довговічність колони.

Встановлення сталевією оболонки навколо залізобетонної колони також змінює розміри її поперечного перерізу, що може вплинути на загальну жорсткість колони. Збільшення жорсткості може призвести до зміни

поведінки колони під навантаженням, що потенційно може вплинути на загальні конструктивні характеристики будівлі. Тому необхідно ретельно проаналізувати вплив цього методу на всю конструкцію, особливо з точки зору розподілу навантаження і взаємодії з іншими елементами.

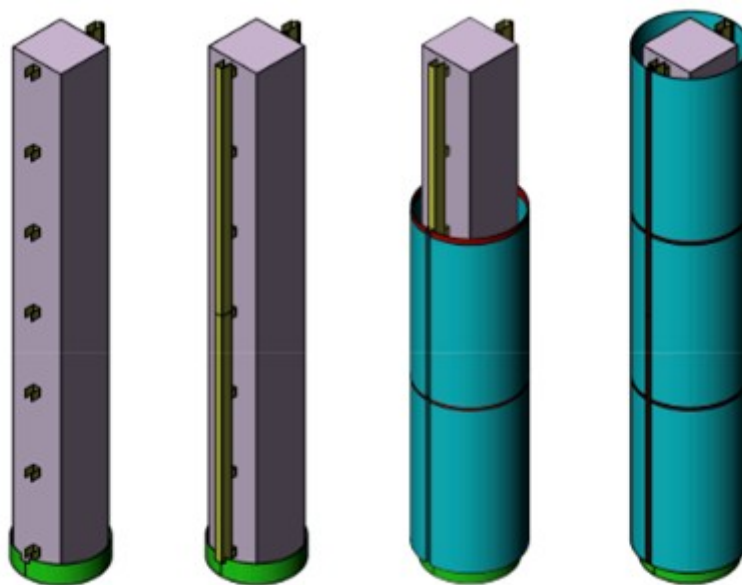
На практиці колони, армовані сталевими оболонками, демонструють покращену циклічну поведінку, що означає, що вони краще витримують багаторазові навантаження і розвантаження. Сталеві пластини, встановлені вздовж згинальних поверхонь колони, ефективно затримують руйнування бетону, особливо в місцях пластичних шарнірів, які схильні до розтріскування під дією згинальних навантажень.

Що стосується конкретних форм колон, то було виявлено, що армовані сталеві трубчасті колони перевершують звичайні прямокутні колони в декількох областях. Ці колони демонструють покращену пластичність на зсув, більшу міцність на вигин, покращену дисипацію енергії та кращу поведінку гістерезису під час динамічного навантаження. Зокрема, круглі колони демонструють мінімальне руйнування при зсуві, а їх поперечна міцність зростає зі збільшенням осьових навантажень, хоча це відбувається за рахунок зниження пластичності.

Нещодавні розробки представили розрізні сталеві оболонки як економічно ефективну альтернативу суцільним сталевим оболонкам. Розрізні оболонки забезпечують майже такі ж експлуатаційні переваги, як і суцільні сталеві оболонки, але їх легше і дешевше встановлювати. Ця інновація забезпечує значну економію як матеріалів, так і витрат на робочу силу, зберігаючи при цьому підвищення міцності, пов'язане з традиційним армуванням сталеві оболонки. Крім того, використання зовнішнього обмежувального тиску через натягнуті кабелі або бічні обмежувачі ще більше покращує експлуатаційні характеристики колони, особливо в умовах високих навантажень.

Ще одним досягненням в армуванні сталевих оболонок є розробка легких, попередньо напружених сталевих оболонок. Ці оболонки

використовують попередньо напружені нитки для обгортання тонких сталевих пластин навколо колони, забезпечуючи додаткову фіксацію без значного збільшення розмірів або жорсткості колони. Цей метод особливо вигідний для швидкого зміцнення сильно пошкоджених колон, оскільки він мінімізує зміни геометрії і гарантує, що колона збереже свою початкову структурну поведінку.



**Рис. 2.2. Облицювання колон збірними сталевими листами**

Армоване полімерне покриття - це широко застосовуваний метод зміцнення та модернізації залізобетонних колон, який має низку переваг над традиційними методами зміцнення, такими як сталева оболонка або бетонна оболонка. Цей метод передбачає обгортання колон сітчастим матеріалом, виготовленим з армованих волокнами полімерів, таких як армований вуглецевим волокном полімер, який відомий своїм високим співвідношенням міцності до ваги і корозійною стійкістю. Армована полімерна оболонка прикріплюється до бетонної колони за допомогою епоксидної смоли, створюючи зовнішній шар, який підвищує несучу здатність колони та її загальні експлуатаційні характеристики.

Однією з основних переваг армованої полімерної оболонки є простота монтажу. Процес є відносно швидким, вимагає менших трудовитрат і призводить до мінімального порушення зовнішнього вигляду або структури

будівлі. Легкість армованого полімеру зменшує додаткову вагу колони, що робить його ідеальним вибором для застосувань, де мінімізація додаткового навантаження є критично важливою. Крім того, полімерні обгортки, армовані волокнами, мають високу стійкість до факторів навколишнього середовища, таких як корозія, що робить їх більш довговічними, ніж традиційна сталева арматура.

З точки зору експлуатаційних характеристик, армовані полімерні оболонки, особливо армовані вуглецевим волокном, значно покращують міцність на вигин, пластичність і здатність розсіювати енергію залізобетонних колон. Це особливо важливо для колон, що піддаються динамічним або сейсмічним навантаженням, де підвищена пластичність необхідна для уникнення крихкого руйнування. Експериментальні дослідження показали, що полімерні обгортки, армовані вуглецевим волокном, підвищують міцність на зсув колон, особливо тих, що мають недостатнє бічне армування, забезпечуючи ефект утримання, який підвищує опір бетону до зусиль зсуву та згинання. Цей ефект подібний до традиційного поперечного армування, яке допомагає контролювати розтріскування бетону і затримує руйнування.

Стимування, що забезпечується полімерними оболонками, армованими вуглецевим волокном, також покращує деформативність колони, дозволяючи їй зазнати більшої деформації до руйнування. Це досягається за рахунок стабілізації зони стиснення і запобігання поздовжньому вигину арматури. Зі збільшенням кількості шарів полімеру, армованого вуглецевим волокном, зростає жорсткість і деформаційна здатність колони. Це також затримує руйнування, особливо в області пластичних шарнірів, і допомагає підтримувати стабільність колони в умовах високих навантажень. Хоча армована волокнами полімерна оболонка значно підвищує пластичність колони і опір зсуву, її вплив на збільшення поперечної міцності і жорсткості колони є відносно скромним.

Геометрія колони відіграє значну роль в ефективності армованої полімерної оболонки. Доведено, що круглі та овальні полімерні оболонки, армовані вуглецевим волокном, працюють краще, ніж квадратні або прямокутні конфігурації, оскільки вони забезпечують кращу стійкість до прослизання і розтріскування в нахлесточних з'єднаннях. Це важливо, оскільки прослизання може зменшити пластичність колони і призвести до деградації з'єднання. На противагу цьому, круглі та овальні форми мінімізують ці проблеми і покращують загальну стабільність та міцність.

Незважаючи на значні переваги, використання армованих полімерів для армування колон має певні обмеження. Однією з ключових проблем є відносно висока вартість матеріалу, що може зробити процес модернізації більш дорогим у порівнянні з традиційними методами. Крім того, ефективність армованого полімерного покриття може бути знижена в колонах, що піддаються впливу підвищених температур або високої вологості, оскільки ці умови можуть спричинити передчасне розшарування полімерного матеріалу.



**Рис. 2.3. Ремонт колон вуглецевим волокном**

Вплив довжини колони на характеристики мінімальний, при цьому втрата міцності не перевищує 1.25%. Однак застосування декількох шарів склопластику (до двох шарів) значно підвищує зносостійкість армованої колони, при цьому поліпшення становить від 4% до 6%, залежно від кількості нанесених шарів. Ця шарувата система армування забезпечує більшу довговічність і гарантує кращі експлуатаційні характеристики в умовах довготривалого навантаження.

Полімери, армовані вуглецевим волокном, широко застосовуються для ремонту пошкоджених залізобетонних колон, уражених корозією, розтріскуванням і відшаруванням, ефективно відновлюючи міцність і несучу здатність колон. У кількох тематичних дослідженнях відремонтовані колони продемонстрували вищу міцність порівняно з їхніми початковими, непошкодженими аналогами. Це покращення особливо помітне в колонах з серйозними пошкодженнями, де армування з вуглепластику забезпечило більшу міцність, ніж міг витримати оригінальний бетон.

Якщо порівнювати ефективність використання склопластику і традиційного розчину при ремонті корозійних колон, то розчин сприяє, в першу чергу, підвищенню міцності на стиск, тоді як армування з склопластику підвищує міцність і пластичність колони. Крім того, у поєднанні з додатковим армуванням бічну міцність колон можна підвищити до 20%, тоді як використання лише склопластику дає 7% покращення. Поєднання склопластику і розчину створює синергетичний ефект, який покращує загальні характеристики колони в умовах навантаження[20].

Нещодавнє дослідження, присвячене різноспрямованому ремонту з використанням як обгортки з вуглепластику, так і будівельного розчину, показало значне покращення пластичності колони. Однак міцність колони не була повністю відновлена через пошкодження невідремонтованої арматури. Зокрема, модифікація поперечного перерізу колони з квадратної на круглу конфігурацію в менш пошкоджених ділянках дозволила змістити розташування пластикового шарніра, що допомогло відновити здатність

колони до пластичної деформації. Ця модифікація покращує загальні характеристики колони за рахунок перерозподілу напружень і підвищення її здатності протистояти руйнуванню під час сейсмічних або інших екстремальних навантажень.



**Рис. 2.4. Використання вуглепластикової оболонки та бетону**

Використання оболонки з вуглецевого волокна та армованого фібробетону для ремонту колон було широко вивчено і показало, що це значно покращує експлуатаційні характеристики залізобетонних колон. Полімери, армовані вуглецевими волокнами, особливо ефективні при модернізації колон завдяки їх високому співвідношенню міцності до ваги та корозійній стійкості. Полімерна оболонка, армована вуглецевим волокном, покращує несучу здатність колон, підвищуючи їхню міцність на зсув, міцність на вигин і здатність розсіювати енергію. Крім того, ця оболонка допомагає запобігти деградації зв'язку між арматурними стержнями і бетоном, підвищуючи загальну довговічність конструкції.

Полімерна арматура, армована вуглецевим волокном, особливо корисна для коротких прямокутних колон, де вона збільшує міцність на зсув і розсіювання енергії, одночасно мінімізуючи деформацію зв'язку по висоті колони. Це має вирішальне значення для колон, що піддаються динамічному навантаженню, де розсіювання енергії і зменшення деформації є важливими для запобігання руйнуванню. Однак у колонах, уражених корозією, полімерна оболонка, армована вуглецевим волокном, може бути не такою ефективною, оскільки полімер діє як слабка ланка, нездатна забезпечити належну підтримку деградованому бетону. Корозія може послабити зв'язок між вуглецевим волокном і бетоном, зменшуючи загальну ефективність модернізації.

У деяких випадках було виявлено, що армований фіброволокном розчин працює порівняно з полімерами, армованими вуглецевим волокном, коли обидва матеріали випробовуються при однаковій жорсткості. Це вказує на те, що осьова жорсткість, а не чиста міцність, відіграє значну роль у визначенні характеристик модернізованих матеріалів. Армований фіброволокном розчин може допомогти поліпшити осьову несучу здатність і підвищити загальну жорсткість колон, забезпечуючи життєздатну альтернативу полімерам, армованим вуглецевим волокном, в певних ситуаціях.

Крім того, використання цементних композитів, армованих фіброволокном, покращує експлуатаційні характеристики колон з бетону низької та середньої міцності. Ці композити допомагають зменшити знос бетону, запобігти прогину арматури і зменшити бічний прогин, що в кінцевому підсумку покращує міцність і здатність колони розсіювати енергію. Це робить цементні композити, армовані скловолокном, практичною альтернативою полімерам, армованим вуглецевим волокном, у деяких випадках модернізації.

Армовані скловолокном полімери також продемонстрували значне покращення здатності залізобетонних колон розсіювати енергію.

Дослідження показали, що обгортки зі скловолокна можуть значно збільшити розсіювання енергії порівняно з неармованими колонами. При нанесенні на пошкоджені або дефектні колони скловолоконна оболонка покращує пластичність, розсіювання енергії та міцність, причому ступінь покращення залежить від ступеня попереднього пошкодження. Збільшення кількості шарів скловолокна покращує експлуатаційні характеристики колони, особливо для колон, що зазнають високих осьових навантажень, де для досягнення бажаного рівня покращення міцності та жорсткості необхідна наявність декількох шарів.



**Рис. 2.5. Додаткове армування колон**

Зміцнення з'єднань колон і балок має вирішальне значення для підвищення загальної стійкості і несучої здатності конструкції, особливо в будівлях, що піддаються сейсмічним впливам або старінню матеріалів. Один з ефективних методів полягає в додаванні додаткового армування в з'єднання, що допомагає поліпшити їх стійкість до зсуву і вигину. Зазвичай це робиться шляхом встановлення додаткових арматурних стержнів або

пластин зовні або зсередини, щоб підвищити міцність і пластичність з'єднання.

Додавання сталевих пластин або армованих полімерних обгорток навколо з'єднання колона-балка зовні може значно підвищити міцність на зсув і запобігти руйнуванню з'єднання під навантаженням. Використання армованих полімерів також покращує розсіювання енергії та деформативність з'єднання, зменшуючи ризик крихкого руйнування.

Додавання додаткових арматурних стержнів зсередини або збільшення діаметру існуючих стержнів може покращити розподіл навантаження у з'єднанні та запобігти утворенню тріщин. Зміцнення з'єднання за допомогою цього методу може допомогти більш ефективно перерозподілити сили, збільшуючи загальну жорсткість і стабільність з'єднання колона-балка.

В обох випадках ці методи працюють за рахунок посилення здатності з'єднання витримувати зсувні зусилля, мінімізації деформацій і запобігання руйнуванню в умовах сейсмічних або високих навантажень. Вибір методу залежить від конкретних структурних вимог і стану з'єднань, що ремонтуються.

### РОЗДІЛ 3. ГІБРИДНИЙ МЕТОД ПОСИЛЕННЯ КОЛОН

Гібридні методи підсилення колон поєднують два або більше методів підсилення для покращення експлуатаційних характеристик залізобетонних колон. Ці методи призначені для використання переваг різних матеріалів або підходів для усунення конкретних недоліків колони, таких як підвищення міцності на зсув, пластичності або стійкості до осьових навантажень.

Один з поширених гібридних методів передбачає поєднання полімерної оболонки, армованої вуглецевим волокном, із зовнішніми сталевими оболонками. Армований вуглецевим волокном полімер забезпечує високоміцну фіксацію, підвищуючи здатність колони до зсуву і згинання, в той час як сталева оболонка забезпечує додаткову міцність і захист від механічних пошкоджень або корозії.

Інший гібридний підхід поєднує армований фіброволокном розчин або бетон із зовнішньою сталевую або вуглецевою оболонкою. Така комбінація покращує стійкість колони до осьових і бічних навантажень, збільшує розсіювання енергії і забезпечує довготривале рішення, особливо в сейсмічних регіонах[20].

Гібридні методи застосовуються, коли один матеріал або технологія не повністю відповідає вимогам проекту, наприклад, коли колона піддається різним типам навантажень або умовам навколишнього середовища. Ці методи пропонують покращені експлуатаційні характеристики конструкції, більшу універсальність та довговічність порівняно з окремими методами армування.

Технологія гібридної оболонки поєднує сталеві труби, заповнені бетоном, з полімерними оболонками, армованими вуглецевим волокном, для зміцнення залізобетонних колон. У цьому методі самоущільнюючий бетон заповнює проміжок між колоною і сталевую трубою, в той час як шар полімерної оболонки, армованої вуглецевим волокном, обертається навколо сталеві труби. Результати експериментів показали, що така комбінація може значно покращити експлуатаційні характеристики бетонних колон. Зокрема,

це призводить до збільшення поперечної несучої здатності та збільшення пластичності приблизно на 40%. Додаткові покращення досягаються за рахунок збільшення товщини сталеві труби, в той час як оболонка з вуглецевого волокна допомагає запобігти надмірному вигину сталеві труби, ще більше покращуючи загальні експлуатаційні характеристики конструкції.

Такий підхід також підвищує корозійну стійкість залізобетонних колон, особливо коли колони піддаються впливу висококорозійних середовищ. Поєднання полімерної оболонки, армованої вуглецевим волокном, зі сталеві трубою підвищує як міцність, так і пластичність колони, хоча пластичність може знижуватися при більш високих осьових навантаженнях, загальний ефект зміцнення залишається значним.

Також були досліджені альтернативні гібридні методи армування, такі як використання сталевих куточків у поєднанні з армованою полімерною оболонкою або поєднання внутрішніх сталевих стяжок із зовнішньою полімерною оболонкою. Ці методи довели свою ефективність у підвищенні поперечної несучої здатності, розсіювання енергії та міцності на зсув порівняно з неармованими колонами.

Нещодавні досягнення дозволили використовувати гофровані сталеві труби, обгорнуті полімерами, армованими скловолкном. Така конфігурація створює ребристу поверхню між бетоном і полімерною арматурою, що підвищує міцність на зсув і змінює режим руйнування зі зсуву на згин. Додавання декількох полімерних шарів ще більше підвищує розсіювання енергії та міцність на зсув. Крім того, було показано, що поєднання армованої вуглецевим волокном полімерної плівки на зовнішній поверхні схильних до корозії колон зі сталевими профілями на внутрішній стороні покращує поглинання енергії та загальну міцність. Однак такий підхід не має значного впливу на поведінку колони на зсув у пластичному стані.



**Рис. 3.1. Конфігурація спіральної гофрованої труби**

Поєднання високоефективних матеріалів зі сталевую або полімерною арматурою стало ефективним гібридним підходом до ремонту та зміцнення залізобетонних колон, особливо тих, що зазнали помірного та сильного пошкодження. Одна з широко використовуваних методик включає в себе швидкотверднучий, високоміцний цементний розчин разом з армованими базальтовими волокнами полімерними листами. Така комбінація особливо ефективна для колон, які зазнали помірних і сильних пошкоджень, значно покращуючи як розсіювання енергії, так і пластичність.

Експериментальні дослідження показали, що здатність до згинання помірно пошкоджених колон повністю відновлюється, в той час як колони з сильними пошкодженнями відновлюються лише частково. Однак початкова жорсткість цих колон не відновлюється повністю і має тенденцію до зниження зі збільшенням рівня попереднього пошкодження, що вказує на те, що, хоча міцність і пластичність покращуються, початкова жорсткість колони може бути не повністю відновлена.

У рамках подібного підходу для ремонту сильно пошкоджених колон використовується високопродуктивний фібробетон, що містить як сталеві, так і полімерні волокна. Цей метод починається з видалення пошкодженої поперечної арматури, після чого відбувається заміна поздовжньої арматури новими сегментами відповідної форми. Потім на колону наноситься бетонна

оболонка з армованого фібробетону. Ця технологія ремонту не тільки відновлює міцність і пластичність колони, але й підвищує її жорсткість і здатність розсіювати енергію. Сталеві волокна забезпечують більш ефективно розсіювання енергії, ніж полімерні, що робить цей метод особливо корисним для колон, що піддаються динамічним навантаженням або сейсмічним впливам[20].

Інший нещодавній гібридний метод поєднує високоефективні цементні композитні розчини, армовані волокнами, зі сталевими стрижнями для зміцнення залізобетонних колон, що старіють. Цей підхід починається з рифлення поверхні колони для забезпечення кращого зчеплення і збільшення площі поверхні для арматури. Потім додається поздовжнє та поперечне армування, після чого наноситься високоефективний цементний композитний розчин, армований фіброволокном, для підвищення міцності в поперечному перерізі колони.

При оцінці цих гібридних методів за багатьма критеріями, включаючи вплив на пластичність, ефективність армування, вартість, естетичні міркування та вплив на мешканців будівлі під час ремонту, часто використовують матрицю порівняльної ефективності. Ця матриця дозволяє проаналізувати сильні та слабкі сторони кожного з підходів, а рівні достовірності вказують на надійність результатів. Хоча фактичні результати можуть відрізнятися в залежності від конкретних умов, було виявлено, що всі методи покращують міцність колони. Сталеві оболонки, поверхневе полімерне або сталеволокнисте армування та гібридні покриття продемонстрували найбільш значні покращення експлуатаційних характеристик.

Щодо жорсткості, то більшість гібридних методів мали мінімальний вплив. Однак сталеві та залізобетонні оболонки часто збільшували жорсткість через додаткову масу та площу поперечного перерізу, яку вони додавали колоні. На противагу цьому, жорсткість мала тенденцію до зменшення, коли використовували оболонки з легованого дроту з пам'яттю

форми, хоча таке зменшення жорсткості може бути корисним у деяких структурних сценаріях. За багатонаправленого навантаження здатність колон до опору знижується на приблизно 55%, що підкреслює необхідність додаткових випробувань для точнішої оцінки ефективності методів зміцнення.

**Таблиця 3.1. Методи ремонту колон**

<p><b>Метод посилення:</b> Додаткові армуючі каркаси  <b>Переваги:</b> Підвищення міцності колони, зменшення тріщин та деформацій.  <b>Недоліки:</b> Витратність часу та матеріалів, необхідність багатоетапного виконання робіт.  <b>Особливості:</b> Зміна поперечних розмірів колони може вплинути на її жорсткість.</p>
<p><b>Метод посилення:</b> Фібровий бетон  <b>Переваги:</b> Покращення енергетичної дисипації, підвищення міцності, збільшення еластичності.  <b>Недоліки:</b> Висока вартість матеріалів, ризик розшарування в агресивних умовах.  <b>Особливості:</b> Підвищує стійкість до тріщин, значно покращує механічні властивості.</p>
<p><b>Метод посилення:</b> Сталеві оболонки  <b>Переваги:</b> Покращення міцності, корозійної стійкості, значне підвищення деформаційної здатності.  <b>Недоліки:</b> Потребує антикорозійного захисту, висока вартість матеріалів.  <b>Особливості:</b> Зміна геометрії колони, що може вплинути на її жорсткість і стійкість.</p>
<p><b>Метод посилення:</b> Полімерні оболонки з волокнами  <b>Переваги:</b> Швидка установка, високе співвідношення міцності до ваги, покращення комфорту для мешканців.  <b>Недоліки:</b> Низька ефективність при високих температурах і вологості, висока вартість матеріалу.  <b>Особливості:</b> Використовуються для зовнішнього армування колони, не змінюючи її поперечні розміри.</p>
<p><b>Метод посилення:</b> Гібридні методи (комбінація матеріалів)  <b>Переваги:</b> Максимальне зміцнення, покращення міцності, енергетичної дисипації, стійкості до навантажень.  <b>Недоліки:</b> Складність виконання, необхідність точного підбору матеріалів.  <b>Особливості:</b> Поєднання різних обшивок, армувань та матеріалів для кращих результатів.</p>
<p><b>Метод посилення:</b> Заповнені сталеві труби з полімерними оболонками  <b>Переваги:</b> Підвищення міцності та корозійної стійкості, підвищення енергетичної дисипації та стійкості до вигину.  <b>Недоліки:</b> Висока вартість, складність монтажу.  <b>Особливості:</b> Застосовується для значно пошкоджених колон, покращує механічні властивості конструкцій.</p>
<p><b>Метод посилення:</b> Сталеві куточки з полімерними обшивками  <b>Переваги:</b> Покращення міцності, енергетичної дисипації, зменшення деформацій.  <b>Недоліки:</b> Проблеми з деламінацією полімерних обшивок, втрата ефективності при високих навантаженнях.  <b>Особливості:</b> Підходить для колон з серйозними дефектами, надає підвищену стійкість до деформацій.</p>

Для наглядності проведемо порівняння гібридного методу ремонту колон та класичного способу. Розглянемо колону 5-ти поверхового

житлового будинку з перерізом 400 на 400 мм та довжиною 3 метри. Вона має тріщини глибиною 2-5 мм та місця зосередження корозії. Для ремонту підходить два варіанта ремонту:

1. Класичний метод ремонту залізобетонної колони передбачає відновлення пошкодженого шару бетону та захист арматури без суттєвого посилення конструкції. Спочатку проводиться підготовка поверхні: видаляється слабкий бетон, розширюються та очищаються тріщини, а арматура обробляється антикорозійним складом. Дрібні тріщини (до 2 мм) заповнюються епоксидною смолою, а більші (3-5 мм) – полімерцементним розчином. Далі наноситься ремонтний розчин шляхом торкретування або ручного нанесення, після чого поверхня вирівнюється.

Завершальним етапом є фінішне покриття гідрофобізатором або захисною штукатуркою, що забезпечує додатковий захист від впливу зовнішнього середовища. Такий метод дозволяє відновити цілісність бетону, захистити арматуру від корозії та продовжити термін служби колони, проте не забезпечує значного посилення конструкції. Він є ефективним для колон із помірними пошкодженнями та невеликим навантаженням.

2. Гібридний метод ремонту залізобетонної колони передбачає посилення конструкції за допомогою сталевго каркасу та фібробетону, що значно підвищує її міцність і довговічність. Спочатку проводиться очищення поверхні, видаляється пошкоджений шар бетону, а арматура обробляється антикорозійним складом. Далі навколо колони монтується сталевий каркас із кутників 50×50×5 мм та арматурної сітки Ø8 мм для створення зовнішнього армування. Після цього здійснюється нанесення фібробетону методом торкретування або заливання в опалубку, що забезпечує рівномірний розподіл навантаження та додаткову жорсткість конструкції. Завершальним етапом є вирівнювання поверхні та нанесення захисного покриття для підвищення стійкості до зовнішніх впливів.

Розглянемо необхідні матеріали для першого способу:

Необхідний об'єм розчину: 0,17 м<sup>3</sup>

Щільність розчину: = 1 800 кг/м<sup>3</sup>

Необхідна маса: 0,17 м<sup>3</sup> × 1 800 кг/м<sup>3</sup> = 306 кг

Кількість мішків: 306 кг / 25 кг = 12,24 шт.

Вартість: 13 шт. × 189 грн/шт. = 2 457 грн

#### 4. Епоксидна смола для ін'єкцій

Ціни на епоксидні смоли для ін'єкцій варіюються залежно від виробника та характеристик продукту. У середньому, вартість становить близько 500 грн за 1 кг.

Необхідний об'єм: 2-3 літри

Щільність епоксидної смоли: = 1,1 кг/л

Необхідна маса: 2,5 л × 1,1 кг/л = 2,75 кг

Вартість: 3 кг × 500 грн/кг = 1 500 грн

Отже загальна вартість матеріалу на одну колону становить 3957 грн.

Розглянемо необхідні матеріали для другого способу:

Фібробетон – 0.14 м<sup>3</sup> (490 грн)

Сталевий каркас (кутники 50×50×5 мм) – 12 м (3696 грн)

Арматурна сітка (Ø4 мм, 100×100 мм) – 5.4 м<sup>2</sup> (778 грн)

Анкерні дюбелі – 27 шт. (270 грн)

Загальна вартість: = 5234 грн

Ціна виконання робіт для першого способу:

Підготовка поверхні (очищення, видалення слабких зон) – 150 грн/м<sup>2</sup> × 12 м<sup>2</sup> = 1800 грн

Антикорозійна обробка арматури – 50 грн/м<sup>2</sup> × 12 м<sup>2</sup> = 600 грн

Заповнення тріщин епоксидною смолою – 250 грн/л × 3 л = 750 грн

Нанесення ремонтного розчину – 300 грн/м<sup>2</sup> × 12 м<sup>2</sup> = 3600 грн

Загальна вартість робіт: = 6750 грн

Ціна виконання робіт для другого способу:

Демонтаж ослаблених ділянок бетону – 200 грн/м<sup>2</sup> × 12 м<sup>2</sup> = 2400 грн

Монтаж сталевих кутників, сітки, анкерних дюбелів – 600 грн/м<sup>2</sup> × 12 м<sup>2</sup> = 7200 грн

Заливка фібробетону –  $500 \text{ грн/м}^2 \times 12 \text{ м}^2 = 6000 \text{ грн}$

Загальна вартість робіт: = 15 600 грн

Підведемо підсумок для виконання ремонтних робіт для колони 5-ти поверхового житлового будинку першим способом загальна вартість складає 10 707 грн, а для другого способу 20 834 грн. І хоча з економічної точки зору здається, що перший спосіб є більш дешевий, він розрахований лише на 5-10 років, після чого збільшується ймовірність потреби в повторному ремонті.

Більш дорогий другий спосіб не лише відновлює колону, а й покращує її характеристики. При дослідженні взятий зразок показав міцність на стиск в 25 МПа. Однак використання фібробетону та сталевих каркасу забезпечує міцність на стиск в 45 МПа. З урахуванням додаткового сталевих каркасу та збільшення перерізу колони наступний ремонт може знадобитися лише через 20-30 років. Тому для ремонту колон в 5-ти поверховому будинку було обрано гібридний метод ремонту колон з використанням фібробетону та додаткового сталевих каркасу.

**Таблиця 3.2. Порівняльна таблиця**

<b>Параметр</b>	<b>Перший спосіб (ремонтний розчин)</b>	<b>Другий спосіб (сталевий каркас + фібробетон)</b>
<b>Загальна вартість</b>	<b>10 707 грн</b>	<b>20 834 грн</b>
<b>Термін служби</b>	<b>5–10 років</b>	<b>20–30 років</b>
<b>Міцність після ремонт</b>	<b>До 25 МПа (відновлення вихідних характеристик)</b>	<b>До 45 МПа (+50–70% міцності)</b>
<b>Стійкість до тріщин</b>	<b>Залежить від стану арматури, ризик повторного розтріскування</b>	<b>Вища у 2–3 рази завдяки фібробетону</b>
<b>Захист арматури</b>	<b>Локальний, ризик повторної корозії</b>	<b>Повний, сталевий каркас і фібробетон захищають арматуру</b>
<b>Основні матеріали</b>	<b>Ремонтний розчин С25/30, епоксидна смола, антикорозійне покриття</b>	<b>Фібробетон С35/45, сталеві кутники, арматурна сітка Ø4 мм, анкерні дюбелі</b>

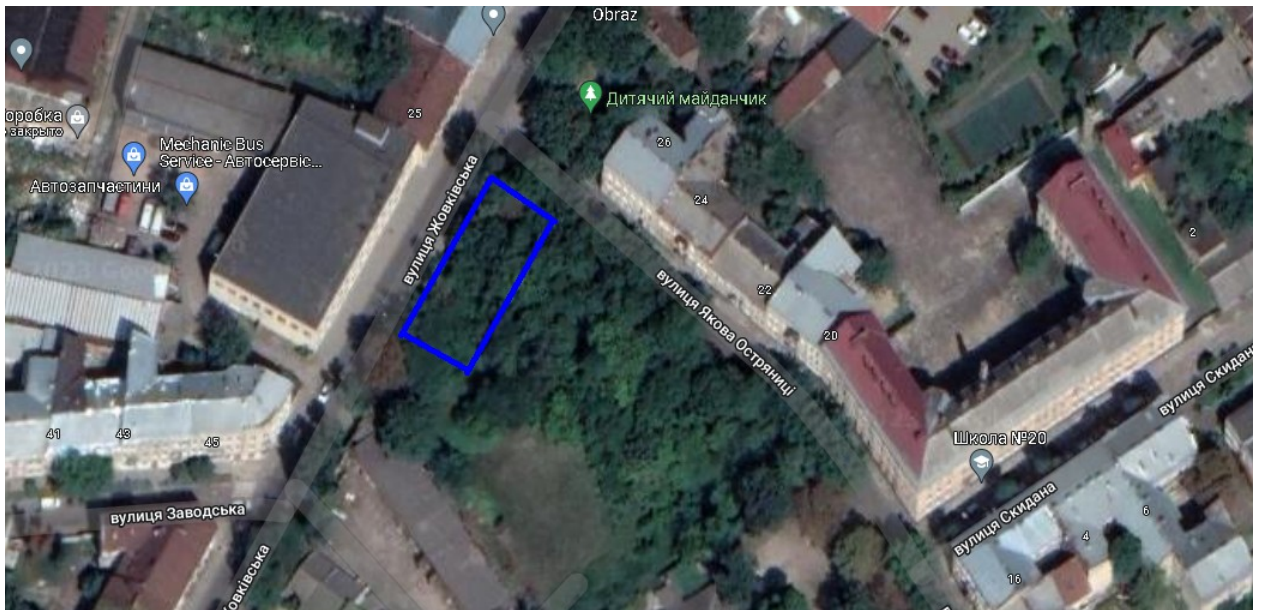
## **Висновок**

Порівняння методів ремонту залізобетонної колони показало, що хоча перший метод є дешевшим (10 707 грн проти 20 834 грн), він забезпечує лише тимчасове відновлення конструкції на 5-10 років. Натомість гібридний метод значно підвищує міцність та довговічність колони, збільшуючи її термін експлуатації до 20-30 років.

Гібридний метод передбачає використання фібробетону та сталевих каркасів, що покращує характеристики конструкції: міцність на стиск зростає з 20 МПа до 45 МПа. Враховуючи довгострокові переваги та економічну ефективність у перспективі, було прийнято рішення застосувати гібридний метод ремонту колон у 5-поверховому житловому будинку.

## РОЗДІЛ 4. ОПИС АРХІТЕКТУРНО-ПЛАНУВАЛЬНОГО РІШЕННЯ БУДІВЛІ

### 4.1. Ситуаційний план



**Рис. 4.1. Ситуаційний план**

Будинок розташований в місті Львів на перехресті вулиць Жовківська та Якова Острияниці[2].

### 4.2. Об'ємно-планувальне рішення

Будівля являє собою п'ятиповерховий житловий будинок висотою 17,35 метрів, збудований із застосуванням залізобетонного каркасу, що складається зі збірних колон і балок. Плити перекриття - монолітні залізобетонні товщиною 200 міліметрів[8]. Розміри будівлі складають 34 000 міліметрів по осях 1-17 і 14 400 міліметрів по осях А-М. Висота підвалу становить 2,05 метра, поверхи з першого по четвертий мають висоту 3,0 метра кожен, а п'ятий поверх - 3,3 метра[3].

Перший поверх призначений для розміщення торгових приміщень та приміщення для консьєржа. На поверхах з другого по четвертий розташовано по шість квартир, а на п'ятому - три квартири. Зовнішні та внутрішні несучі стіни виконані з повнотілої керамічної цегли з класом міцності на стиск М150 і щільністю 1 800 кг/м<sup>3</sup>.

У будинку передбачено дві сходові клітки із залізобетону та один пасажирський ліфт вантажопідйомністю 630 кілограмів, спроектований відповідно до стандартів доступності.

**Таблиця 4.1. Експлікація приміщень першого поверху**

Номер приміщення	Найменування	Площа , м <sup>2</sup>	Кат. приміщення
1	Електрощитова	9.8	
2	Магазин	17.5	
3	Хол	16.5	
4	Кімната консьєржа	14.0	
5	Санвузол	2.1	
6	Магазин	17.2	
7	Магазин	14.5	
8	Кімната консьєржа	16.8	
9	Санвузол	1.5	
10	Електрощитова	12.1	
11	Коридор	142.4	
12	Магазин	12.2	
13	Магазин	8.4	
14	Коридор	33.3	
15	Кафе	34.5	
16	Санвузол	4.4	
17	Тамбур	4.4	
18	Коридор	6.3	
19	Хол	10.9	
20	Санвузол	4.2	
21	Коридор	10.8	
22	Кладова	1.6	
23	Магазин	32.6	

**Таблиця 4.2. Експлікація приміщень другого-третього поверху**

Номер приміщення	Найменування	Площа , м <sup>2</sup>	Кат. приміщення
1	Спальня	22.6	
2	Балкон	2.8	
3	Коридор	5.8	
4	Кухня	11.6	
5	Ванна кімната	4.4	
6	Міжквартирний коридор	6.9	
7	Ванна кімната	4.4	

8	Коридор	6.3	
9	Кухня	9.8	
10	Балкон	2.3	
11	Спальня	17.5	
12	Кухня	13.6	
13	Санвузол	2.7	
14	Коридор	14.4	
15	Зал	20.2	
16	Балкон	2.8	
17	Кладова	1.6	
18	Ванна кімната	3.1	
19	Спальня	16.5	
20	Спальня	13.3	
21	Балкон	2.3	
22	Кухня	12.3	
23	Спальня	18.5	
24	Санвузол	1.4	
25	Ванна кімната	3.1	
26	Коридор	15.7	
27	Спальня	15.5	
28	Спальня	14.1	
29	Зал	23.1	
30	Коридор	15.2	
31	Міжквартирний коридор	11.0	
32	Тамбур	9.0	
33	Ванна кімната	3.0	
34	Санвузол	1.4	
35	Кухня	14.2	
36	Кладова	4.6	
37	Коридор	16.2	
38	Санвузол	1.5	
39	Зал	17.8	
40	Спальня	12.6	
41	Кухня	12.1	
42	Санвузол	1.4	
43	Ванна кімната	3.1	
44	Спальня	11.9	

**Таблиця 4.3. Експлікація приміщень четвертого поверху**

Номер приміщення	Найменування	Площа , м <sup>2</sup>	Кат. приміщення
1	Спальня	22.6	

2	Балкон	3.4	
3	Коридор	5.8	
4	Кухня	8.1	
5	Ванна кімната	4.4	
6	Міжквартирний коридор	6.9	
7	Ванна кімната	4.4	
8	Коридор	6.3	
9	Кухня	13.1	
10	Спальня	17.5	
11	Кухня	10.2	
12	Санвузол	2.7	
13	Коридор	14.4	
14	Зал	20.2	
15	Балкон	3.4	
16	Кладова	1.6	
17	Ванна кімната	3.1	
18	Спальня	16.5	
19	Спальня	15.8	
20	Кухня	12.3	
21	Спальня	18.5	
22	Санвузол	1.4	
23	Ванна кімната	3.1	
24	Коридор	15.7	
25	Спальня	15.5	
26	Спальня	14.1	
27	Зал	23.1	
28	Коридор	15.2	
29	Міжквартирний коридор	11.0	
30	Тамбур	9.0	
31	Ванна кімната	3.0	
32	Санвузол	1.4	
33	Кухня	14.2	
34	Кладова	4.6	
35	Коридор	16.2	
36	Санвузол	1.5	
37	Зал	17.8	
38	Спальня	12.6	
39	Кухня	12.1	
40	Санвузол	1.4	
41	Ванна кімната	3.1	
42	Спальня	11.9	

**Таблиця 4.4. Експлікація приміщень п'ятого поверху**

Номер приміщення	Найменування	Площа , м <sup>2</sup>	Кат. приміщення
1	Кухня	12.3	
2	Спальня	14.9	
3	Санвузол	1.4	
4	Ванна кімната	3.1	
5	Коридор	15.7	
6	Спальня	15.5	
7	Спальня	14.1	
8	Зал	23.1	
9	Коридор	15.2	
10	Міжквартирний коридор	11.0	
11	Тамбур	9.0	
12	Ванна кімната	3.0	
13	Санвузол	1.4	
14	Кухня	14.2	
15	Кладова	4.6	
16	Коридор	16.2	
17	Санвузол	1.5	
18	Зал	14.3	
19	Спальня	12.6	
20	Кухня	12.1	
21	Санвузол	1.4	
22	Ванна кімната	3.1	
23	Спальня	11.9	
24	Балкон	3.7	

**Таблиця 4.5. Експлікація приміщень підвалу**

Номер приміщення	Найменування	Площа , м <sup>2</sup>	Кат. приміщення
1	Коридор	36.7	
2	Технічне приміщення	26.5	
3	Технічне приміщення	45.6	
4	Технічне приміщення	45.1	
5	Технічне приміщення	57.6	
6	Технічне приміщення	90.4	
7	Теплопункт	36.1	
8	Насосна	31.2	
9	Тамбур	28.8	
10	Хол	94.6	

### **4.3. Архітектурно-конструктивне рішення**

#### **Фундаменти та основи**

Фундаментом будівлі є стрічковий фундамент глибиною 1,8 метра і шириною 1,2 метра. Фундамент виконаний із залізобетону з класом міцності на стиск C25/30 і морозостійкістю F200. Він призначений для рівномірного розподілу навантаження від надбудови на ґрунт. Під час обстеження не було виявлено жодних структурних дефектів або ознак деградації, що підтверджує стабільність і цілісність фундаменту. Роботи з реконструкції або підсилення не потрібні. Фундамент відповідає вимогам несучої здатності та довговічності для умов експлуатації будівлі[10].

#### **Зовнішні, внутрішні стіни та перегородки**

У даному житловому будинку стіни самонесучі та зведені з газобетонних блоків. Зовнішні стіни товщиною 300 мм забезпечують відмінну тепло- та звукоізоляцію. Газобетон має низьку теплопровідність (близько 0,10–0,12 Вт/м·К), що допомагає зберігати тепло в приміщеннях. Однак, через свою пористу структуру, він потребує додаткового захисту у вигляді зовнішнього оздоблення.

Внутрішні стіни товщиною 200 мм слугують для зонування приміщень і забезпечення звукоізоляції між кімнатами. Газобетонні перегородки мають звукоізоляційні показники в межах 40–45 дБ, що дозволяє зменшити проникнення шуму. Вони також є основою для внутрішнього оздоблення та прокладання комунікацій.

На даний момент стіни мають пошкодження, зокрема тріщини, відшарування оздоблювальних матеріалів та місцеві руйнування, що може впливати на їхню довговічність, теплоізоляцію та загальний стан будівлі. Зовнішні стіни місцями зазнали механічних пошкоджень і дії вологи, що може свідчити про недостатній захист поверхні. Внутрішні перегородки мають дефекти у вигляді глибоких і дрібних тріщин, відшарування шпаклівки, фарби та місцевих руйнувань кладки.

Ремонтні роботи передбачають очищення поверхонь від пилу, старого покриття та пошкоджених ділянок, заповнення тріщин ремонтними сумішами, нанесення армувальної сітки у проблемних місцях, вирівнювання шпаклювальними сумішами та ґрунтування.

В рамках запланованої реконструкції зовнішній фасад буде теплоізолюваний 150-міліметровими плитами з пінополістиролу (коефіцієнт теплопровідності  $\lambda = 0,038$  Вт/м·К) для покращення теплотехнічних характеристик будівлі[16]. Утеплений фасад буде оброблений шаром клею, армованою скловолокнистою сіткою і декоративною фасадною фарбою, придатною для зовнішнього використання і стійкою до атмосферних впливів[7].

### **Каркас будівлі**

Каркас будівлі складається із залізобетонних колон з розмірами  $400 \times 400$  міліметрів, ригелів розміром  $300 \times 500$  міліметрів і монолітних залізобетонних плит товщини 200 міліметрів. Колони армовані поздовжньою арматурою діаметром 16 міліметрів (клас А500С) і зв'язані 8-міліметровими поперечними стійками, розташованими на відстані 150 міліметрів. Поперечини, призначені для передачі горизонтальних навантажень, аналогічно армовані 12-міліметровими арматурними стержнями в зонах розтягування. Бетон, використаний для цих елементів, має марку С30/37, щільність  $2400 \text{ кг/м}^3$  і міцність на стиск 30 МПа.

Під час реконструкції колони першого поверху будуть відремонтовані та підсилені для підвищення їхньої несучої здатності. Цей процес передбачатиме обгортання колон додатковим сталевим каркасом, що складається з вертикальних пластин (товщиною 10 міліметрів) і горизонтальних ребер жорсткості, приварених з інтервалом 500 міліметрів. Після цього колони будуть залиті монолітним фібробетоном, щоб інтегрувати металевий каркас у структурну систему. Потім колони будуть обшиті зовні оцинкованими листами товщиною 4 міліметри, прикріпленими

до каркасу сталевими болтами з інтервалом 300 міліметрів, щоб підвищити міцність і забезпечити привабливий зовнішній вигляд.

Переkritтя над п'ятим поверхом зазнало серйозних структурних пошкоджень через обвал даху. Процес реставрації передбачає вирізання пошкоджених бетонних ділянок і заміну їх новим монолітним армованим бетоном. Бетон буде марки C35/45 зі сталевими арматурними стержнями (діаметр 16 міліметрів, клас A500C), розміщеними з інтервалом 150 міліметрів в обох напрямках для відновлення структурної цілісності. Відновлена плита забезпечить дотримання вимог до несучої здатності та підготує конструкцію до встановлення нової покрівельної системи.

### **Покрівля**

Конструкція даху була повністю демонтована через серйозні пошкодження каркасу, спричинені структурними дефектами та гниттям деревини. Новий дах був побудований з вдосконаленням дизайну та з використанням більш досконалих матеріалів і будівельних технологій. В основі нового даху лежить дерев'яний каркас, що складається з крокв, прогонів і підкосів, виготовлених зі струганої деревини хвойних порід з вологістю не більше 12%. Крокви мають переріз  $100 \times 200$  міліметрів і розташовані з інтервалом 800 міліметрів. Прогони мають переріз  $100 \times 150$  міліметрів, а з'єднання посилені оцинкованими сталевими пластинами і шурупами для додаткової стабільності. Вся деревина оброблена захистом від шкідників, грибку та вологи[12].

Покрівельний матеріал - гнучка черепиця, виготовлена зі скловолокна з бітумним покриттям і гранульованою поверхнею для захисту від ультрафіолетового випромінювання та атмосферних впливів. Черепиця встановлюється на суцільний шар плит товщиною 12 міліметрів, які забезпечують гладку і міцну основу. Під шаром плит встановлюється пароізоляція і теплоізоляція, що складається з 200 міліметрів мінеральної вати ( $\lambda = 0,037$  Вт/м-К) для підвищення енергоефективності. Між плитами і

черепицею розміщена підкладкова мембрана для забезпечення гідроізоляції і продовження терміну служби покрівлі.

Нова покрівля замінює попередню систему з металочерепиці, пропонуючи покращену довговічність, шумоізоляцію та стійкість до факторів навколишнього середовища. Гнучка черепиця відповідає сучасним стандартам вогнестійкості та захисту від атмосферних впливів, забезпечуючи довготривалу надійність покрівельної конструкції.

### **Зовнішнє і внутрішнє опорядження**

Ремонт під'їзду житлового будинку передбачає фарбування стін і стелі акриловою фарбою на водній основі, що забезпечує стійкість до зносу і вологи. Фарба забезпечить непрозоре покриття при нанесенні 2-3 шарів, з досягненням товщини сухої плівки 50-60 мікрон на шар. Вибір фарби базуватиметься на формулі, яка включає протигрибкові властивості та низький рівень викидів летких органічних сполук[5].

Існуюче підлогове покриття буде знято, а поверхня буде підготовлена для забезпечення належної адгезії керамогранітної плитки. Плитка буде розміром 600x600 мм, виготовлена з ректифікованого фарфору з коефіцієнтом водопоглинання  $\leq 0,5\%$ , що підходить для зон з високою прохідністю. Плитки будуть укладені з використанням тонкошарового клею з міцністю на стиск 25 МПа, а шви будуть закриті затіркою на основі епоксидної смоли для запобігання проникненню води[6].

Сходи будуть очищені від поточного покриття, а поверхні будуть очищені та відремонтовані там, де це необхідно. Буде нанесено протиковзке епоксидне покриття з товщиною сухої плівки приблизно 150 мікрон, що забезпечує стійкість до стирання  $\geq 0,7$ . Фарба буде стійкою до вологи, хімічних речовин та зносу.

Будуть встановлені нові поручні, виготовлені зі сталі з порошковим покриттям з товщиною стінки 2-3 мм і діаметром 40 мм для ергономічного захоплення. Поручні будуть закріплені за допомогою сталевих кронштейнів,

що забезпечують несучу здатність до 150 кг на один кронштейн, згідно з відповідними стандартами безпеки.

Будуть встановлені нові вікна та вхідні двері. Вікна оснащені двокамерними склопакетами з коефіцієнтом теплопередачі (U-value) 1,2 Вт/м<sup>2</sup>-К, що забезпечує покращену ізоляцію та звукоізоляцію. Рами виготовлені з ПВХ з посиленими сталевими профілями, що забезпечує високу стабільність конструкції. Вхідні двері виготовлені з комбінації сталі та композитних матеріалів, що забезпечує підвищену безпеку та ізоляцію з коефіцієнтом опору теплопередачі 1,1 Вт/м<sup>2</sup>-К. Двері оснащені багатоточковими системами замикання та атмосферостійкими ущільнювачами для запобігання протягам і потраплянню вологи.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. 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).
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. Житлові будинки. Основні положення: ДБН В.2.2-15:2019 [Чинний від 2019-12-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2019. – 54 с. (Національні стандарти України).
4. Кошторисні норми України. Настанова з визначення вартості будівництва: [Чинний від 2021-11-09]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2021. – 44-46 с. (Національні стандарти України).
5. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Оздоблювальні роботи.
6. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Підлоги.
7. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією: ДБН В.2.6-33:2018.
8. 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).
9. Організація будівельного виробництва: ДБН А.3.1-5:2016 [Чинний від 2016-01-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2016. – 44-46 с. (Національні стандарти України).
10. Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення: ДБН В.2.1-10:2018.
11. 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).

12. Покриття будівель і споруд: ДБН В.2.6-220:2017.
13. Пожежна безпека об'єктів будівництва: ДБН В.1.1.7-2016 [Чинний від 2017-06-01]. – К.: Держбуд України, 2017. – 84 с. (Національні стандарти України).
14. Природне і штучне освітлення: ДБН В.2.5-28:2018 [Чинний від 2019-02-28]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2018. – 7 с. (Національні стандарти України).
15. 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).
16. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6-31:2016 [Чинний від 2016-10-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2017. – 15 с. (Національні стандарти України).
17. Вікна та двері: ДСТУ EN 14351-1:2020.
18. Довідково-інформаційний збірник ресурсів та одиничних розцінок на будівельно-монтажні роботи, Суми, СНАУ – 2011 р.
19. Meda, A.; Mostosi, S.; Rinaldi, Z.; Riva, P. Corroded RC columns repair and strengthening with high performance fibre reinforced concrete jacket. *Materials and Structures*, 2016, 49, 1967–1978.
20. Raza S., Khan M. K. I., Menegon S. J., Tsang H.-H., Wilson J. L. *Strengthening and Repair of Reinforced Concrete Columns by Jacketing: State-of-the-Art Review.*, 2019