

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

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

«___»_____2025р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за другим рівнем вищої освіти

На тему: «Застосування сучасних звукоізоляцій матеріалів в 5-ти поверховому житловому будинку в м. Полтава»

Виконав (ла)

Є. Ю. Грищенко

(підпис)

(Прізвище, ініціали)

Група

ЗПЦБ 2401м

(Науковий)
керівник

А. О. Редько

(підпис)

(Прізвище, ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

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

ЗАВДАННЯ

НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Грищенко Євгеній Юрійович

Тема роботи: Застосування сучасних звукоізоляцій матеріалів
в 5-ти поверховому житловому будинку в м.
Полтава

Затверджено наказом по університету № 40/ОС від " 07 " 01 2025р.
Строк здачі студентом закінченої роботи: " 10 " 12 2025 р.

Вихідні дані до роботи:

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

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

Розділ 1. Загальна характеристика роботи, Розділ 2. Бібліографічний огляд досліджень, Розділ 3. Застосування сучасних звукоізоляційних матеріалів, 3.1 Класифікація звукоізоляції, 3.2 Розрахунок звукоізоляції, Розділ 4. Опис архітектурно-планувального рішення будівлі, 4.1 Ситуаційний план, 4.2 Об'ємно-планувальне рішення, 4.3 Архітектурно-конструктивне рішення, Список використаних джерел

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

18 слайдів мультимедійного матеріалу

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

Анотація

Грищенко Євгеній Юрійович «Застосування сучасних звукоізоляційних матеріалів в 5-ти поверховому житловому будинку в м. Полтава» – Кваліфікаційна робота магістра на правах рукопису.

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

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

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

Дослідження зосереджується на поліпшенні акустичних характеристик житлових приміщень за допомогою сучасних звукоізоляційних матеріалів і будівельних технологій, спрямованих на зменшення повітряного шуму при збереженні просторової ефективності. Актуальність цієї теми зумовлена зростаючою щільністю міських середовищ, інтенсифікацією транспортних мереж і підвищенням вимог до акустичного комфорту в сучасному житті. Доведено, що надмірний шум у житлових приміщеннях негативно впливає на самопочуття людини, призводячи до втоми, втрати концентрації та порушень сну, що підкреслює необхідність ефективних рішень з звукоізоляції в сучасному будівництві.

Метою цього дослідження є визначення оптимальної конструкції системи звукоізоляції для житлової кімнати шляхом поєднання теоретичного аналізу, акустичного моделювання та оцінки практичної реалізації. Основні завдання включають оцінку звукоізоляційних характеристик одношарових і композитних систем стін, аналіз впливу звукопоглинальних шарів на частотну характеристику та проведення економічного аналізу запропонованої системи в типових умовах експлуатації.

Методологія дослідження базується на акустично-фізичному моделюванні поведінки плоских перегородок, що піддаються повітряним звуковим вібраціям,

із застосуванням принципів закону маси для розрахунку ізоляційних характеристик. Аналіз враховував резонансні та критичні частоти в октавних частотних діапазонах. Було проведено практичне дослідження, в якому кімната була ізольована безрамною системою на основі багат шарових кварцових панелей у поєднанні з шаром мінерального волокна, обраним за його високу ефективність у звукопоглинанні та стабільність у різних частотних діапазонах.

Ключові слова: звукоізоляція, міський шум, житловий будинок.

Список публікацій та/або виступів на конференціях студента:

1. Грищенко Є.Ю. Застосування сучасних звукоізоляцій матеріалів в 5-ти поверховому житловому будинку в м. Полтава // Матеріали 87-ї Міжнародної наукової конференції студентів університету, 7–11 квіт. 2025 р. Харків, 2025.

В додатках наведено тези конференції, альбом слайдів мультимедійної презентації.

Структура роботи.

Робота складається з основного тексту на 45 сторінках, у тому числі 5 таблиць та 10 рисунків. Текст роботи містить загальну характеристику роботи, 4 розділи, висновки і рекомендації за результатами роботи, список з 17 використаного джерела. Графічна частина складається з 18 слайдів мультимедійної презентації.

Abstracts

Hryshchenko Yevheniy “The Use of Modern Soundproofing Materials in a Five-Story Residential Building in Poltava” – Master's thesis in manuscript form.

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

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

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

The research focuses on improving the acoustic characteristics of residential premises using modern soundproofing materials and construction technologies aimed at reducing airborne noise while maintaining spatial efficiency. The relevance of this topic is due to the growing density of urban environments, the intensification of transport networks, and increased requirements for acoustic comfort in modern housing. It has been proven that excessive noise in residential premises negatively affects human well-being, leading to fatigue, loss of concentration, and sleep disturbances, which emphasizes the need for effective sound insulation solutions in modern construction.

The aim of this study is to determine the optimal design of a sound insulation system for a living room by combining theoretical analysis, acoustic modeling, and practical implementation assessment. The main tasks include evaluating the sound insulation characteristics of single-layer and composite wall systems, analyzing the effect of sound-absorbing layers on frequency response, and conducting an economic analysis of the proposed system under typical operating conditions.

The research methodology is based on acoustic-physical modeling of the behavior of flat partitions subjected to airborne sound vibrations, using the principles of the law of mass to calculate insulation characteristics. The analysis took into account

resonance and critical frequencies in octave frequency ranges. A practical study was conducted in which a room was insulated with a frameless system based on multilayer quartz panels combined with a layer of mineral fiber, selected for its high sound absorption efficiency and stability in different frequency ranges.

Keywords: sound insulation, urban noise, residential building.

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

1. Hryshchenko Y. Application of modern sound insulation materials in a 5-story residential building in Poltava // Materials of the 87th International Scientific Conference of University Students, April 7–11, 2025. Kharkiv, 2025.

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

Structure of the work.

The work consists of the main text on 45 pages, including 5 tables and 10 figures. The text of the work contains a general description of the work, 4 sections, conclusions and recommendations based on the results of the work, and a list of 17 sources used. The graphic part consists of 18 slides of a multimedia presentation.

ЗМІСТ

Розділ 1. Загальна характеристика роботи.....	9
Розділ 2. Бібліографічний огляд досліджень.....	11
Розділ 3. Застосування сучасних звукоізоляційних матеріалів.....	17
3.1 Класифікація звукоізоляції.....	17
3.2 Розрахунок звукоізоляції.....	25
Розділ 4. Опис архітектурно-планувального рішення будівлі.....	36
4.1 Ситуаційний план.....	36
4.2 Об'ємно-планувальне рішення.....	36
4.3 Архітектурно-конструктивне рішення.....	38
Список використаних джерел.....	44

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми: Питання звукоізоляції в житлових будівлях стає все більш важливим через зростаючу щільність міських середовищ і постійне підвищення рівня зовнішнього шуму. Надмірний вплив шуму негативно позначається на здоров'ї людини, продуктивності праці та якості сну, тому розробка ефективних і економічно доцільних систем звукоізоляції є пріоритетом для сучасного житла. Це дослідження присвячене необхідності оптимізації звукоізоляційних характеристик без зменшення корисної площі приміщення, з акцентом на легких рішеннях, придатних для проектів реконструкції та капітального ремонту.

Мета і завдання дослідження: Метою дослідження є розробка та оцінка ефективної системи звукоізоляції на прикладі житлової кімнати. Основні завдання включають визначення оптимальної конфігурації матеріалів та шарів для досягнення максимального зниження повітряного шуму, розрахунок загальної вартості матеріалів та монтажу, а також оцінку поліпшення акустичних характеристик у стандартних діапазонах частот, що відповідають умовам проживання.

Об'єкт дослідження: П'ятиповерховий житловий будинок в місті Полтава.

Предмет дослідження: Застосування сучасних звукоізоляційних матеріалів в житлових будинках.

Методи дослідження: У дослідженні використовувалися аналітичні та інженерні методи розрахунку для визначення площі поверхні, маси та акустичної ефективності застосованих звукоізоляційних матеріалів. Емпіричні акустичні дані та моделі частотної характеристики використовувалися для оцінки поліпшення індексу шумоізоляції в октавних діапазонах від 125 Гц до 4000 Гц. Був проведений економічний аналіз для встановлення загальної вартості проекту з урахуванням цін на матеріали та монтажні роботи.

Наукова та технічна новизна одержаних результатів: У дослідженні представлено технічно оптимізовану безкаркасну систему звукоізоляції, що поєднує багатошарові панелі з кварцовим наповнювачем товщиною 18 мм і щільністю 2400 кг/м³, у поєднанні з ізоляційним шаром для стелі. Ця конфігурація забезпечила загальне зниження рівня повітряного шуму на 25–30 дБ у діапазоні частот 500–4000 Гц, що відповідає ефективності шумозаглушення до 93 %.

Практичне значення одержаних результатів: Запропонована система є компактною та легкою альтернативою традиційним каркасним конструкціям для звукоізоляції, забезпечуючи високе шумопоглинання та мінімізуючи зменшення корисного внутрішнього об'єму, що підтверджує її придатність для сучасних багатоповерхових житлових будинків.

Апробація та публікація результатів роботи: 1. Грищенко Є.Ю. Застосування сучасних звукоізоляцій матеріалів в 5-ти поверховому житловому будинку в м. Полтава // Матеріали 87-ї Міжнародної наукової конференції студентів університету, 7–11 квіт. 2025 р. Харків, 2025.

РОЗДІЛ 2

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ ОГЛЯД ДОСЛІДЖЕНЬ

Важливість звукоізоляції в житлових будівлях виходить далеко за межі питань комфорту чи розкоші; вона є фундаментальним чинником, що визначає здоров'я людини, когнітивні здібності та загальну якість життя. У сучасних медичних та екологічних дослідженнях шум визнається одним із найпоширеніших забруднювачів у міських умовах, що чинить постійний фізіологічний та психологічний стрес на мешканців будівель. Хронічне перебування в умовах підвищеного рівня шуму, особливо понад 55 дБ(А) вдень і 40 дБ(А) вночі, може порушити нормальні біологічні ритми та призвести до широкого спектру ускладнень зі здоров'ям. До них належать підвищене виділення гормонів стресу, таких як кортизол та адреналін, підвищення артеріального тиску, порушення концентрації уваги та поступове погіршення функцій серцево-судинної та нервової систем[17].

Одним з найважливіших аспектів звукоізоляції, пов'язаних зі здоров'ям, є її вплив на якість сну. Наукові дослідження показують, що вплив нічного шуму, навіть на помірному рівні, призводить до частих пробуджень, скорочення фаз глибокого сну та зниження загального рівня відпочинку. Такі порушення накопичуються з часом, що призводить до втоми, зниження імунітету та порушення когнітивної та емоційної стабільності. Для дорослих постійний вплив шуму вище 45 дБ(А) під час сну пов'язаний із підвищеним ризиком гіпертонії, а для дітей він може спричинити помітне уповільнення навчання та розвитку мовлення.

Психологічні наслідки недостатньої звукоізоляції є не менш значними. Постійний фоновий шум, чи то від зовнішнього руху транспорту, сусідніх квартир, чи то від систем обслуговування будівлі, сприяє хронічній дратівливості, тривожності та зниженню толерантності до повсякденних стресових факторів. Протягом тривалого часу такі умови можуть призвести до симптомів психосоматичної втоми та зниження продуктивності праці. І навпаки,

середовища з добре спроектованою акустичною ізоляцією сприяють спокою, відновленню психічних сил та відчуттю безпеки — факторам, які безпосередньо пов'язані з поліпшенням психічного здоров'я та емоційного благополуччя.

У сучасних міських екосистемах роль звукоізоляції еволюціонувала від другорядного аспекту проектування до критично важливого заходу охорони здоров'я. Впровадження ефективних систем звукоізоляції в житлових і громадських будівлях зараз вважається елементом профілактичної охорони здоров'я, що зменшує соціальні витрати, пов'язані зі стресовими та серцево-судинними захворюваннями. Це призвело до офіційного включення параметрів акустичних характеристик до національних і міжнародних будівельних стандартів, підкреслюючи зв'язок між акустикою навколишнього середовища та здоров'ям людини.

Більше того, попит на акустично комфортні приміщення посилюється внаслідок демографічних та культурних змін у сучасному житті. Зростання популярності дистанційної роботи, ущільнення міст та поширення відкритих планів житла підвищили чутливість до передачі звуку в житлових приміщеннях. У цьому контексті впровадження ефективних систем звукоізоляції сприяє не тільки фізичному комфорту, але й збереженню особистої приватності та соціальної гармонії серед мешканців.

В останні роки сфера звукоізоляції зазнала значних змін, спричинених посиленням регуляторних вимог, прагненням до сталого розвитку та зростанням очікувань щодо комфорту в сучасному житлі. Однією з найпомітніших тенденцій є перехід до екологічних матеріалів, які поєднують високі акустичні характеристики з низьким впливом на навколишнє середовище. Традиційні пінопласти на основі нафтохімічних продуктів та щільні полімерні бар'єри замінюються біоматеріалами та переробленими матеріалами, такими як пробка, натуральна вовна, конопляне волокно та целюлозні композити. Ці матеріали зараз виготовляються з рафінованими волокнистими структурами, що забезпечують коефіцієнт шумозаглушення 0,70 або вище, зберігаючи при цьому чудову

вогнестійкість та стабільність до вологи. Перероблені поліетилентерефталатні волокна, отримані з пластикових пляшок, все частіше використовуються для виробництва акустичних панелей і стельових елементів, забезпечуючи ефективне поглинання звуку і підвищену екологічність. Інша група сучасних матеріалів включає мінерально-скріплені деревно-волокнисті плити, що складаються з деревних волокон і мінеральних в'язучих речовин. Ці плити поєднують високу звукопоглинальну здатність, сприятливі теплові властивості і тривалий термін служби, що робить їх особливо придатними для багатоповерхових житлових будинків[17].



Рис. 2.1 Пробкова звукоізоляція

Друга важлива тенденція стосується розвитку багатофункціональних і композитних акустичних систем. У сучасному будівництві все частіше використовуються гібридні панелі, що поєднують кілька захисних шарів — щільні масивні шари, еластичні мембрани та пористі звукопоглинальні серцевини — в одній конструкції. Такий підхід дозволяє одному елементу забезпечувати ефективний опір повітряному та ударному шуму, теплопередачі та

вібрації. Такі композитні рішення широко використовуються у внутрішніх перегородках, підвісних стелях та системах підлог, забезпечуючи рівень звукоізоляції 50–60 децибелів при загальній товщині системи всього 80–120 міліметрів.

Поява мікроструктурних акустичних елементів є ще одним технологічним проривом. На відміну від традиційних систем, які в основному покладаються на масу та щільність, ці інноваційні матеріали розроблені на мікроскопічному рівні для досягнення конкретних акустичних характеристик. Завдяки включенню резонансних порожнин, періодичних мікроструктур та включень з довжиною, меншою за довжину хвилі звуку, такі матеріали можуть придушувати низькочастотні звуки, які найважче контролювати. Ця конструкція дозволяє виробляти тонкі, легкі панелі, здатні досягати такого ж або більшого рівня втрати звуку, як і набагато товстіші традиційні бар'єри.

Паралельно з цими інноваціями в матеріалах зростає використання адаптивних та інтелектуальних акустичних систем. Ці технології передбачають використання матеріалів, акустичні властивості яких можуть змінюватися залежно від умов навколишнього середовища, таких як температура, вологість або рівень навколишнього шуму. Деякі системи включають датчики та автоматизовані механізми, які динамічно регулюють пористість поверхні або резонансні характеристики для підтримки оптимального звукопоглинання в режимі реального часу. Комп'ютерні засоби моделювання та методи прогнозного моделювання також стають невід'ємною частиною проектування, дозволяючи інженерам оптимізувати акустичні характеристики приміщень ще до початку будівництва.

Іншим напрямком розвитку є інтеграція звукоізоляції в збірні та модульні будівельні системи. У контрольованих заводських умовах звукоізоляція попередньо встановлюється в модулях стін, підлоги та стелі, що забезпечує рівномірну якість і мінімізує ризик дефектів монтажу. Такий промисловий підхід

значно скорочує тривалість робіт на місці та гарантує, що кожен модуль відповідає визначеним акустичним стандартам перед складанням.

Естетична та архітектурна інтеграція також стала важливим фактором. Акустичні панелі та поверхні тепер проектуються не тільки з урахуванням функціональних характеристик, але й з урахуванням візуальної гармонії в інтер'єрі. Інноваційні методи обробки, такі як акустичні штукатурки, тонкі гнучкі мембрани або декоративні панелі з дрібними перфораціями та текстурованими поверхнями, дозволяють непомітно контролювати звук у сучасних мінімалістичних приміщеннях. Водночас прозорі елементи, такі як вікна та засклені перегородки, оснащені ламінованим акустичним склом товщиною не менше 6 міліметрів, еластичними прошарками та прецизійними системами ущільнення, що забезпечують чудову звукоізоляцію, зберігаючи природне освітлення та візуальну відкритість[14].

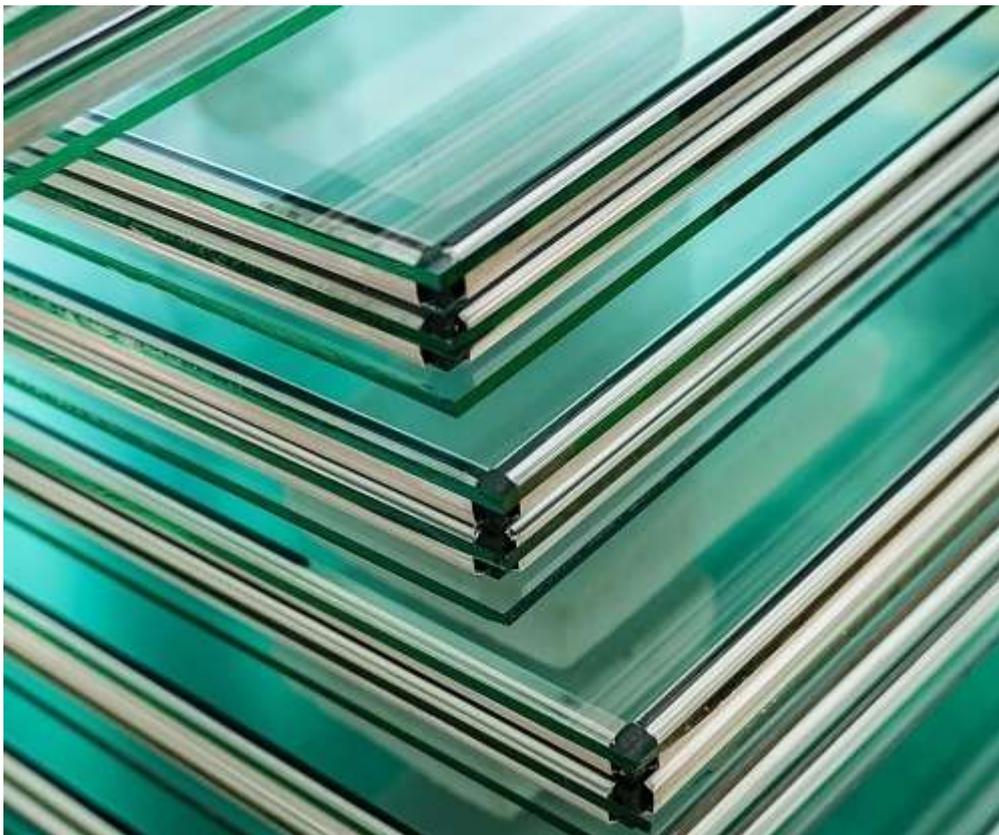


Рис. 2.2 Звукоізоляційні склопакети

В цілому ці розробки ілюструють еволюцію звукоізоляції від суто функціонального елемента будівлі до складної міждисциплінарної системи, що поєднує передові досягнення матеріалознавства, екологічної інженерії та архітектурного дизайну. Сучасний підхід до звукоізоляції визначається технологічною точністю, екологічною відповідальністю та прагненням створювати простори, що сприяють як фізичному здоров'ю, так і психологічному благополуччю в дедалі більш шумних міських середовищах.

РОЗДІЛ 3

ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ ЗВУКОІЗОЛЯЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

3.1 Класифікація звукоізоляції

Класифікація систем внутрішньої звукоізоляції поділяється на дві основні групи — каркасні (конструкційні) та безкаркасні (неконструкційні) системи, кожна з яких використовує різні фізичні принципи та методи монтажу для приглушення повітряного та ударного шуму. Каркасні системи базуються на механічному відокремленні поверхні стін від конструктивної основи, утворюючи еластичний шар, який перериває пряму передачу звукових хвиль через тверді середовища. Безкаркасні системи, навпаки, базуються переважно на збільшенні маси та механізмах поглинання поверхні без використання незалежної опорної рами. Вибір між цими підходами залежить від архітектурної конфігурації приміщення, необхідного рівня звукоізоляції та допустимого зменшення корисної площі[17].

Каркасний метод є технологічно складним і високоефективним підходом до звукоізоляції, призначеним для значного зменшення передачі повітряного та структурного шуму. Його ефективність ґрунтується на принципі акустичного відокремлення, за якого перед існуючою стіною або стелею будується нова незалежна поверхня, відокремлена еластичною повітряною порожниною, заповненою звукопоглинальним матеріалом. Ця система функціонує як багатошаровий акустичний бар'єр, що поєднує ефекти маси, демпфірування та поглинання. Хоча цей метод вимагає глибоких технічних знань, точного виконання та відносно високих фінансових вкладень, він залишається найнадійнішою технікою для досягнення стабільного та вимірюваного зниження шуму в житлових приміщеннях.

Встановлення каркасної системи звукоізоляції починається з підготовки існуючої поверхні стіни. На цьому етапі всі відбивні тріщини та потенційні шляхи витоку звуку заповнюється акустичним герметиком, який запобігає проникненню повітряних вібрацій через мікрощілини. Вирівнювання стіни не є

обов'язковим, оскільки каркас конструкції утворить нову рівну площину. Після цього проводиться комплексна фаза віброізоляції, що передбачає нанесення демпфуючої або роз'єднувальної стрічки по периметру стиків і ліній контакту. Ці еластичні смуги служать для переривання механічного з'єднання між ізоляційним каркасом і конструкцією будівлі, тим самим мінімізуючи передачу вібрації.

Сама рама виготовляється з оцинкованих сталевих профілів стандартної товщини від 0,6 до 0,8 міліметра, які кріпляться до стіни та стелі за допомогою віброізолюваних підвісів або акустичних підвісних кронштейнів. Відстань між вертикальними профілями становить від 400 до 600 міліметрів, що забезпечує достатню жорсткість і водночас необхідне акустичне роз'єднання. У порожнині, утвореній каркасом, встановлюється м'яке, пористе звукопоглинаюче наповнення — найчастіше мінеральна вата або скловолокно щільністю від 40 до 70 кілограмів на кубічний метр і товщиною від 50 до 100 міліметрів. Ці матеріали вибираються за їх здатність гасити звукові хвилі за рахунок тертя всередині волокнистої структури, значно послаблюючи відбиття звуку і резонанс всередині порожнини[6].

Після повного заповнення порожнини зовнішня поверхня каркаса обшивається гіпсокартонними плитами товщиною 12,5 мм. Кожна плита фіксується з зміщеними стиками, щоб запобігти прямим шляхам поширення звуку, а всі шви та периметральні зазори герметизуються віброакустичною мастикою для збереження герметичності та усунення акустичних мостів.

Отримана система діє як композитний акустичний екран, що пригнічує як прямий повітряний шум, так і вібрації, що передаються по конструкції. При правильному монтажі відповідно до стандартів акустичної інженерії, каркасний метод дозволяє досягти зниження рівня переданого звуку до 80 відсотків, що відповідає збільшенню індексу звукоізоляції на 15-25 децибел у порівнянні з необробленою стіною. Ключовим фактором, що визначає її ефективність, є

точність монтажу, зокрема збереження механічної незалежності каркаса, забезпечення повного заповнення порожнини та якісна герметизація.

Таким чином, каркасний підхід до звукоізоляції є передовим інженерним рішенням, що поєднує наукову точність із практичною адаптивністю. Його впровадження забезпечує створення акустично стабільних інтер'єрів, придатних для житлових, офісних та змішаних приміщень, де необхідні високі стандарти слухового комфорту.



Рис. 3.1 Схема каркасної звукоізоляції

Безкаркасний метод звукоізоляції являє собою компактне та просторово ефективно акустичне рішення, призначене для використання в приміщеннях, де доступна внутрішня площа обмежена, а встановлення повноцінної опорної рами є недоцільним. Такий підхід особливо підходить для внутрішніх перегородок та розділових стін у житлових або офісних будівлях, де пріоритетом є збереження максимальної корисної площі. Система базується на прямому кріпленні готових звукоізоляційних панелей до основної стіни за допомогою спеціальних клейових сумішей або механічних кріплень з акустичними властивостями роз'єднання.

Завдяки відсутності необхідності в рамі загальна товщина стіни збільшується мінімально — не більше ніж на 25–35 міліметрів — при цьому досягається значне зменшення шуму в широкому діапазоні частот.

Основним принципом безкаркасного методу є створення суцільного багатошарового акустичного бар'єру, що поєднує збільшення маси, демпфірування та часткове відокремлення вібрації без створення окремої підструктури. Перед монтажем поверхня стіни очищається та перевіряється на цілісність адгезії; невеликі тріщини або шви заклеюються віброакустичним герметиком для усунення потенційних шляхів проникнення повітря. Навіть незначні нерівності поверхні, що перевищують 2,5 сантиметра, можуть знизити ефективність ізоляції, оскільки повітряні проміжки сприяють передачі звуку. Тому для досягнення оптимальних результатів необхідна ретельна підготовка поверхні.

Перший шар системи складається з звукоізоляційних плит або панелей, найчастіше виготовлених з еластомерних композитів високої щільності, гіпсоволокнистих плит або акустичних плит на мінеральній основі з щільністю від 600 до 900 кілограмів на кубічний метр. Панелі кріпляться безпосередньо до основи за допомогою поліуретанового клею, що гасить вібрації, або спеціальних акустичних анкерів, які містять еластичні втулки для мінімізації передачі структурних вібрацій. Кількість кріплень становить від 6 до 8 на квадратний метр, залежно від ваги панелі та типу стіни. Клейовий шар, нанесений суцільними смугами або точковими візерунками, виконує подвійну функцію: забезпечує механічне з'єднання та діє як вібропоглинаючий шар, що запобігає жорсткому з'єднанню між стіною та акустичним облицюванням.

Після закріплення початкового шару встановлюється додатковий шар обшивки з гіпсокартону товщиною 12,5 міліметра, для збільшення маси поверхні та поліпшення індексу звукоізоляції. Гіпсокартон приклеюється за допомогою того ж демпфуючого клею або закріплюється акустичними дюбелями, що забезпечує безперервний контакт без повітряних порожнин. Стики між панелями

зміщені відносно нижнього шару, щоб уникнути суцільних швів, а всі периметральні зазори та з'єднання ретельно герметизуються вібростійкою мастикою для забезпечення герметичності та збереження акустичної цілісності системи. Остаточний фінішний шар, такий як декоративна штукатурка або фарба, наноситься тільки після повного затвердіння клею, щоб не погіршити його еластичні властивості[6].

Ефективність безкаркасного методу значною мірою залежить від поєднання поверхневої щільності та демпфуючої здатності використовуваних матеріалів. Для типових двошарових конструкцій, що складаються з 20-міліметрових акустичних панелей та 12,5-міліметрових гіпсокартонних плит, досягнутий індекс звукоізоляції може коливатися в межах від 48 до 54 децибелів, залежно від матеріалу основи та точності виконання. Це відповідає зниженню рівня сприйманого звуку на 70 відсотків у порівнянні з необробленими стінами. Використання композитних плит з більш високою щільністю або додавання проміжної в'язкопружної мембрани може ще більше посилити ізоляційний ефект, особливо в діапазоні низьких частот нижче 250 герц, що є найбільш критичним для акустичного комфорту в житлових приміщеннях.

Однією з ключових переваг безкаркасного підходу є мінімальне використання простору. У той час як рамкові системи можуть зменшити корисну ширину приміщення на 80–120 міліметрів, безрамна конфігурація обмежує це зменшення до менше ніж 35 міліметрів, що робить її ідеальною для невеликих квартир, коридорів або приміщень з архітектурними обмеженнями. Відсутність металевої підконструкції також усуває потенційні акустичні мости, забезпечуючи рівномірне загасання звуку по всій поверхні стіни. Більш того, процес установки значно швидший і часто може бути завершений протягом одного-двох робочих днів для стандартної кімнати.

Вибір клею або дюбельної системи має вирішальне значення для збереження як механічної стабільності, так і акустичної цілісності. Високоєфективні демпфуючі клеї залишаються еластичними після затвердіння,

зберігаючи свою здатність поглинати вібрації протягом усього терміну експлуатації будівлі. Аналогічно, звукоізоляційні дюбелі з гумовими або поліуретановими прокладками запобігають прямому контакту кріплень з несучою стіною, зменшуючи передачу шуму по боках. Всі матеріали, що використовуються в цьому методі, повинні відповідати стандартам вогнестійкості та екологічності, придатним для внутрішнього застосування.



Рис. 3.2 Безкаркасна звукоізоляція стін

Стелі є одним з основних шляхів передачі ударного та структурного шуму, що виникає, зокрема, від кроків, вібрацій верхніх поверхів або переміщення меблів зверху. Заходи зі звукоізоляції стелі, особливо в поєднанні з ізоляцією стін, можуть знизити рівень сприйманого шуму на 85–92 %, залежно від типу конструкції та щільності матеріалу. Мета такої ізоляції полягає не тільки в

поглинанні повітряного шуму, але й у перериванні механічної вібрації через конструктивні елементи[17].

Впровадження звукоізоляції стелі не вимагає значної реконструкції і може бути досягнуто за допомогою безрамних або рамних систем, обидві з яких призначені для мінімізації звукових мостів і збільшення співвідношення маси та еластичності стельової конструкції. Вибір методу залежить від висоти стелі, несучої здатності та характеру переданого шуму.

У сучасному будівництві безрамні стельові системи широко застосовуються там, де вертикальний простір обмежений, наприклад, в квартирах із загальною висотою кімнат 2,6–2,8 метра. Цей метод забезпечує ефективні акустичні характеристики при загальній товщині системи лише 45–55 міліметрів. Процес починається з підготовки поверхні стелі та нанесення віброгасильного ґрунтувального шару для зменшення резонансу. Акустичні панелі складаються з еластомерних або мінерально-волокнистих композитів щільністю 70–100 кілограмів на кубічний метр, потім приклеюються безпосередньо до стелі за допомогою поліуретанових або полімерних клеїв, розроблених для акустичних застосувань. Клейовий шар, типова товщина якого становить 2–3 міліметри, також служить віброізоляційною мембраною.

Для посилення звукоізоляції над панелями кріпиться шар гіпсокартону високої щільності товщиною 12,5 міліметра. Стики між панелями зміщені і заповнені еластичним герметиком для усунення повітряних проміжків, які можуть служити каналами для передачі звуку. Краї герметизуються акустичною мастикою для забезпечення герметичності. Така конфігурація забезпечує індекс шумоізоляції 48–52 децибелі, що достатньо для приглушення ударного шуму з верхніх поверхів до рівня.

Якщо дозволяє висота стелі, каркасна стельова система забезпечує чудові акустичні характеристики, особливо в разі сильного ударного шуму або в багатоповерхових бетонних будівлях. Система складається з металевої решітки або підвісної підконструкції, встановлених на віброізолюючих підвісах,

оснащених вставками, які відокремлюють підвісну стелю від конструктивної плити. Порожнина між стелею та підконструкцією заповнюється м'яким звукопоглинальним матеріалом, таким як базальтова вата або поліестерне волокно щільністю 35–50 кілограмів на кубічний метр і товщиною 50–100 міліметрів. Цей заповнений повітрям і волокнистий прошарок функціонує як акустичний буфер, розсіюючи енергію вібрації та запобігаючи посиленню резонансу.

Обшивка стелі виконується з плит гіпсокартону або акустичних панелей, кожна з яких кріпиться саморізними гвинтами через еластичні затискачі, що додатково зменшують механічне зчеплення. Загальна глибина підвісної стелі становить від 90 до 120 міліметрів, залежно від вимог до звукоізоляції. У такій конфігурації досягнутий індекс звукоізоляції може перевищувати 58–60 децибелів, ефективно ізолюючи як повітряний, так і структурний шум, включаючи низькочастотні компоненти, що генеруються кроками або механічними системами[6].

Важливим технічним моментом під час звукоізоляції стелі є уникнення жорстких з'єднань з навколишніми стінами та елементами інженерних комунікацій, такими як повітроводи або освітлювальні прилади. По периметру необхідно залишати зазори 5–10 міліметрів, які заповнюються еластичним акустичним герметиком для запобігання бічній передачі звуку. Електричні коробки та вбудовані прилади встановлюються за допомогою віброізольованих кріплень або гнучких трубопроводів для збереження цілісності акустичного бар'єру.

Якщо натяжна стеля використовується виключно в естетичних цілях без додаткових звукоізоляційних шарів, то тонкий плівковий покрив часто створює ефект барабана, підсилюючи шум, а не зменшуючи його. Тому натяжні стелі слід встановлювати тільки на попередньо ізольований акустичний базовий шар, що включає принаймні один м'який поглинаючий і один щільний масивний шар.

3.2 Розрахунок звукоізоляції

Детальне розуміння звукоізоляції починається з аналізу акустичної поведінки одношарової плоскої перегородки, яка служить базовою моделлю для вивчення передачі повітряного шуму через тверді конструкції. Цей тип перегородки являє собою тонкий, жорстко закріплений елемент, який вібрує під впливом звукових хвиль. Його акустична поведінка визначається взаємодією трьох ключових фізичних параметрів: маси, жорсткості та внутрішнього демпфірування. Ці характеристики визначають, наскільки ефективно перегородка може протистояти згинальним коливанням, викликаним акустичним збудженням, і, отже, наскільки ефективно вона може зменшити передачу звуку між сусідніми приміщеннями.

Кожна однорідна перегородка має нескінченний діапазон природних режимів коливань, кожен з яких відповідає певній резонансній частоті. Коли частота падаючого звуку збігається з однією з цих природних частот, конструкція переходить у стан резонансу, що значно підсилює її вібраційну реакцію. На практиці ці резонансні явища відбуваються переважно в діапазоні низьких частот приблизно від 25 до 40 герц, залежно від властивостей матеріалу та розмірів перегородки. На цих частотах ефективність звукоізоляції різко знижується через посилення структурних вібрацій. Ступінь цього зниження залежить від внутрішнього демпфірування матеріалу, яке визначає його здатність розсіювати механічну енергію. Матеріали з високим внутрішнім демпфіруванням, такі як гіпсокартон або мінеральні композити, мають менші резонансні піки і, отже, більш стабільні характеристики звукоізоляції в усьому частотному діапазоні[17].

За межами області резонансу, коли частота збудження перевищує перші кілька власних частот перегородки, механізм передачі звуку підпорядковується так званому закону маси. Цей принцип встановлює, що здатність бар'єру зменшувати повітряний звук залежить насамперед від його поверхневої маси, яка визначається як добуток його товщини та щільності матеріалу, вираженої в кілограмах на квадратний метр, та від частоти звукової хвилі, вираженої в герцах.

Ця залежність є логарифмічною: кожне подвоєння поверхневої щільності або частоти звуку призводить до приблизного збільшення індексу звукоізоляції, позначеного як R , на 6–7 децибелів. У математичному вираженні звукоізоляція одношарової стіни прямо пропорційна логарифму добутку цих двох змінних.

Таким чином, закон маси забезпечує фундаментальний критерій для прогнозування акустичних характеристик будівельних елементів без необхідності експериментальних випробувань. Наприклад, легка перегородка з гіпсокартону з поверхневою щільністю 40 кілограмів на квадратний метр забезпечує звукоізоляцію близько 36-38 децибелів при частоті 500 герц. На відміну від цього, щільна бетонна стіна з поверхневою щільністю 250 кілограмів на квадратний метр досягає 52 децибелів за тих самих умов. Така різниця чітко демонструє, як збільшення поверхневої щільності підвищує ефективність звукоізоляції, особливо в діапазонах середніх і високих частот, що є актуальними для житлових будівель.

Однак застосовність закону маси обмежується одношаровими конструкціями і не враховує складні ефекти, такі як резонанс порожнин, структурне з'єднання або передача повітряно-твердо-повітряних хвиль, що відбуваються в багатошарових системах. З цієї причини, хоча закон маси забезпечує корисне теоретичне наближення для загальних цілей проектування, сучасна акустична інженерія все частіше використовує чисельні та експериментальні методи для уточнення прогнозів. Аналіз скінченних елементів, випробування імпедансної труби та вимірювання в ревербераційній камері дозволяють інженерам кількісно оцінити відхилення від закону маси та оптимізувати композитні стінові системи для поліпшення характеристик низьких частот.

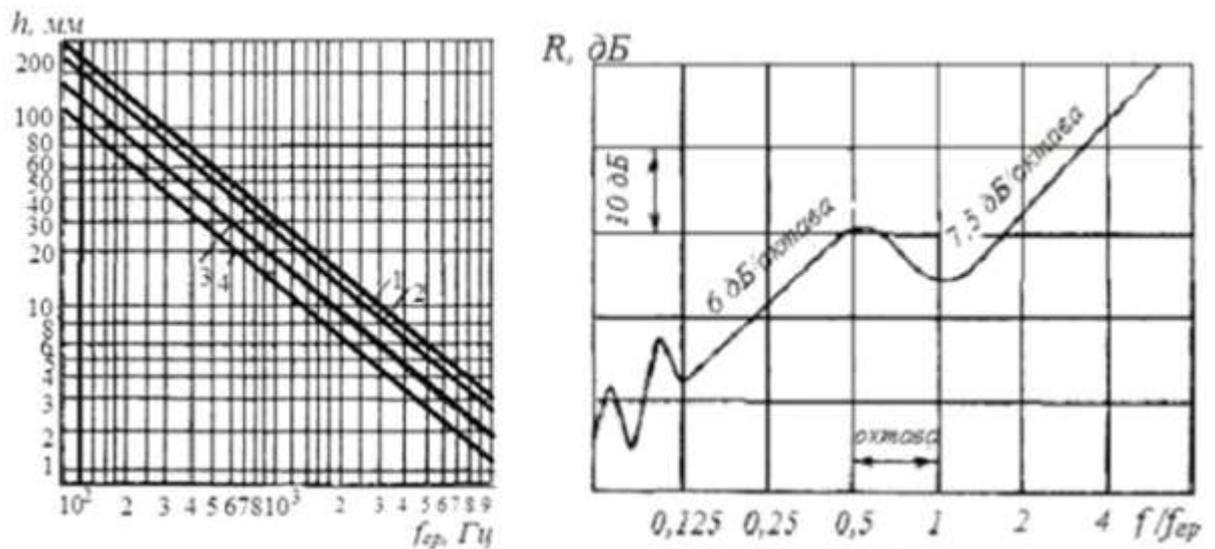


Рис. 3.3 Номограма для визначення граничної частоти і частотної характеристики ізоляції

Залежність частоти повітряної звукоізоляції одношарових перегородок від частоти можна проілюструвати за допомогою порівняльних графіків для різних будівельних матеріалів — цегли, гіпсу, бетону та залізобетону, а також металевих і скляних конструкцій. Кожен з цих матеріалів демонструє чітку криву акустичних характеристик, яка визначається переважно щільністю поверхні, жорсткістю на згин та внутрішньою здатністю до гасіння звуку.

При аналізі графіка звукоізоляції спостерігається, що, починаючи з частоти в 0,55 рази вищої за загальну резонансну частоту перегородки (f_{gp}), індекс звукоізоляції поступово зменшується, доки не досягне мінімального значення при резонансі ($f = f_{gp}$). Ця частота представляє точку максимальної вібраційної реакції перегородки, в якій жорсткість конструкції не в змозі протидіяти динамічному тиску звукової хвилі, що призводить до значного зниження звукоізоляції. За межами цієї точки резонансу, у міру подальшого зростання частоти збудження, звукоізоляція знову збільшується завдяки домінуючому впливу жорсткості перегородки на згин, поверхневої маси та внутрішнього тертя. У цій області після резонансу швидкість поліпшення звукоізоляції відповідає нахилу 7,6 децибел на октаву, що відображає типову акустичну поведінку щільних, жорстких перегородок.

На етапі проектування дуже важливо враховувати ці залежні від частоти зміни звукоізоляційних характеристик, щоб запобігти акустичній збіжності, тобто збігу домінуючої частоти шуму з загальною резонансною частотою перегородки f_{gr} . Таке резонансне збігання може спричинити різке зниження загального індексу шумозахисту. Щоб пом'якшити це, проектувальники часто модифікують жорсткість стінки на згин, зберігаючи постійну поверхневу щільність, тим самим зміщуючи резонансну частоту від критичних акустичних діапазонів. Цю корекцію можна досягти шляхом зміни складу матеріалу, структурного шарування або геометрії армування. Однак слід зазначити, що жорсткість тонких перегородок, таких як металеві, з ребрами або структурними складками, може парадоксально знизити їх звукоізоляційну здатність, сприяючи передачі звуку через ефекти жорсткого з'єднання[17].

Інженерний розрахунок характеристик повітряної звукоізоляції для одношарових перегородок з бетону, залізобетону, цегли або керамічних блоків — з поверхневою масою від 120 до 1020 кілограмів на квадратний метр — здійснюється за стандартизованою аналітичною та графічною методологією. Процес починається з визначення поверхневої маси $m = \rho \times h$, де ρ — об'ємна маса матеріалу в кілограмах на кубічний метр, а h — товщина перегородки в метрах. Після визначення цього параметра будується крива частотної характеристики у вигляді ламаної лінії, що складається з трьох лінійних відрізків, позначених як АВ, ВС і CD. Горизонтальна вісь графіка відображає геометричне середнє частот октавних смуг, виражене як f/f_{gr} , а вертикальна вісь — індекс звукоізоляції R у децибелах.

Координати опорної точки В, позначені як f_B і R_B , визначаються емпірично на основі поверхневої щільності та товщини перегородки. Ліворуч від точки В намальовано горизонтальний відрізок АВ, що представляє низькочастотну область, де ізоляція залишається постійною. Праворуч відрізок ВС піднімається з нахилом 7,6 децибелів на октаву і закінчується в точці С, що відповідає верхній межі значення $R_C = 65$ децибелів. За точкою С намальовано горизонтальний

відрізок CD, що відображає збільшення звукоізоляційної здатності на високих частотах, де подальше підвищення є незначним.

Наприклад, у випадку бетонної перегородки товщиною $h=0,15$ метра і питомою масою поверхні $m_p=240$ кілограмів на квадратний метр (з $\rho=2400$ кілограмів на кубічний метр) значення звукоізоляції, що залежать від частоти, можна оцінити наступним чином: 34 децибелі при 62 герцах, 34 децибелі при 124 герцах, 42 децибелі при 245 герцах, 50 децибелів при 520 герцах, 57 децибелів при 1020 герцах і 65 децибелів в діапазоні від 2200 до 7800 герц. Цей приклад чітко демонструє, як звукоізоляція поліпшується із збільшенням частоти, поступово наближаючись до оптимального рівня де подальше поліпшення стає мінімальним.

Подібний графічний метод застосовується для перегородок, виготовлених з металів, скла та подібних матеріалів. Однак коефіцієнти нахилу відрізняються через різні механічні властивості цих речовин. Для конструкцій, що складаються з скла, висхідний сегмент BA має нахил 6 децибелів на октаву, тоді як для металевих перегородок нахил 5 децибелів на октаву. Верхній сегмент CD, що відповідає діапазону високих частот, має більш крутий нахил 9 децибелів на октаву, що відображає зменшене внутрішнє демпфування жорстких матеріалів.

Таблиця 3.1 Координати точок B та C

Матеріал	f_B	f_C	R_B	R_C
Сталь	$6000/h$	$12000/h$	39	31
Алюмінієві сплави	$6000/h$	$12000/h$	32	22
Силкатне скло	$6000/h$	$12000/h$	35	29
Органічне скло	$17000/h$	$34000/h$	37	30
Асбоцементні листи	$11000/h$	$22000/h$	36	30
Примітка: $f_C = 2 f_B$				

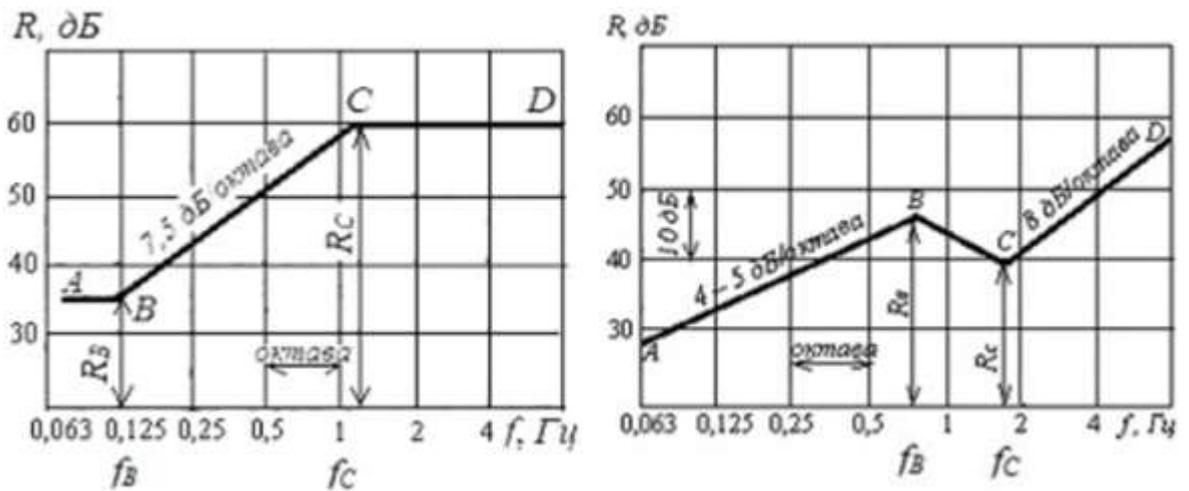


Рис. 3.4 Розрахункова частотна характеристика ізоляції для перегородок зі скла та металу

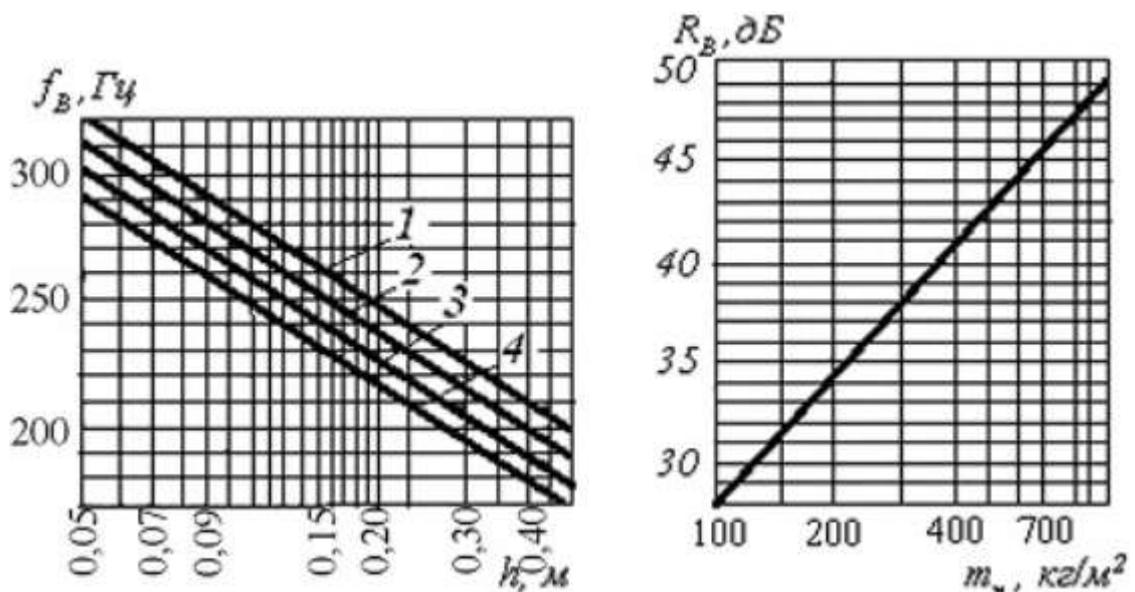


Рис. 3.5 Графіки для визначення координат точки В

Включення звукопоглинаючого шару в одношарову перегородку дає два основних ефекти, які значно покращують її акустичні характеристики. По-перше, це зменшує інтенсивність звуку, що відбивається від поверхні перегородки, тим самим знижуючи загальний рівень шуму в закритому просторі та покращуючи акустичний комфорт середовища. По-друге, це підвищує ефективну звукоізоляцію перегородки, позначену як R_C , за допомогою комбінації механізмів: ослаблення переданого звуку всередині самого поглинаючого шару та додаткової маси, яку шар додає до загальної конструкції. Акустичні

характеристики такої композитної перегородки оцінюються за вісьмома стандартними октавними смугами, що забезпечує комплексну оцінку її звукоізоляційних властивостей залежно від частоти.

Загальна звукоізоляція перегородки:

$$RC = R + \Delta R:$$

R - звукоізоляція перегородки без звукопоглинального шару.

ΔR - додаткова звукоізоляція:

$$\Delta R = 8,5 \times \beta \times \delta + 22 \times \log_{10} [(m_p + m_{psh}) / m_p]:$$

β - коефіцієнт ослаблення.

m_p - поверхнева густина матеріалу перегородки.

m_{psh} - поверхнева густина звукопоглинального шару.

δ - товщина звукопоглинального шару.

Таблиця 3.2 Показники звукоізоляції стін та перегородок

Конструкція	Товщина, мм	Поверхнева густина, кг/м ²	Середньгеометрична частота октавної смуги, Гц							
			63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Цегляна кладка	140	220	32	39	40	42	48	54	60	60
	270	420	36	41	44	51	58	64	65	65
	410	620	41	44	48	55	61	65	62	65
Залізобетонна панель	100	250	38	38	38	44	50	58	60	60
	160	400	43	43	43	51	60	63	63	63
	200	500	40	42	44	51	59	65	65	65
	300	750	44	44	50	58	65	69	69	69
Гіпсобетонна панель	80	115	32	32	33	39	47	54	60	60
Шлакобетонна панель	140	250	39	39	39	46	53	60	60	60
	250	400	42	42	42	50	59	64	64	64

Таблиця 3.3 Показники коефіцієнту затирання

Звуопоглинаючий матеріал	Середньгеометрична частота октавної смуги, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Полотно із супертонкого скловолокна	3	5	6	9	14	24	34	45
Полотно із супертонкого базальтового волокна	3	6	8	11	25	34	37	38

Включення звукопоглинального шару значно покращує акустичні характеристики перегородки, причому його ефект найбільш помітний на високих частотах, де коефіцієнт загасання β досягає пікових значень. На нижчих частотах вплив шару зменшується, що відображає залежність розсіювання енергії від частоти. Стандартна товщина таких шарів становить від 65 до 120 міліметрів, що забезпечує практичний баланс між акустичною ефективністю та конструктивною здійсненністю.

Емпіричні дослідження ілюструють виражений вплив цих шарів. В одному з прикладів шар базальтового волокна, нанесений на плиту розміром 1 на 1,25 метра і товщиною 5 міліметрів, підвищив звукоізоляцію на 15-25 децибел, одночасно згладжуючи частотну характеристику поблизу критичної частоти 3100 герц. Спосіб установки — приклеювання безпосередньо до плити або розміщення з невеликим відступом — дає лише мінімальні відмінності в характеристиках, що вказує на те, що акустичні переваги залежать в першу чергу від властивостей матеріалу, а не від точного способу монтажу.

Ці спостереження підтверджують, що звукопоглинальні шари відіграють вирішальну роль у підвищенні загальної звукоізоляції перегородок, особливо на вищих частотах, сприяючи створенню більш тихого та контрольованого внутрішнього середовища. Крім того, вирівнювання кривої частотної характеристики демонструє здатність шару пом'якшувати піки та спади в різних частотних діапазонах, забезпечуючи більш рівномірний і стабільний акустичний профіль у всьому обробленому просторі.

Для визначення вартості звукоізоляції в якості прикладу було обрано житлову спальню з конкретними геометричними параметрами. Кімната має загальну площу 19,55 м², довжину 6,15 м, ширину 3,25 м і висоту 2,7 м, з одними дверима і двома віконними прорізами. Стратегія звукоізоляції, обрана для цього проекту, передбачає використання безкаркасного підходу, який дозволяє максимально збільшити корисний простір у кімнаті та одночасно зменшити вплив зовнішніх акустичних перешкод[2].

Запропонована акустична обробка складається з багатошарових панелей, що містять кварцовий пісок, відомий своєю високою ефективністю в зменшенні рівня шуму до 93 %. Панелі доступні в розмірах $1,2 \times 0,8 \times 0,018$ м і $0,8 \times 0,8 \times 0,018$ м, вартість матеріалу становить 787 грн/м². Загальна площа стін, що потребують покриття, становить 53,96 м², що призводить до витрат на матеріали в розмірі 42 613 грн[8].



Рис. 3.6 Звукоізоляція стін

Для стелі було обрано рулонний звукоізоляційний матеріал розміром $7,0 \times 1,0$ м, вартість якого становить 737 грн/м². Площа стелі відповідає площі приміщення 19,55 м², тому для повного покриття поверхні необхідно придбати три рулони, що становить загальну вартість матеріалу для стелі 14 417 грн.



Рис. 3.7 Звукоізоляція стелі

Для отримання повної оцінки загальних інвестицій, необхідних для реалізації проекту, необхідно врахувати додаткові витрати, включаючи витрати на робочу силу та монтаж. Підлога не включена в цей розрахунок, оскільки матеріали утеплення мають гарні властивості звукопоглинання, а вікна та двері, які передбачається встановити, забезпечують достатню акустичну ефективність і не потребують додаткових модифікацій[7].

Загальна вартість матеріалів для проекту становить 57 030 грн. Виходячи з цього вартість звукоізоляції на квадратний метр поверхні стін і стелі оцінюється в 264 грн/м², що дає загальну вартість проекту в 18 600 грн за монтаж. Отже, загальні інвестиції, необхідні для повної реалізації заходів зі звукоізоляції в обраній спальні, за прогнозами, становитимуть 75 850 грн, що відображає ретельно розрахований баланс між характеристиками матеріалів, затратами праці та просторовою ефективністю.

Висновок

Це дослідження було присвячене проектуванню та оцінці системи звукоізоляції, застосованої в житловій кімнаті площею 19,55 м². Прийнята система включала багат шарові акустичні панелі з кварцовим наповнювачем товщиною 18 мм і поверхневою щільністю, достатньою для зменшення

зовнішнього повітряного шуму до 93%, а також рулонну ізоляцію на стелі, що забезпечує додаткове поглинання на високих частотах. Загальна оброблена площа становила 53,96 м² стін і 19,55 м² стелі.

Отримані результати підтверджують, що це рішення забезпечує помітне поліпшення повітряно-звукоізоляції, особливо в діапазоні частот мовлення 500–4000 Гц, сприяючи значному зниженню рівня шуму, що сприймається всередині приміщення. Таким чином, обрана безкаркасна багат шарова система може вважатися ефективним і економічно обґрунтованим методом підвищення акустичного комфорту житлових приміщень.

РОЗДІЛ 4

ОПИС АРХІТЕКТУРНО-ПЛАНУВАЛЬНОГО РІШЕННЯ БУДІВЛІ

4.1 Ситуаційний план

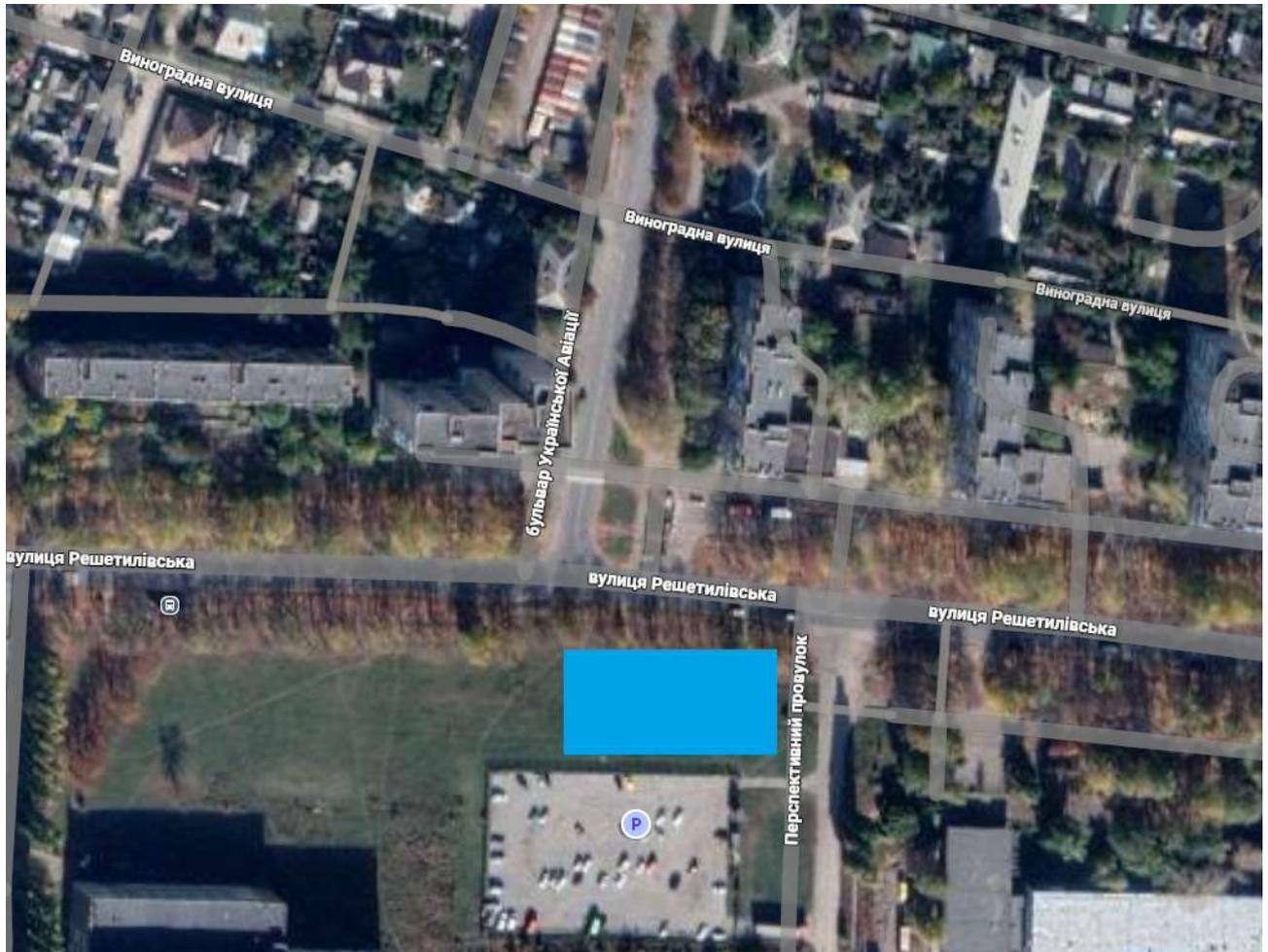


Рис. 4.1 Ситуаційний план

П'ятиповерховий житловий будинок розташовано в місті Полтава на вулиці Решетилівській.

4.2 Об'ємно-планувальне рішення

Об'ємно-планувальне рішення будівлі визначається п'ятиповерховою прямокутною конструкцією без підвалу, загальними розмірами в плані 47 400 мм по осях 1–10 і 21 000 мм по осях А–Ж. Загальна висота будівлі становить 17,6 м, типова висота поверху — 3,2 м[3].

Об'єм будівлі симетрично організований вздовж поздовжньої осі і розділений по центру проїзною аркою, що забезпечує доступ до внутрішнього

двору. Ця арка розділяє конструкцію на дві дзеркальні житлові секції, кожна з яких містить окрему сходову клітку, що забезпечує вертикальну циркуляцію між усіма поверхами.

Таблиця 4.1 Експлікація приміщень

Номер приміщення	Найменування	Площа, м	Кат. приміщення
1	Тамбур	3.68	
2	Тамбур	3.82	
3	Вітальня	24.28	
4	Ванна кімната	2.25	
5	Туалет	1.95	
6	Кухня	16.75	
7	Спальня	13.16	
8	Спальня	19.53	
9	Гостьова	20.75	
10	Гостьова	43.64	
11	Ванна кімната	3.58	
12	Гостьова	40.36	
13	Кухня	33.58	
14	Спальня	13.17	
15	Спальня	14.50	
16	Гостьова	25.75	
17	Спальня	18.00	
18	Тамбур	2.11	
19	Вітальня	31.35	
20	Гостьова	31.98	
21	Кухня	14.57	
22	Спальня	22.50	
23	Спальня	27.65	
24	Кухня	20.01	
25	Вітальня	19.75	
26	Гостьова	40.53	
27	Спальня	15.02	

Просторова організація будівлі забезпечує раціональний розподіл квартир по поверхах. На першому і другому поверхах розташовані чотири квартири на рівні, симетрично розташовані відносно центральної осі. На третьому, четвертому та п'ятому поверхах розміщено шість квартир на рівні.

4.3 Архітектурно-конструктивне рішення

Фундамент

Фундамент будівлі є пальовим, призначеним для передачі вертикальних навантажень від цегляних стін і залізобетонних перекриттів на щільні несучі шари. Фундамент складається з збірних залізобетонних паль квадратного перетину 300×300 мм. Палі розташовані з міжосьовим кроком 1 м, що забезпечує рівномірний розподіл вертикальних навантажень і запобігає диференційованому осіданню. Ростверк з'єднує всі групи паль в єдину просторову систему. Він має товщину 700 мм і висоту 500 мм[1].

Візуальний огляд фундаменту під час технічної оцінки не виявив структурних дефектів, тріщин, корозії або інших ознак погіршення стану. Бетонні поверхні ростверку залишаються щільними, без розшарування, а головки паль не мають ознак деформації або зміщення. Фундаментна система вважається придатною до експлуатації і не потребує структурного втручання[12].

В рамках капітального ремонту навколо всієї будівлі буде побудовано нове вимощення для захисту фундаменту від поверхневих вод. Конструкція матиме ширину 1,0 м, ухил 3% від стін і поверхневий шар з вібропресованої бетонної бруківки товщиною 80 мм на піщано-цементній основі товщиною 40 мм. Уздовж верхнього краю цоколь буде оздоблений декоративною плиткою товщиною 20 мм, укладеною на морозостійкий клейовий розчин з еластичними полімерними добавками для забезпечення адгезії та довговічності.

Зовнішні, внутрішні стіни та перегородки

Стіни будівлі побудовані з міцної цегляної кладки і служать основними несучими елементами конструкції. Несучі стіни мають товщину 510 мм і побудовані з цегли М150, укладеної на цементно-піщаному розчині марки М75. Міжквартирні перегородки мають товщину 250 мм, а міжкімнатні побудовані з товщиною 120 мм. Стіни забезпечують як вертикальну, так і бічну стійкість будівлі і служать опорними поверхнями для збірних залізобетонних плит перекриття[9].

Огляд стану стін виявив локальні пошкодження кладки, включаючи часткове руйнування розчину, незначні тріщини в зовнішніх секціях та вивітрювання зовнішнього шару цегли внаслідок тривалого впливу атмосферних факторів. Незважаючи на ці дефекти, загальна несуча здатність кладки залишається достатньою, а конструкція зберігає свою стабільність і несучу функціональність. Ділянки з ослабленими цементними швами та пошкодженою цеглою будуть локально відремонтовані шляхом перефугування та заміни дефектних елементів новою керамічною цеглою таких самих характеристик.

В рамках капітального ремонту зовнішні стіни будуть повністю модернізовані з точки зору теплоізоляції. На зовнішню поверхню цегляних стін буде встановлено суцільний шар ізоляції з базальтової мінеральної вати товщиною 150 мм і щільністю 135 кг/м³. Ізоляційні плити будуть закріплені механічно за допомогою корозієстійких дискових дюбелів (5 шт./м²) і приклеєні клейовим розчином для забезпечення повного контакту з основою. Система буде оброблена армованим полімерно-цементним базовим покриттям, що містить скловолокнисту сітку 160 г/м², а потім декоративним захисним шаром паропроникної штукатурки на силіконовій основі з високою атмосферостійкістю. Ця система теплоізоляції зменшить втрати тепла через зовнішні стіни, підвищить загальний тепловий опір оболонки до $R \approx 4,2 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ і забезпечить довгостроковий захист кладки від вологи та температурних навантажень[11].

Перекриття та покрівля

Конструкції перекриттів у будівлі виконані із збірних пустотних залізобетонних плит загальною товщиною 220 мм. Плити встановлені з опорою по двох протилежних краях на несучі цегляні стіни з мінімальною довжиною опори 120 мм. Порожнисті серцевини в плитах зменшують статичне навантаження та покращують теплові та акустичні характеристики. Шви між плитами заповнені дрібнозернистим бетоном для забезпечення монолітності та рівномірного розподілу навантаження. Огляд конструкцій перекриттів не виявив видимих дефектів, таких як тріщини, прогини або відколи[4].

Покрівельна система будівлі є комбінованою і складається з двосхилих та плоских секцій. Двосхилі ділянки даху підтримуються дерев'яним каркасом з хвойної деревини з перетином 100×150 мм для крокв і 50×100 мм для вторинних елементів. Існуючий покрівельний матеріал — металева черепиця, закріплена на дерев'яних рейках над паропроникною підкладковою мембраною. Під час капітального ремонту всі металеві черепичні покриття будуть повністю замінені бітумною черепицею з армуванням скловолокном і поверхневим шаром з базальтового грануляту. Ця заміна покращить гідроізоляцію, зменшить вплив шуму від опадів і продовжить термін експлуатації даху[13].

Локальна заміна пошкоджених дерев'яних елементів буде проведена з використанням сушеної в печі деревини з вологістю не більше 12%, ідентичної за перерізом до оригінальних елементів. Всі дерев'яні конструктивні елементи будуть оброблені антисептичними та вогнезахисними захисними покриттями, що забезпечують стійкість до біологічного руйнування, цвілі та займання.

Плоскі секції даху складаються з залізобетонної плити, на яку укладається покрівельна система. Типова конструкція включає пароізоляційний шар, теплоізоляцію, похилу цементно-піщану стяжку змінної товщини (20–80 мм) для забезпечення 2% ухилу для водовідведення та верхню гідроізоляційну мембрану з двох шарів бітумних листів загальною товщиною 8 мм. В рамках капітального ремонту існуючий плоский дах буде повністю демонтований і відновлено за тим самим конструктивним принципом, але з використанням сучасних високоефективних матеріалів[9].

Нова система включатиме в себе сучасну пароізоляційну плівку з високою дифузійною стійкістю, теплоізоляцію з мінераловатних плит ($\lambda = 0,037$ Вт/м·К), полімерно-цементну вирівнювальну стяжку з поліпшеною адгезією та двошарову бітумну гідроізоляційну мембрану з УФ-стабільною верхньою захисною плівкою. Така конструкція забезпечить повну водонепроникність, поліпшену теплоефективність та відповідність сучасним будівельним нормам.

Зовнішнє та внутрішнє опорядження

Після завершення монтажу системи зовнішньої теплоізоляції, утеплені стіни будуть оброблені багат шаровим декоративним і захисним покриттям на основі високоякісної фасадної фарби[16]. Підготовка поверхні включає нанесення армованого базового шару, що складається з полімерно-цементного клейового розчину і скловолокнистої сітки щільністю 160 г/м², що забезпечує стійкість до тріщин і рівномірну адгезію. Після повного затвердіння і вирівнювання поверхні наноситься ґрунтовка глибокого проникнення на основі акрилової дисперсії для поліпшення адгезії фінішної фарби до мінеральної основи[5].

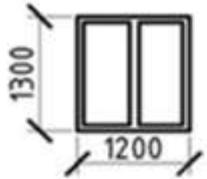
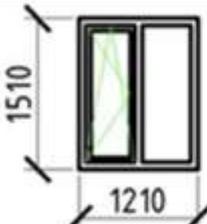
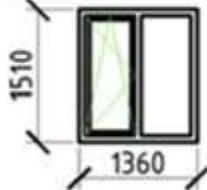
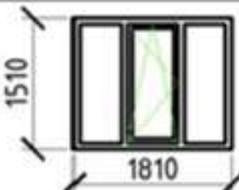
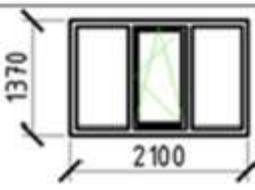
Остаточне декоративне покриття складається з двох шарів паропроникної силіконової фасадної фарби з гідрофобними властивостями. Фарба наноситься розпиленням із загальною витратою 0,35–0,45 л/м² на шар. Силіконовий склад забезпечує високу еластичність, стійкість до УФ-випромінювання та самоочисну здатність, запобігаючи накопиченню пилу та біологічному росту на фасаді. Коефіцієнт опору дифузії водяної пари покриття ($\mu \leq 180$) забезпечує сумісність з системою мінеральної вати.

Всі роботи з фарбування фасаду виконуються в суху погоду при температурі навколишнього середовища від +5°C до +30°C і відносній вологості нижче 80%. Під час нанесення використовуються риштування із захисною сіткою, щоб запобігти розбризкуванню фарби та забезпечити рівномірне покриття. Після висихання фасад отримує суцільне, однорідне та стійке до атмосферних впливів покриття[15].

Внутрішні оздоблювальні роботи були виконані під час капітального ремонту і включали повне косметичне оновлення квартир та загальних прохідних приміщень. У всіх житлових приміщеннях поверхні стін були вирівняні за допомогою гіпсової штукатурки нанесеної шаром 10–15 мм. Оздоблювальний шар складався з двох шарів миючої латексної фарби з глянцем поверхні 15–20%.

Стелі були покриті паропроникною матовою акриловою фарбою, стійкою до мікротріщин. Було замінено вікна[14].

Таблиця 4.2 Експлікація віконних отворів

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

Було замінено покриття підлоги: у вітальнях і спальнях встановлено ламіновані панелі товщиною 8 мм, і звукопоглинаючу підкладку товщиною 2 мм; у кухнях, коридорах і санвузлах підлога складається з глазурованої керамічної плитки товщиною 10 мм[7]. По периметру стін закріплено нові плінтуси висотою

60 мм. У всіх приміщеннях встановлено розетки та вимикачі класу захисту IP44 і світлодіодні світильники класу енергоефективності A+.

У спальних приміщеннях було впроваджено посилену звукоізоляцію. Звукоізоляція стін була досягнута за допомогою багатошарових акустичних панелей з кварцовим наповнювачем загальною товщиною 18 мм і поверхневою щільністю понад 20 кг/м². Акустична ізоляція стелі була встановлена з використанням рулонної ізоляції[10].

У загальних приміщеннях, включаючи сходові клітки та вестибюлі, поверхні були відновлені цементно-вапняною штукатуркою класу M100 і пофарбовані зносостійкою акриловою фарбою. Підлоги були оброблені морозо- та зносостійкою керамічною плиткою товщиною 10 мм. Металеві сходові огорожі були очищені, прогрунтовані і покриті двома шарами алкідної емалі. Освітлення було модернізовано до світлодіодних світильників з датчиками руху, клас захисту IP54, що забезпечують освітлення не менше 140 лк[14].

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення: ДБН В.2.6-98:2009 [Чинний від 2011-01-01]. – К: Мінрегіонбуд України, 2011. – 45 с. (Національні стандарти України).
2. Довідково-інформаційний збірник ресурсів та одиничних розцінок на будівельно-монтажні роботи. – Суми: СНАУ, 2011.
3. Житлові будинки. Основні положення: ДБН В.2.2-15:2019 [Чинний від 2019-12-01]. – К: Мінрегіонбуд України, 2019. – 54 с. (Національні стандарти України).
4. Кам'яні та армокам'яні конструкції: ДБН В.2.6-162:2010.
5. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією: ДБН В.2.6-33:2018.
6. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Оздоблювальні роботи.
7. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Підлоги.
8. Кошторисні норми України «Настанова з визначення вартості будівництва»: [Чинний від 2021-11-09]. – К: Мінрегіонбуд України, 2021. – 44–46 с. (Національні стандарти України).
9. Навантаження і впливи. Норми проектування: ДБН В.1.2-2:2016 [Чинний від 2017-10-01]. – К: Мінрегіонбуд України, 2016. – 13–16 с. (Національні стандарти України).
10. Організація будівельного виробництва (посібник для розробки курсових та дипломних проектів). – Суми: СНАУ, 2011. – 125 с.
11. Організація будівельного виробництва: ДБН А.3.1-5:2016 [Чинний від 2016-01-01]. – К: Мінрегіонбуд України, 2016. – 44–46 с. (Національні стандарти України).
12. Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення: ДБН В.2.1-10:2018.

13. Покриття будівель і споруд: ДБН В.2.6-220:2017.
14. Природне і штучне освітлення: ДБН В.2.5-28:2018 [Чинний від 2019-02-28]. – К: Мінрегіонбуд України, 2018. – 7 с. (Національні стандарти України).
15. Склад та зміст проектної документації на будівництво: ДБН А.2.2-3-2014 [Чинний від 2014-10-01]. – К: Мінрегіонбуд України, 2014. – 10 с. (Національні стандарти України).
16. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6-31:2016 [Чинний від 2016-10-01]. – К: Мінрегіонбуд України, 2017. – 15 с. (Національні стандарти України).
17. Bida D., Didkovskyi V. Descriptors of sound insulation of building structures in residential buildings in Ukraine and Europe / D. Bida, V. Didkovskyi // Technology Audit and Production Reserves. – 2022. – № 5(2). – С. 24–29