УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Будівельний факультет

Кафедра будівельних матеріалів, конструкцій та споруд

Реконструкція та технічне переоснащення нежитлової будівлі з відновленням і підсиленням конструкцій при перепрофілюванні під медично-реабілітаційний центр

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи магістра

БМКС.218.012.2026.ПЗ

Розробив: студент групи 218-ПЦБ-324
Коростельов Євген Миколайович
Спеціальність: G19 – Будівництво та цивільна інженерія
(роботу виконано самостійно, відповідно до принципів академічної доброчесності)
Керівник: к.т.н., доц. Мірошніченко С.В.
Нормоконтроль: к.т.н., доц. Герасименко О.С.
Зав. кафедри: д.т.н. проф. Плугін Д.А.

Рецензент: к.т.н., доцент кафедри вишукувань та проектування шляхів сполучення, геодезії та землеустрою Є.Ф. Орел

2026

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет залізничного транспорту

Факультет	будівельний
Кафедра	будівельних матеріалів, конструкцій та споруд
Рівень вищої освіти	другий
Ступінь вищої освіти	магістр
Освітня програма	Промислове та цивільне будівництво
Спеціальність	G19 – Будівництво та цивільна інженерія

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри будівельних матеріалів,
конструкцій та споруд,
професор, д-р техн. наук
_____ Дмитро ПЛУГІН
____ _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу магістра
Коростельову Євгену Миколайовичу

1 Тема кваліфікаційної роботи магістра «Реконструкція та технічне переоснащення нежитлової будівлі з відновленням і підсиленням конструкцій при перепрофілюванні під медично-реабілітаційний центр».
Керівник Мірошніченко Сергій Валерійович, к.т.н., доцент
затверджені розпорядженням по будівельному факультету
від «_____» _____ 20__ року № _____
2 Строк подання студентом кваліфікаційної роботи магістра «30» грудня 2025 року.
3 Вихідні дані: *технічний паспорт нежитлової будівлі; матеріали технічного обстеження конструктивного стану будівлі; вимоги до технічного переоснащення та перепланування відповідно до нового функціонального призначення; місце розташування об'єкта – м. Харків, вул. Вадима Манька, 15.*

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): *вступ; архітектурно-будівельний розділ; розрахунково-конструктивний розділ; розділ з технології та організації будівельних робіт; розділ з охорони праці та захисту навколишнього середовища; економічний розділ (за необхідністю).*

5 Перелік графічного матеріалу
1-4 лист Архітектурна частин та конструктивна схема.
5-8 лист Розрахунково-конструктивна частина.
9 лист Технологічна частина
10 лист Будгенплан

6 Дата видачі завдання «6» жовтня 2025 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів	Строк виконання етапів	Примітка
1	Архітектурно-будівельний розділ	06.10.2025 р. - 30.11.2025 р.	
2	Розрахунково-конструктивний розділ	01.11.2025 р. - 15.12.2025 р.	
3	Технологія та організація будівництва	01.12.2025 р. - 25.12.2025 р.	
4	Розділ з охорони праці та охорони навколишнього середовища	10.12.2025 р. - 25.12.2025 р.	
5	Економічна частина	10.12.2025 р. - 25.12.2025 р.	

Студент _____ Євген КОРОСТЕЛЬОВ

Керівник _____ Сергій МІРОШНІЧЕНКО

АНОТАЦІЯ

Дана кваліфікаційна робота магістра включає 10 аркушів графічної частини та пояснювальну записку на 70 сторінках, що містить результати архітектурно-будівельного аналізу, аналітичні та числові розрахунки конструкцій, виконані з використанням програмного комплексу ANSYS, а також список використаних джерел.

Об'єктом дослідження є нежитлова будівля, розташована в місті Харків, що підлягає реконструкції з перепрофілюванням під медично-реабілітаційний центр.

Метою кваліфікаційної роботи є розроблення проєктних рішень з реконструкції та технічного переоснащення нежитлової будівлі з відновленням і підсиленням несучих конструкцій з урахуванням нового функціонального призначення.

У роботі виконано аналіз архітектурно-будівельних та конструктивних особливостей існуючої будівлі, визначено розрахункові навантаження, проведено аналітичну оцінку несучої здатності конструкцій, а також виконано числове моделювання напружено-деформованого стану конструкцій у програмному комплексі ANSYS. На основі отриманих результатів обґрунтовано доцільність та ефективність прийнятих проєктних рішень з підсилення конструкцій.

Результати кваліфікаційної роботи будуть використані при проєктуванні та реалізації заходів з реконструкції і перепрофілювання будівель під об'єкти медичного призначення з урахуванням сучасних нормативних вимог.

Ключові слова: РЕКОНСТРУКЦІЯ БУДІВЕЛЬ, ПЕРЕПРОФІЛЮВАННЯ, ПІДСИЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ, МЕДИЧНО-РЕАБІЛІТАЦІЙНИЙ ЦЕНТР, НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН, ЧИСЛОВЕ МОДЕЛЮВАННЯ, ANSYS.

ABSTRACT

This master's qualification work includes 10 sheets of graphic documentation and an explanatory note in 70 pages, which contains the results of architectural and structural analysis, analytical and numerical calculations of structures performed using the ANSYS software package, as well as a list of references.

The object of the research is a non-residential building located in the city of Kharkiv, which is subject to reconstruction and repurposing into a medical and rehabilitation center.

The aim of the qualification work is to develop design solutions for the reconstruction and technical modernization of a non-residential building with restoration and strengthening of load-bearing structures, taking into account the new functional purpose.

The work includes an analysis of architectural and structural features of the existing building, determination of design loads, analytical assessment of the load-bearing capacity of structures, and numerical simulation of the stress-strain state of structures using the ANSYS software package. Based on the obtained results, the feasibility and effectiveness of the proposed structural strengthening solutions are substantiated.

The results of this qualification work will be used in the design and implementation of reconstruction and repurposing projects for buildings intended for medical use in accordance with current regulatory requirements.

Keywords: BUILDING RECONSTRUCTION, REPURPOSING, STRUCTURAL STRENGTHENING, MEDICAL AND REHABILITATION CENTER, STRESS-STRAIN STATE, NUMERICAL SIMULATION, ANSYS.

ЗМІСТ

ВСТУП 7
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ТА ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ РЕКОНСТРУКЦІЇ 10
1.1 Загальна характеристика будівлі та функціонального призначення *об'єкта* 10
1.2 Архітектурно-планувальні рішення першого поверху та їх зміна при реконструкції 13
1.3 Конструктивна схема будівлі та матеріали несучих елементів 16
1.4 Вихідні дані та нормативна база для подальших розрахунків 19
РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНИЙ АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА РЕКОНСТРУКЦІЇ 22
2.1 Обґрунтування розрахункової схеми та постановка задачі розрахунку ... 22
2.2 Формування розрахункової моделі та задання граничних умов 25
2.3 Скінченно-елементна дискретизація та параметри числового розрахунку 27
2.4 Результати числового моделювання вихідного стану конструкцій першого поверху 30
2.5 Результати числового моделювання стану конструкцій після улаштування та розширення прорізів 32
2.6 Результати числового моделювання конструкцій після підсилення прорізів сталевими елементами 36
РОЗДІЛ 3. ПРОЄКТНІ РІШЕННЯ З РЕКОНСТРУКЦІЇ ТА ПІДСИЛЕННЯ .

					БМКС.218.012.2026.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Коростельов Є.			Реконструкція та технічне переоснащення нежитлової будівлі з відновленням і підсиленням конструкцій при перепрофілюванні під медично-реабілітаційний центр	Літ.	Арк. 5	Акрушів 56
Перевір.		Мірошніченко С.						
Н. Контр.		Герасименко О.				УкрДУЗТ		
Затверд.		Плугін Д.А.						

КОНСТРУКЦІЙ 42
3.1 Загальні положення та принципи проєктних рішень 42
3.2 Архітектурно-планувальні рішення першого поверху після реконструкції 43
3.3 Конструктивні рішення з улаштування та підсилення прорізів..... 44
3.4 Розрахункове обґрунтування прийнятих конструктивних рішень з підсилення 45
3.5 Конструктивні вузли підсилення прорізів та їх детальне виконання 48
РОЗДІЛ 4. ТЕХНОЛОГІЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ БУДІВЕЛЬНИХ РОБІТ 49
4.1 Загальні положення щодо виконання будівельних робіт при реконструкції 49
4.2 Підготовчі роботи перед улаштуванням і підсиленням прорізів 50
4.3 Технологія улаштування та розширення прорізів у несучих стінах 53
4.4 Технологія монтажу підсилювальних елементів прорізів 56
4.5 Організація будівельних робіт та контроль якості 58
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА 62
5.1 Загальні положення з охорони праці при виконанні робіт з реконструкції 62
5.2 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів при реконструкції 64
5.3 Заходи з охорони праці при виконанні будівельних робіт 67
5.4 Заходи щодо захисту навколишнього середовища при виконанні будівельних робіт 69
ВИСНОВКИ 73
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 76
ДОДАТКИ 81

ВСТУП

Реконструкція існуючих будівель цивільного призначення в умовах сучасних соціальних та медичних потреб є одним із пріоритетних напрямів розвитку будівельної галузі. Особливої актуальності набувають проєкти функціональної трансформації будівель, зведених за застарілими архітектурно-планувальними та конструктивними рішеннями, з метою їх адаптації до нових вимог безпеки, доступності та експлуатаційної надійності. До таких об'єктів належать будівлі профілакторіїв радянського періоду, конструктивна схема яких, як правило, не передбачала значних змін у плануванні несучих стін та створення великих прорізів в зонах основних навантажень [8].

У даній роботі розглядається будівля профілакторію, у якій приміщення колишньої їдальні першого поверху планується переобладнати під сучасний медичний реабілітаційний центр. Функціональне призначення такого центру висуває підвищені вимоги до внутрішнього простору будівлі, зокрема щодо інклюзивності, безбар'єрності та можливості вільного переміщення маломобільних груп населення. Це, у свою чергу, зумовлює необхідність улаштування широких дверних прорізів не лише у вхідних зонах, а й усередині приміщень, а також часткового демонтажу фрагментів несучих стін [9].

Втручання у несучі конструкції першого поверху є найбільш відповідальним етапом реконструкції, оскільки саме через ці елементи здійснюється передавання навантажень від усіх вищерозташованих поверхів, надбудов і покрівлі на підвальний рівень та фундаменти. Будь-яке зменшення перерізу несучих стін або порушення їх просторової роботи може призвести до небезпечного перерозподілу зусиль, виникнення локальних концентрацій напружень та зниження загальної жорсткості будівлі [58]. З огляду на це прийняття проєктних рішень щодо перепланування без попереднього

інженерного обґрунтування є неприпустимим відповідно до чинних норм проєктування та забезпечення надійності будівель і споруд [29].

У зв'язку з цим у даній роботі як основний інструмент перевірки можливості реалізації проєктних рішень застосовано числове моделювання напружено-деформованого стану конструкцій із використанням методу скінченних елементів [41, 43]. Числовий розрахунок виконано в програмному середовищі ANSYS Mechanical, яке дозволяє адекватно відтворювати просторову роботу кам'яних і сталевих конструкцій, ураховувати дію власної ваги та приведених навантажень, а також аналізувати зміну напружень і переміщень у результаті конструктивних втручань [49].

Оригінальність цієї роботи полягає не у розробленні нової розрахункової методики, а у практичному інженерному обґрунтуванні можливості реконструкції конкретного об'єкта з урахуванням його конструктивних особливостей та функціонального перепрофілювання. У межах дослідження послідовно розглянуто три стани конструкцій першого поверху: вихідний стан без втручань, стан після влаштування нових і розширення існуючих прорізів, а також стан після підсилення прорізів сталевими швелерами, що утворюють просторову обойму та компенсують втрату жорсткості несучих стін.

Метою даної роботи є інженерне обґрунтування можливості реконструкції приміщень першого поверху будівлі профілакторію під медичний реабілітаційний центр шляхом числового моделювання напружено-деформованого стану несучих конструкцій та оцінки ефективності заходів із їх підсилення.

Для досягнення поставленої мети у роботі вирішуються такі основні завдання:

- аналіз конструктивної схеми будівлі та визначення елементів, що зазнають найбільшого впливу внаслідок перепланування;

- формування розрахункової моделі першого поверху з урахуванням навантажень від вищерозташованих конструкцій і умов роботи основи;

- виконання числового розрахунку вихідного стану конструкцій ;

- моделювання впливу влаштування нових та розширення існуючих прорізів у несучих стінах;

- оцінка ефективності підсилення прорізів сталевими швелерами за результатами аналізу напружень і переміщень;

- формулювання інженерних висновків щодо допустимості прийнятих проєктних рішень.

Таким чином, робота спрямована на отримання обґрунтованої відповіді на ключове інженерне питання: чи можлива реконструкція приміщень першого поверху будівлі профілакторію під медичний реабілітаційний центр з урахуванням вимог інклюзивності та без втрати конструктивної надійності будівлі, і за яких умов така реконструкція є безпечною з точки зору міцності та жорсткості несучих конструкцій.

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ТА ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ РЕКОНСТРУКЦІЇ

1.1 Загальна характеристика будівлі та функціонального призначення об'єкта

Об'єктом даної роботи є існуюча будівля профілакторію, зведена за типовими для свого періоду архітектурно-конструктивними рішеннями, характерними для закладів оздоровчого та соціального призначення. Будівля є багатоповерховою, з підвальним поверхом і стрічковими або плитними фундаментами, та має традиційну для таких об'єктів конструктивну схему з несучими кам'яними стінами і міжповерховими перекриттями.

Первісне функціональне призначення будівлі передбачало експлуатацію приміщень першого поверху як їдальні з допоміжними технологічними зонами. Таке планувальне рішення не вимагало значних внутрішніх відкритих просторів і, відповідно, не передбачало широких дверних прорізів у несучих стінах. Конструктивна схема будівлі була розрахована на рівномірний розподіл навантажень без локальних ослаблень стінових елементів.

В межах даного проєкту розглядається реконструкція приміщень першого поверху з метою їх перепрофілювання під сучасний медичний реабілітаційний центр. Зміна функціонального призначення об'єкта зумовлена актуальними соціальними потребами та необхідністю створення доступного медичного середовища, що відповідає вимогам безбар'єрності, інклюзивності та комфортного пересування пацієнтів і персоналу. Зазначені вимоги є обов'язковими для закладів охорони здоров'я та мають враховуватися вже на стадії проєктування реконструкції.

Функціональне перепрофілювання приміщень першого поверху потребує суттєвої зміни їх внутрішнього планування. Зокрема, виникає необхідність улаштування широких дверних прорізів для забезпечення проходу інвалідних

візків, медичного обладнання та евакуаційних шляхів. Такі прорізи передбачають не лише збільшення ширини існуючих отворів, а й створення нових прорізів у несучих стінах, що безпосередньо впливає на роботу конструктивної системи будівлі.

Особливістю розглянутого об'єкта є те, що реконструкція здійснюється виключно в межах першого поверху, який водночас виконує роль ключового елемента передавання навантажень від вищерозташованих поверхів, надбудов і покрівлі до підвального рівня та фундаментів [6]. Таким чином, будь-яке втручання в несучі стіни першого поверху повинно розглядатися з позицій забезпечення загальної просторової жорсткості та несучої здатності будівлі в цілому.

На рисунку 1.1 наведено загальний вигляд будівлі профілакторію до виконання реконструкції. Аналіз зовнішнього вигляду та об'ємно-просторової структури будівлі свідчить про типовий характер конструктивної схеми з несучими кам'яними стінами та регулярною сіткою віконних і дверних прорізів:



Рисунок 1.1 – Загальний вигляд будівлі профілакторію (до реконструкції)

З огляду на зазначене, реконструкція приміщень першого поверху не може бути зведена виключно до архітектурно-планувальних рішень. Вона потребує комплексного інженерного обґрунтування, яке включає аналіз конструктивної схеми будівлі, оцінку впливу запроєктованих прорізів на напружено-деформований стан несучих стін та визначення необхідних заходів з підсилення конструкцій. Саме ці аспекти зумовлюють доцільність застосування числового моделювання як інструменту перевірки можливості реалізації проєктних рішень на стадії проєктування реконструкції.

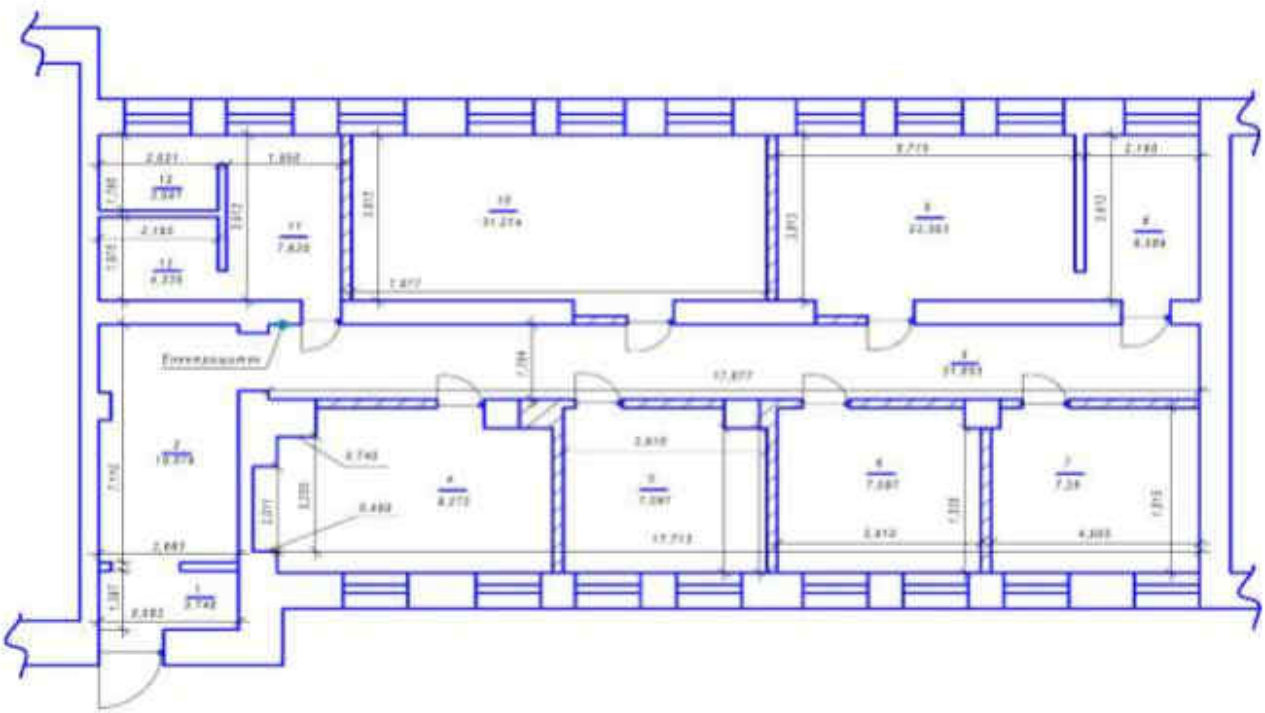


Рисунок 1.2 – План приміщень першого поверху до перепрофілювання

Відсутність значних архітектурних акцентів і відкритих просторів підтверджує, що первісне функціональне призначення будівлі не передбачало інтенсивного внутрішнього перепланування, що є важливим чинником при оцінці допустимості втручання в несучі конструкції.

1.2 Архітектурно-планувальні рішення першого поверху та їх зміна при реконструкції

Архітектурно-планувальні рішення першого поверху будівлі профілакторію формувалися відповідно до його первісного функціонального призначення як їдальні з допоміжними приміщеннями. Планувальна структура характеризується наявністю основного залу, підсобних приміщень, технологічних зон та коридорів із відносно обмеженою шириною проходів. Таке планування було достатнім для експлуатації об'єкта у попередньому режимі, однак не відповідає сучасним вимогам, що висуваються до закладів медичного та реабілітаційного профілю.

Проєктоване перепрофілювання приміщень першого поверху під медичний реабілітаційний центр передбачає зміну функціональної структури простору. Замість залу їдальні та допоміжних приміщень формуються зони для прийому пацієнтів, процедурні кабінети, зали лікувальної фізкультури, приміщення для персоналу та допоміжні зони. Такі приміщення потребують більш вільного планування та забезпечення безперешкодного переміщення пацієнтів, у тому числі осіб з обмеженими фізичними можливостями [11].

Ключовою вимогою до оновленого планувального рішення є забезпечення інклюзивності та безбар'єрності. Це означає необхідність улаштування дверних прорізів збільшеної ширини як у вхідних групах, так і всередині приміщень, а також формування логічних та зручних маршрутів пересування між функціональними зонами. У ряді випадків виконання таких вимог можливе лише шляхом втручання у несучі стіни першого поверху, що обумовлює підвищену відповідальність прийнятих проєктних рішень.

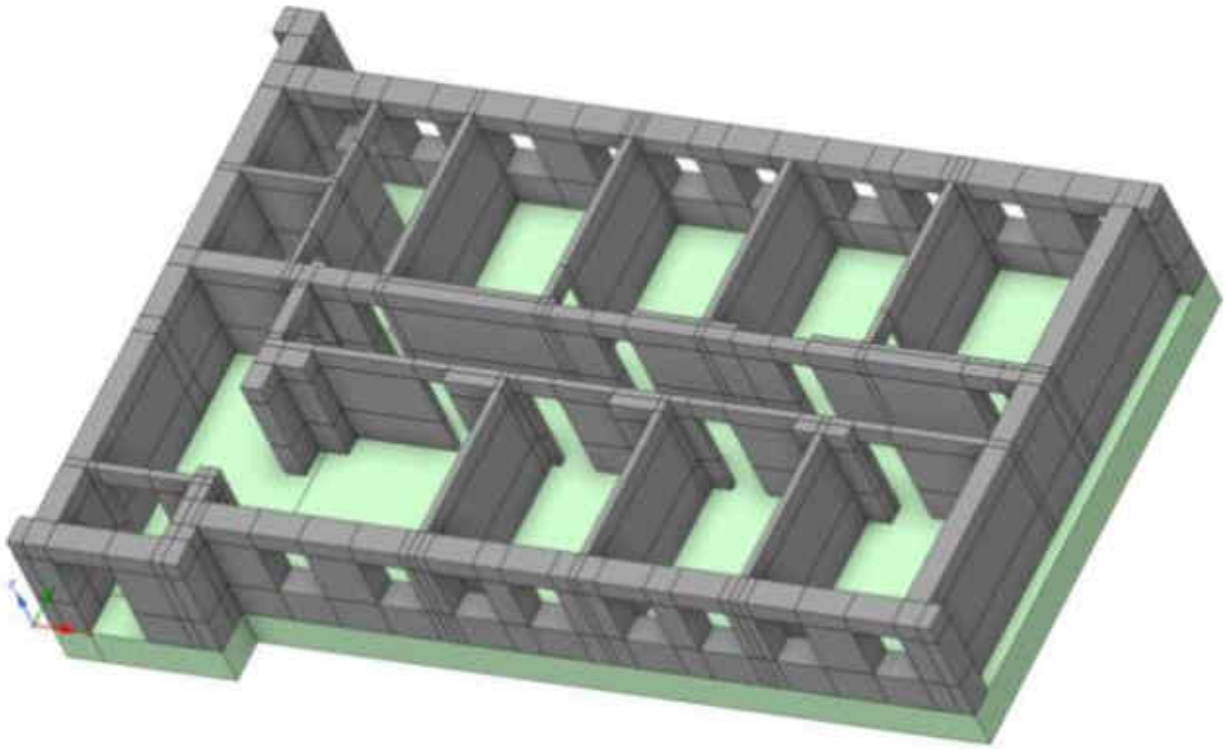


Рисунок 1.3 – Схема першого поверху після перепрофілювання під медичний реабілітаційний центр

На рисунку 1.3 наведено проєктне планувальне рішення приміщень першого поверху після реконструкції. Аналіз плану свідчить про збільшення ширини основних проходів і дверних прорізів, а також про зміну конфігурації окремих приміщень з метою формування відкритішого та функціонально гнучкого простору. Водночас видно, що ряд нових і розширених прорізів розташовано безпосередньо в межах несучих стін, що зумовлює необхідність перевірки допустимості таких рішень з точки зору міцності та жорсткості конструкцій.

Для систематизації змін, які передбачаються у планувальній структурі першого поверху, доцільно узагальнити основні параметри існуючих і проєктних рішень у вигляді таблиці.

Таблиця 1.1

Основні архітектурно-планувальні зміни першого поверху

Параметр	Стан до реконструкції	Проєктний стан
Функціональне призначення	Їдальня з підсобними приміщеннями	Медичний реабілітаційний центр
Ширина основних проходів	Обмежена, достатня для побутового використання	Збільшена з урахуванням інклюзивності
Ширина дверних прорізів	Стандартна	Збільшена, у т.ч. в несучих стінах
Кількість прорізів у несучих стінах	Мінімальна	Збільшена
Вимоги до доступності	Не регламентувались	Обов'язкові

З наведених у таблиці 1.1 даних видно, що основні архітектурно-планувальні зміни пов'язані не лише зі зміною функціонального призначення приміщень, а й зі значним зростанням вимог до геометричних параметрів проходів і прорізів. Саме ці зміни є визначальними з точки зору впливу на несучі конструкції, оскільки збільшення кількості та розмірів прорізів призводить до зменшення ефективної площі перерізу стін і порушення їх просторової роботи.

Особливої уваги потребують прорізи, що передбачаються у зонах передачі вертикальних навантажень від вищерозташованих поверхів. У цих місцях виникає потенційна небезпека концентрації напружень і зниження локальної жорсткості конструкцій, що без відповідних заходів може призвести до недопустимих деформацій або утворення тріщин у кладці.

Таким чином, архітектурно-планувальні рішення першого поверху безпосередньо формують вихідні умови для подальшого конструктивного та розрахункового аналізу. Необхідність улаштування нових і розширення існуючих прорізів у несучих стінах обумовлює потребу в перевірці можливості реалізації таких рішень шляхом числового моделювання напружено-деформованого стану конструкцій, а також у визначенні доцільних заходів із їх підсилення.

1.3 Конструктивна схема будівлі та матеріали несучих елементів

Конструктивна схема будівлі профілакторію сформована відповідно до типових рішень, що застосовувалися при зведенні громадських та оздоровчих будівель у період її будівництва. Будівля виконана за стіновою конструктивною схемою, у якій основними несучими елементами є зовнішні та внутрішні кам'яні стіни, що сприймають вертикальні навантаження від власної ваги конструкцій, експлуатаційних навантажень та навантажень від вищерозташованих поверхів і покрівлі.

Міжповерхові перекриття працюють у взаємодії з несучими стінами, передаючи навантаження на них по лініях опирання. У просторовій роботі будівлі кам'яні стіни першого поверху відіграють визначальну роль, оскільки через них здійснюється передавання сумарних навантажень від усіх верхніх поверхів до підвального рівня та фундаментів. Саме тому будь-яке втручання в ці елементи безпосередньо впливає на загальну несучу здатність і жорсткість будівлі.

Підвальний поверх і фундаменти в конструктивній схемі виконують функцію основи, що забезпечує сприйняття та передавання навантажень у грунт. У межах даної роботи підвальний поверх і фундаменти не є об'єктом реконструкції, проте їх наявність та жорсткість враховуються при формуванні

розрахункової схеми першого поверху як граничні умови, що обмежують переміщення конструкцій.

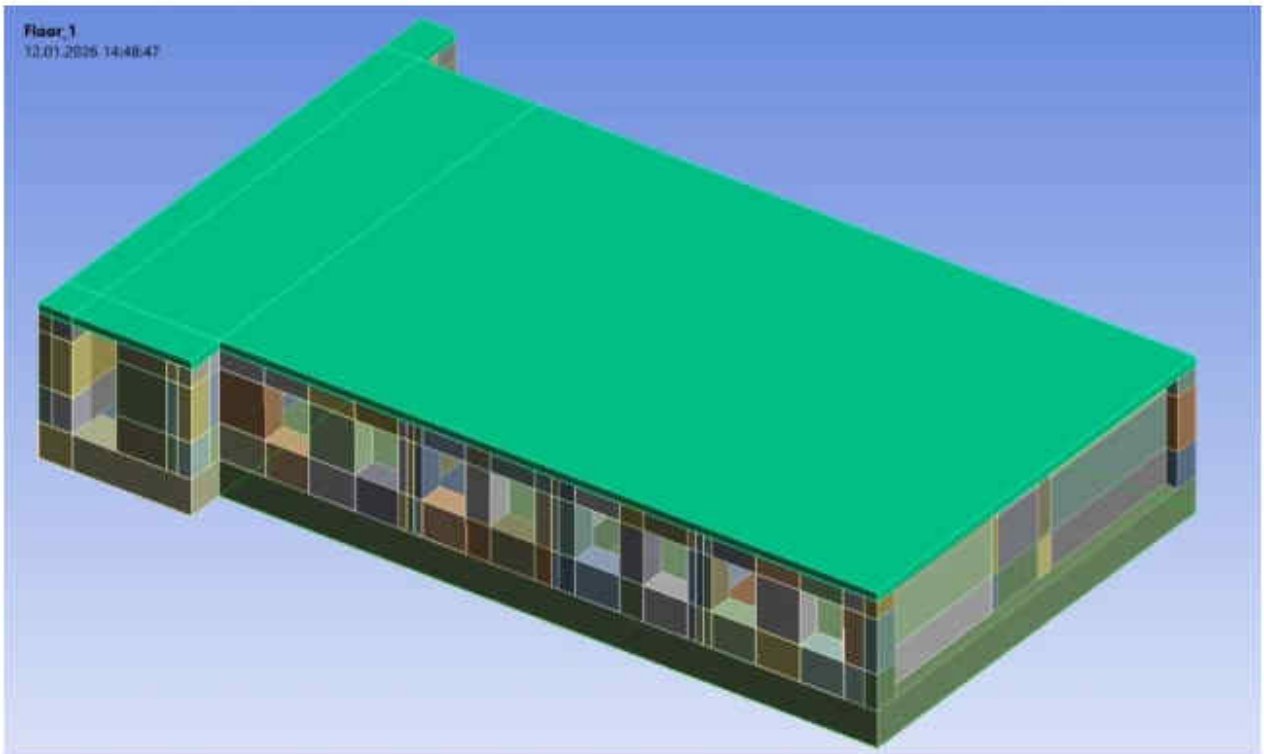


Рисунок 1.4 – Конструктивна схема будівлі першого поверху

На рисунку 1.4 показано загальну конструктивну схему будівлі з виділенням основних несучих стін першого поверху. Аналіз схеми дозволяє встановити, що більшість внутрішніх стін беруть участь у сприйнятті вертикальних навантажень, а тому не можуть бути віднесені до ненесучих перегородок. Це є принциповим при прийнятті рішень щодо можливості улаштування нових або розширення існуючих прорізів, оскільки такі втручання повинні супроводжуватися відповідним конструктивним підсиленням.

Матеріалом несучих стін будівлі є цегляна кладка на цементно-піщаному розчині. Кам'яні конструкції такого типу характеризуються достатньо високою несучою здатністю при роботі на стиск, проте є чутливими до локальних ослаблень, виникнення концентрацій напружень і зменшення ефективного

перерізу в зоні прорізів [55]. Крім того, цегляна кладка має обмежену здатність до перерозподілу зусиль у порівнянні зі сталевими або залізобетонними елементами, що необхідно враховувати при реконструкції [10].

Для подальшого розрахункового аналізу важливим є визначення основних фізико-механічних характеристик матеріалів несучих елементів [53]. Узагальнені характеристики цегляної кладки, що приймаються для числового моделювання першого поверху, наведено в таблиці 1.2:

Таблиця 1.2

Основні фізико-механічні характеристики матеріалів несучих конструкцій

Параметр	Позначення	Одиниця виміру	Прийняте значення
Густина кладки	ρ	кг/м³	1800–2000
Модуль пружності	E	ГПа	8–12
Коефіцієнт Пуассона	ν	–	0,15–0,25
Міцність на стиск	f_m	МПа	8–12
Модуль зсуву	G	ГПа	3,2–4,8

Наведені в таблиці 1.2 характеристики відповідають усередненим значенням для цегляної кладки, що застосовуються при інженерних розрахунках у лінійно-пружній постановці. Прийняття таких параметрів дозволяє адекватно описати початкову стадію роботи конструкцій і оцінити зміну напружено-деформованого стану внаслідок улаштування прорізів та їх підсилення. Разом з тим слід зазначити, що при локальних ослабленнях кладки саме геометричні зміни перерізу відіграють визначальну роль, тоді як точне

значення модуля пружності має другорядний вплив на характер перерозподілу зусиль.

Таким чином, конструктивна схема будівлі та матеріальні характеристики несучих елементів створюють передумови для проведення числового аналізу першого поверху як найбільш відповідальної частини конструктивної системи. Наявність несучих стін із цегляної кладки, що працюють у складі просторової системи, обумовлює необхідність перевірки допустимості втручань у вигляді прорізів шляхом числового моделювання та визначення ефективних заходів із підсилення.

1.4 Вихідні дані та нормативна база для подальших розрахунків

Формування вихідних даних для проєктування реконструкції та подальшого числового аналізу є визначальним етапом, від якого безпосередньо залежить коректність отриманих результатів і обґрунтованість інженерних висновків. У даній роботі вихідні дані сформовано з урахуванням фактичного стану будівлі, прийнятих архітектурно-планувальних рішень першого поверху та чинних нормативних вимог щодо проєктування і реконструкції будівель та споруд [55].

Оскільки об'єктом числового моделювання є перший поверх будівлі як зона безпосереднього конструктивного втручання, вихідні дані для розрахунку сформовано з урахуванням наступних принципових положень:

- перший поверх розглядається як розрахунковий елемент конструктивної системи;

- навантаження від вищерозташованих поверхів, надбудов і покрівлі враховуються у вигляді приведених вертикальних навантажень;

- підвальний поверх і фундаменти враховуються як елементи основи, що забезпечують обмеження переміщень і передавання зусиль у ґрунт [14];

- розрахунок виконується для стадії експлуатації з урахуванням дії власної ваги та нормативних навантажень [4].

Вихідні геометричні параметри першого поверху прийняті відповідно до існуючих обмірних креслень та проєктних рішень реконструкції. Товщина несучих стін, висота поверху, розташування прорізів і характер опирання перекриттів враховані в розрахунковій моделі відповідно до фактичної конструктивної схеми будівлі.

Параметри, наведені в таблиці 1.3, визначають геометричну основу для побудови скінченно-елементної моделі першого поверху [39]. Зміна ширини прорізів у несучих стінах є ключовим фактором, що впливає на зменшення ефективної площі перерізу та перерозподіл напружень у кладці. Саме ці геометричні зміни надалі аналізуються за допомогою числового моделювання з метою оцінки допустимості прийнятих архітектурно-планувальних рішень [50].

Навантаження, що діють на конструкції першого поверху, прийняті відповідно до чинних нормативних документів з урахуванням функціонального призначення будівлі після реконструкції. До розрахунку включено власну вагу конструкцій, а також приведені навантаження від вищерозташованих поверхів, надбудов і покрівлі.

Навантаження враховуються при побудові розрахункової моделі першого поверху як такі, що визначають напружено-деформований стан несучих стін у процесі експлуатації будівлі [30]. Особливу увагу приділено правильному врахуванню навантажень від вищерозташованих конструкцій, оскільки саме вони формують основний стиск у стінах першого поверху та визначають умови їх роботи після улаштування прорізів.

Нормативна база, що використовується при виконанні даної роботи, включає державні будівельні норми та стандарти, які регламентують вимоги до проєктування, надійності та безпеки будівельних конструкцій, а також до організації будівельного виробництва. Основні нормативні документи,

положення яких використано при формуванні вихідних даних і виконанні розрахунків, наведено нижче.

Таблиця 1.3

Основні нормативні документи, використані в роботі

№	Позначення документа	Назва
1	ДБН А.2.2-3:2014	Склад та зміст проєктної документації на будівництво [1]
2	ДБН В.1.2-2:2006*	Навантаження і впливи
3	ДБН В.1.2-14:2018	Загальні принципи забезпечення надійності
4	ДБН В.2.6-162:2010	Кам'яні та армокам'яні конструкції [12]
5	ДСТУ-Н Б В.1.2-13:2008	Основи проєктування конструкцій [16]

Застосування зазначених нормативних документів забезпечує відповідність прийнятих у роботі рішень чинним вимогам щодо безпеки, надійності та експлуатаційної придатності будівельних конструкцій. Норми регламентують як допустимі рівні навантажень і деформацій, так і загальні принципи прийняття конструктивних рішень при реконструкції існуючих будівель, що є особливо важливим у разі втручання в несучі елементи [40].

Таким чином, сформовані вихідні дані та нормативна база створюють необхідні передумови для переходу до розрахунково-конструктивного аналізу першого поверху будівлі. На основі наведених параметрів у наступному розділі виконується побудова розрахункової моделі та числове моделювання напружено-деформованого стану конструкцій з використанням програмного комплексу ANSYS.

РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНИЙ АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА РЕКОНСТРУКЦІЇ

2.1 Обґрунтування розрахункової схеми та постановка задачі розрахунку

Розрахунково-конструктивний аналіз у даній роботі спрямований на інженерне обґрунтування можливості реконструкції приміщень першого поверху будівлі профілакторію шляхом втручання в несучі стіни. Основним завданням цього етапу є визначення напружено-деформованого стану конструкцій першого поверху в різних розрахункових ситуаціях та оцінка впливу улаштування нових і розширення існуючих прорізів на їх несучу здатність і жорсткість.

Ключовою особливістю постановки задачі є те, що безпосереднім об'єктом розрахунку обрано перший поверх будівлі, оскільки саме в його межах передбачається виконання конструктивних втручань. Такий підхід відповідає характеру реконструкції, коли зміни здійснюються локально, але можуть впливати на роботу всієї конструктивної системи. Вищерозташовані поверхи, надбудови та покрівля у розрахунковій схемі враховуються у вигляді приведених навантажень, прикладених до конструкцій першого поверху, тоді як підвальний поверх і фундаменти розглядаються як елементи основи, що забезпечують передачу навантажень і обмеження переміщень.

Обґрунтованість такого підходу полягає в тому, що напружено-деформований стан несучих стін першого поверху формується насамперед під дією сумарних вертикальних навантажень від усієї будівлі. Саме в цих елементах виникають найбільші стискуючі напруження, а у разі ослаблення перерізу внаслідок улаштування прорізів – локальні концентрації напружень, які можуть бути критичними з точки зору міцності та тріщиностійкості кам'яної кладки [32].

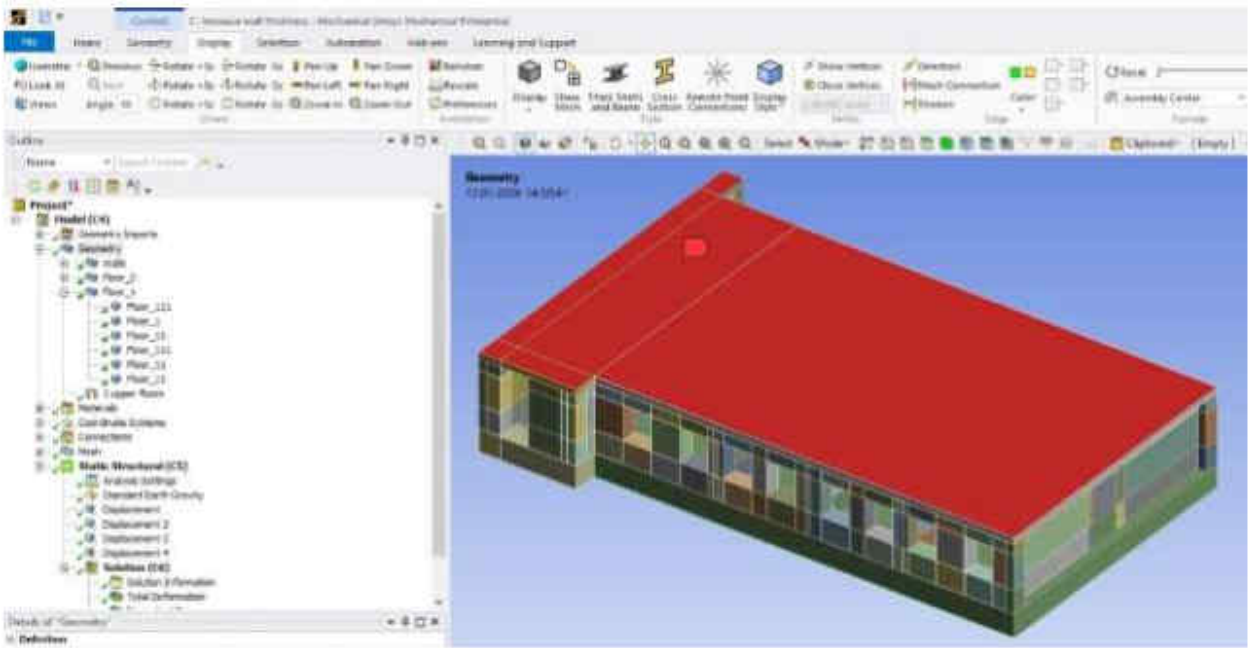


Рисунок 2.1 – Схема роботи першого поверху будівлі з урахуванням навантажень від вищерозташованих конструкцій

На рисунку 2.1 схематично показано принцип роботи першого поверху будівлі в складі загальної конструктивної системи. Навантаження від вищерозташованих поверхів і покрівлі передаються через несучі стіни та перекриття на конструкції першого поверху, а далі – на підвальний рівень і фундаменти. Така схема наочно демонструє, що будь-яке зменшення жорсткості або несучої здатності стін першого поверху безпосередньо впливає на роботу всієї будівлі, що зумовлює необхідність детального розрахункового аналізу саме цього рівня [31].

Для досягнення мети розрахунку в роботі розглядаються декілька розрахункових ситуацій, які відображають послідовність прийняття проєктних рішень при реконструкції:

- вихідний стан конструкцій першого поверху без втручання;

- стан після улаштування нових і розширення існуючих прорізів у несучих стінах;

- стан після підсилення прорізів сталевими елементами, що компенсують втрату просторової жорсткості.

Такий підхід дозволяє не лише оцінити абсолютні значення напружень і переміщень, а й простежити зміну характеру роботи конструкцій унаслідок реконструкції, що є принципово важливим для прийняття обґрунтованих інженерних рішень.

Таблиця 2.1

Розрахункові ситуації, прийняті для аналізу

№	Розрахункова ситуація	Характеристика стану конструкцій
1	Вихідний стан	Несучі стіни без втручань
2	Стан після улаштування прорізів	Ослаблення перерізів несучих стін
3	Стан після підсилення	Улаштування обойм зі сталевих швелерів

Розглянуті розрахункові ситуації дозволяють послідовно оцінити вплив кожного етапу реконструкції на роботу несучих стін першого поверху. Порівняння результатів для вихідного стану та стану після улаштування прорізів дає змогу встановити, чи є таке втручання допустимим без додаткових заходів. Аналіз третьої ситуації дозволяє оцінити ефективність підсилення сталевими елементами та підтвердити доцільність прийнятого конструктивного рішення.

У рамках розрахунково-конструктивного аналізу передбачається визначення наступних основних параметрів:

- поля повних переміщень конструкцій першого поверху;

- нормальні та еквівалентні напруження в цегляній кладці;

- характер перерозподілу зусиль у зонах прорізів;

- вплив підсилювальних елементів на загальну жорсткість системи.

Отримані результати використовуються для формування інженерних висновків щодо допустимості реконструкції та для обґрунтування конструктивних рішень, які надалі розглядаються в розділах, присвячених числовому моделюванню та проєктуванню підсилення.

2.2 Формування розрахункової моделі та задання граничних умов

Формування розрахункової моделі є ключовим етапом розрахунково-конструктивного аналізу, оскільки саме на цьому етапі реальна конструктивна схема будівлі трансформується у математичну модель, придатну для числового аналізу. Метою побудови розрахункової моделі в даній роботі є відтворення просторової роботи несучих стін першого поверху з урахуванням навантажень від вищерозташованих конструкцій, умов опирання на підвальний рівень і фундамент, а також геометричних змін, пов'язаних з улаштуванням прорізів.

Розрахункова модель включає несучі зовнішні та внутрішні стіни першого поверху, міжповерхове перекриття над першим поверхом і зони передачі навантажень від вищерозташованих поверхів. Геометрія моделі відповідає фактичним планувальним рішенням першого поверху з урахуванням проєктних змін, передбачених реконструкцією. При цьому дрібні архітектурні елементи та ненесучі перегородки, що не впливають істотно на загальний напружено-деформований стан несучих конструкцій, у модель не включалися, що дозволило зосередити розрахунок на найбільш відповідальних елементах [44].

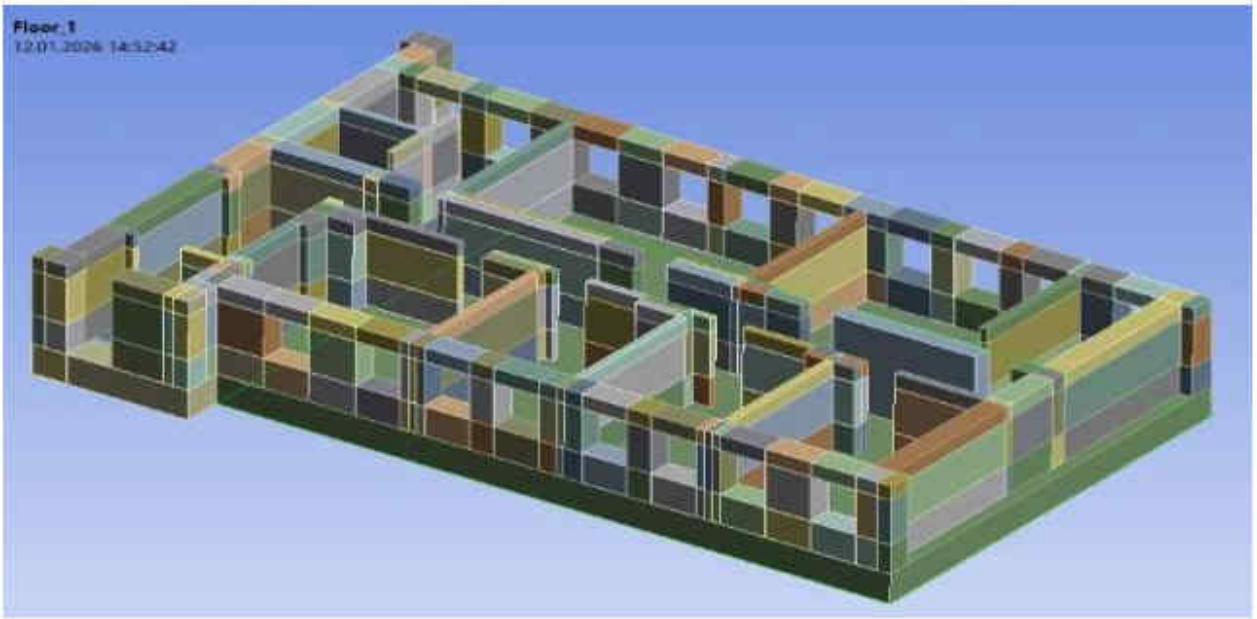


Рисунок 2.2 – Геометрична модель першого поверху будівлі, прийнята для розрахунку

На рисунку 2.2 показано геометричну модель першого поверху, яка використовується для подальшого числового аналізу. Модель відтворює конфігурацію несучих стін і розташування прорізів, що дозволяє коректно врахувати зміну жорсткості та перерозподіл напружень унаслідок реконструкції. Такий підхід забезпечує відповідність розрахункової схеми фактичному конструктивному рішенню об'єкта [18].

Навантаження на розрахункову модель прикладалися у вигляді власної ваги конструкцій та приведених навантажень від вищерозташованих поверхів і покрівлі. Власна вага матеріалів визначалась автоматично на основі заданих фізико-механічних характеристик [19]. Навантаження від верхніх поверхів прикладалися до верхньої частини стін першого поверху у вигляді рівномірно розподілених або зосереджених навантажень, що відповідають реальній схемі передачі зусиль.

Таблиця 2.2

Основні граничні умови та навантаження розрахункової моделі

Елемент моделі	Тип умови	Характеристика
Нижні торці стін	Закріплення	Обмеження вертикальних і горизонтальних переміщень
Верхні торці стін	Навантаження	Приведені навантаження від верхніх поверхів
Матеріал стін	Фізико-механічні властивості	Згідно з табл. 1.2
Власна вага	Постійне навантаження	Враховується автоматично

Задані граничні умови та навантаження дозволяють сформувати розрахункову модель, адекватну реальній роботі конструкцій першого поверху. Врахування приведених навантажень від усієї будівлі забезпечує правильну оцінку стискуючих напружень у несучих стінах, що є визначальним при аналізі впливу прорізів і підсилювальних елементів.

Сформована розрахункова модель є базовою для подальшого числового аналізу. На її основі у наступному підрозділі виконується дискретизація конструкцій методом скінченних елементів та підготовка моделі до розрахунку в програмному комплексі ANSYS.

2.3 Скінченно-елементна дискретизація та параметри числового розрахунку

Після формування геометричної розрахункової моделі та задання граничних умов наступним етапом розрахунково-конструктивного аналізу є дискретизація конструкцій методом скінченних елементів. Метою цього етапу є перетворення суцільної розрахункової області, що відповідає несучим стінам

першого поверху, у систему скінченних елементів, для яких можуть бути сформульовані рівняння рівноваги та виконано числове розв'язання задачі.

У даній роботі для моделювання цегляної кладки несучих стін застосовано просторові скінченні елементи, що дозволяють відтворити тривимірний напружено-деформований стан конструкцій. Використання просторової моделі є принципово важливим, оскільки улаштування прорізів у стінах призводить не лише до зміни напружень у площині стін, а й до перерозподілу зусиль у суміжних елементах і виникнення локальних ефектів у просторовій системі.

Розмір скінченних елементів обрано з урахуванням необхідності досягнення компромісу між точністю розрахунку та обчислювальною ефективністю. У зонах з відносно рівномірним розподілом напружень застосовано елементи більшого розміру, тоді як у зонах очікуваної концентрації напружень – зокрема в кутах прорізів і в місцях примикання підсилювальних елементів – передбачено локальне згущення сітки.

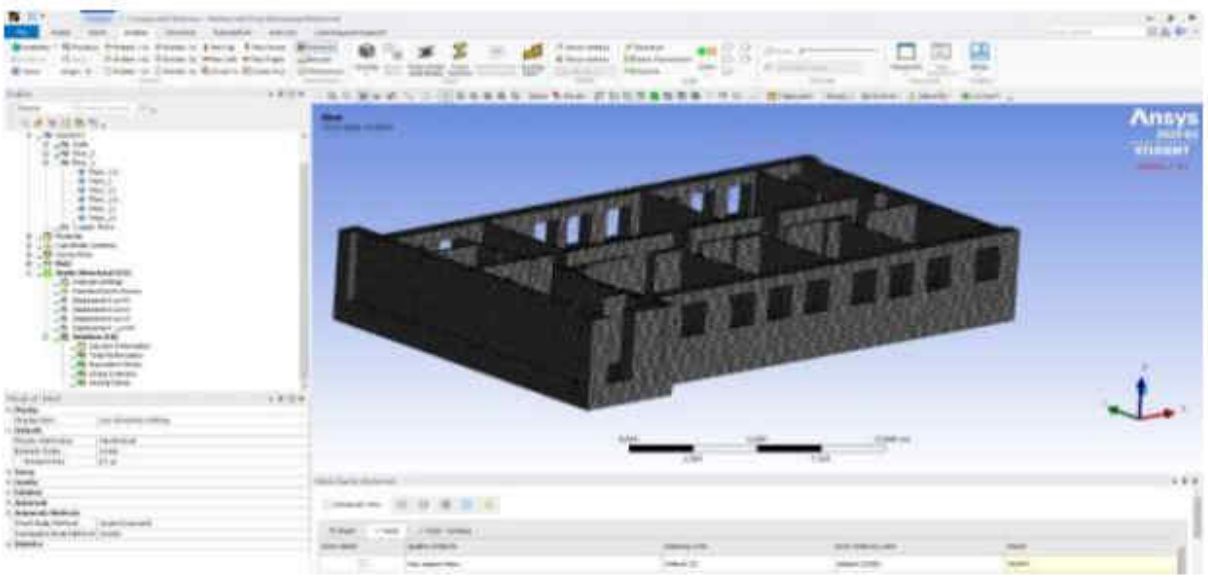


Рисунок 2.3 – Скінченно-елементна сітка розрахункової моделі

першого поверху

На рисунку 2.3 наведено загальний вигляд скінченно-елементної сітки розрахункової моделі першого поверху. Видно, що у зонах прорізів сітка має менший розмір елементів, що дозволяє більш детально відобразити зміну напружено-деформованого стану в цих критичних ділянках. Такий підхід є особливо важливим при аналізі кам'яних конструкцій, для яких локальні концентрації напружень можуть визначати загальну працездатність елемента [46].

Для опису механічної поведінки матеріалу несучих стін у межах числового моделювання прийнято лінійно-пружну модель матеріалу [33]. Застосування лінійно-пружної постановки обґрунтовано тим, що основною метою розрахунку є оцінка можливості реконструкції та порівняння напружено-деформованого стану конструкцій у різних розрахункових ситуаціях, а не аналіз процесів руйнування [34]. Такий підхід широко використовується при попередньому інженерному обґрунтуванні реконструктивних рішень і відповідає вимогам чинних нормативних документів.

Основні параметри скінченно-елементної дискретизації [45] та числового розрахунку узагальнено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3

Параметри скінченно-елементної моделі та розрахунку

Параметр	Опис	Прийняте значення
Тип елементів	Просторові твердотільні	3D
Модель матеріалу	Лінійно-пружна	–
Середній розмір елемента	Основна зона	уточнюється
Розмір елемента в зонах прорізів	Локальне згущення	уточнюється
Тип розрахунку	Статичний	–

Облік власної ваги	Так	Автоматично

Параметри, наведені в таблиці 2.3, забезпечують достатню деталізацію розрахункової моделі для аналізу впливу улаштування прорізів і підсилювальних елементів на роботу несучих стін. Використання статичного розрахунку з урахуванням власної ваги конструкцій та приведених навантажень від вищерозташованих поверхів дозволяє отримати репрезентативні результати для стадії експлуатації будівлі.

Застосована дискретизація та прийняті параметри розрахунку створюють основу для подальшого аналізу напружено-деформованого стану конструкцій першого поверху. У наступному підрозділі розглядаються результати числового моделювання вихідного стану конструкцій без втручання, які слугують базою для порівняння з результатами для станів після улаштування прорізів та їх підсилення.

2.4 Результати числового моделювання вихідного стану конструкцій першого поверху

Результати числового моделювання вихідного стану конструкцій першого поверху є базовими для подальшого аналізу та порівняння з результатами, отриманими після улаштування прорізів і їх підсилення. Метою цього етапу є визначення напружено-деформованого стану несучих стін у початковій конфігурації будівлі, без будь-яких конструктивних втручань, а також встановлення характерних зон напружень і переміщень, які формуються під дією сумарних навантажень.

Числовий розрахунок виконано для розрахункової моделі першого поверху з урахуванням власної ваги конструкцій та приведених навантажень від вищерозташованих поверхів і покрівлі. Отримані результати дозволяють

оцінити загальну жорсткість системи, рівень стискуючих напружень у кладці та відсутність критичних локальних концентрацій у вихідному стані.

Для узагальнення результатів числового моделювання вихідного стану конструкцій доцільно навести основні кількісні показники напружено-деформованого стану у вигляді таблиці.

Таблиця 2.4

Основні результати числового моделювання вихідного стану

Показник	Одиниця виміру	Значення
Максимальне повне переміщення	м	уточнюється
Середні стискуючі напруження в кладці	МПа	уточнюється
Максимальні еквівалентні напруження	МПа	уточнюється
Характер розподілу напружень	–	Рівномірний

Наведені в таблиці 2.4 результати підтверджують, що у вихідному стані конструкції першого поверху працюють у межах допустимих напружень і деформацій. Отримані значення переміщень і напружень можуть бути використані як базовий рівень для подальшого порівняльного аналізу з результатами, отриманими для станів після улаштування прорізів та їх підсилення.

Результати числового моделювання вихідного стану конструкцій першого поверху свідчать про достатню несучу здатність і жорсткість кам'яних стін у початковій конфігурації будівлі. Відсутність локальних зон перевищення допустимих напружень підтверджує, що конструкції працюють у нормальному експлуатаційному режимі. Це створює необхідні передумови для подальшого

аналізу впливу конструктивних втручань у вигляді улаштування нових і розширення існуючих прорізів.

У наступному підрозділі розглядаються результати числового моделювання стану конструкцій після улаштування прорізів у несучих стінах першого поверху та оцінюється вплив таких втручань на напружено-деформований стан будівлі.

2.5 Результати числового моделювання стану конструкцій після улаштування та розширення прорізів

Наступним етапом розрахунково-конструктивного аналізу є дослідження напружено-деформованого стану конструкцій першого поверху після улаштування нових та розширення існуючих прорізів у несучих стінах. Даний етап має принципове значення, оскільки дозволяє оцінити вплив безпосереднього конструктивного втручання на працездатність стін та визначити необхідність застосування додаткових заходів підсилення.

Розрахункова модель для цієї стадії відрізняється від вихідної конфігурації лише геометрією несучих стін у зонах прорізів. Фізико-механічні властивості матеріалів, граничні умови та прикладені навантаження залишаються ідентичними, що забезпечує коректність порівняння результатів. Таким чином, усі виявлені зміни напружено-деформованого стану зумовлені виключно зменшенням ефективної площі перерізу стін і порушенням їх просторової жорсткості внаслідок улаштування прорізів.

Поля повних переміщень після улаштування прорізів

Поля повних переміщень дозволяють оцінити зміну деформаційної поведінки конструкцій першого поверху внаслідок ослаблення несучих стін.

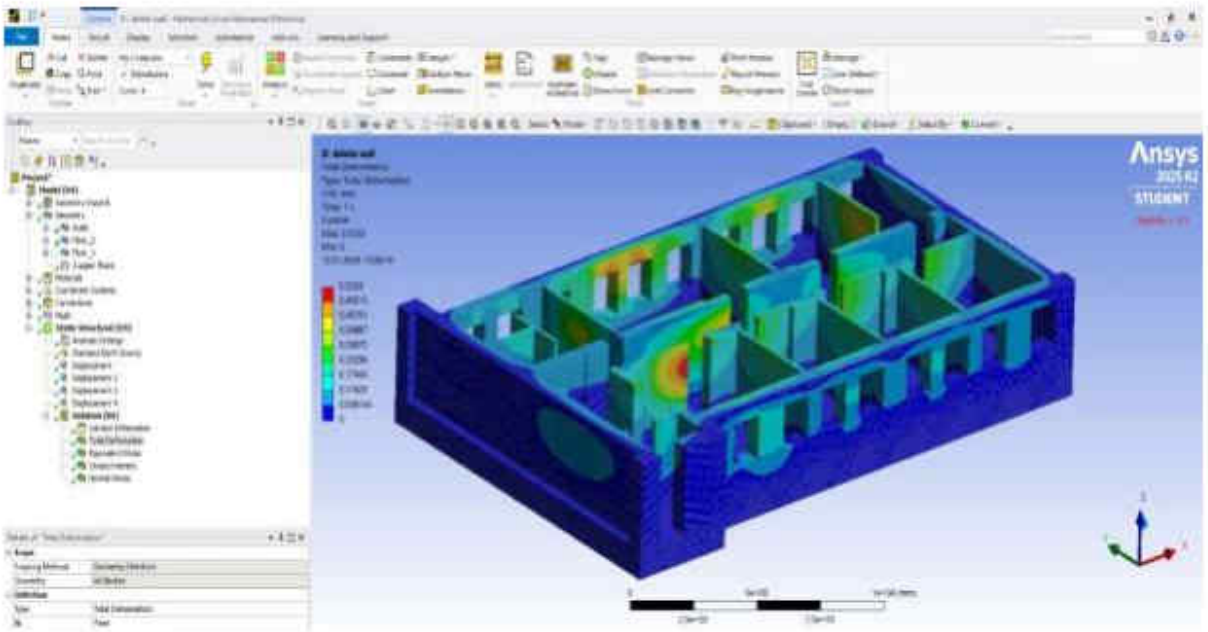


Рисунок 2.5 – Поле повних переміщень конструкцій першого поверху після улаштування прорізів

Аналіз поля повних переміщень, наведеного на рисунку 2.5, свідчить про збільшення максимальних переміщень у порівнянні з вихідним станом. Найбільші деформації локалізуються у зонах над прорізами та в прилеглих ділянках несучих стін. Такий характер розподілу переміщень є закономірним, оскільки улаштування прорізів призводить до зменшення жорсткості стін і перерозподілу зусиль у конструкції.

Особливу увагу приділено аналізу напружень у цегляній кладці в зонах прорізів, оскільки саме ці ділянки є потенційно найбільш небезпечними з точки зору міцності та тріщиностійкості.

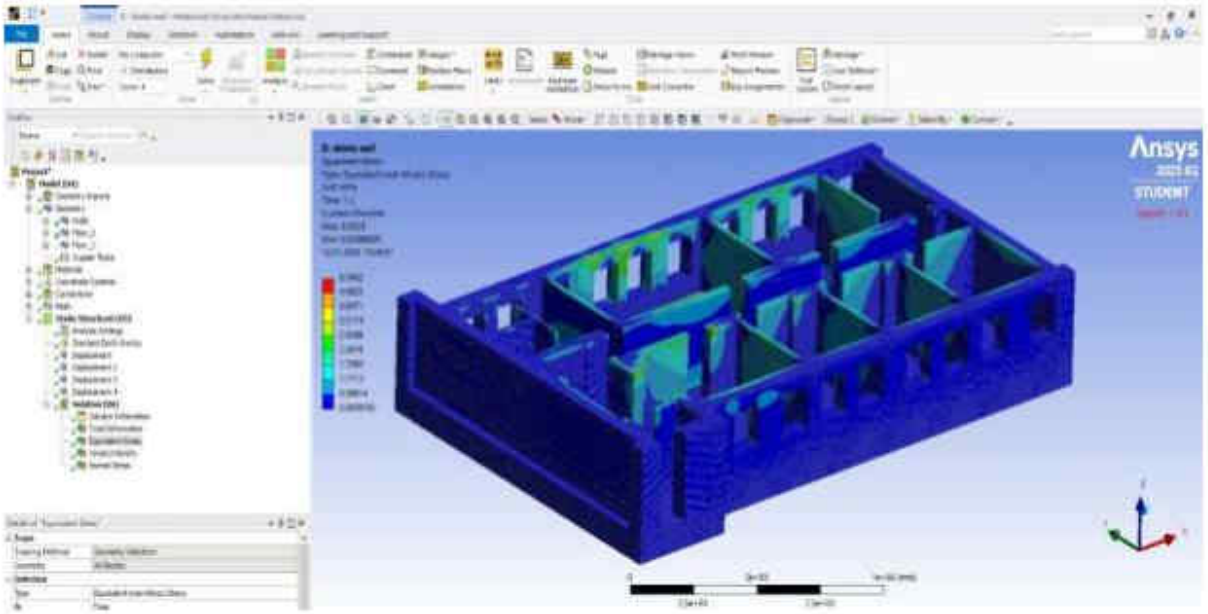


Рисунок 2.6 – Поле еквівалентних напружень у кладці після улаштування прорізів

З рисунка 2.8 видно, що після улаштування прорізів у несучих стінах спостерігається істотне зростання еквівалентних напружень у кутах прорізів і в зонах над ними. Формуються локальні концентрації напружень, які значно перевищують середній рівень напружень у стінах. Така картина є типовою для кам'яних конструкцій при порушенні суцільності перерізу та може призводити до появи тріщин і прогресуючого руйнування кладки за відсутності додаткових конструктивних заходів.

Крім того, у зоні прорізів змінюється напрямок головних напружень, що свідчить про перерозподіл внутрішніх зусиль і появу згинальних ефектів, нехарактерних для вихідного стану конструкцій.

Для наочної оцінки впливу улаштування прорізів на напружено-деформований стан конструкцій виконано узагальнення основних числових показників у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5

Основні результати числового моделювання після улаштування прорізів

Показник	Одиниця виміру	Значення
Максимальне повне переміщення	м	уточнюється
Максимальні напруження в кутах прорізів	МПа	уточнюється
Середній рівень напружень у кладці	МПа	уточнюється
Характер напруженого стану	–	Нерівномірний, з локальними концентраціями

Результати, наведені в таблиці 2.5, підтверджують, що улаштування та розширення прорізів у несучих стінах першого поверху призводить до істотного погіршення напружено-деформованого стану конструкцій. Зростання максимальних напружень і переміщень свідчить про зниження загальної жорсткості системи та підвищення ризику виникнення пошкоджень кладки в експлуатації.

Числове моделювання стану конструкцій після улаштування прорізів показало, що виконання реконструкції без застосування заходів підсилення є конструктивно небезпечним. Локальні концентрації напружень у кутах прорізів і над ними перевищують допустимі значення для цегляної кладки, що може призвести до утворення тріщин і втрати несучої здатності окремих ділянок стін [59].

Отримані результати обґрунтовують необхідність застосування додаткових конструктивних заходів, спрямованих на компенсацію втрати жорсткості та перерозподіл зусиль у зонах прорізів. У наступному підрозділі

розглядаються результати числового моделювання стану конструкцій після улаштування підсилювальних елементів у вигляді сталевих швелерів та оцінюється ефективність прийнятого конструктивного рішення.

2.6 Результати числового моделювання конструкцій після підсилення прорізів сталевими елементами

На завершальному етапі розрахунково-конструктивного аналізу виконано числове моделювання конструкцій першого поверху після улаштування підсилення прорізів у несучих стінах. Метою даного етапу є оцінка ефективності прийнятого конструктивного рішення щодо компенсації втрати просторової жорсткості та зниження рівня напружень у цегляній кладці в зонах прорізів.

У якості підсилювальних елементів у розрахунковій моделі прийнято сталеві швелери, що утворюють замкнену обойму навколо прорізів. Таке конструктивне рішення дозволяє забезпечити перерозподіл зусиль з ослаблених ділянок кладки на більш жорсткі та міцні сталеві елементи, які сприймають значну частину згинальних і розтягувальних зусиль, що виникають у зоні прорізів [13].

Геометрія та розташування підсилювальних елементів у розрахунковій моделі відповідають проєктному рішенню реконструкції та враховують необхідність збереження функціональних і архітектурних вимог до приміщень медичного реабілітаційного центру.

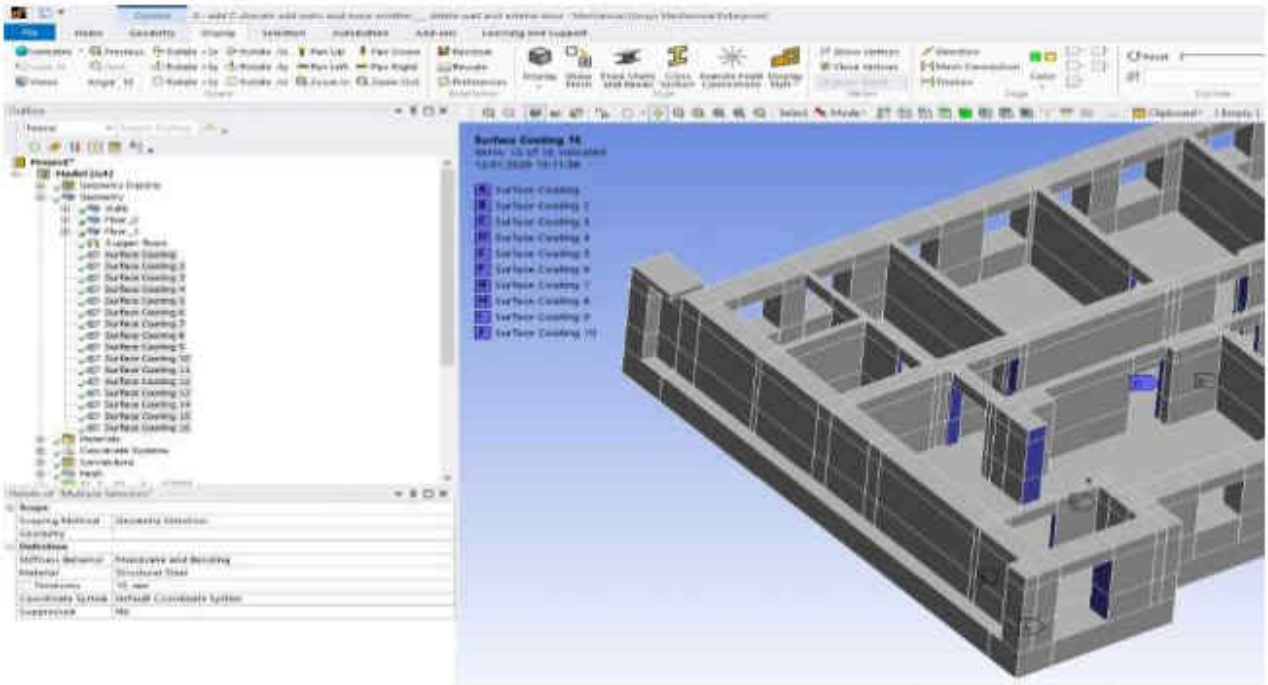


Рисунок 2.9 – Розрахункова модель першого поверху
після підсилення прорізів сталевими швелерами

На рисунку 2.9 показано розташування підсилювальних елементів у зонах прорізів несучих стін першого поверху. Видно, що сталеві швелери формують жорстку рамну систему, яка забезпечує спільну роботу з цегляною кладкою та створює альтернативний шлях передавання внутрішніх зусиль, минаючи ослаблені ділянки стін.

Порівняльний аналіз полів повних переміщень дозволяє оцінити вплив підсилення на деформаційну поведінку конструкцій першого поверху.

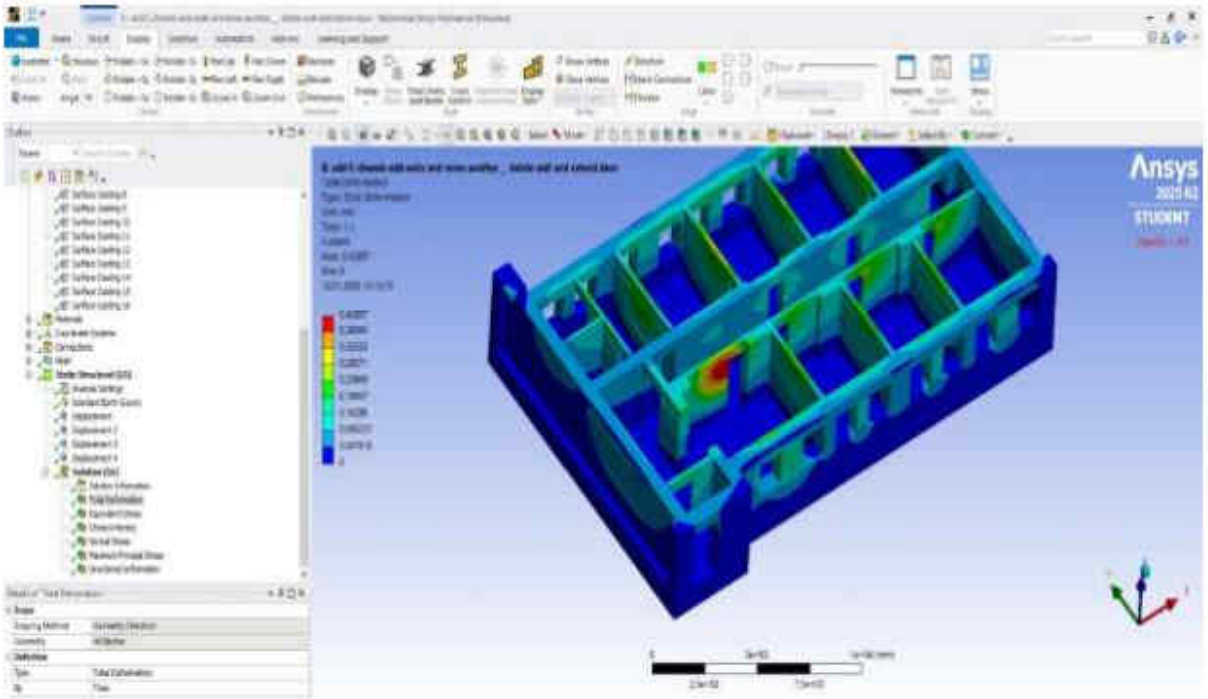


Рисунок 2.10 – Поле повних переміщень конструкцій першого поверху після підсилення прорізів

З аналізу поля повних переміщень, наведеного на рисунку 2.10, видно, що максимальні переміщення конструкцій після підсилення зменшуються у порівнянні зі станом після улаштування прорізів. Деформаційна картина стає більш рівномірною, а локальні піки переміщень у зонах прорізів істотно згладжуються. Це свідчить про підвищення загальної жорсткості системи та ефективну роботу підсилювальних елементів.

Особливу увагу приділено аналізу розподілу напружень як у цегляній кладці, так і у сталевих елементах підсилення.

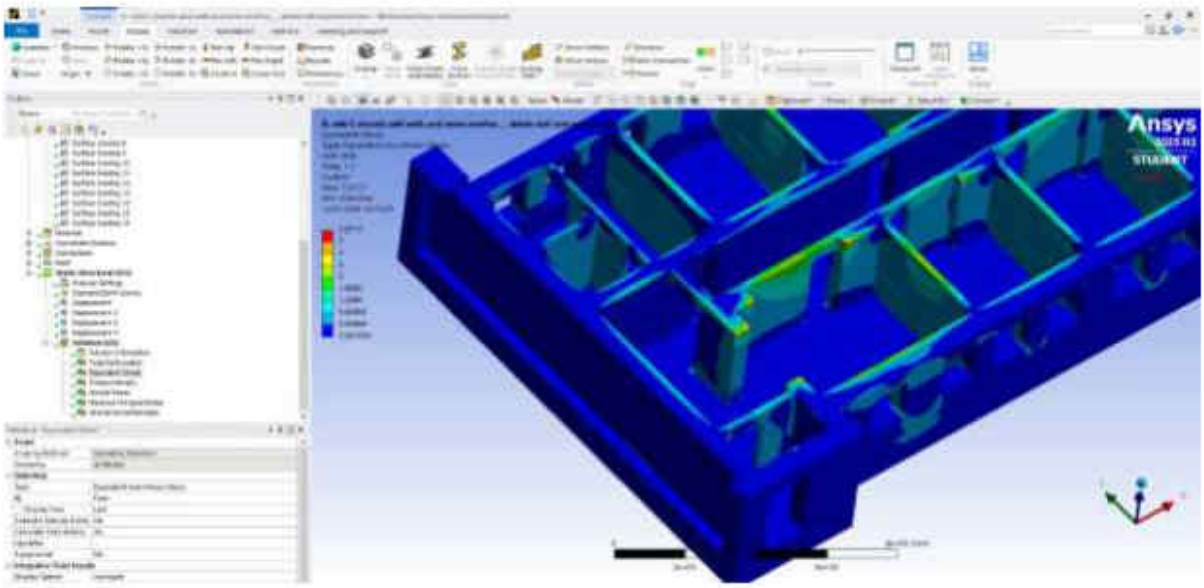


Рисунок 2.11 – Поле еквівалентних напружень
у кладці після підсилення прорізів

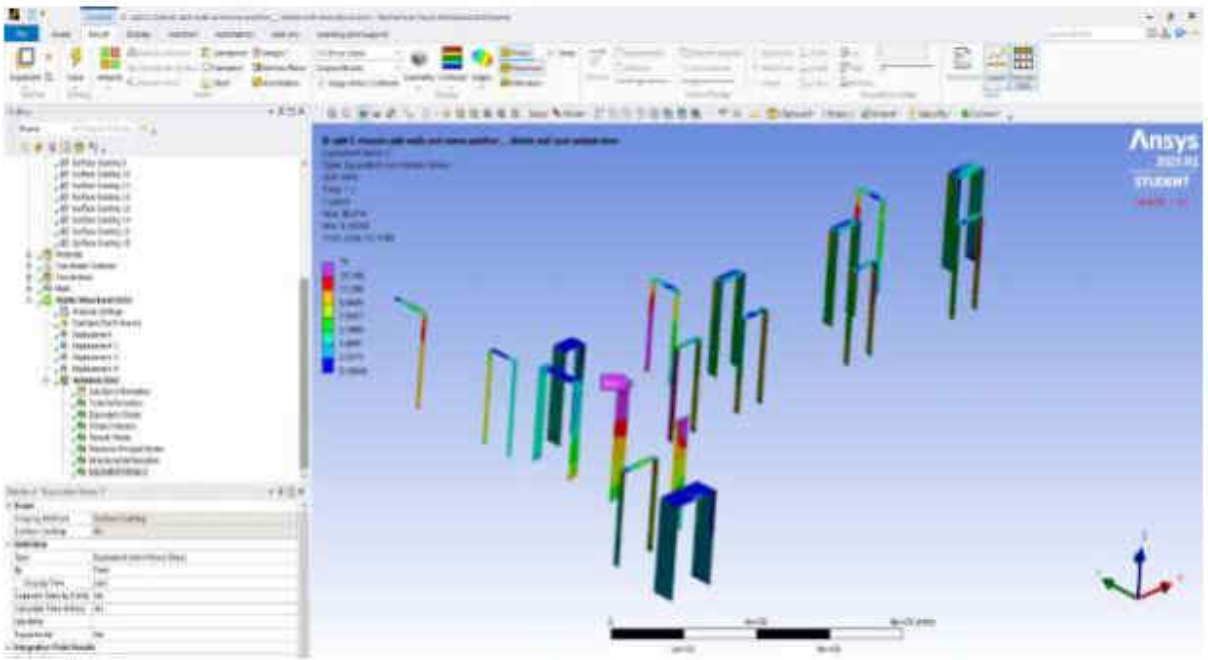


Рисунок 2.12 – Поле напружень у сталевих швелерах підсилення

Після улаштування підсилювальних елементів спостерігається істотне зниження рівня напружень у цегляній кладці в зонах прорізів. Локальні концентрації напружень, характерні для моделі без підсилення, значною мірою зникають. Водночас у сталевих швелерах фіксується зростання напружень, що свідчить про перерозподіл внутрішніх зусиль на підсилювальні елементи. Така зміна характеру напруженого стану є очікуваною та підтверджує правильність прийнятого конструктивного рішення.

Для узагальнення результатів числового моделювання після підсилення виконано кількісну оцінку основних параметрів напружено-деформованого стану.

Таблиця 2.6

Основні результати числового моделювання після підсилення прорізів

Показник	Одиниця виміру	Значення
Максимальне повне переміщення	м	уточнюється
Максимальні напруження в кладці	МПа	уточнюється
Максимальні напруження в швелерах	МПа	уточнюється
Характер напруженого стану	–	Перерозподілений, стабілізований

Наведені в таблиці 2.6 результати демонструють, що застосування сталевих швелерів дозволяє істотно знизити рівень напружень у кладці та

зменшити деформації конструкцій першого поверху. При цьому напруження у підсилювальних елементах не перевищують допустимих для конструкційної сталі, що підтверджує їх працездатність і надійність.

Числове моделювання показало, що улаштування підсилення прорізів сталевими елементами є ефективним конструктивним заходом, який забезпечує [20]:

- компенсацію втрати просторової жорсткості несучих стін;

- зниження рівня напружень у цегляній кладці;

- формування стабільного напружено-деформованого стану конструкцій першого поверху.

Отримані результати підтверджують можливість реалізації проєктного рішення з перепрофілювання приміщень першого поверху під медичний реабілітаційний центр за умови обов'язкового застосування підсилювальних елементів у зонах прорізів.

РОЗДІЛ 3. ПРОЄКТНІ РІШЕННЯ З РЕКОНСТРУКЦІЇ ТА ПІДСИЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ

3.1 Загальні положення та принципи проєктних рішень

Проєктні рішення з реконструкції приміщень першого поверху будівлі профілакторію розроблено на основі результатів числового моделювання напружено-деформованого стану конструкцій, виконаного у попередніх розділах. Основною метою проєктування є забезпечення можливості перепрофілювання приміщень колишньої їдальні у сучасний медичний реабілітаційний центр з дотриманням вимог безпеки, надійності та інклюзивності.

На підставі виконаного аналізу встановлено, що улаштування та розширення прорізів у несучих стінах без застосування додаткових заходів є конструктивно неприпустимим. Тому всі проєктні рішення з реконструкції передбачають обов'язкове підсилення прорізів сталевими елементами, які компенсують втрату несучої здатності та просторової жорсткості кам'яних конструкцій [21].

Основними принципами, покладеними в основу проєктних рішень, є:

- забезпечення безперервності передачі навантажень від вищерозташованих конструкцій до фундаментів;
- мінімальне втручання у несучі елементи за умови досягнення необхідних планувальних параметрів;
- сумісна робота цегляної кладки та сталевих підсилювальних елементів;
- відповідність проєктних рішень вимогам чинних нормативних документів.

3.2 Архітектурно-планувальні рішення першого поверху після реконструкції

Архітектурно-планувальні рішення першого поверху розроблено з урахуванням функціонального призначення майбутнього медичного реабілітаційного центру. Основними вимогами до планування є забезпечення зручних і безпечних шляхів пересування пацієнтів, у тому числі маломобільних груп населення, а також можливість розміщення спеціалізованого медичного обладнання.

Для виконання зазначених вимог у проєкті передбачено:

- розширення існуючих дверних прорізів;
- улаштування нових проходів між приміщеннями;
- формування безперешкодних маршрутів руху всередині поверху.

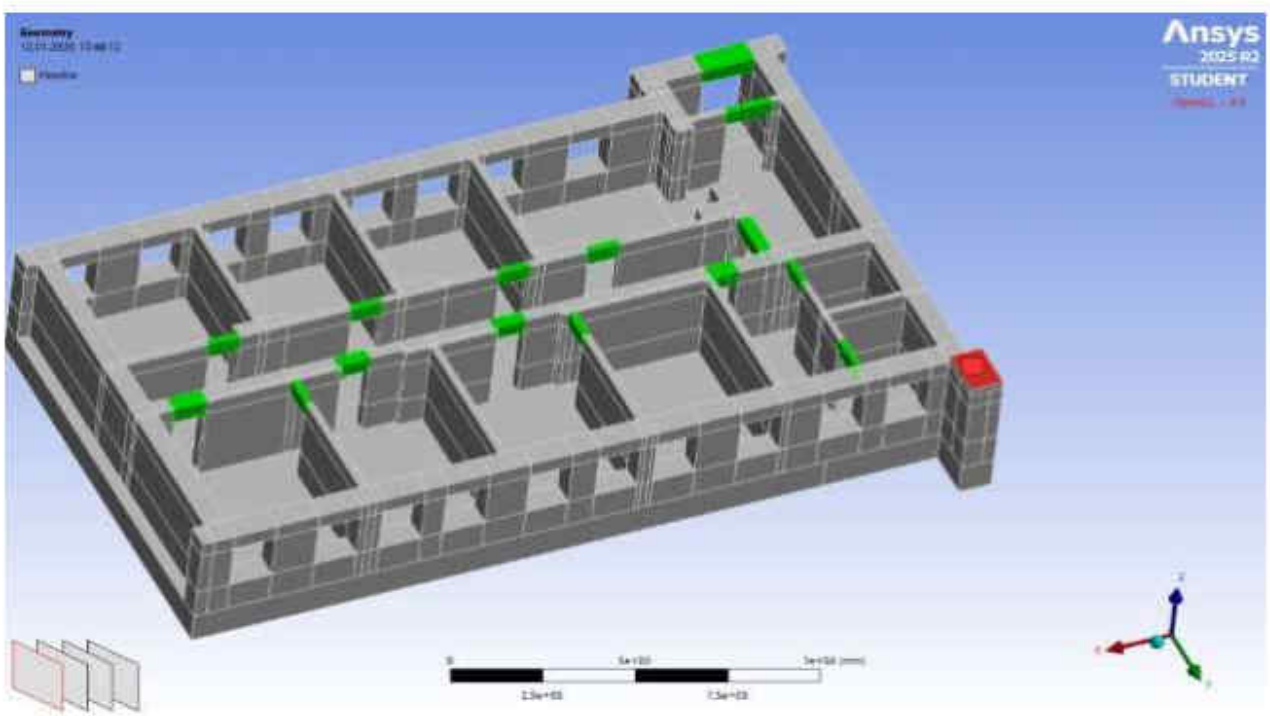


Рисунок 3.1 – План першого поверху після реконструкції з позначенням нових і розширених прорізів

На рисунку 3.1 показано планувальну структуру першого поверху після реконструкції. Видно, що зміна конфігурації прорізів забезпечує формування відкритих і функціонально пов'язаних приміщень, необхідних для роботи медичного реабілітаційного центру. При цьому всі конструктивні втручання локалізовані в межах першого поверху, що дозволяє зберегти незмінною загальну архітектурну композицію будівлі.

3.3 Конструктивні рішення з улаштування та підсилення прорізів

Конструктивні рішення з улаштування та підсилення прорізів у несучих стінах розроблено з урахуванням результатів числового моделювання та вимог до міцності й жорсткості кам'яних конструкцій. Основним конструктивним елементом підсилення є сталеві швелери, які утворюють обойму навколо прорізів і забезпечують сприйняття додаткових зусиль, що виникають унаслідок порушення суцільності стін.

Підсилення прорізів передбачається виконувати за принципом рамної конструкції, у якій вертикальні елементи (швелери) сприймають стискуючі та згинальні зусилля, а горизонтальні – передають навантаження над прорізами. Така схема забезпечує ефективну спільну роботу сталі та цегляної кладки і відповідає рекомендаціям нормативних документів щодо підсилення кам'яних конструкцій [56].

Таблиця 3.1

Основні елементи підсилення прорізів

Елемент підсилення	Матеріал	Функціональне призначення
Вертикальні швелери	Конструкційна сталь	Сприйняття стиску і згину
Горизонтальні швелери	Конструкційна сталь	Передача навантаження над прорізом
Анкерні з'єднання	Сталь	Забезпечення сумісної роботи з кладкою

Елементи підсилення, наведені в таблиці 3.1, утворюють єдину конструктивну систему, яка забезпечує перерозподіл внутрішніх зусиль і зменшення напружень у цегляній кладці. Застосування сталевих швелерів дозволяє підвищити надійність конструкцій без істотного збільшення маси та без зміни габаритів приміщень.

3.4 Розрахункове обґрунтування прийнятих конструктивних рішень з підсилення

Розрахункове обґрунтування прийнятих конструктивних рішень з підсилення прорізів у несучих стінах першого поверху виконано на основі результатів числового моделювання, наведених у розділах 2 та 3. Основною метою цього підрозділу є підтвердження того, що обрані конструктивні рішення забезпечують необхідну несучу здатність, жорсткість і надійність конструкцій у післяреконструктивному стані [64].

Як було встановлено в результаті числового аналізу, улаштування прорізів без підсилення призводить до формування небезпечних концентрацій напружень у кладці та до зростання переміщень конструкцій першого поверху.

Зокрема, у кутах прорізів і надпрорізних ділянках виникають локальні напруження, які можуть перевищувати допустимі значення для цегляної кладки, що суперечить вимогам щодо граничних станів першої та другої груп.

У зв'язку з цим у проєкті прийнято рішення про підсилення прорізів сталевими швелерами, які утворюють жорстку рамну систему навколо кожного прорізу. Таке рішення дозволяє:

- забезпечити альтернативний шлях передачі навантажень від вищерозташованих конструкцій;

- зменшити напруження у цегляній кладці в зонах прорізів;

- підвищити локальну та загальну просторову жорсткість конструкцій першого поверху.

Ефективність даного рішення підтверджується результатами числового моделювання, згідно з якими після улаштування підсилення:

- максимальні напруження в кладці зменшуються до значень, що не перевищують розрахункову міцність матеріалу;

- переміщення конструкцій знижуються і набувають плавного характеру;

- напружений стан стабілізується, а локальні концентрації напружень у кладці значною мірою усуваються.

Сталеві швелери в розрахунковій моделі сприймають значну частину згинальних і розтягувальних зусиль, що виникають у зоні прорізів. При цьому розрахункові напруження у сталевих елементах не перевищують допустимих для конструкційної сталі, що свідчить про їх працездатність і достатній запас міцності.

Особливу увагу при обґрунтуванні конструктивних рішень приділено сумісній роботі сталевих елементів і цегляної кладки. Передавання зусиль між сталлю та кладкою забезпечується за рахунок анкерних з'єднань, які враховані в проєктному рішенні та розрахунковій моделі. Такий підхід дозволяє уникнути

концентрації напружень на межі матеріалів і забезпечує спільну роботу підсилення та існуючих конструкцій [37].

Таблиця 3.2

Узагальнене розрахункове обґрунтування підсилення прорізів

Показник	Без підсилення	Після підсилення
Максимальні напруження в кладці	Підвищені, локальні піки	Знижені, допустимі
Максимальні переміщення	Збільшені	Зменшені
Просторова жорсткість	Знижена	Відновлена
Відповідність нормативам	Не забезпечена	Забезпечена

Дані таблиці 3.2 підтверджують, що прийняте конструктивне рішення з підсиленням прорізів є розрахунково обґрунтованим і забезпечує виконання вимог чинних нормативних документів щодо міцності, жорсткості та експлуатаційної придатності конструкцій першого поверху.

Таким чином, результати числового моделювання в програмному комплексі ANSYS дозволили не лише виявити потенційно небезпечні зони при реконструкції, а й обґрунтувати доцільність і ефективність конкретних конструктивних заходів з підсилення. Прийняті проєктні рішення забезпечують можливість безпечної експлуатації будівлі після перепрофілювання приміщень першого поверху під медичний реабілітаційний центр.

У наступному підрозділі розглядаються конструктивні вузли підсилення прорізів та їх детальне виконання, що є необхідним для практичної реалізації проєктних рішень.

3.5 Конструктивні вузли підсилення прорізів та їх детальне виконання

Конструктивні вузли підсилення прорізів у несучих стінах першого поверху розроблено з урахуванням результатів числового моделювання, прийнятих проєктних рішень та вимог чинних нормативних документів щодо реконструкції кам'яних конструкцій. Основною метою розроблення вузлів є забезпечення надійної та сумісної роботи сталевих елементів підсилення і цегляної кладки при дії експлуатаційних навантажень (Рис. 3.2):



Рисунок 3.2 – Конструктивне підсилення прорізів у несучій цегляній стіні шляхом улаштування замкненої сталевої обойми зі швелерів

Підсилення кожного прорізу передбачається виконувати у вигляді замкненої сталевої обойми, яка складається з вертикальних і горизонтальних елементів зі швелерів, з'єднаних між собою у єдину рамну систему. Така конструкція дозволяє ефективно сприймати стискуючі, згинальні та зсувні зусилля, що виникають у зоні прорізу після реконструкції.

РОЗДІЛ 4. ТЕХНОЛОГІЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ БУДІВЕЛЬНИХ РОБІТ

4.1 Загальні положення щодо виконання будівельних робіт при реконструкції

Технологія та організація будівельних робіт при реконструкції приміщень першого поверху будівлі профілакторію розробляються з урахуванням особливостей виконання робіт в існуючій будівлі, що експлуатується або має збережену несучу систему. На відміну від нового будівництва, реконструкція передбачає виконання будівельно-монтажних процесів в умовах обмеженого простору, підвищених вимог до безпеки та необхідності забезпечення збереження існуючих конструкцій.

Основною метою організації будівельних робіт є забезпечення безпечного та поетапного виконання демонтажних, підсилювальних і відновлювальних процесів без порушення стійкості та несучої здатності будівлі в цілому [60]. Особливу увагу приділено роботам, пов'язаним з улаштуванням і розширенням прорізів у несучих стінах першого поверху, оскільки ці процеси супроводжуються локальним зменшенням жорсткості конструкцій і потребують чіткої технологічної послідовності.

При організації робіт враховано, що перший поверх сприймає навантаження від:

- чотирьох надземних поверхів;
- покрівлі;
- підвального поверху та фундаментів, які забезпечують загальну стійкість будівлі.

Таким чином, будь-яке втручання в несучі стіни першого поверху має виконуватись із попереднім улаштуванням або негайним монтажем підсилювальних елементів, що підтверджено результатами числового моделювання.

Організація будівельних робіт у даному проєкті ґрунтується на таких принципах:

- поетапність виконання процесів з чітким розподілом на підготовчі, основні та завершальні роботи;

- мінімізація одночасного впливу на несучі конструкції;

- постійний контроль технічного стану кладки та підсилювальних елементів;

- дотримання вимог охорони праці та промислової безпеки.

Виконання робіт передбачається з використанням стандартних будівельних машин, механізмів і ручного інструменту, що дозволяє виконувати реконструкцію без застосування важкої будівельної техніки та без додаткових динамічних навантажень на конструкції.

4.2 Підготовчі роботи перед улаштуванням і підсиленням прорізів

Підготовчі роботи є обов'язковим етапом реконструкції приміщень першого поверху та визначають безпеку і якість подальшого виконання основних будівельно-монтажних процесів [61]. Метою підготовчого етапу є створення умов для улаштування та підсилення прорізів у несучих стінах без порушення стійкості будівлі та без виникнення аварійних ситуацій.

З урахуванням того, що перший поверх сприймає навантаження від усіх вищерозташованих конструкцій, підготовчі роботи виконуються у чітко визначеній послідовності та включають як інженерно-технічні, так і організаційні заходи.

4.2.1 Інженерно-технічне обстеження конструкцій

Перед початком будь-яких будівельних робіт виконується додаткове інженерно-технічне обстеження несучих стін першого поверху. Метою обстеження є уточнення фактичного технічного стану кладки, виявлення наявних дефектів і перевірка відповідності реальних характеристик конструкцій даним, прийнятим у розрахунковій моделі [38].

У процесі обстеження здійснюється:

- візуальна оцінка стану кладки (тріщини, висоли, пошкодження швів);
- перевірка геометричних параметрів стін і товщини кладки;
- уточнення розташування інженерних мереж у зоні майбутніх прорізів;
- фіксація результатів у вигляді дефектних відомостей.

Результати обстеження є підставою для уточнення робочої документації та, за необхідності, коригування технології виконання робіт.

4.2.2 Розмітка місць улаштування прорізів

Після завершення обстеження виконується розмітка місць улаштування нових і розширення існуючих прорізів. Розмітка здійснюється відповідно до проєктних креслень із урахуванням фактичних розмірів приміщень і розташування конструктивних елементів [11].

Розмітка включає:

- нанесення контурів прорізів на поверхню стін;
- позначення місць встановлення вертикальних і горизонтальних елементів підсилення;
- контроль відповідності розмітки проєктним відміткам і осям.

Точність виконання розмітки має принципове значення, оскільки від цього залежить правильність монтажу підсилювальних елементів і подальша робота конструкцій.

4.2.3 Улаштування тимчасових підпірних конструкцій

Одним із ключових етапів підготовчих робіт є улаштування тимчасових підпірних конструкцій, які забезпечують сприйняття навантажень від кладки і перекриттів у період виконання демонтажних робіт. Тимчасові підпори встановлюються до початку розбирання кладки і залишаються в робочому стані до завершення монтажу підсилення.

Тимчасові підпірні конструкції виконують такі функції:

- запобігання раптовому перерозподілу навантажень;
- зниження ризику утворення тріщин у кладці;
- забезпечення стійкості конструкцій у процесі реконструкції.

4.2.4 Організація робочих зон і заходи безпеки

Перед початком основних робіт організовуються робочі зони з урахуванням вимог охорони праці та промислової безпеки. Зони виконання робіт відокремлюються від інших приміщень, встановлюються попереджувальні знаки та обмеження доступу сторонніх осіб.

Особлива увага приділяється:

- організації безпечних проходів і евакуаційних шляхів;
- забезпеченню достатнього освітлення робочих місць;
- контролю за станом конструкцій під час виконання робіт.

Таблиця 4.1

Склад підготовчих робіт

Вид робіт	Основне призначення
Інженерне обстеження	Оцінка технічного стану конструкцій
Розмітка прорізів	Забезпечення точності виконання робіт
Тимчасові підпори	Забезпечення стійкості конструкцій
Організація робочих зон	Підвищення безпеки робіт

Склад підготовчих робіт, наведений у таблиці 4.1, забезпечує створення безпечних умов для виконання основних будівельно-монтажних процесів. Дотримання встановленої послідовності підготовчих заходів є необхідною умовою якісного та безпечного улаштування і підсилення прорізів у несучих стінах першого поверху.

4.3 Технологія улаштування та розширення прорізів у несучих стінах

Улаштування та розширення прорізів у несучих стінах першого поверху є найбільш відповідальним етапом реконструкції, оскільки безпосередньо впливає на несучу здатність і просторову жорсткість будівлі. Технологія виконання цих робіт розроблена з урахуванням результатів числового моделювання, а також вимог нормативних документів щодо реконструкції кам'яних конструкцій і організації будівельного виробництва [2].

Основним принципом технології є поетапне виконання робіт з мінімальним порушенням роботи існуючих конструкцій та обов'язковим поєднанням демонтажних і підсилювальних операцій.

4.3.1 Загальна послідовність виконання робіт

Улаштування прорізів у несучих стінах виконується за такою загальною послідовністю:

- завершення всіх підготовчих робіт та улаштування тимчасових підпірних конструкцій;
- локальне розкриття кладки в зоні прорізу без повного демонтажу стіни;
- поетапне видалення цегляної кладки з верхньої частини прорізу;
- формування геометрії прорізу відповідно до проєктних розмірів;
- підготовка поверхонь кладки для монтажу підсилювальних елементів.

Такий підхід дозволяє уникнути різкого перерозподілу навантажень і зменшити ризик виникнення аварійних деформацій у процесі виконання робіт.

4.3.2 Демонтаж кладки в зоні прорізу

Демонтаж цегляної кладки виконується виключно механізованим або ручним способом із застосуванням малогабаритного інструменту. Використання ударних методів із великою енергією не допускається, оскільки може призвести до розвитку тріщин у суміжних ділянках стіни.

Демонтаж здійснюється:

- з верхньої частини прорізу вниз;
- з поетапним контролем стану кладки;
- з постійною перевіркою роботи тимчасових підпір.

Особливу увагу приділяють надпрорізній зоні, оскільки саме тут виникають найбільші концентрації напружень, що підтверджено результатами числового моделювання.

4.3.3 Формування контурів прорізу

Після демонтажу кладки виконується формування точних контурів прорізу відповідно до проєктних розмірів. Поверхні прорізу очищаються від пилу та залишків розчину, перевіряється вертикальність і горизонтальність площин.

Формування геометрії прорізу має забезпечити:

- щільне прилягання підсилювальних елементів;
- рівномірний розподіл контактних напружень;
- відсутність локальних концентрацій зусиль у кладці.

4.3.4 Контроль стану конструкцій під час виконання робіт

У процесі улаштування прорізів здійснюється постійний технічний контроль стану несучих конструкцій. Контроль включає:

- візуальне спостереження за появою тріщин;
- перевірку роботи тимчасових підпір;
- контроль відсутності надмірних деформацій у суміжних конструкціях.

У разі виявлення ознак нестабільної роботи конструкцій виконання робіт негайно припиняється до усунення причин і прийняття додаткових технічних рішень.

Таким чином, технологія улаштування та розширення прорізів у несучих стінах першого поверху передбачає поетапний контрольований демонтаж кладки з обов'язковим урахуванням особливостей роботи існуючих конструкцій. Реалізація даної технології є необхідною передумовою для ефективного та безпечного монтажу підсилювальних елементів, який розглядається у наступному підрозділі.

4.4 Технологія монтажу підсилювальних елементів прорізів

Монтаж підсилювальних елементів прорізів у несучих стінах першого поверху виконується безпосередньо після завершення улаштування прорізів і є ключовим етапом реконструкції, що забезпечує відновлення несучої здатності та просторової жорсткості конструкцій. Технологія монтажу розроблена з урахуванням прийнятих проєктних рішень, результатів числового моделювання та вимог нормативних документів щодо сталевих і кам'яних конструкцій ,.

Основним принципом монтажу є оперативне включення підсилювальних елементів у роботу конструктивної системи з мінімальним проміжком часу між демонтажем кладки та встановленням сталевих елементів.

4.4.1 Підготовка підсилювальних елементів до монтажу

До початку монтажу виконуються підготовчі операції зі сталевими елементами підсилення:

- перевірка відповідності швелерів проєктним розмірам і маркам сталі;
- очищення поверхонь від іржі, мастила та забруднень;
- нанесення антикорозійного грунтового покриття;
- розмітка місць зварних і болтових з'єднань.

Підготовка елементів виконується на спеціально відведеному майданчику або безпосередньо в приміщенні першого поверху за умови дотримання вимог безпеки.

4.4.2 Монтаж вертикальних елементів підсилення

Монтаж підсилювальних рам розпочинається з установлення вертикальних швелерів по боках прорізу. Вертикальні елементи встановлюються у проєктне положення, вирівнюються за вертикаллю та тимчасово фіксуються.

Кріплення вертикальних швелерів до цегляної кладки здійснюється за допомогою анкерних болтів, які забезпечують сумісну роботу сталі та кладки. Монтаж анкерів виконується з дотриманням заданих кроків і глибини закладання, що дозволяє рівномірно передати навантаження від кладки на підсилювальні елементи.

4.4.3 Монтаж горизонтальних елементів підсилення

Після закріплення вертикальних елементів встановлюються горизонтальні швелери в надпрорізній зоні. Горизонтальні елементи спираються на вертикальні швелери та з'єднуються з ними у жорстку рамну систему.

Особлива увага приділяється забезпеченню щільного контакту між горизонтальним швелером і кладкою над прорізом. За необхідності використовується вирівнювальний розчин або прокладки для усунення нерівностей і зменшення контактних напружень.

4.4.4 З'єднання елементів обойми та введення підсилення в роботу

З'єднання вертикальних і горизонтальних елементів виконується зварними або болтовими з'єднаннями відповідно до проєктної документації. Після завершення з'єднання перевіряється геометрична незмінність рамної системи та якість виконання з'єднань.

Після монтажу підсилювальних елементів поступово знімаються тимчасові підпірні конструкції, при цьому контролюється стан кладки та підсилення. Така поетапність дозволяє плавно передати навантаження на нову конструктивну систему без виникнення різких деформацій.

Послідовність монтажних операцій забезпечує оперативне введення підсилювальних елементів у роботу та мінімізує ризик виникнення небезпечних деформацій у процесі реконструкції. Дотримання цієї технології є необхідною умовою забезпечення надійності конструкцій першого поверху [51].

Таким чином, технологія монтажу підсилювальних елементів прорізів передбачає чітко регламентовану послідовність операцій, що забезпечує сумісну роботу сталевих рам і цегляної кладки. Реалізація прийнятих технологічних рішень дозволяє відновити несучу здатність і жорсткість конструкцій після улаштування прорізів та створює умови для подальшого завершення реконструкційних робіт.

4.5 Організація будівельних робіт та контроль якості

Організація будівельних робіт при реконструкції приміщень першого поверху будівлі профілакторію спрямована на забезпечення чіткої координації всіх технологічних процесів, дотримання встановленої послідовності робіт і досягнення необхідної якості виконання конструктивних заходів. Враховуючи, що реконструкція здійснюється в існуючій будівлі з несучими конструкціями, які продовжують сприймати навантаження від вищерозташованих поверхів, організаційні рішення мають вирішальне значення для безпеки та надійності [23].

4.5.1 Організація виконання будівельних робіт

Будівельні роботи організовуються за поетапною схемою з розподілом процесів у часі та просторі. Основні етапи реконструкції першого поверху включають:

- виконання підготовчих робіт;
- улаштування та розширення прорізів;
- монтаж підсилювальних елементів;
- відновлення кладки та завершальні роботи.

Кожен етап виконується окремими ланками робітників відповідної кваліфікації під керівництвом відповідальної інженерно-технічної особи. Забороняється паралельне виконання демонтажних робіт у суміжних зонах, що може призвести до небезпечного сумарного впливу на несучі конструкції.

Організація робочих місць передбачає раціональне розміщення матеріалів і інструменту з урахуванням мінімізації переміщень та зниження ризику пошкодження існуючих конструкцій [24]. Переміщення сталевих елементів підсилення здійснюється механізовано або вручну з дотриманням вимог безпеки.

4.5.2 Технічний нагляд і контроль виконання робіт

Контроль якості виконання будівельних робіт здійснюється на всіх етапах реконструкції і включає вхідний, операційний та приймальний контроль. Особлива увага приділяється роботам, що безпосередньо впливають на несучу здатність конструкцій.

Вхідний контроль передбачає перевірку:

- відповідності сталевих елементів підсилення проєктним характеристикам;

- якості анкерних елементів і зварних матеріалів;

- стану цегляної кладки перед виконанням робіт.

Операційний контроль здійснюється в процесі виконання робіт і включає перевірку правильності встановлення підсилювальних елементів, якості з'єднань і дотримання технологічної послідовності. Приймальний контроль проводиться після завершення кожного етапу робіт і оформлюється відповідними актами.

4.5.3 Контроль геометричних параметрів і стану конструкцій

У процесі реконструкції виконується регулярний контроль геометричних параметрів прорізів і положення підсилювальних елементів. Контроль включає перевірку вертикальності та горизонтальності встановлених елементів, а також відсутності надмірних деформацій у кладці.

За необхідності можуть застосовуватися прості інструментальні методи контролю (рівні, відвіси, рулетки), а також візуальні спостереження за розвитком тріщин. У разі виявлення відхилень від проєктних параметрів виконання робіт коригується.

Система контролю забезпечує своєчасне виявлення відхилень від проєктних рішень і дозволяє оперативно вживати коригувальних заходів. Такий підхід є необхідною умовою забезпечення надійності конструкцій після реконструкції [5].

Організація будівельних робіт і система контролю якості, прийняті в проєкті, забезпечують безпечне та кероване виконання реконструкції приміщень першого поверху. Дотримання встановленої послідовності робіт і контроль

ключових параметрів конструкцій дозволяють гарантувати відповідність виконаних робіт проєктним рішенням і нормативним вимогам.

Розглянута послідовність виконання робіт – від підготовчих заходів до монтажу підсилювальних елементів – забезпечує поетапне і контрольоване втручання в несучі конструкції без порушення їх стійкості. Особливу увагу приділено улаштуванню тимчасових підпірних конструкцій, що дозволяє уникнути різкого перерозподілу навантажень у процесі демонтажу кладки та монтажу підсилення.

Технологія улаштування та розширення прорізів передбачає поопераційний демонтаж кладки з постійним контролем стану конструкцій. Такий підхід мінімізує ризик утворення тріщин і локальних пошкоджень у суміжних ділянках стін та перекриттів. Монтаж підсилювальних елементів виконується без затримок після формування прорізів, що забезпечує оперативне включення сталевих рам у роботу конструктивної системи та відновлення просторової жорсткості.

Організація будівельних робіт і система контролю якості, прийняті в проєкті, дозволяють забезпечити:

- чітку координацію технологічних процесів;
- дотримання вимог безпеки при виконанні робіт [5];
- відповідність виконаних робіт проєктним рішенням і нормативним вимогам;
- надійність і довговічність підсилених конструкцій.

Узагальнені результати підтверджують, що запропонована технологія та організація будівельних робіт є технічно обґрунтованими та придатними для реалізації в умовах реконструкції існуючої будівлі.

Розроблено поетапну технологію виконання робіт з улаштування та підсилення прорізів у несучих стінах першого поверху.

Запропонована організація будівельних робіт забезпечує безпечне виконання реконструкції без порушення стійкості будівлі.

Система контролю якості дозволяє гарантувати відповідність виконаних робіт проєктним і нормативним вимогам.

Технологічні рішення можуть бути рекомендовані для практичної реалізації при реконструкції аналогічних об'єктів.

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

5.1 Загальні положення з охорони праці при виконанні робіт з реконструкції

Охорона праці при виконанні робіт з реконструкції приміщень першого поверху будівлі профілакторію є обов'язковою складовою проєктних і технологічних рішень та спрямована на забезпечення безпечних умов праці для працівників, а також на запобігання виникненню аварійних ситуацій. Роботи виконуються в умовах існуючої будівлі з несучими конструкціями, що перебувають під дією постійних і тимчасових навантажень, що суттєво підвищує рівень потенційної небезпеки.

Організація заходів з охорони праці здійснюється відповідно до вимог системи стандартів безпеки праці у будівництві, чинних державних будівельних норм та нормативно-правових актів з охорони праці [3]. Усі технологічні процеси, пов'язані з демонтажем кладки, улаштуванням прорізів і монтажем підсилювальних елементів, повинні виконуватися з дотриманням встановлених вимог безпеки та під постійним контролем відповідальних осіб.

Основною особливістю виконання робіт у даному проєкті є те, що реконструкція здійснюється локально – у межах першого поверху, однак цей поверх сприймає навантаження від усіх вищерозташованих конструкцій. У зв'язку з цим будь-які порушення технологічної послідовності або вимог

охорони праці можуть призвести не лише до травмування персоналу, а й до порушення стійкості конструкцій будівлі в цілому.

Загальна система охорони праці при виконанні робіт з реконструкції включає:

- організаційні заходи (інструктажі, допуски до робіт, призначення відповідальних осіб);
- технічні заходи (застосування захисних і запобіжних пристроїв, тимчасових підпір);
- санітарно-гігієнічні заходи (зменшення запиленості, шуму, вібрацій);
- контроль і нагляд за дотриманням вимог безпеки.

5.1.1 Організаційні заходи з охорони праці

До початку виконання будівельних робіт усі працівники проходять вступний та первинний інструктажі з охорони праці з урахуванням специфіки реконструкційних робіт. Особи, які виконують роботи підвищеної небезпеки (демонтаж кладки, монтаж сталевих елементів, зварювальні роботи), допускаються до роботи лише за наявності відповідної кваліфікації та посвідчень.

На об’єкті призначається відповідальна особа за охорону праці, яка здійснює контроль за дотриманням вимог безпеки, веде журнал інструктажів та організовує проведення позапланових інструктажів у разі зміни умов виконання робіт.

5.1.2 Загальні вимоги безпеки при виконанні робіт

При виконанні робіт з улаштування та підсилення прорізів необхідно дотримуватися таких загальних вимог безпеки:

- забороняється виконання демонтажних робіт без попереднього улаштування тимчасових підпір;

- робочі місця повинні бути добре освітлені та очищені від будівельного сміття;

- проходи та евакуаційні шляхи повинні залишатися вільними;

- працівники зобов'язані використовувати засоби індивідуального захисту.

Таблиця 6.1

Основні організаційні заходи з охорони праці

Захід	Призначення
Інструктажі з охорони праці	Ознайомлення з ризиками
Допуск до робіт	Запобігання несанкціонованим діям
Призначення відповідальних	Контроль безпеки
Використання ЗІЗ	Захист працівників

Заходи, наведені в таблиці 6.1, формують основу системи охорони праці на будівельному майданчику та забезпечують організаційний контроль за дотриманням вимог безпеки під час виконання робіт з реконструкції.

5.2 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів при реконструкції

Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів при реконструкції приміщень першого поверху будівлі профілакторію виконано з урахуванням специфіки робіт, пов'язаних з демонтажем елементів кладки, улаштуванням прорізів у несучих стінах та монтажем сталевих підсилювальних конструкцій. Метою аналізу є виявлення потенційних ризиків для працівників і визначення

необхідних заходів для їх мінімізації відповідно до вимог чинних нормативних документів з охорони праці.

Особливість виконання робіт у даному проєкті полягає в тому, що вони здійснюються в межах існуючої будівлі з несучими конструкціями, які перебувають під дією постійних і тимчасових навантажень. Це зумовлює підвищену небезпеку виникнення аварійних ситуацій у разі порушення технологічної послідовності або вимог безпеки.

5.2.1 Небезпечні виробничі фактори

До основних небезпечних виробничих факторів, що виникають при реконструкції першого поверху, належать:

- обвалення або локальне руйнування елементів кладки в процесі демонтажу прорізів у несучих стінах [52];
- падіння уламків будівельних матеріалів з висоти при розбиранні кладки;
- падіння працівників на слизьких або захаращених робочих поверхнях;
- ураження електричним струмом при використанні електроінструменту;
- травмування при монтажі сталевих елементів підсилення (при зварювальних і монтажних роботах).

Найбільший рівень небезпеки характерний для етапів демонтажу кладки та монтажу підсилювальних елементів, оскільки в цей період відбувається тимчасове зниження жорсткості конструкцій і змінюється характер їх роботи.

5.2.2 Шкідливі виробничі фактори

Поряд з небезпечними факторами, під час виконання реконструкційних робіт виникають і шкідливі виробничі фактори, що можуть негативно впливати на здоров'я працівників при тривалому впливі [35]. До них належать:

- підвищена запиленість повітря в зоні демонтажу кладки;

- підвищений рівень шуму від роботи електроінструменту;

- вібраційний вплив при використанні механізованих засобів демонтажу;

- недостатня освітленість робочих місць у внутрішніх приміщеннях;

- незадовільні мікрокліматичні умови (температура, вологість).

Шкідливі фактори мають кумулятивний характер і потребують впровадження відповідних санітарно-гігієнічних та організаційних заходів для зменшення їх впливу.

5.2.3 Зв'язок виробничих факторів з технологічними операціями

Для більш чіткого аналізу небезпечних і шкідливих факторів доцільно розглянути їх у прив'язці до основних технологічних операцій реконструкції.

Таблиця 5.2

Небезпечні та шкідливі фактори за видами робіт

Вид робіт	Небезпечні фактори	Шкідливі фактори
Демонтаж кладки	Обвалення, падіння уламків	Пил, шум
Улаштування прорізів	Порушення стійкості	Вібрація
Монтаж підсилення	Травмування, зварювальні роботи	Шум, випромінювання
Відновлювальні роботи	Падіння з висоти	Пил, мікроклімат

Наведений у таблиці 5.2 аналіз дозволяє встановити, що найбільш небезпечні та шкідливі фактори виникають на етапах демонтажу кладки та монтажу підсилювальних елементів. Саме ці етапи потребують підвищеного контролю з боку відповідальних осіб і застосування комплексу технічних та організаційних заходів з охорони праці.

Таким чином, аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів показав, що реконструкція приміщень першого поверху супроводжується комплексом ризиків, пов'язаних як із характером виконуваних робіт, так і з умовами існуючої будівлі. Виявлені фактори є підставою для розроблення спеціальних заходів з охорони праці, які розглядаються у наступному підрозділі.

5.3 Заходи з охорони праці при виконанні будівельних робіт

Заходи з охорони праці при реконструкції приміщень першого поверху будівлі профілакторію розроблено на основі аналізу небезпечних і шкідливих виробничих факторів, наведених у підрозділі 5.2, а також з урахуванням вимог чинних нормативно-правових актів у галузі охорони праці та будівництва [36].

Основною метою заходів з охорони праці є:

- запобігання травматизму та професійним захворюванням;
- мінімізація ризику аварійних ситуацій під час реконструкції;
- створення безпечних і контрольованих умов праці на будівельному майданчику.

5.3.1 Загальноорганізаційні заходи безпеки

До початку виконання будівельних робіт на об'єкті впроваджується система організаційних заходів з охорони праці, яка включає:

- розроблення та затвердження плану виконання робіт із зазначенням небезпечних зон;
- проведення вступного, первинного та повторного інструктажів з охорони праці;
- призначення відповідальних осіб за безпечне виконання робіт;

- допуск до робіт підвищеної небезпеки лише працівників відповідної кваліфікації.

Особлива увага приділяється інструктажам перед виконанням демонтажних і монтажних робіт, оскільки саме ці етапи характеризуються підвищеним рівнем ризику.

5.3.2 Технічні заходи з охорони праці

Технічні заходи спрямовані на зниження рівня небезпечних і шкідливих факторів безпосередньо в процесі виконання робіт. До основних технічних заходів належать:

- улаштування тимчасових підпірних конструкцій до початку демонтажу кладки;
- застосування огороджень у небезпечних зонах;
- використання справного електроінструменту з заземленням;
- організація місцевої вентиляції та зрошення для зменшення запиленості.

Усі технічні засоби безпеки повинні регулярно перевірятися та обслуговуватися відповідно до вимог експлуатації.

5.3.3 Засоби індивідуального захисту

Працівники, залучені до реконструкційних робіт, забезпечуються засобами індивідуального захисту (ЗІЗ) залежно від характеру виконуваних операцій. Застосування ЗІЗ є обов'язковим на всіх етапах реконструкції.

До основних засобів індивідуального захисту належать:

- захисні каски;
- захисні окуляри та щитки;
- рукавиці та спецодяг;

- засоби захисту органів дихання при роботах з підвищеною запиленістю;

- захисне взуття з неслизькою підошвою.

5.3.4 Заходи безпеки при виконанні окремих видів робіт

Для найбільш небезпечних видів робіт передбачено спеціальні заходи безпеки:

- при демонтажі кладки забороняється перебування працівників у зоні можливого падіння уламків;

- при монтажі сталевих елементів необхідно використовувати справні такелажні засоби;

- при виконанні зварювальних робіт забезпечується захист від іскор і ультрафіолетового випромінювання;

- під час роботи з електроінструментом застосовуються пристрої захисного відключення.

Реалізація запропонованих заходів з охорони праці забезпечує безпечні умови виконання робіт з реконструкції приміщень першого поверху та дозволяє знизити рівень виробничих ризиків до допустимих значень. Запропонована система заходів є необхідною складовою успішної реалізації проєктних і технологічних рішень.

5.4 Заходи щодо захисту навколишнього середовища при виконанні будівельних робіт

Заходи щодо захисту навколишнього середовища при реконструкції приміщень першого поверху будівлі профілакторію розроблено з урахуванням

характеру виконуваних будівельно-монтажних робіт, умов існуючої забудови та вимог чинного природоохоронного законодавства. Основною метою природоохоронних заходів є мінімізація негативного впливу реконструкції на навколишнє середовище та забезпечення екологічної безпеки на всіх етапах виконання робіт [25].

Особливістю даного об'єкта є те, що реконструкція здійснюється без зміни поверховості будівлі та без збільшення її габаритів, що суттєво знижує рівень екологічного навантаження у порівнянні з новим будівництвом. Основні джерела потенційного негативного впливу пов'язані з утворенням будівельних відходів, запиленістю, шумом та використанням будівельних матеріалів.

5.4.1 Заходи щодо зменшення запиленості та шумового впливу

У процесі виконання демонтажних робіт і улаштування прорізів у несучих стінах можливе утворення підвищеної запиленості повітря та шумового навантаження. Для зменшення негативного впливу цих факторів передбачено:

- застосування місцевого зрошення поверхонь кладки під час демонтажу;
- використання малогабаритного механізованого інструменту з пониженим рівнем шуму;
- обмеження часу виконання шумних робіт відповідно до санітарних норм;
- організація провітрювання приміщень під час виконання робіт.

Зазначені заходи дозволяють знизити концентрацію пилу та рівень шуму до допустимих значень і забезпечити комфортні умови як для працівників, так і для навколишнього середовища.

5.4.2 Поводження з будівельними відходами

У процесі реконструкції утворюються будівельні відходи, зокрема уламки цегляної кладки, залишки розчину, металеві відходи та пакувальні матеріали. Поводження з відходами здійснюється відповідно до вимог екологічної безпеки та передбачає їх сортування, тимчасове зберігання і вивезення на спеціалізовані полігони або підприємства з переробки [26].

Будівельні відходи підлягають:

- збиранню у спеціально відведених контейнерах;
- роздільному накопиченню (мінеральні, металеві, пакувальні);
- регулярному вивезенню з будівельного майданчика.

Забороняється складування відходів у межах приміщень, що експлуатуються, а також їх неконтрольоване скидання.

5.4.3 Раціональне використання матеріалів і ресурсів

При виконанні будівельних робіт передбачено раціональне використання будівельних матеріалів з метою зменшення обсягів відходів і негативного впливу на довкілля. Зокрема:

- демонтаж кладки виконується локально в межах проєктних прорізів;
- сталеві елементи підсилення виготовляються за точними проєктними розмірами;
- залишки матеріалів повторно використовуються там, де це можливо.

Такий підхід сприяє зниженню матеріаломісткості реконструкції та зменшенню екологічного навантаження.

5.4.4 Загальні природоохоронні заходи

У межах будівельного майданчика забороняється забруднення ґрунту, води та повітря. Паливно-мастильні матеріали зберігаються у герметичних

ємностях, а у разі їх використання забезпечується недопущення витоків і проливів.

Після завершення будівельних робіт виконується прибирання території та вивезення всіх відходів, що утворилися в процесі реконструкції.

Запропонований комплекс заходів щодо захисту навколишнього середовища дозволяє виконувати реконструкцію приміщень першого поверху з мінімальним негативним впливом на довкілля. Реалізація цих заходів є обов'язковою умовою екологічно безпечного виконання будівельних робіт.

У розділі 6 розглянуто комплекс питань з охорони праці та захисту навколишнього середовища, що супроводжують виконання робіт з реконструкції приміщень першого поверху будівлі профілакторію. Запропоновані заходи сформовано з урахуванням специфіки реконструкції існуючої будівлі, характеру технологічних процесів та результатів аналізу небезпечних і шкідливих виробничих факторів [27].

Аналіз умов виконання робіт показав, що найбільші ризики для безпеки працівників виникають на етапах демонтажу кладки, улаштування прорізів у несучих стінах та монтажу підсилювальних сталевих елементів. У зв'язку з цим у проєкті передбачено систему організаційних, технічних і індивідуальних заходів з охорони праці, які забезпечують контрольований і безпечний перебіг будівельно-монтажних робіт відповідно до вимог чинних нормативних документів.

Розроблені заходи з охорони праці передбачають:

- поетапне виконання робіт з урахуванням технологічної послідовності;
- застосування тимчасових підпірних конструкцій;
- використання засобів індивідуального захисту;
- постійний технічний нагляд і контроль стану конструкцій.

Комплекс природоохоронних заходів, розглянутих у підрозділі 6.4, спрямований на мінімізацію негативного впливу реконструкції на навколишнє

середовище. Враховуючи, що роботи виконуються в межах існуючої будівлі без збільшення її габаритів, основні екологічні ризики зведені до утворення будівельних відходів, запиленості та шуму. Запропоновані заходи щодо зменшення запиленості, контролю шуму та раціонального поводження з відходами дозволяють забезпечити екологічну безпеку виконання робіт.

ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі магістра виконано комплексне інженерне обґрунтування можливості реконструкції приміщень першого поверху будівлі профілакторію з перепрофілюванням колишньої їдальні у сучасний медичний реабілітаційний центр. Особливістю об'єкта є те, що реконструкція здійснюється локально – в межах першого поверху, який при цьому сприймає навантаження від усіх вищерозташованих поверхів, покрівлі, а також взаємодіє з підвальним поверхом і фундаментами. Це зумовило необхідність виконання детального розрахунково-аналітичного дослідження несучих конструкцій.

У першому розділі виконано аналіз об'ємно-планувальних і конструктивних особливостей будівлі, визначено функціональні вимоги до майбутнього медичного реабілітаційного центру та обґрунтовано необхідність улаштування і розширення прорізів у несучих стінах першого поверху з урахуванням вимог інклюзивності та експлуатаційної зручності.

У другому розділі виконано розрахунково-конструктивний аналіз об'єкта реконструкції з використанням числового моделювання в програмному комплексі ANSYS. Побудовано розрахункову модель першого поверху з урахуванням навантажень від вищерозташованих поверхів, покрівлі, підвального поверху та фундаментів [63]. Прийнято фізико-механічні характеристики матеріалів відповідно до чинних нормативних документів та виконано аналіз напружено-деформованого стану конструкцій.

У третьому розділі виконано детальний аналіз результатів числового моделювання для двох варіантів: вихідної моделі та моделі після улаштування прорізів і їх підсилення. Установлено, що улаштування прорізів без підсилення призводить до небезпечного зростання напружень у цегляній кладці та порушення вимог граничних станів першої і другої груп. Запропоноване підсилення прорізів сталевими швелерами забезпечує ефективний перерозподіл зусиль, зниження рівня напружень і переміщень та відновлення просторової жорсткості конструкцій [28]. Порівняльний аналіз моделей «до» і «після» підтвердив технічну можливість реалізації реконструкції за умови застосування підсилювальних заходів.

У четвертому розділі розроблено проєктні рішення з реконструкції та підсилення конструкцій першого поверху. Запропоновано конструктивну схему підсилення прорізів у вигляді сталевих рамних обойм із швелерів, обґрунтовано їх конструктивну роботу та розроблено вузли підсилення. Прийняті проєктні рішення підтверджено результатами числового моделювання та відповідністю вимогам чинних будівельних норм.

У п'ятому розділі розроблено технологію та організацію будівельних робіт з реконструкції. Запропоновано поетапну технологічну послідовність виконання робіт з улаштування та підсилення прорізів, що забезпечує безпечне втручання в несучі конструкції без порушення їх стійкості. Розглянуто організацію робіт, систему контролю якості та умови практичної реалізації проєктних рішень.

У шостому розділі розглянуто питання охорони праці та захисту навколишнього середовища. Проаналізовано небезпечні і шкідливі виробничі фактори, що виникають під час реконструкції, та розроблено комплекс організаційних, технічних і санітарно-гігієнічних заходів, спрямованих на забезпечення безпечних умов праці і мінімізацію негативного впливу на довкілля.

У результаті виконання кваліфікаційної роботи магістра встановлено, що:

Реконструкція приміщень першого поверху будівлі профілакторію з перепрофілюванням під медичний реабілітаційний центр є технічно можливою.

Улаштування і розширення прорізів у несучих стінах без підсилення є неприпустимим з точки зору вимог міцності та експлуатаційної придатності.

Підсилення прорізів сталевими швелерами забезпечує відновлення несучої здатності та просторової жорсткості конструкцій.

Результати числового моделювання в ANSYS підтвердили ефективність прийнятих конструктивних рішень.

Запропоновані проєктні, технологічні та організаційні рішення відповідають чинним нормативним вимогам і можуть бути рекомендовані для практичної реалізації.

Кваліфікаційна робота магістра робота має прикладний інженерний характер, а її результати можуть бути використані при реконструкції аналогічних будівель громадського призначення з перепрофілюванням існуючих приміщень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН А.2.2-3:2014. Склад та зміст проєктної документації на будівництво. – Чинний від 2014-10-01. – Київ : Мінрегіон України, 2014. – 40 с.

2. ДБН А.3.1-5:2016. Організація будівельного виробництва. – Чинний від 2017-01-01. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2016. – 46 с.

3. ДБН А.3.2-2-2009. Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення (НПАОП 45.2-7.02-12). – Чинний від 2012-04-01. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2012. – 116 с.

4. ДБН В.1.2-2:2006*. Навантаження і впливи. Норми проєктування. – Чинний від 2007-01-01. – Київ : Мінбуд України, 2006. – 59 с.

5. ДБН В.1.2-14:2018. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд. – Чинний від 2022-09-01. – Київ : Мінрегіон України, 2019. – 30 с.

6. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. – Київ : Мінрегіон України, 2016.

7. ДБН В.2.1-10:2018. Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення. – Чинний від 2019-01-01. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2018. – 36 с.

8. ДБН В.2.2-15:2019. Житлові будинки. Основні положення. – Київ : Мінрегіон України, 2019.

9. ДБН В.2.6-33:2018. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проєктування. – Чинний від 2018-12-01. – Київ : Мінрегіон України, 2018. – 21 с.

10. ДБН В.2.6-98:2009. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення проєктування (зі Зміною № 1). – Чинний від 2020-06-01. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. – 97 с.

11. ДБН В.2.6-161:2017. Дерев'яні конструкції. Основні положення. – Чинний від 2018-02-01. – Київ : Мінрегіон України, 2017. – 111 с.

12. ДБН В.2.6-162:2010. Кам'яні та армокам'яні конструкції. Основні положення (зі Зміною № 1). – Чинний від 2022-09-01. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. – 96 с.

13. ДБН В.2.6-198:2014. Сталеві конструкції. Норми проєктування (зі Зміною № 1). – Чинний від 2022-09-01. – Київ : Мінрегіон України, 2014. – 199 с.

14. ДСТУ Б В.1.2-3:2006. Прогини і переміщення. Вимоги проєктування. – Чинний від 2007-01-01. – Київ : Мінбуд України, 2006. – 15 с.

15. ДСТУ Б В.2.6-156:2010. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Правила проєктування. – Чинний від 2011-06-01. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. – 118 с.

16. ДСТУ-Н Б В.1.2-13:2008 (EN 1990:2002, IDN). Основи проєктування конструкцій. Настанова. – Чинний від 2013-07-01. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. – 81 с.

17. ДСТУ 9243.7:2023. Система проєктної документації для будівництва. Правила виконання архітектурно-будівельних робочих креслень. – Чинний від 2024-04-01. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2023. – 45 с.

18. EN 1990:2002. Eurocode – Basis of structural design.

19. EN 1991-1-1:2002. Eurocode 1. Actions on structures – General actions.

20. EN 1993-1-1:2005. Eurocode 3. Design of steel structures.

21. EN 1996-1-1:2005. Eurocode 6. Design of masonry structures.

22. EN 1998-1:2004. Eurocode 8. Design of structures for earthquake resistance.

23. ISO 2394:2015. General principles on reliability for structures.

24. ISO 13822:2010. Bases for design of structures – Assessment of existing structures.

25. EN ISO 14001:2015. Environmental management systems.

26. Бабій І. М. Кам'яні та армокам'яні конструкції : підручник. – Київ : Вища школа, 2011. – 384 с.

27. Клименко В. З., Пустовойт С. М. Реконструкція будівель і споруд. – Київ : КНУБА, 2014. – 412 с.

28. Довженко О. О. Підсилення та реконструкція будівель і споруд. – Київ : КНУБА, 2015. – 368 с.

29. Кузьмін В. І., Шаповал В. М. Обстеження та підсилення будівельних конструкцій. – Харків : ХНУБА, 2013. – 294 с.

30. Томашевський Б. П. Технічна експлуатація будівель і споруд. – Львів : ЛПУ, 2012. – 356 с.

31. Шмуклер В. С. Надійність будівельних конструкцій. – Харків : ХНУБА, 2016. – 256 с.

32. Hendry A. W., Sinha B. P., Davies S. R. Design of Masonry Structures. – London : E & FN Spon, 2004.

33. Lourenço P. B. Computational strategies for masonry structures. – Delft University of Technology, 1996.

34. Roca P., Cervera M., Gariup G. Structural analysis of masonry historical constructions // International Journal of Architectural Heritage. – 2010.

35. Lagomarsino S. Seismic assessment of masonry buildings // Bulletin of Earthquake Engineering. – 2012.

36. Modena C., Valluzzi M. R. Structural rehabilitation of masonry buildings // Construction and Building Materials. – 2005.

37. Croci G. The Conservation and Structural Restoration of Architectural Heritage. – Southampton : WIT Press, 1998.

38. Page A. W. The biaxial compressive strength of brick masonry // Proceedings of the Institution of Civil Engineers. – 1981.

39. Lourenço P. B., Rots J. G. Multisurface interface model for masonry analysis // Journal of Engineering Mechanics. – 1997.

40. Kaushik H. B., Rai D. C., Jain S. K. Stress–strain characteristics of clay brick masonry // Journal of Materials in Civil Engineering. – 2007.

41. Cook R. D., Malkus D. S., Plesha M. E. Concepts and Applications of Finite Element Analysis. – Wiley, 2007.

42. Bathe K. J. Finite Element Procedures. – Prentice Hall, 2006.

43. Zienkiewicz O. C., Taylor R. L. The Finite Element Method. – Butterworth-Heinemann, 2005.

44. Hughes T. J. R. The Finite Element Method: Linear Static and Dynamic Analysis. – Dover Publications, 2000.

45. Logan D. L. A First Course in the Finite Element Method. – Cengage Learning, 2012.

46. Fish J., Belytschko T. A First Course in Finite Elements. – Wiley, 2007.

47. ANSYS, Inc. ANSYS Mechanical User's Guide. – Canonsburg, PA, USA, 2023.

48. Inc. ANSYS Mechanical APDL Theory Reference. – Canonsburg, PA, USA, 2023.

49. Kohnke P. ANSYS Theory Reference. – ANSYS Inc., 2009.

50. Melchers R. E. Structural Reliability Analysis and Prediction. – Wiley, 1999.

51. Nowak A. S., Collins K. R. Reliability of Structures. – McGraw-Hill, 2000.

52. Bazant Z. P., Planas J. Fracture and Size Effect in Concrete and Other Quasibrittle Materials. – CRC Press, 1998.

53. Neville A. M. Properties of Concrete. – Pearson Education, 2011.

54. Smith I. F. C. Structural identification and damage detection // Journal of Structural Engineering. – 2002.

55. Eurocode 6 Commentary. – European Commission, 2010.

56. ICOMOS. Recommendations for the analysis, conservation and structural restoration of architectural heritage. – 2003.

57. Block P., Ochsendorf J. Masonry vault structures // Structural Engineering International. – 2007.

58. Heyman J. The Stone Skeleton. – Cambridge University Press, 1995.

59. Roca P., Molins C., Marí A. Strength capacity of masonry wall structures // Engineering Structures. – 2005.

60. Лапін О. М. Організація будівельного виробництва. – Київ : КНУБА, 2014. – 402 с.

61. Організація будівництва : підручник / С. А. Ушацький та ін. – Київ : Кондор, 2007. – 521 с.

62. Технологія будівельного виробництва : підручник / В. К. Черненко та ін. – Київ : Вища школа, 2002. – 430 с.

63. Софронов В. С., Трикоз Л. В. Завдання і методичні вказівки до проєктування фундаментів. – Харків : УкрДАЗТ, 2009.

64. Мірошніченко С. В., Никитинський А. В. Методичні вказівки до курсового проєкту з дисципліни «Залізобетонні та кам'яні конструкції». – Харків : УкрДУЗТ, 2021. – 65 с.

ДОДАТКИ

Додаток А

Загальна характеристика розрахункової моделі

Таблиця А.1

Система одиниць розрахунку

Параметр	Значення
Система одиниць	Metric (m, kg, N, s)
Кутові величини	Degrees
Температура	Celsius

Розрахунок виконано в метричній системі одиниць, що відповідає вимогам числового моделювання будівельних конструкцій та забезпечує коректність інтерпретації результатів.

Таблиця А.2

Загальні геометричні характеристики моделі

Показник	Значення
Габарити по X	23,059 м
Габарити по Y	15,138 м
Габарити по Z	7,50 м
Загальний об'єм	809,86 $м^3$
Загальна маса	$2{,}37 \cdot 10^6$ кг
Кількість тіл	844
Кількість вузлів	1 060 136
Кількість елементів	864 186

Модель є тривимірною та достатньо деталізованою, що забезпечує адекватне відтворення напружено-деформованого стану конструкції.

Таблиця А.3

Основні групи елементів будівлі

Група	Об'єм, м³	Маса, кг
Несучі стіни	182,73	$3{,}65 \cdot 10^5$
Перекриття Floor_0	296,26	$5{,}93 \cdot 10^5$
Перекриття Floor_2	74,07	$1{,}48 \cdot 10^5$

Групування виконано з метою узагальненого аналізу конструкції без деталізації до окремих фрагментів кладки, що відповідає вимогам оформлення ВКР.

ДОДАТОК Б

Фізико-механічні характеристики матеріалів, прийняті в числовому моделюванні

У даному додатку наведено фізико-механічні характеристики матеріалів, прийняті при числовому моделюванні напружено-деформованого стану будівлі до та після реконструкції. Параметри використано однакові для обох моделей з метою забезпечення коректності порівняльного аналізу. Значення прийнято відповідно до чинних нормативних документів та узагальнених літературних даних.

1. Цегляна кладка несучих стін

Цегляну кладку змодельовано як однорідний пружно-лінійний матеріал з усередненими ізотропними властивостями, що відповідає практиці інженерних розрахунків при оцінці загального напружено-деформованого стану будівель.

Таблиця Б.1

Фізико-механічні характеристики цегляної кладки

Параметр	Позначення	Значення	Одиниця
Густина	ρ	1800–2000	кг/м³
Модуль пружності	E	$8{,}0 \cdot 10^3$	МПа
Модуль зсуву	G	$3{,}2 \cdot 10^3$	МПа
Коефіцієнт Пуассона	ν	0,20	–
Міцність на стиск	f_m	8,5	МПа

2. Бетон перекриттів і фундаменту

Бетонні елементи перекриттів та фундаменту прийнято як пружно-лінійний матеріал з параметрами, що відповідають важкому бетону середніх класів міцності.

Таблиця Б.2

Характеристики бетону

Параметр	Позначення	Значення	Одиниця
Густина	ρ	2500	кг/м³
Модуль пружності	E	$30 \cdot 10^3$	МПа
Коефіцієнт Пуассона	ν	0,20	–

3. Сталеві елементи підсилення (швелери)

Сталеві елементи підсилення прорізів змодельовано як ізотропний пружно-лінійний матеріал, що відповідає конструкційній сталі загального призначення.

Таблиця Г.3

Фізико-механічні характеристики сталі

Параметр	Позначення	Значення	Одиниця
Густина	ρ	7850	кг/м³
Модуль пружності	E	$210 \cdot 10^3$	МПа
Коефіцієнт Пуассона	ν	0,30	–
Межа текучості	f_y	235	МПа

Прийняті фізико-механічні характеристики відповідають вимогам чинних нормативних документів і забезпечують коректне відтворення роботи матеріалів у межах пружно-лінійної постановки задачі. Використання однакових параметрів матеріалів для моделей «до» та «після» реконструкції дозволяє об'єктивно оцінити вплив перепланування та підсилення на напружено-деформований стан будівлі.

ДОДАТОК В

Алгоритм виконання числового моделювання напружено-деформованого стану будівлі в програмному комплексі ANSYS

У даному додатку наведено узагальнений алгоритм виконання числового моделювання напружено-деформованого стану будівлі методом скінченних елементів у програмному комплексі ANSYS Mechanical [47]. Алгоритм відповідає методичним рекомендаціям виробника програмного забезпечення та загальноприйнятій інженерній практиці розрахунку будівельних конструкцій.

Поданий алгоритм застосовано при побудові розрахункових моделей будівлі до та після реконструкції.

1. Постановка розрахункової задачі

На першому етапі визначається мета числового моделювання, яка полягає у:

- оцінці напружено-деформованого стану несучих конструкцій будівлі;
- визначенні зон концентрації напружень;
- порівняльному аналізі роботи конструкції до та після перепланування і підсилення прорізів.

На цьому етапі задається тип задачі (статична), приймається пружно-лінійна модель матеріалів та визначається перелік навантажень.

2. Створення геометричної моделі

Геометрична модель будівлі формується відповідно до архітектурно-конструктивних рішень і включає:

- несучі цегляні стіни;
- перекриття;
- фундамент;

- покрівлю;

- прорізи у стінах (для моделі після реконструкції);

- сталеві елементи підсилення.

Геометрія створюється з урахуванням реальних розмірів та взаємного розташування елементів.

3. Задання фізико-механічних властивостей матеріалів

Для кожного конструктивного елемента призначаються відповідні фізико-механічні характеристики матеріалів:

- цегляної кладки;

- бетону;

- сталі підсилювальних елементів.

Матеріали задаються як ізотропні пружно-лінійні, що є достатнім для аналізу загального напружено-деформованого стану будівлі.

4. Формування скінченно-елементної сітки

На цьому етапі виконується дискретизація геометричної моделі на скінченні елементи. Для моделювання використано об'ємні елементи типу SOLID.

Особливу увагу приділено:

- локальному згущенню сітки в зонах прорізів;

- місцям контакту сталевих елементів з кладкою;

- прифундаментній зоні.

Такий підхід дозволяє підвищити точність розрахунків у критичних зонах.

5. Задання граничних умов

Граничні умови задаються шляхом обмеження переміщень вузлів у зоні фундаменту. Приймається умова жорсткого закріплення, що відповідає припущенню про нерухомість фундаментної частини будівлі.

Граничні умови забезпечують стійкість розрахункової моделі та виключають її переміщення як жорсткого тіла.

6. Прикладання навантажень

У розрахунковій моделі враховуються:

- власна вага конструкцій;
- навантаження від перекриттів;
- навантаження від покрівлі;
- експлуатаційні навантаження.

Навантаження прикладаються відповідно до нормативних вимог та розподіляються по елементах конструкції з урахуванням їх просторової роботи [57].

7. Виконання розрахунку

Після завершення підготовки моделі виконується числовий розрахунок статичної задачі. Розрахунок проводиться стандартним розв'язувачем ANSYS Mechanical з контролем збіжності рішення [48].

У разі необхідності уточнення результатів проводиться перевірка впливу параметрів сітки на точність розрахунку.

8. Аналіз і обробка результатів

На заключному етапі виконується аналіз результатів числового моделювання, зокрема:

- полів переміщень;

- полів нормальних та еквівалентних напружень;

- напруженого стану сталевих елементів підсилення.

Результати подаються у вигляді графічних епюр, таблиць та порівняльних діаграм і використовуються для формування висновків щодо ефективності прийнятих конструктивних рішень.

Український державний університет залізничного транспорту

Кафедра будівельних матеріалів, конструкцій та споруд

Реконструкція та технічне переоснащення нежитлової будівлі з відновленням і підсиленням конструкцій при перепрофілюванні під медично-реабілітаційний центр

Ілюстративний матеріал до випускної кваліфікаційної роботи магістра

БМКС.012.192.2026.ІМ

Студент групи 218-ПЦБ-Д24 Коростельов Євген Миколайович _____

Керівник:
к.т.н., доц. Мірошніченко С.В. _____

Завідувач кафедри БМКС Плутін Д.А. _____

Харків – 2026 р.

МЕТА ВИПУСКНОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ МАГІСТРА

Мета даної роботи – інженерне обґрунтування можливості реконструкції приміщень першого поверху будівлі профілакторію під медичний реабілітаційний центр шляхом числового моделювання напружено-деформованого стану несучих конструкцій та оцінки ефективності заходів із їх підсилення.

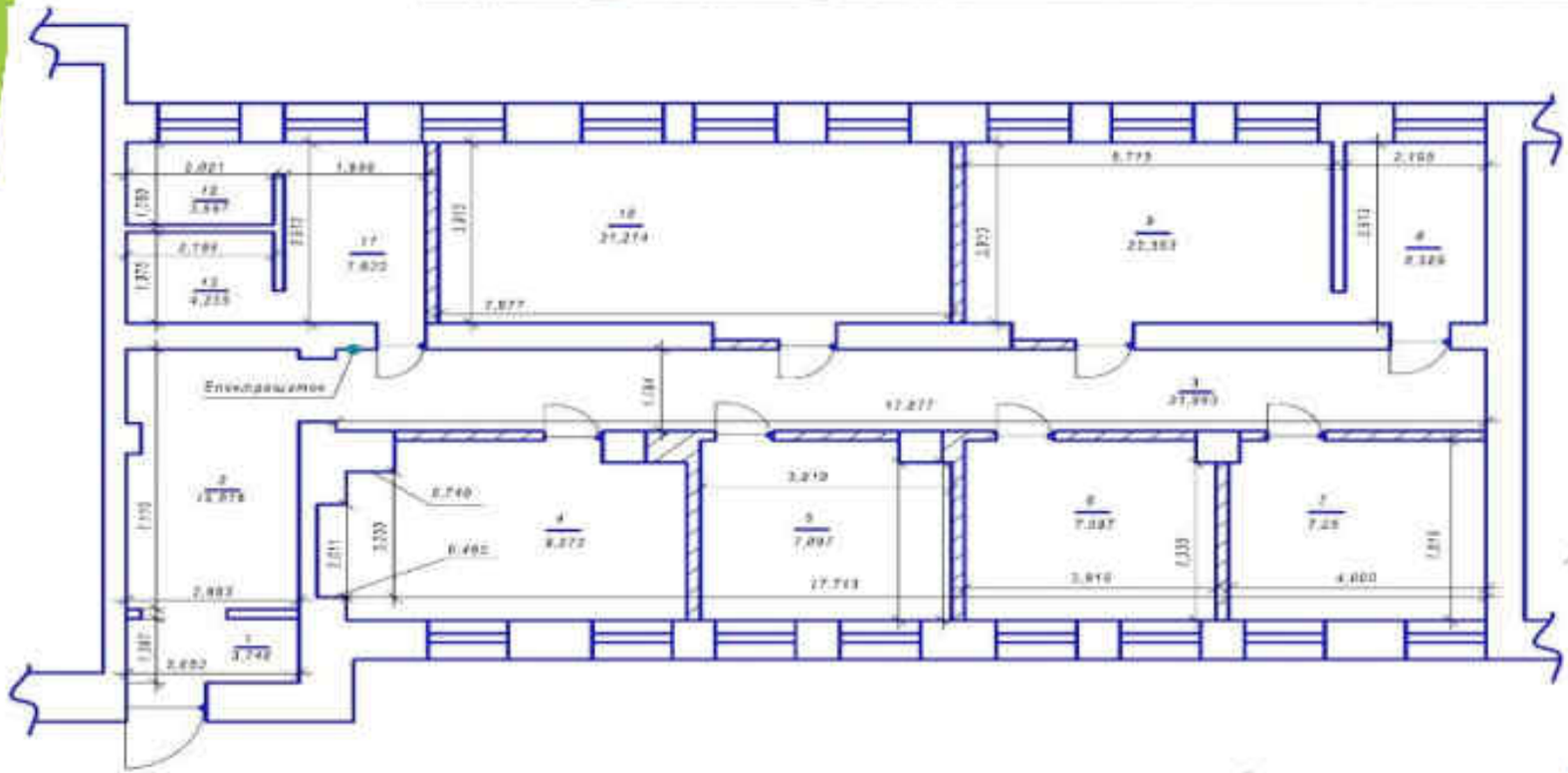
ЗАДАЧІ ВИПУСКНОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ МАГІСТРА:

- аналіз конструктивної схеми будівлі та визначення елементів, що зазнають найбільшого впливу внаслідок перепланування;
- формування розрахункової моделі першого поверху з урахуванням навантажень від вищерозташованих конструкцій і умов роботи основи;
- виконання числового розрахунку вихідного стану конструкцій;
- моделювання впливу влаштування нових та розширення існуючих прорізів у несучих стінах;
- оцінка ефективності підсилення прорізів сталевими швелерами за результатами аналізу напружень і переміщень;
- формулювання інженерних висновків щодо допустимості прийнятих проєктних рішень.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ

Загальний вигляд будівлі профілакторію (до реконструкції)





План приміщень першого поверху до перепрофілювання

СТАН ПРИМІЩЕНЬ ПРОФІЛАКТОРІЮ ДО РЕСТАВРАЦІЇ











ОЧІКУВАНИЙ РЕЗУЛЬТАТ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЄКТУ









ОБ'ЄМНО-ПЛАНУВАЛЬНЕ РІШЕННЯ ПЕРШОГО ПОВЕРХУ (ПРОЄКТНИЙ СТАН)

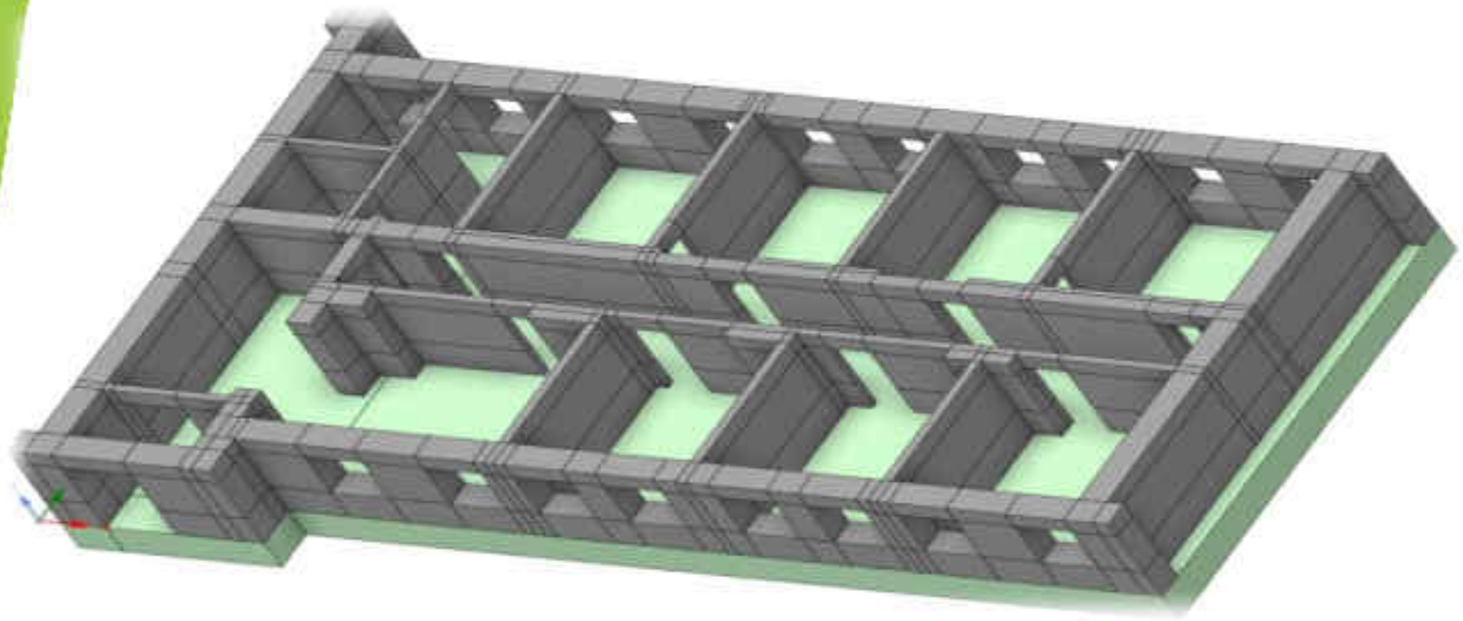
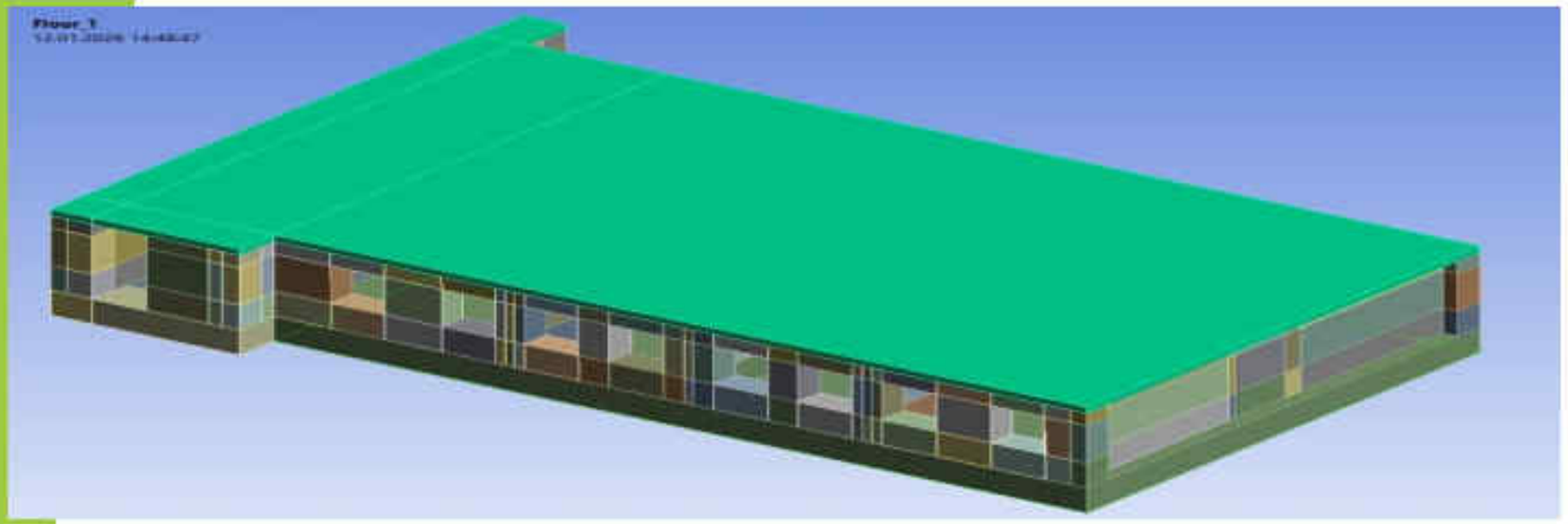


Схема першого поверху після перепрофілювання під медичний реабілітаційний центр

Очікуваний результат реалізації проєкту

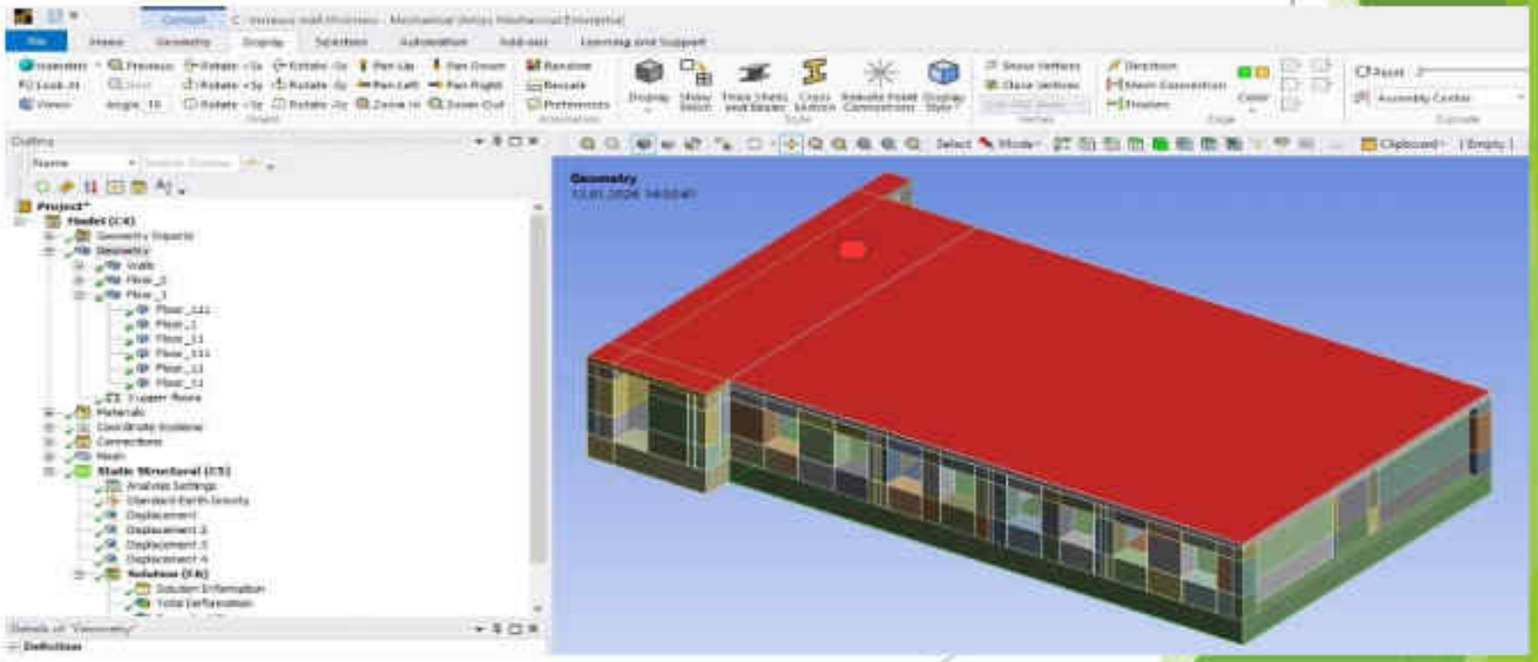
Параметр	Стан до реконструкції	Проєктний стан
Функціональне призначення	Їдальня з підсобними приміщеннями	Медичний реабілітаційний центр
Ширина основних проходів	Обмежена, достатня для побутового використання	Збільшена з урахуванням інклюзивності
Ширина дверних прорізів	Стандартна	Збільшена, у т.ч. в несучих стінах
Кількість прорізів у несучих стінах	Мінімальна	Збільшена
Вимоги до доступності	Не регламентувались	Обов'язкові

КОНСТРУКТИВНО-РОЗРАХУНКОВА МОДЕЛЬ ПЕРШОГО ПОВЕРХУ



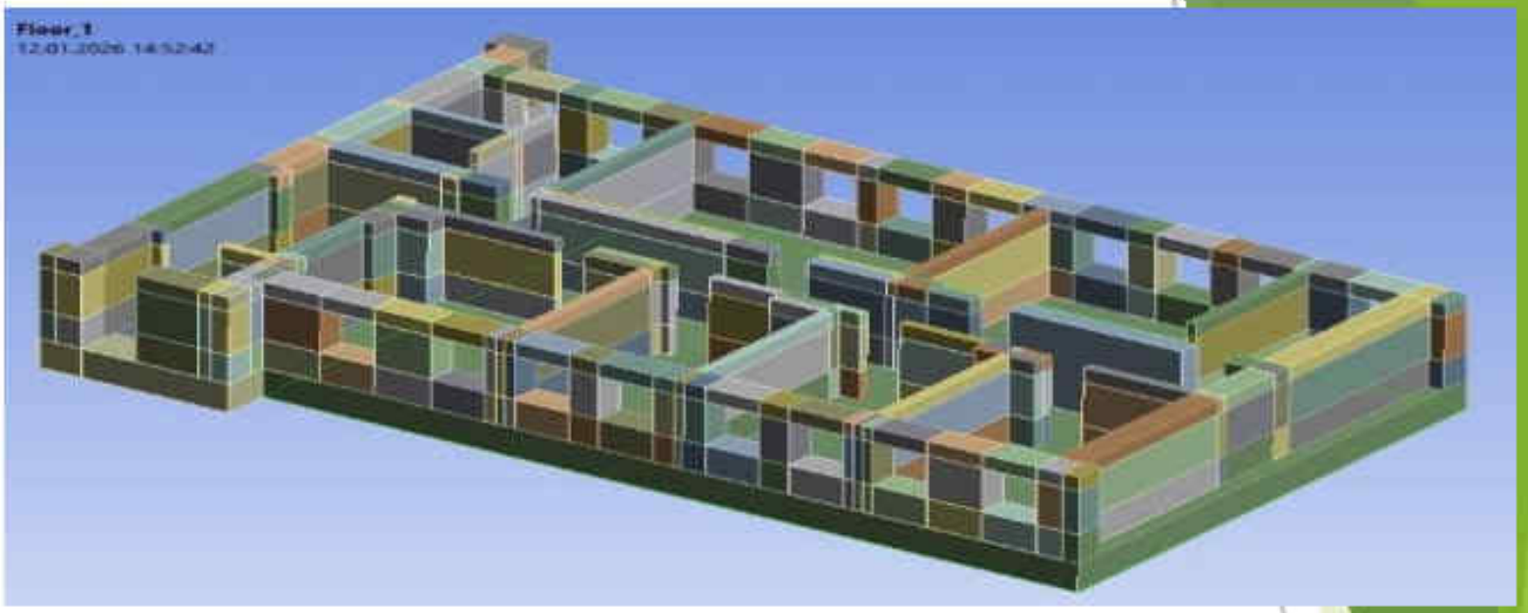
Конструктивна схема будівлі першого поверху

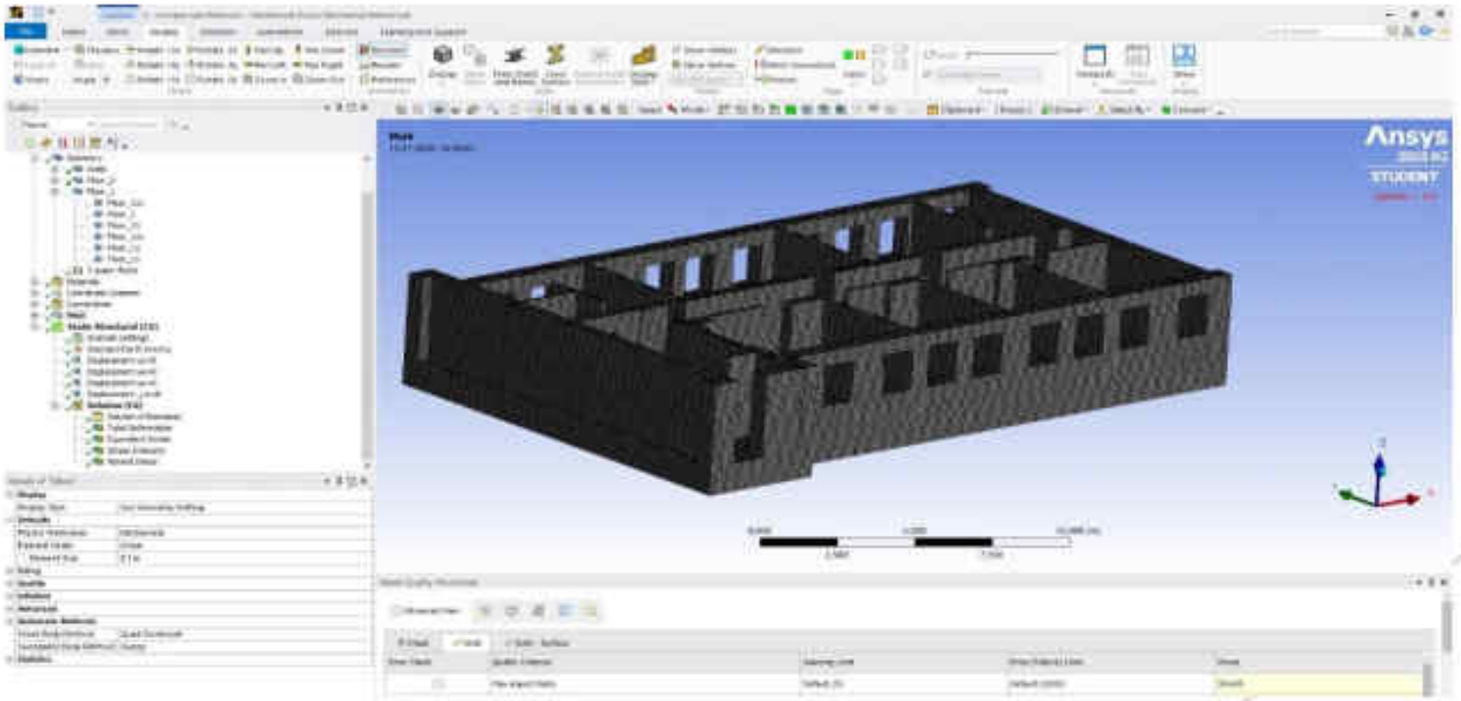
Схема роботи першого поверху будівлі з урахуванням навантажень від вищерозташованих конструкцій



ПІДГОТОВКА РОЗРАХУНКОВОЇ МОДЕЛІ ПЕРШОГО ПОВЕРХУ В ANSYS

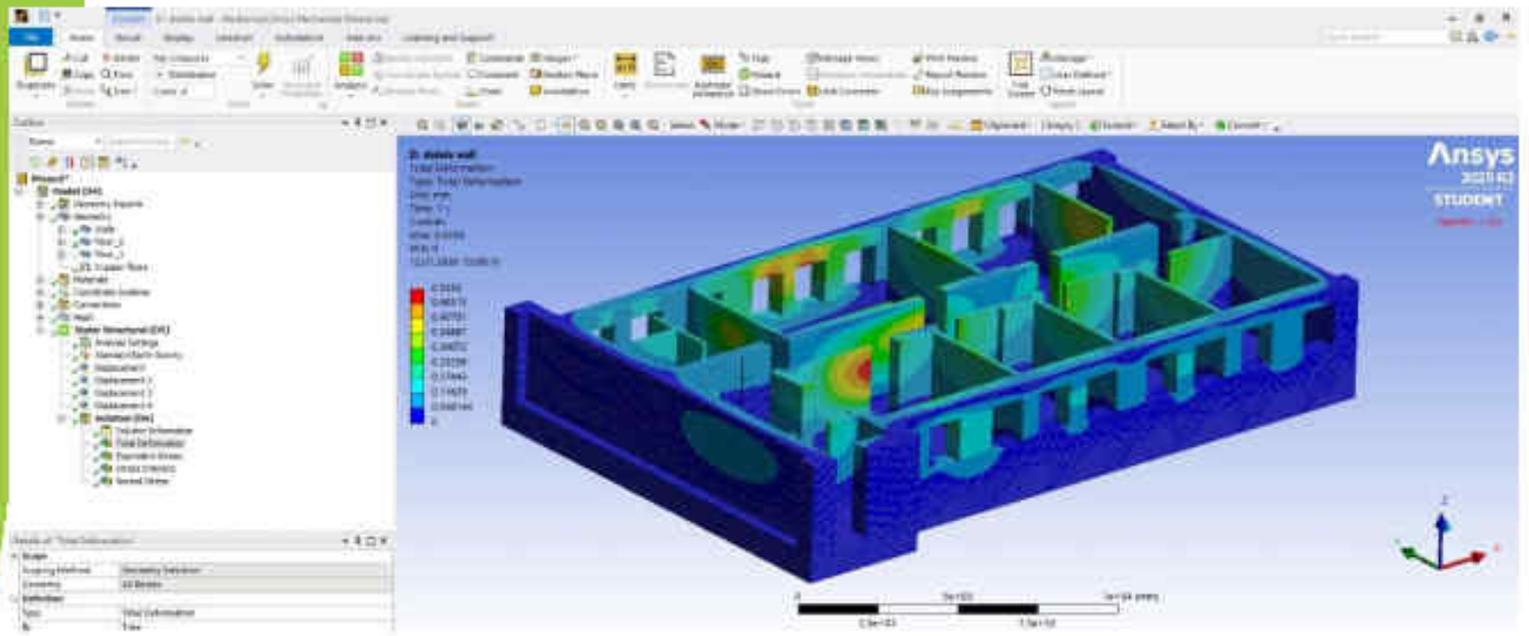
Геометрична модель першого поверху будівлі, прийнята для розрахунку





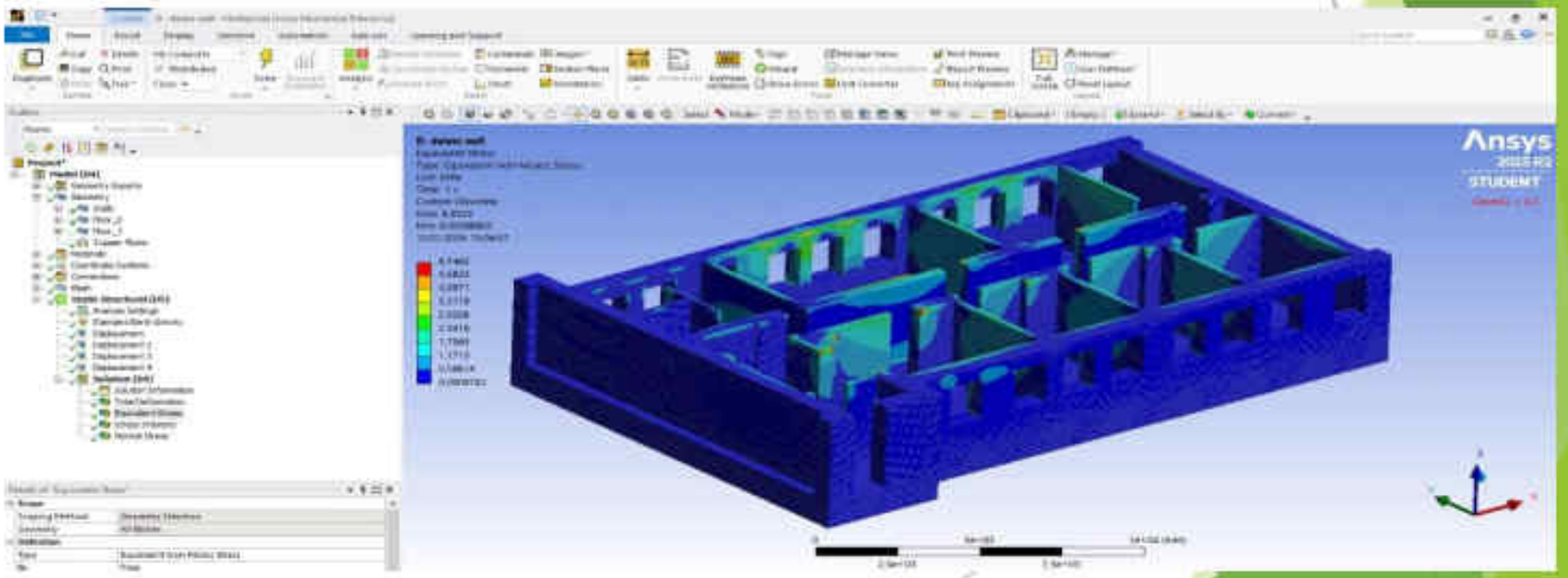
Скінченно-елементна сітка розрахункової моделі першого поверху

РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ НДС ПІСЛЯ КОНСТРУКТИВНИХ ЗМІН

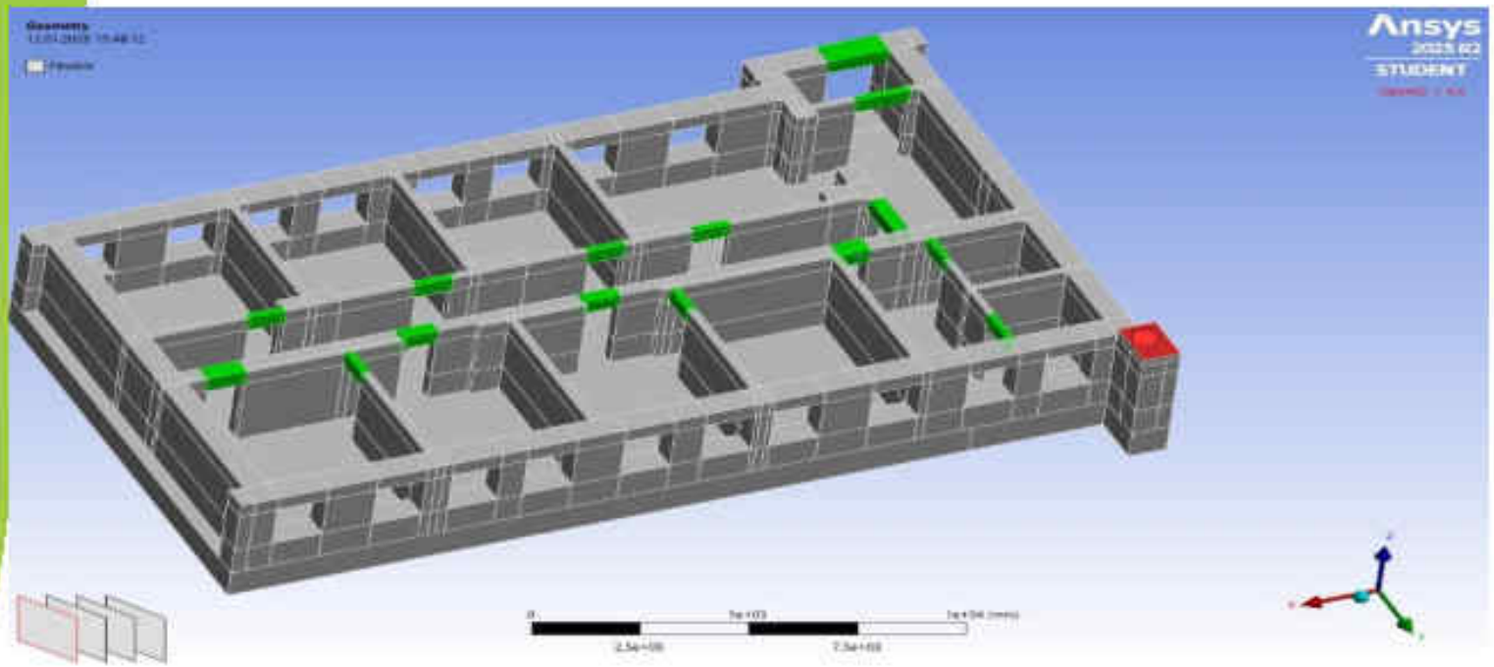


Поле повних переміщень конструкцій першого поверху після улаштування прорізів

Поле еквівалентних напружень у кладці після улаштування прорізів



ПРОЄКТНІ РІШЕННЯ З УЛАШТУВАННЯ НОВИХ І РОЗШИРЕНИХ ПРОРІЗІВ



План першого поверху після реконструкції з позначенням нових і розширених прорізів



Конструктивне підсилення прорізів у несучій цегляній стіні шляхом улаштування замкненої сталевої обойми зі швелерів

ВИСНОВКИ

Виконано інженерне обґрунтування реконструкції приміщень першого поверху будівлі профілакторію з перепрофілюванням під медичний реабілітаційний центр.

Показано, що перший поверх є ключовим елементом передачі навантажень від вищерозташованих конструкцій, що потребує детального розрахункового аналізу.

Числове моделювання в ANSYS дозволило оцінити напружено-деформований стан конструкцій у вихідному стані, після улаштування прорізів та після їх підсилення.

Установлено, що улаштування та розширення прорізів у несучих стінах без підсилення є конструктивно неприпустимим.

Запропоноване підсилення прорізів сталевими швелерами забезпечує ефективний перерозподіл зусиль, зниження напружень і переміщень та відновлення просторової жорсткості.

Порівняльний аналіз моделей «до» і «після» підтвердив технічну можливість реалізації реконструкції за умови застосування підсилювальних заходів.

Розроблені проєктні та технологічні рішення відповідають вимогам чинних будівельних норм.

Результати роботи мають прикладний інженерний характер і можуть бути використані при реконструкції аналогічних будівель громадського призначення.

АКТ

перевірки кваліфікаційної роботи магістра на наявність ознак академічного плагіату

Відповідно до даних сервісу системи Strikeplagiarism.com® кваліфікаційна робота «Реконструкція та технічне переоснащення нежитлової будівлі з відновленням і підсиленням конструкцій при перепрофілюванні під медично-реабілітаційний центр.»

автора: Коростельов Євген
(ПІБ автора повністю)

містить 2,35% запозичень. Ознаки академічного плагіату – відсутні.

Перевірку виконав
доцент кафедри
будівельних матеріалів,
конструкцій та споруд _____ Олег ГЕРАСИМЕНКО
(підпис)

31.12.2025 р.