

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ім. Ю.М. ПОТЕБНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра промислового та цивільного будівництва

Кваліфікаційна робота/проект

другий магістерський рівень

(рівень вищої освіти)

на тему: «Розробка проекту покращення звукоізоляції будівлі із
застосуванням інноваційних матеріалів»

Виконав: студент 2 курсу, групи: 8.1922–пцб-1

спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія

(код і назва спеціальності)

освітньої програми промислове і цивільне будівництво

Шульга Денис Вікторович

(прізвище та ініціал)

Керівник Мішук К.М., доц. к.т.н.

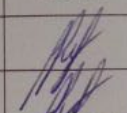
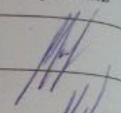

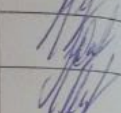
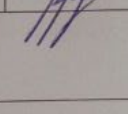
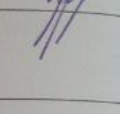
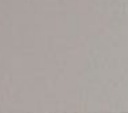
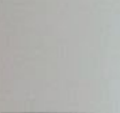
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент проф., д.т.н. Банах В.А.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя – 2023 року

6. Консультанти розділів роботи

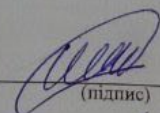
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Мішук К.М., доц. к.т.н.		
Розділ 2	Мішук К.М., доц. к.т.н.		
Розділ 3	Мішук К.М., доц. к.т.н.		
Розділ 4	Мішук К.М., доц. к.т.н.		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

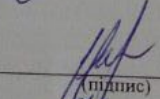
№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Основні положення та параметри звукоізоляції в будинку		
2.	Виконання звукоізоляції для конструкцій будівлі		
3.	Особливості вибору звукоізоляційних матеріалів та їх основні види		
4	Розрахунок систем звукоізоляції огорожуючих конструкцій		

Студент


 (підпис)

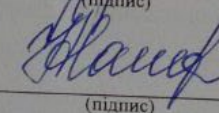
Шульга Д. В.
 (прізвище та ініціали)

Керівник роботи/проекту


 (підпис)

Мішук К.М.
 (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль пройдено


 (підпис)

Данкевич Н.О.
 (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Шульга Денис Вікторович. Розробка проекту покращення звукоізоляції будівлі із застосуванням інноваційних матеріалів.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія, науковий керівник К.М. Мішук. Запорізький національний університет. Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні, кафедра промислового та цивільного будівництва, 2023.

Шум впливає на людський організм негативно, і може призвести до серйозних наслідків, аж до розвитку серйозних захворювань нервової системи. Тому турбота про акустичність місць, де людина проводить практично весь свій час, є об'єктивною необхідністю.

Загальною метою використання інноваційних матеріалів для звукоізоляції є створення тихого та комфортного середовища, яке задовольняє потреби користувачів будівлі і підвищує її ефективність та цін.

Виконано порівняння звукоізоляційних матеріалів, що демонструє значний рівень покращення звукоізоляції та детально розглянуті нормативні документи, які нормують акустику приміщень.

Щоб створити практично звукоізолюючий будинок, недостатньо буде використовувати лише один матеріал з перерахованих. На кожному елементі будівлі будуть доречні й ефективні якісь свої рішення. Найкраще, якщо буде застосована комбінація декількох матеріалів: для вібропоглинання, звукоізоляції і звукопоглинання. Технології звукоізоляції будівлі допомагають покращити звукоізоляцію будівель і зробити їх більш комфортними для проживання і роботи.

Ключові слова: звукопоглинання, інноваційні технології, звукоізоляційні матеріали, шум.

Список публікацій магістранта:

1. Шульга Д.В., Пастухова С.В., Мішук К.М.. Розробка проекту покращення звукоізоляції будівлі із застосуванням інноваційних матеріалів. Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України: зб. тез всеукр. наук.-практ. конф., м. Запоріжжя, 17-20 жовт. 2023р. Запоріжжя, 2023. С.

ABSTRACT

Shulga Denys Viktorovych. Development of a project to improve sound insulation of the building using innovative materials.

Qualifying thesis for obtaining a master's degree of higher education in the specialty 192 Construction and civil engineering, supervisor K.M. Mishuk Zaporizhzhia National University. Engineering Educational and Scientific Institute named after Yu.M. Potebny, Department of Industrial and Civil Engineering, 2023.

Noise affects the human body negatively, and can lead to serious consequences, up to the development of serious diseases of the nervous system. Therefore, taking care of the acoustics of places where a person spends almost all of his time is an objective necessity. The overall goal of using innovative materials for sound insulation is to create a quiet and comfortable environment that meets the needs of the building's users and increases its efficiency and prices. A comparison was made, which demonstrates a significant level of improvement in sound insulation, and regulatory documents that regulate the acoustics of premises were reviewed in detail. To create a practically soundproof house, it will not be enough to use only one of the listed materials. Each element of the building will have its own appropriate and effective solutions. It is best if a combination of several materials is used: for vibration absorption, sound insulation and sound absorption. Building sound insulation technologies help to improve the sound insulation of buildings and make them more comfortable for living and working.

Keywords: sound absorption, innovative technologies, soundproofing materials, noise.

List of postgraduate publications:

1. Шульга Д.В., Пастухова С.В., Мішук К.М.. Розробка проекту покращення звукоізоляції будівлі із застосуванням інноваційних матеріалів. Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України: зб. тез всеукр. наук.-практ. конф., м. Запоріжжя, 17-

20 жовт. 2023р. Запоріжжя, 2023. С.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ТА ПАРАМЕТРИ ЗВУКОІЗОЛЯЦІЇ В БУДИНКУ	
1.1 Поняття шуму та його вплив на організм	
1.2 Оцінка поточного рівня шуму Ошибка! Закладка не определена.	
1.3 Спеціальні прилади для вимірювання шуму.....	
1.4 Завдання звукоізоляції	18
2 ВИКОНАННЯ ЗВУКОІЗОЛЯЦІЇ ДЛЯ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЛІ	19
2.1 Проектування системи звукоізоляції.....	19
2.2 Види звукоізоляції для конструкцій будівлі	20
2.3 Використання новітніх технологій	26
2.4 Інтеграція Інтернету речей (IoT) та смарт-технологій.....	27
2.5 Герметизація будівельних конструкцій.....	30
2.6 Перевірка ефективності звукоізоляції	32
2.7 Порівняння звукоізоляції будівлі до та після використання звукоізоляційних матеріалів	33
3 ОСОБЛИВОСТІ ВИБОРУ ЗВУКОІЗОЛЯЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ЇХ ОСНОВНІ ВИДИ.....	35
3.1 Види звукоізоляційних матеріалів	35
3.2 Використання матеріалів для шумоізоляції різних конструкцій будівлі	36
3.3 Універсальні ізоляційні матеріали, які використовуються в сучасному будівництві.....	
3.4 Полімери зі звукопоглинаючими властивостями.....	59
3.5 Інноваційні матеріали для звукоізоляції.....	
4 РОЗРАХУНОК СИСТЕМ ЗВУКОІЗОЛЯЦІЇ ОГОРОДЖУЮЧИХ	

КОНСТРУКЦІЙ.....	
4.1 Система звукоізоляції - ТН-СТІНА Стандарт перегородок (цегляна перегородка)	
4.2 Система звукоізоляції - ТН-СТІНА Стандарт перегородок (газобетон або пінобетон).....	
4.3 Система звукоізоляції перекриття- ТН-ПОЛ Проф (кам'яна вата).....	
4.4 Система звукоізоляції перекриття- ТН-ПОЛ Стандарт (пінополістерол)	
4.5 Система звукоізоляції міжповерхових перекриттів ТН-СТЕГА Акустик.....	74
ВИСНОВОК.....	77
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	80

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Підвищення якості життя та комфорту користувачів будівель стає все більшою проблемою в умовах зростаючого шуму в містах та сучасного ритму життя. Звукоізоляція дозволяє зменшити вплив навколишнього шуму на здоров'я і психологічний стан людей, щоб зробити життя більш комфортним.

Зменшення стресу: Великі міста та міська інфраструктура породжують стрес, пов'язаний з шумом, який може впливати на психічне здоров'я. Звукоізоляція допомагає знизити рівень стресу серед населення.

Підвищення продуктивності: У робочих та навчальних приміщеннях низький рівень шуму сприяє підвищенню продуктивності та концентрації. Звукоізоляція може покращити умови праці та навчання.

Енергоефективність: Використання інноваційних матеріалів для звукоізоляції може також призвести до збереження енергії, оскільки добре звукоізольовані приміщення потребують менше опалення та кондиціонування повітря.

Дотримання нормативів: В деяких регіонах і категоріях будівель чинні нормативи щодо рівнів шуму, які повинні дотримуватися. Розробка проекту покращення звукоізоляції допоможе відповідати цим вимогам.

Ринок нерухомості: Будівельна індустрія вимагає інноваційних рішень, які роблять об'єкти нерухомості більш привабливими для покупців і орендарів. Звукоізоляція може стати конкурентною перевагою на ринку нерухомості.

Екологічна свідомість: Звукоізоляція сприяє зменшенню відходів та покращенню якості середовища, оскільки добре звукоізольовані будівлі потребують менше ремонтів і модернізації.

Актуальність дослідження полягає в тому, що вдосконалення

звукоізоляції будівель стає важливим завданням для покращення якості життя, комфорту і продуктивності людей, а також для забезпечення відповідності стандартам і вимогам екологічної безпеки.

Мета дослідження. Метою дослідження є розробка проекту покращення звукоізоляції будівлі із застосуванням інноваційних матеріалів. Головні завдання дослідження включають наступне:

1. Аналіз поточного стану.
2. Розробка інноваційних матеріалів.
3. Проектування системи звукоізоляції.
4. Експерименти та випробування.
5. Економічний аналіз.
6. Екологічний аналіз.

Мета дослідження полягає в створенні інноваційних рішень для покращення звукоізоляції будівель, що сприятиме підвищенню комфорту, зменшенню шуму та поліпшенню якості життя користувачів будівель.

Об'єкт дослідження. Об'єктом дослідження є будівлі різного типу та призначення, які вимагають покращення звукоізоляції. Це можуть бути житлові будинки, офіси, комерційні приміщення, навчальні заклади, готелі, медичні установи тощо. Обрання цього об'єкта дослідження дозволяє зосередитися на практичних аспектах вдосконалення звукоізоляції в реальних будівлях.

Предмет дослідження. Предметом дослідження є звукоізоляція будівель і інноваційні матеріали, які використовуються для покращення звукоізоляції в різних типах будівель.

Цей предмет дослідження включає в себе наступні аспекти:

1. Звукоізоляція будівель.
2. Інноваційні матеріали.
3. Ефективність звукоізоляції.
4. Покращення якості життя.
5. Витрати та економічна вигідність.

6. Екологічний вплив.

Методи дослідження. Можна використовувати різні методи та підходи, включаючи наступні:

1. Літературний аналіз.
2. Аналіз поточного стану.
3. Експертні опитування.
4. Експерименти та випробування.
5. Моделювання і симуляція.
6. Аналіз витрат і вигод .
7. Екологічний аналіз.
8. Пілотні проекти.
9. Анкетування та інтерв'ю користувачів.
10. Статистичний аналіз.

Наукова новизна.

Використання інноваційних матеріалів: Дослідження спрямоване на впровадження новітніх матеріалів та технологій у будівельну практику для звукоізоляції. Це включає в себе нові звукоізоляційні матеріали, акустичні панелі, плити та інші інноваційні рішення.

Індивідуальний підхід до проектування: Дослідження передбачає розробку індивідуальних проектів звукоізоляції для різних типів будівель з урахуванням їхніх конкретних особливостей та вимог.

Комплексний підхід: Дослідження враховує всі аспекти звукоізоляції, включаючи технічні, економічні, екологічні та психологічні фактори.

Економічний та екологічний аналіз: Дослідження оцінює вплив інноваційних рішень на витрати та прибутковість будівельних проектів, а також їхній екологічний вплив, що важливо для сучасного будівництва.

Зменшення негативного впливу шуму на здоров'я: Дослідження спрямоване на зменшення негативного впливу шуму на здоров'я і комфорт

користувачів будівель, що має важливе значення для забезпечення здорового та комфортного середовища.

Врахування сучасних вимог: Дослідження враховує сучасні нормативи та стандарти щодо рівнів шуму в будівлях, що дозволяє відповідати вимогам законодавства.

Практичне застосування: Результати дослідження можуть бути безпосередньо використані в будівельній галузі для покращення якості життя та комфорту користувачів будівель.

Апробація результатів дослідження. Основні положення роботи докладалися в 2023 році на всеукраїнській науково-практичній конференції за участю молодих науковців «Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України» (Запоріжжя, 2023р.) за результатами якої опублікована збірка тез доповідей.

Структура і об'єм магістерської роботи. Магістерська робота складається з вступу, розділів, висновків, списку використаних джерел. Повний об'єм магістерської роботи складає 78 сторінки тексту, у тому числі 42 рисунків, 2 таблиці. Список використаних джерел містить 14 найменувань.

1 ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ТА ПАРАМЕТРИ ЗВУКОІЗОЛЯЦІЇ В БУДИНКУ

1.1 Поняття шуму та його вплив на організм

Шум – це невід’ємна частина повсякденного життя. Він є скрізь: на роботі і в транспорті, на природі і вдома. Природний звуковий фон в 20-30 дБ (наприклад, дзюрчання струмка, шелест дерев у лісі) звичний і нешкідливий. Власне, шум - це набір небажаних звуків. Він має цілком конкретні характеристики, одиниці та методи вимірювання. Вимірюється у децибелах. Ще все залежить від характеру звуку і його тривалості, а також від особливостей організму: віку і слухової чутливості. Людина почувається комфортно, в тиші, якщо рівень звуку знаходиться в межах 20-25 дБ (децибел). Максимально допустимим, відповідно до існуючих нормативів, є звук силою до 85 дБ. Даний рівень відповідає звуку, виробленому рухомих мотоциклом на відстані 8-9 метрів. Звуковий сигнал в 130 дБ, відповідний автомобільному гудку на відстані 3 метри, викликає у людини больові відчуття, а шум в 150 дБ, джерелом якого є, наприклад, реактивний літак, що йде на зліт, стає нестерпним (див.рис.1.1).

Найбільш очевидним наслідком тривалого шумового впливу є зниження слухової активності. При середньому рівні в 55-70 дБ слух може погіршитися через 5 років, а при показниках понад 80 дБ – вже через рік. Наслідки впливу шуму на організм людини можуть носити самий різний характер, починаючи від швидкої стомлюваності і безсоння, закінчуючи порушеннями зору та вестибулярного апарату.

Основним напрямком боротьби з негативними наслідками для здоров’я є зниження рівня шуму в тих місцях, де людина проводить більшу частину свого часу: на роботі (в офісі або на виробництві) і будинку.

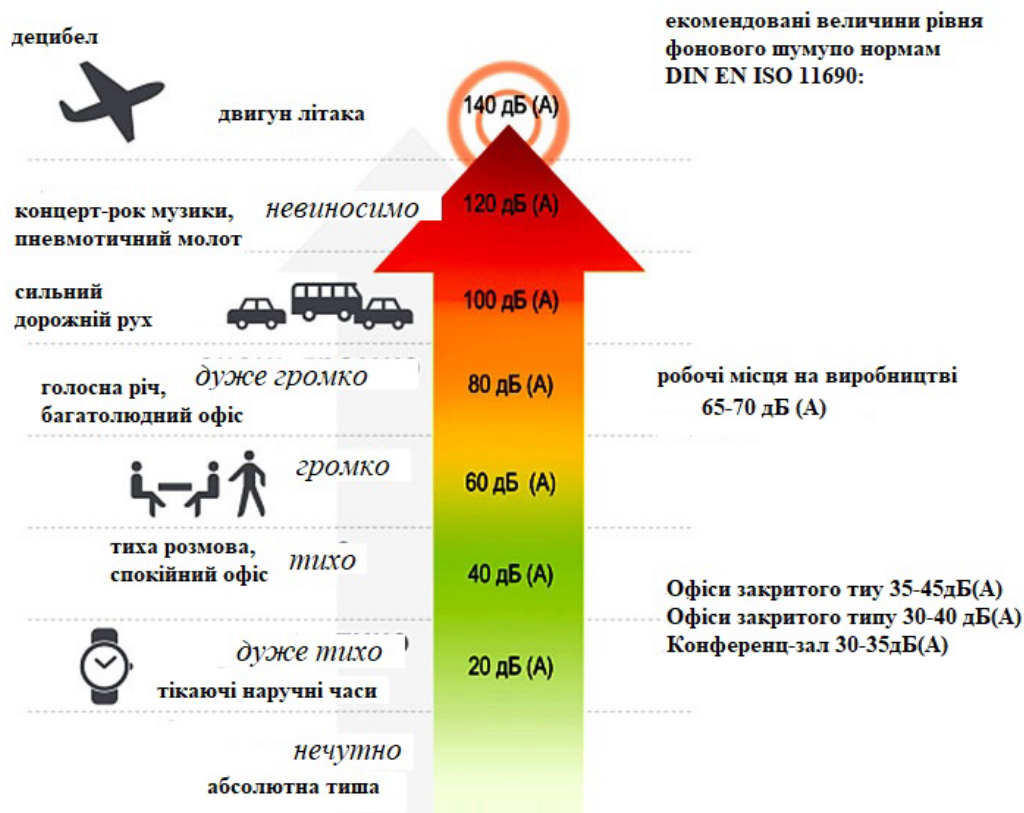


Рисунок 1.1 – Величини рівня фонового шуму по нормам

Шум впливає на людський організм негативно, і може призвести до серйозних наслідків, аж до розвитку серйозних захворювань нервової системи. Тому турбота про акустичність місць, де людина проводить практично весь свій час, є об'єктивною необхідністю. Звукоізоляція промислових, офісних і житлових приміщень вимагає комплексного підходу і застосування сучасних ефективних матеріалів – акустичний комфорт не може бути забезпечений напівзаходами (див.рис.1.2). Прийоми, методи і технології звукоізоляції житлових і офісних приміщень в цілому схожі, що визначається однаковими джерелами шуму. В якості основних ДБН В.1.1-31:2013 «Захист територій, будинків і споруд від шуму» виділяє транспортні потоки, залізничний, водний і повітряний транспорт, промислові та енергетичні підприємства і їх окремі установки, а також внутрішньоквартальні джерела шуму.



Рисунок 1.2 - Системний підхід створення акустичного комфорту

До останніх відносяться трансформаторні підстанції, центральні теплові пункти, господарські двори магазинів, спортивні та ігрові майданчики і т.п. Всі названі вище джерела шуму відносяться до зовнішніх, тому в першу чергу необхідно розглянути шляхи звукоізоляції конструкцій житлових та адміністративних будівель.

1.2 Оцінка поточного рівня шуму

Найчастіше звукоізоляцію фахівці прораховують при будівництві будівлі таким чином, щоб рівень шуму в приміщеннях відповідав стандартам. Для цього потрібно враховувати безліч таких факторів, як: матеріал стін, рівень зовнішнього шуму, рівень шуму у приміщеннях, планування будівлі, наявність джерела вібрації тощо. У домашніх умовах звукоізоляція стає необхідною, особливо якщо у вас галасливі сусіди або поруч гамірне

підприємство. Для вирішення таких завдань виконуються роботи з вимірюванням рівня шуму та проектуванням звукоізоляційних конструкцій.

Насамперед перед проведенням будь-яких робіт необхідно провести оцінку поточного рівня шуму. Для визначення, наскільки необхідно покращити звукоізоляцію і які кроки слід виконати.

Для оцінки поточного рівня шуму виконайте наступні дії:

1. Виміряйте рівень шуму: Використовуйте звуко- або децибелметр для вимірювання рівня шуму в різних частинах будівлі. Проведіть вимірювання в різний час доби, оскільки рівень шуму може варіюватися залежно від часу дня.

2. Фіксуйте джерела шуму: Зафіксуйте основні джерела шуму в будівлі. Це можуть бути шумні прилади, технічне обладнання, шумні сусіди або зовнішні джерела шуму.

3. Відзначте шумні зони: Проведіть огляд і визначте, де рівень шуму є особливо високим. Це може бути в робочих приміщеннях, спальнях або інших частинах будівлі.

4. Оцініть вплив шуму на життя і роботу: Розгляньте, як високий рівень шуму впливає на життя і роботу людей, які знаходяться в будівлі. Це включає в себе комфорт, концентрацію та загальний стан здоров'я.

5. Запишіть виміряні дані: Фіксуйте результати вимірювань та відзначте основні джерела та шумні зони. Це надасть вам об'єктивну інформацію про поточний рівень шуму.

Після оцінки поточного рівня шуму в будівлі ви зможете визначити, наскільки необхідно покращити звукоізоляцію, і які конкретні кроки слід прийняти для досягнення бажаного рівня звукоізоляції. Дані про поточний рівень шуму також можуть бути корисними при плануванні звукоізоляційних заходів.

1.3 Спеціальні прилади для вимірювання шуму

Для вимірювання шуму і оцінки рівня звуку в різних місцях використовують спеціальні прилади, які називаються звуко- або децибелметрами. Ці прилади здатні точно вимірювати рівень шуму в одиницях децибелів (дБ). Ось деякі з основних типів звуко- або децибелметрів:

- Інтегруючі звуко- або децибелметри. Ці прилади вимірюють рівень шуму протягом певного періоду часу, наприклад, 8 годин (це стандарт для оцінки шуму на робочому місці). Вони дозволяють визначити середній рівень шуму і експозицію.



Рисунок 1.3 – Пристрій для вимірювання шуму- децибелметр

- Звукові калібратори. Ці пристрої використовуються для калібрування звуко- або децибелметрів, щоб переконатися, що вони правильно вимірюють рівень шуму.



Рисунок 1.4 – Пристрій для вимірювання шуму- звуковий калібратор

- Переносні звуко- або децибелметри: Ці прилади зазвичай мають ручки або плечові ремені і призначені для вимірювань на місцях, де може бути важко встановити стаціонарний децибелметр.



Рисунок 1.5 – Переносний пристрій для вимірювання шуму

- Стаціонарні звуко- або децибелметри: Ці прилади призначені для постійного вимірювання рівня шуму на певній території або в певних приміщеннях.

- Інтегральні звуко- або децибелметри: Вони здатні вимірювати рівень шуму протягом певного часу та зберігати результати для подальшого аналізу.

При виборі звуко- або децибелметра важливо враховувати конкретні

вимоги вашої задачі і середовища, в якому ви плануєте проводити вимірювання. Більш точні та професійні децибелметри можуть бути важливі для дотримання стандартів та регуляторних вимог щодо контролю шуму, тоді як менш точні прилади можуть бути використані для загального оцінювання рівня шуму в побутових умовах.

1.4 Завдання звукоізоляції

Завданням звукоізоляції є максимально відбити від своєї поверхні акустичну хвилю та мінімально пропустити її через себе. Таким чином, ізолюємо поверхню від проходження акустичної енергії. Це завдання можуть вирішити різні конструкції та матеріали з великою щільністю та спеціальною структурою.

Для досягнення потрібного рівня звукового тиску часто одного матеріалу вам може не вистачити. Для цього виготовляють багатошарову звукоізолюючу конструкцію, яка складається з шарів матеріалу з різною щільністю та структурою. При переході звукової хвилі через кожен шар матеріалів вона втрачає свою енергію та послаблюється на своєму шляху. За рахунок цього ви можете зберегти площу приміщення та досягти ефективної звукоізоляції. Наприклад, у конструкції гіпсокартон – мінеральна вата – гіпсокартон, звукова хвиля яка пройшла через перший лист гіпсокартона відбиватиметься від другого і проходячи через шар мінеральної вати послаблюватиме свою енергію і не зможе пройти через усю конструкцію далі.

Звукопоглинальні матеріали застосовують для рівномірного розподілу рівнів корисного сигналу по площі в даному приміщенні, а також для запобігання поширенню звуку вздовж довгих приміщень.

2 ВИКОНАННЯ ЗВУКОІЗОЛЯЦІЇ ДЛЯ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЛІ

2.1 Проектування системи звукоізоляції

Проектування системи звукоізоляції будівлі включає в себе ряд кроків та елементів, спрямованих на створення тихого та комфортного середовища в будівлі. Ось, що включає в себе проектування системи звукоізоляції:

1. Аналіз потреб і об'єкта будівництва. Визначення конкретних потреб щодо звукоізоляції будівлі. Це може включати аналіз типів шуму, які необхідно зменшити, а також областей, які вимагають особливої уваги.

2. Визначення вимог і стандартів. Розроблення чітких вимог і стандартів щодо рівня звукоізоляції, які мають бути виконані в будівлі. Це може бути регуляторними вимогами або внутрішніми стандартами.

3. Вибір звукоізоляційних матеріалів. Вибір матеріалів, які будуть використовуватися для звукоізоляції стін, стель, підлог, вікон, дверей та інших будівельних конструкцій. Це можуть бути пористі матеріали, акустичні панелі, спеціалізовані ізоляційні плити та інші.

4. Герметизація конструкцій. Розроблення систем герметизації для ущільнення стиків, тріщин і щілин у будівельних конструкціях. Це включає в себе використання акустичних ущільнень на вікнах і дверях, а також інших герметизуючих матеріалів.

5. Дизайн конструкцій і маршрути звукоізоляції. Розроблення конструкцій та маршрутів, які мінімізують передачу звуку через будівлю. Це може включати в себе використання подвійних стін, виготовлення окремих звукоізольованих зон та ізольовані канали для систем опалення та вентиляції.

6. Вибір систем вентиляції та опалення. Розроблення систем

вентиляції та опалення, які не сприяють поширенню звуку між приміщеннями.

7. Використання акустичних матеріалів і декору. Врахування використання акустичних панелей, меблів та декору для поглинання та розсіювання звуку у внутрішньому середовищі.

8. Звукоізоляція шумових джерел. Розроблення ізольованих приміщень або інших методів для контролю шумових джерел, які можуть впливати на звукоізоляцію будівлі.

9. Тестування і контроль якості. Проведення тестування для перевірки ефективності системи звукоізоляції та впевнення, що вона відповідає вимогам і стандартам.

10. Документація та звітність. Підготовка документації та звітів, які включають в себе всі вимоги, рекомендації та результати тестування для системи звукоізоляції.

Проектування системи звукоізоляції вимагає співпраці інженерів, архітекторів та спеціалістів звукоізоляції для створення ефективної та відповідної до потреб системи.

2.2 Звукоізоляція конструкцій будівлі

Комплекс заходів із звукоізоляції квартир включає наступні ділянки: стіни, вікна, двері, стелі, підлога, міжкімнатні міжквартирні перегородки, каналізаційні труби, вузли примикання.

2.2.1 Стіни

Будівельним матеріалом, застосовуваним для зведення зовнішніх стін багатоповерхових каркасних будинків та при цьому володіє високими характеристиками звукопоглинання, є ніздрюватий бетон. Крім будівництва нових будівель блоки з пористого бетону активно використовуються в Європі та США для реконструкції старих будівель, особливо, якщо потрібна додаткова тепло-, і звукоізоляція огорожувальних конструкцій. Прикладом матеріалу є блоки з пористого бетону автоклавного твердіння AEROC, які забезпечують звукоізоляцію до 58 дБ, що дозволяє обійтися без додаткової ізоляції зовнішніх стін будівлі.

Останнім часом, зважаючи на простоту, якості та надійності для вирішення проблем тепло-і звукоізоляції адміністративних і житлових будівель, поширення набули фасадні системи. За оцінками експертів, найбільш високими ізоляційними характеристиками володіють останні на основі теплоізоляції з кам'яної вати. Така система, крім усього іншого, забезпечує додаткову звукоізоляцію захисної конструкції в 15 дБ. У сукупності зі звукоізоляцією зовнішньої стіни завтовшки в дві цеглини це дає звукоізоляцію в 75 дБ. Даного показника цілком достатньо для того, щоб повністю захистити приміщення від шуму жвавої траси, що пролягає за 10 метрів від будівлі.

2.2.2 Вікна та двері

Високими характеристиками звукопоглинання володіють протипожежні двері. Вони відрізняються від звичайних наявністю теплоізоляційного синтетичного наповнювача. Наприклад, двері німецької

компанії Hermann з наповнювачем з мінеральної вати володіють звукоізоляційними показниками до 45 дБ. Їх установка найбільш доцільна у випадку, якщо двері ведуть на вулицю. Враховуючи той факт, що рівень під'їзного шуму, як правило, нижче вуличного, в житловому приміщенні цілком можна обійтися установкою звукоізоляційних дверей, яка гарантує звукопоглинання в районі 26 дБ. Наприклад, фінські двері Suomen Ovi мають багат шарову структуру: всередині знаходиться лист ДСП (деревостружкова плита), ізольований з двох сторін шумозахисною плівкою, а з зовнішнього боку шари декоративного облицювання з ДСП. Така конструкція здатна затримувати 30 дБ. Міжкімнатні двері з суцільними сердечниками та герметичною заглушкою можуть допомогти блокувати передачу звуку між кімнатами.

Стандартні стіни та вікна більшості будівель захищають наші житла від шуму лише частково. Відповідно до статистики санітарних і спостережень екологічного моніторингу, більшість міського населення перебуває у зоні небезпечного здоров'ю шумового впливу, перевищує показник 80 дБ.

Варто відзначити, що сучасні склопакети здатні знизити рівень шуму до 38 дБ, при нормі для нічного періоду 30 дБ, відповідно крім вікон, слід потурбуватися про звукоізоляцію стін, стелі та підлоги.

Надійна звукоізоляція вікон офісних і житлових приміщень може бути забезпечена за допомогою подвійні склопакети з повітрям або газом між стеклами можуть зменшити передачу шуму через вікна. Високі звукопоглинальні характеристики (наприклад, пластикові вікна RENAU «Еталон» в залежності від товщини профілю здатні забезпечити звукоізоляцію до 46 дБ) гарантує багатокамерна структура, а також безперервний контур ущільнення. Крім цього, скло може бути покрито звукоізоляційною плівкою, а простір між ними заповнений інертним газом.

2.2.3 Міжкімнатні перегородки

Велике поширення в будівництві останнім часом отримали міжкімнатні перегородки з каркасом з металевого профілю, обшиті зовні аркушами гіпсокартону. Вони мають малу вагу, легко монтуються і економічні. Однак така конструкція має один істотний недолік: людина, що знаходиться в суміжному приміщенні, буде чути все, що відбувається в кімнаті і навпаки. Для створення ефективної звукоізоляції каркасних перегородок між стійковими профілями встановлюється шар волокнистого звукоізоляційного матеріалу. Враховуючі всі властивості, то ефективна ізоляція з кам'яної вати. Так каркасна перегородка, обшита з кожної сторони одним листом гіпсокартону товщиною 12,5 мм з плитами ROCKWOOL АКУСТИКА БАТТС завтовшки 100 мм, має індекс звукоізоляції 51 дБ(див.рис.2.1).

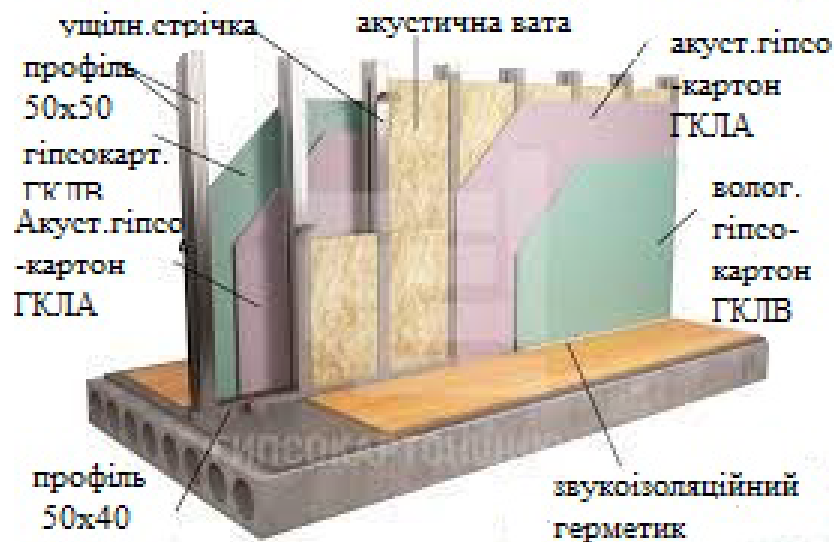


Рисунок 2.1 - Схема звукоізоляції міжкімнатних перегородок

2.2.4 Підлога

Технологія звукоізоляції підлоги в житлових і офісних приміщеннях це підкладка з ізоляційного матеріалу, розташована під зовнішньою поверхнею підлоги, наприклад, паркетом або керамічною плиткою. У вигляді підкладки краще всього використовувати жорсткі мінераловатні плити, не схильні до деформації і усадки. При цьому підлога не має бути зв'язана зі стінами приміщення. Для цього в місцях примикань бажано залишити зазор товщиною до 20 мм і заповнити його щільним звукоізоляційним матеріалом. Така конструкція буде служити надійним захистом від поширення структурного шуму(див.рис.2.2).

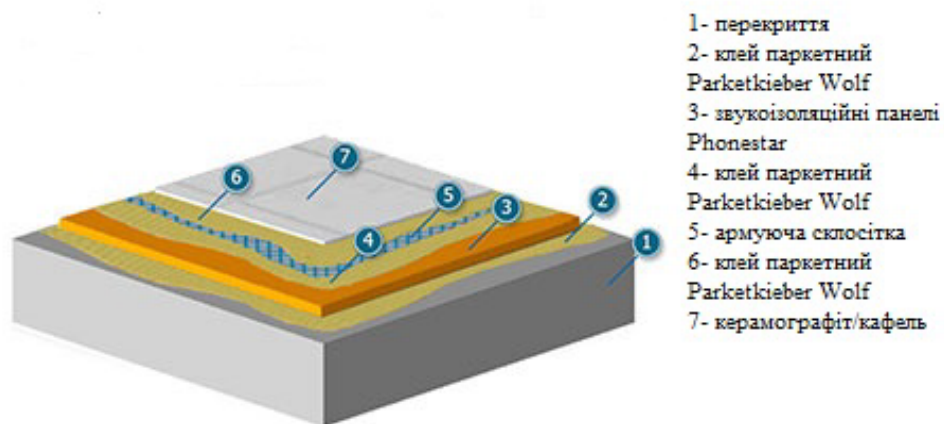


Рисунок 2.2 – Приклад звукоізоляції підлоги панелями Phonestar

2.2.5 Стеля

Не меншу роль у захисті від шуму в офісних та житлових приміщеннях відіграє стеля. При звукоізоляції стелі проводиться захист від ударних, повітряних, акустичних, вібраційних і структурних шумів. Шумоізоляція

стелі може бути підвісною на каркасній основі(див.рис.2.3), безкаркасною, натяжною, суцільною.

Для цього можна змонтувати звукопоглинальний матеріал безпосередньо на плиті міжповерхового перекриття. Така конструкція носить назву акустичної стелі. При обробці житлових і офісних приміщень досить часто використовуються натяжні стелі. Крім естетичного зовнішнього вигляду, вони володіють хорошими звукоізоляційними властивостями.

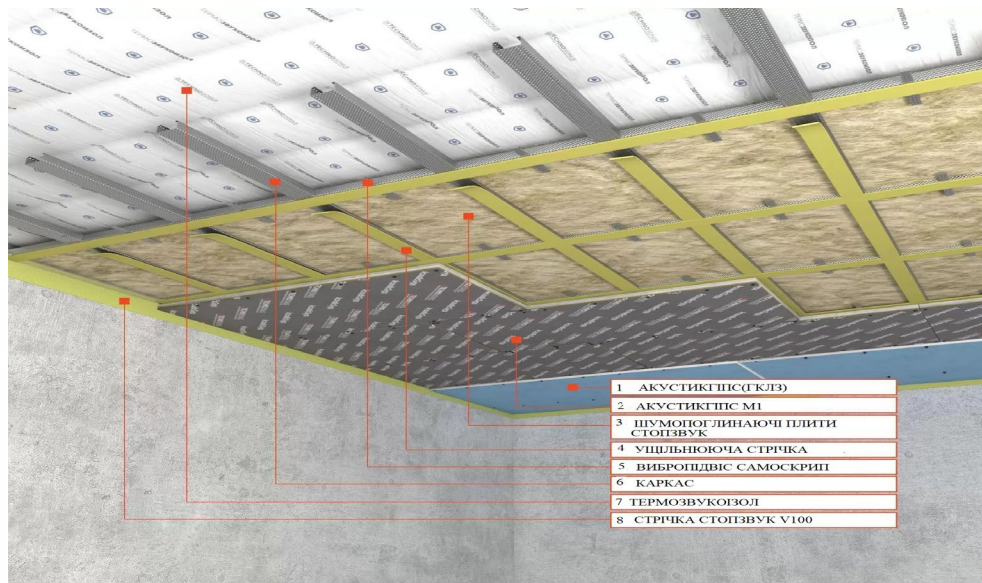


Рисунок 2.3 – Схема каркасної системи звукоізоляції стелі

2.2.6 Інженерні комунікації

Не можна забувати і про ізоляцію інженерних комунікацій: труб водяного опалення і водопостачання. Для цього в місцях, де комунікації проходять через стіни або міжповерхові перекриття, використовуються еластичні гільзи, виготовлені переважно з пінополіетилену. Вони компенсують температурні деформації: в місцях проходження труб через конструкцію не виникає напруг і не відбувається утворення наскрізних

щілин, сприяють передачі повітряного шуму.

Також можна додати в квартиру звукопоглинальні матеріали, такі як: килими, доріжки та м'які меблі можуть допомогти поглинати звук і зменшити передачу шуму.

2.3 Нові технології в галузі звукоізоляції будівель

Технології в галузі звукоізоляції будівель постійно розвиваються для покращення якості звукоізоляції та комфорту в будівлях.

Приклад новітніх сучасних технологій :

- Активні системи звукоізоляції.
- Ці системи використовують мікрофони для вимірювання рівня шуму та акустичних сигналів, а потім використовують акустичні панелі або гучномовці для активного приглушення шуму. Вони можуть адаптуватися до різних шумових джерел та навіть "вимкнутися" для звуку в інший бік.
- Текстурні матеріали для звукоізоляції
- Нові матеріали розробляються з метою покращення звукоізоляції завдяки їхній структурі та текстурі. Наприклад, геометричні форми та мікрофонні мембрани можуть бути використані для поглинання та розсіювання звуку.
- Системи розпізнавання та контролю шуму
- Вони використовують сучасні алгоритми для виявлення та аналізу шуму та автоматичного впливу на рівень звуку в будівлі. Це може бути корисно для зменшення шуму, який виникає від різних джерел, таких як транспорт, кондиціонування повітря та інші.
- Інноваційні матеріали для звукоізоляції
- Нові матеріали розробляються для звукоізоляції будівель, включаючи матеріали зі звукопоглинаючими мікроструктурами, полімери зі

звукопоглинаючими властивостями та інші інноваційні рішення.

- Інтеграція IoT та смарт-технологій
- Інтернет речей (IoT) дозволяє використовувати сенсори та пристрої для вимірювання шуму та керування системами звукоізоляції. Наприклад, вікна можуть автоматично затворюватися, коли датчики виявляють зовнішній шум.
- Акустичне проєкціонування звуку
- Ця технологія дозволяє направляти звук в певний спосіб, так що він може бути слуханий тільки в певних областях приміщення, що покращує приватність та звукоізоляцію.
- Акустичні бар'єри
- Спеціальні акустичні бар'єри, які використовуються для зменшення передачі звуку через стіни та стелі, можуть бути виготовлені з нових матеріалів та технологій для покращення ефективності.
- Звукоізоляційні вікна та двері з використанням нових матеріалів: Вікна та двері можуть бути виготовлені з використанням інноваційних матеріалів, які допомагають зменшити витік звуку.
- Ці нові технології допомагають покращити звукоізоляцію будівель і зробити їх більш комфортними для проживання і роботи. На деяких видах зупинюся більш детально.

2.4 Інтеграція Інтернету речей (IoT) та смарт-технологій

Інтеграція Інтернету речей (IoT) та смарт-технологій в системи звукоізоляції може сприяти автоматизації та покращенню управління звуковим середовищем в будівлі.

Спеціальні сенсори можуть бути встановлені в різних частинах будівлі для постійного вимірювання рівня шуму. Ці дані можуть бути передавані

через IoT на платформу для аналізу та моніторингу. За допомогою отриманих даних про рівень шуму, система може автоматично реагувати на звукоізоляцію. Наприклад, вікна або двері можуть автоматично закриватися, або звукопоглинаючі панелі можуть активуватися для приглушення шуму. Користувачі можуть керувати системою звукоізоляції за допомогою голосового асистента, такого як Amazon Alexa або Google Assistant. Це дає можливість легко налаштувати рівень шуму в будівлі за допомогою голосових команд.

За допомогою спеціальних додатків для смартфонів ця технологія може дати користувачам можливість контролювати звукоізоляцію, вимірювати рівень шуму та налаштовувати систему через мобільний пристрій.

Дані, зібрані за допомогою IoT сенсорів, можуть бути аналізовані для виявлення шумових паттернів та трендів. Це може допомогти користувачам оптимізувати налаштування для кращої звукоізоляції.

Системи звукоізоляції можуть бути інтегровані з іншими смарт-системами в будівлі, такими як системи керування освітленням, опаленням та кондиціонуванням повітря. Це дозволяє створити комплексні смарт-системи для комфорту та ефективності будівлі. Деякі системи звукоізоляції можуть використовувати віддалені дані про шумове середовище в реальному часі для корекції параметрів звукоізоляції.

Інтеграція IoT та смарт-технологій в системи звукоізоляції дозволяє створити більш ефективні та комфортні приміщення, а також полегшити керування рівнем шуму в будівлі.

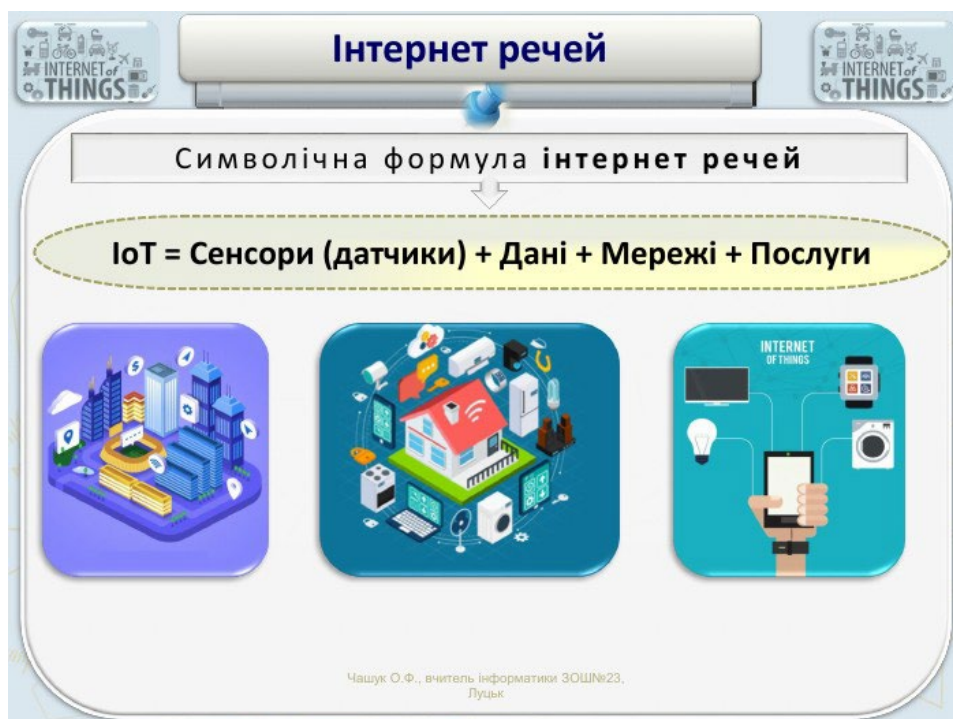


Рисунок 2.4 – Формула інтернет речей

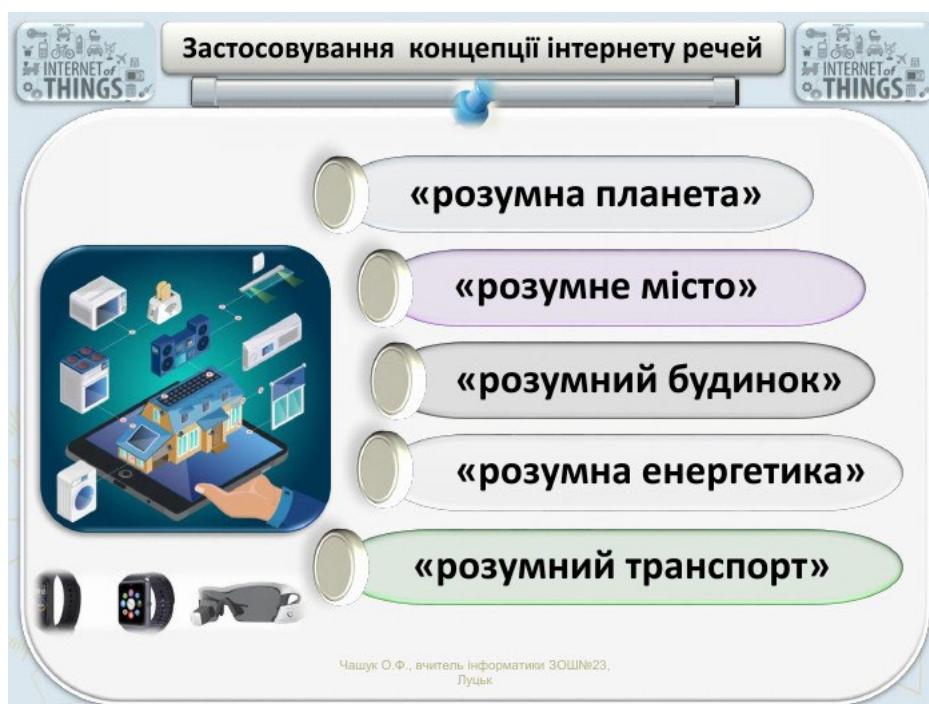


Рисунок 2.5 – Концепція інтернету речей

2.5 Герметизація будівельних конструкцій

Цей важливим вид є звукоізоляції, який полягає в утворенні герметичних з'єднань та заповненні всіх можливих щілин, тріщин та стикувань у будівельних конструкціях для зменшення проникнення звуку в та з будівлі. Герметизація може бути важливим компонентом системи звукоізоляції, оскільки навіть невеликі щілини або отвори можуть значно знизити її ефективність.

Основні принципи герметизації для звукоізоляції включають наступне:

- Ущільнення вікон та дверей. Герметизація стику між вікнами, дверима та рамами дозволяє зменшити проникнення звуку через ці відкриті області.
- Ущільнення стиків між стінами та стелями. Герметизація стиків між стінами та стелями є важливим для зменшення переходу звуку між поверхнями.
- Заповнення щілин та тріщин. Будь-які щілини чи тріщини в будівельних конструкціях повинні бути заповнені герметиками або ущільнювачами.
- Використання звукоізоляційних матеріалів. Деякі спеціалізовані звукоізоляційні матеріали можуть бути використані для герметизації, а також для зменшення відбиття та поглинання звуку.
- Акустичні ущільнення для дверей та вікон: Це спеціалізовані герметичні матеріали, які встановлюються навколо дверей та вікон для зменшення проникнення звуку.
- Герметичні перегородки та облицювання.: Герметичні перегородки та облицювання стін та стель можуть допомогти створити герметичні поверхні для зменшення розповсюдження звуку.
- Подвійні стіни та стелі. Подвійні конструкції зі звукоізоляційними матеріалами між ними допомагають зменшити

проникнення звуку.

Герметизація важлива не лише для звукоізоляції, але і для ефективності енергозбереження та забезпечення загального комфорту в будівлі. Цей метод може бути використаний разом із іншими методами звукоізоляції для досягнення бажаного рівня звукоізоляції в будь-якій будівлі.



Рисунок 2.6 – Приклад виконання герметизації міжпанельних швів



Рисунок 2.7 – Детальний вид герметизації міжпанельних швів

2.6 Перевірки ефективності звукоізоляції

Проведення тестування для перевірки ефективності звукоізоляції є важливим кроком при будівництві або ремонті будівель, оскільки воно дозволяє визначити, наскільки добре система звукоізоляції функціонує.

Ось декілька способів тестування звукоізоляції:

- тест стуку або голосу. Це найпростіший спосіб визначити, наскільки ефективно звукоізоляція працює. Щось гучно стукнути або вимовити розмову в одній кімнаті, а потім слухати в іншій, щоб визначити, наскільки звук проникає.
- тест джерела звуку. Поставте джерело звуку (наприклад, динамік) в одній кімнаті і слухайте, наскільки звук проникає в інші кімнати. Це допомагає визначити, наскільки добре герметичність дверей, вікон та стін.
- вимірювання рівня звуку. Використовуйте акустичний вимірювач для визначення рівня звуку в різних частинах будівлі. Вимірювання відбуваються в деякий час, коли немає надмірного шуму від інших джерел.
- тест імітації реальних умов. Спеціалізовані тестові установки можуть імітувати реальні умови, наприклад, використовуючи динамічні акустичні тести. Це дозволяє оцінити ефективність системи звукоізоляції в більш контрольованому середовищі.
- тест стук молотком. Стукніть легким молотком по різних частинах конструкції та слухайте, як звук поширюється. Це допомагає виявити слабкі місця в системі звукоізоляції.
- акустичне сканування. Використовуйте акустичну камеру або інші спеціалізовані пристрої для візуалізації розподілу звуку в приміщенні та виявлення джерел звуку.
- симуляція звуку. Використовуйте програмне забезпечення для моделювання розповсюдження звуку та визначення його шляху в будівлі.

2.7 Порівняння звукоізоляції будівлі до та після використання звукоізоляційних матеріалів

Це порівняння може продемонструвати значний рівень покращення.

Використання інноваційних матеріалів може допомогти значно зменшити звукоізоляційні проблеми та забезпечити комфортніше та тихіше середовище всередині будівлі. Загальною метою використання інноваційних матеріалів для звукоізоляції є створення тихого та комфортного середовища, яке задовольняє потреби користувачів будівлі і підвищує її ефективність та ціну.

Порівняння приведено в таблиці 2.1

Таблиця 2.1 – Порівняння звукоізоляції до та після використання інноваційних матеріалів

Зміна	До використання інноваційних матеріалів	Після використання інноваційних матеріалів
Зменшення рівня звуку	Перед використанням інноваційних матеріалів будівля може мати низький рівень звукоізоляції, що призводить до поширення звуку з однієї кімнати до іншої та зовнішнього шуму усередині будівлі.	Після використання інноваційних матеріалів: Використання інноваційних матеріалів, які мають високий коефіцієнт звукоізоляції, може допомогти значно зменшити передачу звуку та створити більш тихе середовище всередині будівлі.
Комфорт і якість життя	Поганий рівень звукоізоляції може впливати на комфорт та якість життя жителів будівлі, особливо якщо вони стикаються з надмірним шумом від сусідів або зовнішніми джерелами шуму.	Використання інноваційних матеріалів може покращити комфорт та якість життя, створюючи спокійне та приємне середовище в будівлі.

Продовження таблиці 2.1

Ефективність робочого та житлового простору:	Низький рівень звукоізоляції може впливати на продуктивність у робочих приміщеннях та спокій у житлових просторах.	Використання інноваційних матеріалів може створити оптимальні умови для роботи, навчання та відпочинку завдяки зменшенню шуму.
Економічні переваги	Відсутність звукоізоляції може призводити до втрати грошей через зменшену вартість нерухомості або втрату клієнтів (у випадку комерційних будівель).	Покращення звукоізоляції може призвести до збільшення вартості нерухомості та привертання більше клієнтів у комерційних будівлях.

3. ОСОБЛИВОСТІ ВИБОРУ ЗВУКОІЗОЛЯЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ЇХ ОСНОВНІ ВИДИ

3.1 Види звукоізоляційних матеріалів

Обираючи звукоізоляційні матеріали, слід враховувати тип шуму, від якого відбудуватиметься захист. Він може бути:

- повітряним – той, що переноситься з повітрям: гучна музика, гудіння машин, гавкіт собак, крики та гучні розмови, телевізійні та радіотрансляції, електроприлади, що працюють. В побутовій сфері це дуже розповсюджене явище;

- ударним - той, що відбувається від впливу безпосередньо на перекриття: удари, забивання цвяхів, свердління, тупотіння, тощо. Це характерний для підприємств тип шуму, але і в приватних будинках він теж часто зустрічається.

Від того, про який тип шуму йдеться та задачі, які треба вирішити ізоляцією, обираються захисні матеріали, які загалом поділяються на дві групи:

1. Звукоізоляційні.
2. Для звукопоглинання.

Звукоізоляційні матеріали створюють перешкоду на шляху шуму, вони відбивають звуки, не даючи їм проникнути крізь стіну. Такому принципу дії сприяє характерна будова матеріалів. При будівництві споруди звукоізоляційні якості визначаються масою, тобто чим товщі та масивніші стіни, тим складніше їх буде розхитати звуковими коливаннями. Щоб покращити звукоізоляційну здатність зведених стін та стелі використовують щільні матеріали із закритою комірчастою структурою (цегла, бетон, гіпсокартон).

На думку акустиків, не існує звукоізолюючих матеріалів – є звукоізолюючі конструкції. Звукопоглинальні матеріали відрізняються тим, що не дозволяють звуку відбиватися від перешкод та повертатися назад у приміщення, а саме поглинають його. Матеріали цієї групи мають пористу або волокнисту будову. Для якісного захисту дома слід обирати ті, в яких коефіцієнт звукопоглинання від 0,4 та вище.

За ступенем жорсткості представників цієї групи розділяють на:

- тверді (зазвичай їх виробляють з мінвати (гранульованої, суспензованої) та матеріалів, зроблених з таких пористих заповнювачів як вермикуліт, пемза), їх коефіцієнт звукопоглинання до 0,5;
- напівжорсткі (до цієї групи відносять скловолокнисті плити, пінополіуретан, плити з мінеральної вати), їх коефіцієнт звукопоглинання 0,5-0,7;
- м'які (зроблені з мінвати або скловолокна), у них коефіцієнт звукопоглинання 0,7-0,95.

На даний момент, перед нами відкривається доволі широкий асортимент будівельних матеріалів, але не всі вони забезпечують бажаний результат. Тому звернемося до матеріалів, які показали свою якість на практиці .

3.2 Використання матеріалів для шумоізоляції різних конструкцій будівлі

3.2.1 Звукоізоляція стелі

Стельові віброізолюючі підвіси для гіпсокартону Віброфікс ПУ
(див.рис.3.1)

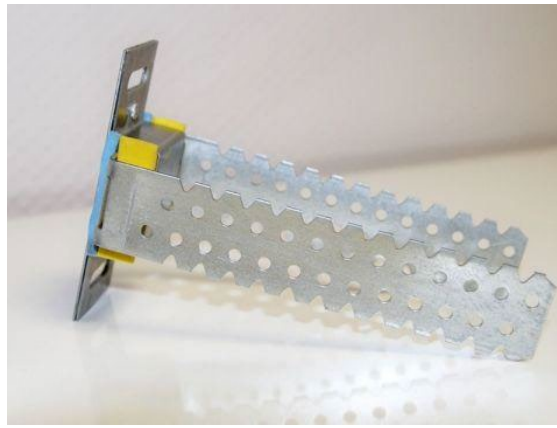


Рисунок 3.1 – Вид стельового віброізолюючого підвісу для гіпсокартону
Віброфікс ПУ

Підвіс стельовий П-подібний для гіпсокартону Vibrofix PU з вібродемпфлюючими вставками Sylomer використовується в конструкції звукоізоляції потоку, а також сумісний з профільною системою KNAUF.

Характеристики підвісу Vibrofix PU:

- Патент No 47822 UA;
- Колір пружного вібродемпфлюючого елемента Віброфікс ПУ – червоний;
- Діапазон робочих навантажень стельового підвісу, кг - 7.0..14.0;
- Мінімальна резонансна частота, Гц - 15.5;
- Усадка при навантаженні, мм - 1.4..2.2;
- Підвіс стельовий для гіпсокартону виготовлений з оцинкованої сталі товщиною, мм - 1.5 мм.

До плити перекриття підвіс для гіпсокартону монтується металевими анкерами.

Застосовують такий підвіс для гіпсокартону в конструкціях звукоізоляції стелі студій звукозапису, кінотеатрів, ресторанів, кафе, квартир і будинків, офісів і кімнат переговорів..

Звукопоглинаючі плити Knauf Akustik (див.рис.3.2)



Рисунок 3.2 – Звукопоглинаюча перфорована плита

Кнауф Akustik - це декоративні звукопоглинальні плити на основі природнього мінералу - гіпсу (ППГЗ) з круглою перфорацією. Вони призначені для поліпшення акустичного комфорту і зниження рівня шуму в приміщеннях різного призначення. Монтаж панелей цих плит на стіни або стелю дозволяє створити безперервне безшовне покриття звукопоглинання. Збільшення звукопоглинальну здатність поверхні приміщення, тобто усунення ефекту "відлуння", досягається за рахунок зменшення інтенсивності відбитих звукових хвиль від перфорованих поверхонь.

Плити Кнауф являють собою перфоровані аркуші з обрізаними краями різної форми і наклеєним на тильну сторону звукопоглинальним шаром нетканого полотна. Плити випускаються з використанням нетканого полотна білого і чорного кольору в залежності від необхідного дизайну. Також можуть випускатися з різним малюнком перфорації, які мають різні параметри звукопоглинання. Випробування матеріалу різних видів конструкцій показали високі коефіцієнти шумопоглинання 0,2.

Відмінні особливості::

- технологічність в обробці;
- легкість і швидкість монтажу каркасно-обшивних конструкцій;
- відсутність трудомістких «мокрих» процесів;
- екологічно чистий матеріал, не містить формальдегідів.

Акустична панель Heradesign Superfine (див.рис.3.3)



Рисунок 3.3 - Акустична панель Heradesign Superfine

Це панель з звукопоглинаючим матеріалом декоративного типу. Використовується при виконанні робіт з облицювання поверхонь у звукозаписних студіях та громадських приміщеннях. Матеріал має високі звукопоглинаючі характеристики, є затребуваним при виконанні обробки приміщень, до яких висуваються високі акустичні вимоги. Характеристики Heradesign Superfine можуть бути змінені в досить широкому діапазоні, виходячи з особливостей монтажу і типу поверхні. Це дозволяє буквально налаштувати акустику в приміщенні, домагаючись необхідних показників.

Звуковідбивна панель для оформлення приміщень виготовляється за рахунок пресування тонких деревних волокон і магнезиту, який є екологічно безпечним. Слід виділити такі особливості акустичної декоративної панелі:

1. є можливість фарбування дома монтажу без ризиків втрати акустичних якостей;
2. вироби відрізняються високими показниками міцності, мають стійкість до механічних впливів;
3. відрізняються простотою установки;
4. забезпечують пожежну безпеку

Акустичні триплекси (див.рис.3.4)

Застосовується для пристрою звукоізолюючої обшивки каркасних

перегородок, облицювань і підвісних стель. Являє собою два обважнених вологостійких гіпсоволокнистих аркуша (ГВЛВУ) товщиною по 8 мм, з'єднаних між собою еластично-пружним шаром спеціального герметика.

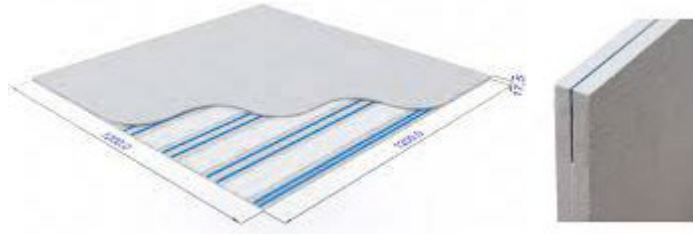


Рисунок 3.4 – Звукоізоляційний триплекс Саундлайн-dB

Відмітні особливості:

- екологічний - на основі ГВЛ;
- пожегобезпечний - клас КМ1;
- унікальна звукоізоляція перегородок - до 68 дБ;
- економія на монтажі - замінює 2 шари ГКЛ;
- загальна товщина акустичного триплексу 21 мм;
- високі показники ізоляції повітряного шуму;
- стабільність віброакустичних властивостей протягом тривалого часу (більше 25 років).

За рахунок еластичної зв'язку між розділеними жорсткими прошарками, акустичний триплекс показує більш високу звукоізоляцію в робочому діапазоні частот порівняно з листом ГВЛ дорівнює поверхневої щільності. Що обумовлено зміщенням граничної частоти (на якій відбувається провал в звукоізоляції) в область більш високих частот, де ефект хвильового збіги не робить істотного впливу на звукоізоляцію конструкції.

Звукоізоляційний гіпсокартон Кнауф (див.рис.3.5)

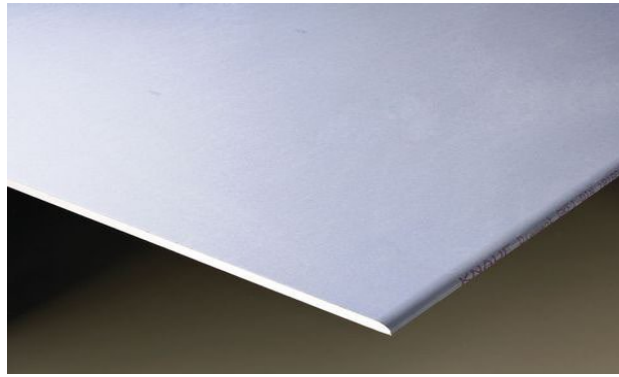


Рисунок 3.5 - Звукоізоляційний гіпсокартон Knauf

Звукоізоляційний гіпсокартон Knauf Titan - це гіпсокартонні плити зі спеціальним гіпсовим осердям, покриті шаром щільного картону, товщина - 12.5 мм, вага - 12.8 кг/м², вогнестійкий, вологостійкий, посилений шумоізоляційними властивостями (зменшення згинальної жорсткості конструкції та збільшення її поверхневої маси), витримує вплив статичних і динамічних навантажень, має високу ефективність в області низьких частот.

Віброізолюючі прокладки та спеціальні герметики (див.рис.3.6)



Рисунок 3.6 – Спеціальний силіконовий звукоізолюючий герметик

Герметики призначені для герметизації стиків та з'єднань у спеціальних звукоізолюючих конструкціях. Забезпечує високу віброізоляцію стиків між будівельними конструкціями. Знижує поширення структурного шуму за ними і тим самим підвищує їхню власну звукоізоляції.

Застосовується для заповнення швів у конструкціях звукоізоляційних (плаваючих) підлог, панельної системи ЗПС, каркасних звукоізолюючих перегородок та облицювань.

Рекомендовані матеріали для контакту з герметиком: бетон, цегла, штукатурка, скло, емаль, метали, кераміка, пластмаси, лакована або фарбована деревина.

3.2.2 Звукоізоляція стін

Ефективним рішенням звукоізоляції стін, може бути їх каркасна або безкаркасна звукоізоляція, із застосуванням звукопоглинаючих та звуковідбивних матеріалів. Часто використовується поєднання згаданих матеріалів між собою, у єдиний настінний пиріг, що сприяє максимальному шумоподавленню та якісній звукоізоляції.

Товщина подібного захисного “пирога” може коливатися від 2 до 8 см, а іноді й більше, залежно від необхідності та особливостей застосовуваних ізоляторів та поглиначів шуму.

Крім самих стін, звертають увагу на повітряні вентиляційні канали та шахти, монтажні коробки, підрозетники у стінах, наявність стиків або звукопровідних елементів.

Багатошарові каркасні перегородки в якості внутрішніх огорожувальних конструкцій краще. При значно меншій масі (що дуже важливо для зниження навантажень на перекриття і фундамент) і товщині вони мають практично однаковий, а іноді і більший, індекс ізоляції повітряного шуму (R_w), ніж одношарові конструкції.

Таблиця 3.2 - Порівняння звукоізоляційних перегородок

	Звукоізолююча конструкція	Товщина, мм	R _w , дБ
1	Стіна в півцегли (товщ. зі штукатуркою)	150	47
2	Стіна в одну цеглину	280	54
3	Стіна в дві цеглини	530	60
4	Звукоізоляційна каркасна перегородка на каркасі 50 мм	100	50
5	Звукоізоляційна каркасна перегородка на каркасі 100 мм	150	54
6	Звукоізоляційна каркасна перегородка на подвійному каркасі 2x50 мм	160	62
7	Звукоізоляційна каркасна перегородка на подвійному каркасі 2x100 мм	260	65

Для ізоляції міжкімнатних "побутових" шумів більш привабливим є використання конструкції легкої перегородки товщиною 100 мм, що має рівень шумоізоляції, співставний за величиною з звукоізоляцією істотно більш масивної і товстої стіни товщиною 150 мм.

В таблиці для порівняння звукоізоляційних властивостей перегородок використовується індекс ізоляції повітряного шуму R_w. Незважаючи на деякі недоліки, він є дуже зручним параметром для швидкого порівняння звукоізоляції різних конструкцій перегородок між собою і з нормативними величинами звукоізоляції огорожувальних конструкцій, згідно з сучасні норми ДБН В.1.1-31: 2013 "Захист територій, будинків і споруд від шуму".

- Мінеральна вата (див.рис. 3.7)

Волокнистий матеріал, одержуваний з розплавів гірських порід, доменних шлаків або їхніх сумішей. Мінеральна вата відзначається малою густиною (75—125 кг/м³), низьким коефіцієнтом теплопровідності (при температурі 25 ± 5 °С становить 0,045...0,050 Вт/(м·К)), властивостями,

вогнестійкістю, морозостійкістю та низькою гігроскопічністю. Значення коефіцієнта звукопоглинання при товщині 100мм-від 0.430 до 0.750, залежно від частоти звуку. Для повної звукоізоляції достатньою є товщина є до 79см.

Це один із кращих та найбільш відомих звукоізоляційних матеріалів. Структура - волокниста, при цьому волокна розташовані горизонтально та вертикально в хаотичному порядку. Для її виготовлення використовують силікатні розплави гірських порід, шлаки металургійної промисловості та їх суміші. Мінеральна вата має коефіцієнт звукопоглинання 99%, може використовуватися для різних типів приміщень та ще й зберігає тепло. Підходить для стін, а також для перекриття (балочного, ЗБ).

Основні переваги:

- негорючість та вогнестійкість;
- здатність витримувати температуру 550 градусів, не руйнуючись;
- довговічність;
- хімічна пасивність (вата не викликає корозію металів, що з нею контактують) та стійкість до усадки.



Рисунок 3.7 – Мінеральна вата

- Скловата (див.рис.3.8)

Це різновид мінеральної вати, але виготовлений на основі скловолокна. Він відрізняється підвищеною пружністю та міцністю. Відмінно підходить для приміщень, де високі показники ударного шуму, проявляє високу

вібростійкість. Також до його переваг слід віднести негорючість, легкість, хімічну пасивність, довговічність. Її часто використовують для виготовлення акустичних перегородок.



Рисунок 3.8 – Скловата

- Багатошарова ізоляційна панель (див.рис.3.9)

Великим попитом користуються такі шумоізоляційні матеріали для стін як системи ЗИПС. Вони являють собою конструкції, які складаються з «сендвіч»-панелей (гіпсоволокно, тонкий шар мінвати) та листи гіпсокартону для фінішного облицювання. Товщина панелі може змінюватися (від 40 до 130 мм).

Основні переваги:

- високі показники звукоізоляційного рівня;
- простий монтаж, при цьому можливо навіть без металевого каркаса, а звичайним кріпленням до стіни;
- дуже низький рівень горючості;
- здатність витримувати високі статичні навантаження;
- універсальність використання (ЗИПС підходять для стін, стелі, підлоги).

Недолік – можливо застосування тільки в разі достатньої несучої здатності вихідної перегородки.

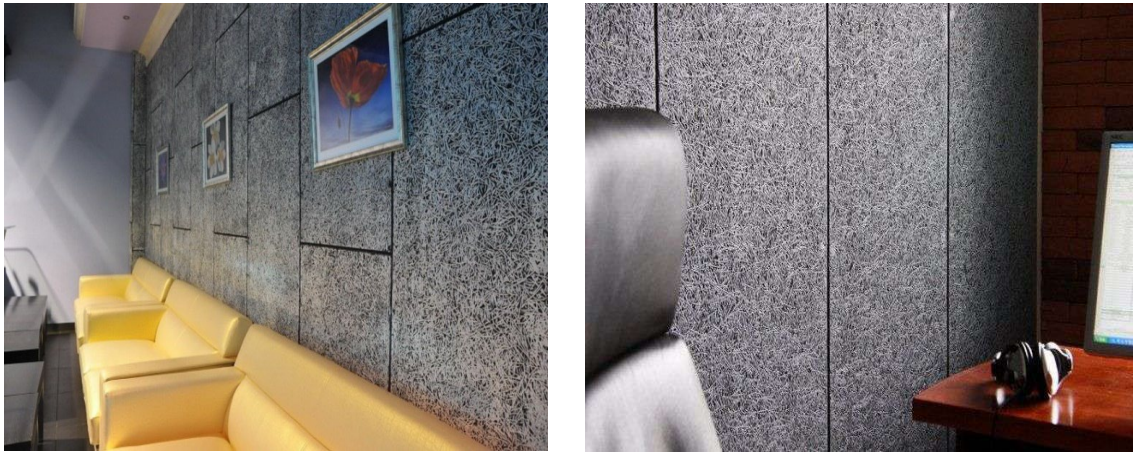


Рисунок 3.9 – Приклад використання багатошарової ізоляційної панелі

- Спінений поліуретан (див.рис.3.10)

Синтетичний пористий матеріал на основі поліуретану, що на 85-90 % складається з інертної газової фази. Залежно від виду вихідного поліуретану може бути жорстким або еластичним («поролон»). Матеріал здатний протистояти найагресивнішим мікроорганізмам і середовищам.

Його також називають звукоізоляційний поролон. Це популярний звукоізоляційний матеріал для стін, який відмінно підходить для тих випадків, коли приміщення необхідно повністю герметизувати (стовідсотково виключити проникнення зовнішнього шуму та вихід внутрішнього, як, наприклад, при облаштуванні студій звукозапису).

Основні переваги:

- високий рівень шумопоглинання (95%);
- простий монтаж (матеріал прикріплюється до стін за допомогою спеціального клею);
- екологічність та безпека;
- економічність, невисока ціна (при його ефективності вартість відносно низька).

Недоліків декілька: в разі пожежі плавиться, виділяючи їдкий, отруйний дим, проявляє слабкість до статичних навантажень



Рисунок 3.10 – Спінений поліуретан

- Фіброліт/акустичний фіброліт (див.рис.3.11)

Один із інноваційних матеріалів. Виготовляється у формі плит. Їх отримують шляхом пресування портландцементу із довгою тонкою стружкою (яку ще називають деревною вовною) та з додаванням неорганічної в'язучої речовини.

Основні переваги:

- чудовий коефіцієнт поглинання шуму (вдається знизити до 40%);
- екологічність та безпека (на матеріал є екологічні сертифікати);
- негорючість та вогнестійкість;
- стійкість до перепаду температур;
- висока міцність та легкість;
- вологостійкість;
- простота монтажу (а також відсутність потреби в наступній складній обробці);
- стійкість до процесів гниття та шкідників,
- простота при перевезенні та цінова доступність.



Рисунок 3.11 – Фіброві плити

3.2.3 Звукоізоляція підлог

Для зниження рівня шуму, що проникає через підлогу, використовують різні типи конструкцій. Деякі з них поєднуються з гідроізоляцією та утеплювачем. На вибір того чи іншого матеріалу багато в чому впливає тип фінішного покриття підлоги. Не менш важлива і висота стель: у деяких квартирах, де стеля не надто висока, використання товстошарових матеріалів звукоізоляції недоцільно, тому в хід йдуть тонкошарові мембрани.

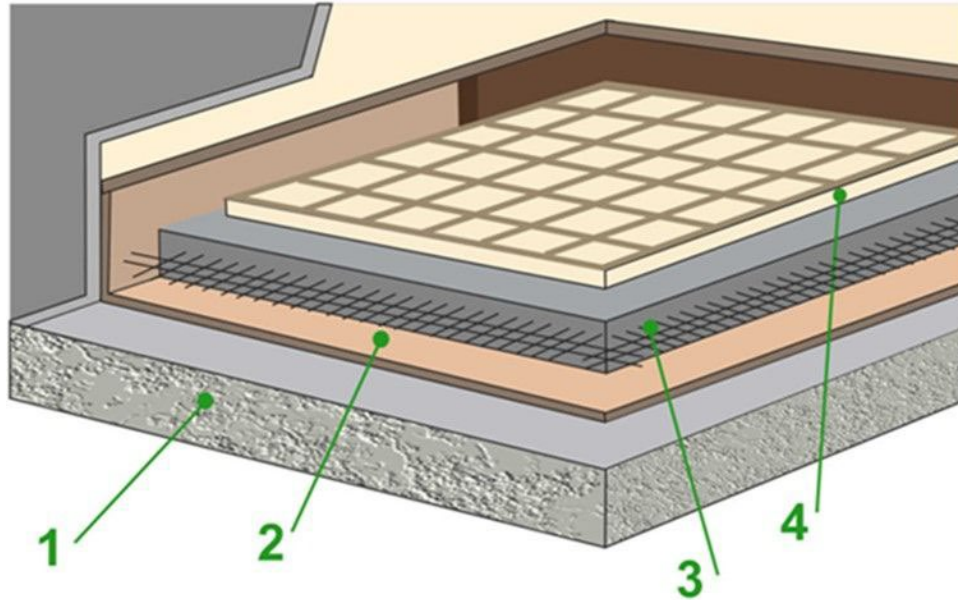
Для етапу звукоізоляції підлоги можуть бути застосовані такі технології:

- плаваюча підлога з додатковою ізоляцією;
- влаштування підлоги з ізольованими лагами та заповнення простору між лагами шумоізоляційними матеріалами для підлоги;
- сендвіч-панелі;
- акустичні плити для підлоги;
- віброізолюючі плити;
- рулонна ізоляція під покриття для підлоги;

- шумопоглинаючі підкладки;
- насипна шумопоглинаюча ізоляція.

Серед різноманітності сучасних технологій із звукоізоляції виділяються дві найбільш затребувані:

- Плаваюча підлога (див.рис.3.12)



- 1- плита перекриття; 2- тепло-, звукоізоляція; 3- бетонна стяжка;
4 – покриття підлоги

Рисунок 3.12 – Схема монтажу конструкції плаваюча підлога

Конструкція плаваючої підлоги передбачає відсутність жорсткого механічного зв'язку між конструкцією підлоги і перекриттям, що сприяє поліпшенню звукоізолюючих властивостей підлоги в цілому. За рахунок цього непряме поширення ударного шуму зводиться до мінімуму. Також відсутній механічний зв'язок між торцями стяжки і стінами завдяки тому, що перед заливкою стяжки суміжну частину стіни покривають пружним звукоізолюючим матеріалом наприклад Вібростек. Як пружний шар можуть використовуватися склоплити Шумостоп-С2 і -К2. Застосування даних звукоізолюючих матеріалів підвищує індекс ізоляції ударного шуму на 39 дБ у разі застосування в один шар матеріалів серії Шумостоп, при укладанні ж плит в два шари даний індекс збільшиться на 43 дБ. Якщо в приміщенні є

локальні нерівності до 10 мм рекомендується використання звукоізолюючого матеріалу Шумопласт. Індекс додаткової ізоляції ударного шуму даним матеріалом становить 28 дБ для товщини 20 мм.

Найефективнішими матеріалами для звукоізоляції під стяжку є:

- система Шумостоп К2 + С2 (див.рис.3.13) звукоізолюючі плити різної щільності з базальтової і скловати. Забезпечують максимальний захист від ударного і повітряного шуму. Товщина - 20-40 мм;

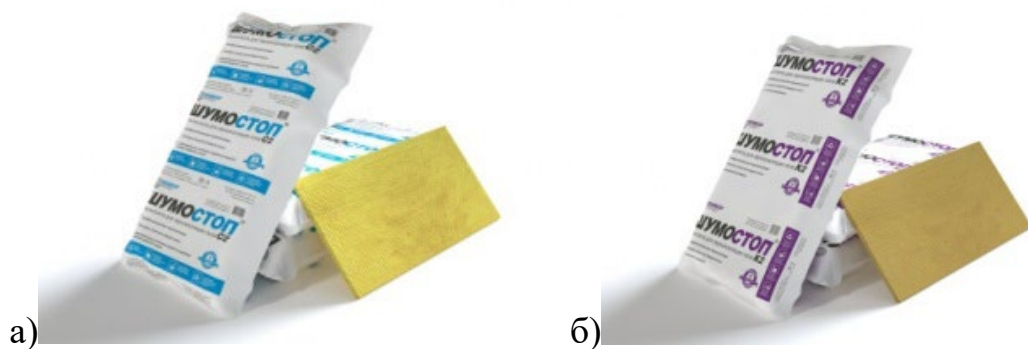


Рисунок 3.13 – а) склоплита Шумостоп С-2; б) мінплита Шумостоп К-2

- шумопласт - матеріал для шумоізоляції підлоги в квартирі під стяжку, який дозволяє вирівняти дрібні нерівності (арматура, інженерні комунікації, будівельне сміття до 10 мм). Забезпечує високий захист від ударного і повітряного шуму. Товщина - 15-30 мм.

Якщо немає можливості розмістити під стяжкою відносно товстий звукоізоляційний матеріал застосовують рулонні підкладки, які дозволяють знизити передачу ударного шуму, але не впливають на ізоляцію повітряного шуму:

- акуфлекс (див.рис.3.14) - звукоізоляційний матеріал, виготовлений з пружного поліефірного синтетичного волокна, не має гідроізоляційного шару. Товщина - 4 мм.



Рисунок 3.15 – Звукоізоляційна підкладка Акуфлекс

- шуманет-100Гідро - гідро-звукоізоляційний матеріал, волокно, покриті бітумно-полімерним в'язучим матеріалом. Товщина - 5 мм.

- шуманет-100Комбі - звуко-гідроізолюючий матеріал, просочене бітумом скловолокно, з нанесеним на шар бітуму штучною повстю з високими звукоізоляційними властивостями. Товщина - 5 мм.

У разі, коли потрібно уникнути зайвого навантаження на перекриття або небажані "мокрі процеси" використовують сухі збірні технології монтажу підлоги - ЗПС-панелі або підлогу на лагах з використанням віброізолюючого матеріалу Sylomer.

Панелі ЗПС-Пол (див.рис.3.12) застосовуються при неможливості проведення робіт з цементним розчином.

Існує 2 типу панелей - ЗПС-Пол Вектор (див.рис.3.16 а) (товщина панелі 45 мм, загальна товщина конструкції - 90 мм) і ЗПС-Пол Модуль (див.рис.3.16 б) (товщина панелі 75 мм, загальна товщина конструкції - 110 мм)

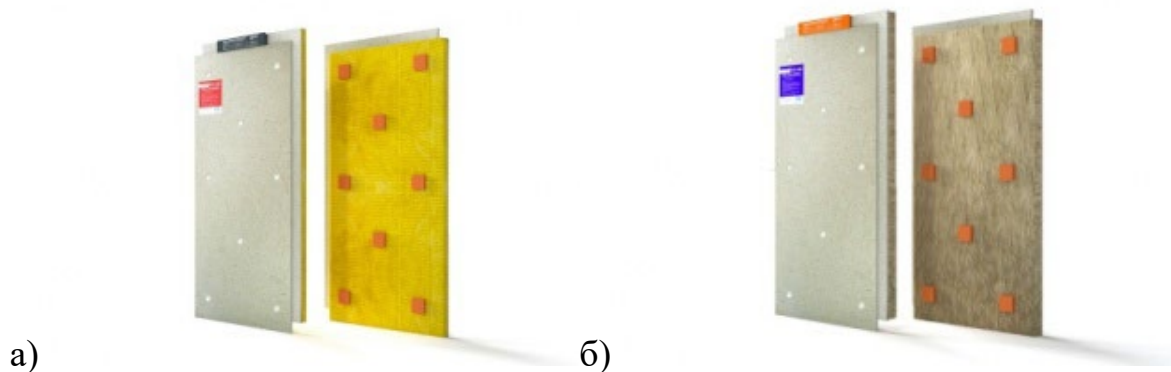


Рисунок 3.16 – а) ЗПС-ПОЛ Вектор ; б) ЗПС-Пол Модуль

Завдяки простому і швидкому монтажу конструкції – виконання конструкції можливе за один день. Додаткова ізоляція ударного шуму панеллю модифікації Вектор становить 35 дБ, для модифікації Модуль - 38 дБ. Індекс додаткової ізоляції повітряного шуму для панелей ЗПС-Пол Вектор лежить в межах 5-7 дБ, для панелей ЗПС-Пол Вектор - 8-10 дБ.

Підлога на лагах (див.рис.3.17)



Рисунок 3.17 – Влаштування підлоги на лагах

Така технологія найбільше підходить для приватних та багатоквартирних будинків, де стелі досить високі. Облаштування підлоги на лагах дозволяє застосовувати товсті звукоізоляційні плити, що забезпечують кращу якість шумоізоляції.

При виборі даної конструкції потрібно забезпечити такі умови:

- необхідно виключити механічний зв'язок лагів з перекриттям;
- заповнити вільний простір між ними шумоізоляційним матеріалом для підлог.

Конструкція підлог на лагах знижує рівень ударного шуму до 30 дБ і має високий показник додаткової ізоляції повітряного шуму від 6 до 8 дБ. Дерев'яні лаги спираються на перекриття за допомогою точкових або стрічкових опор з еластомеру, а вільний простір між лагами заповнюється матеріалами для шумоізоляції підлоги в квартирі.

Можна виділити дві основні групи матеріалів для шумоізоляції підлоги: мінеральна вата та рулонна ізоляція.

Мінеральна вата

Звукоізоляційні матеріали з мінеральної вати досить товсті (5-10 см), тому потребують відповідного покриття для підлоги. Найкраще використовувати мінеральну вату при облаштуванні підлоги на лагах, так як вона дає можливість підняти чистову підлогу на необхідну для укладання такого звукоізолюючого шару висоту. Така конструкція забезпечить високу якість звукоізоляції, але може скоротити корисний простір кімнати.

Мінеральна вата не схильна до горіння. Вона поєднує в собі властивість тепло- та звукоізоляції, представлена широким діапазоном щільності і може похвалитися тривалим експлуатаційним терміном. Індекс ізоляції проникаючих звуків у мінеральної вати може досягати 60 дБ.

Рулонна ізоляція

Тонкі рулонні матеріали найдоцільніше використовувати, коли здійснюється звукоізоляція підлоги під стяжку. Товщина такої ізоляції становить у середньому 1-2 см. Рулонні матеріали використовуються для невеликих приміщень, де необхідно зберегти максимум корисного простору. Рулонна звукоізоляція виробляється з різних матеріалів: спінений каучук, спінений поліетилен, склополотно та ін.

3.3 Універсальні ізоляційні матеріали, які використовуються в сучасному будівництві

Сучасні виробники будматеріалів поставляють на ринок багато як добре відомих і перевірених часом ізоляційних матеріалів, так і інноваційні рішення. Особливим попитом користуються ті, котрі характеризуються своєю універсальністю.

Термозвукоізол (див.рис.3.18)

Тришаровий звукоізолюючий матеріал, який складається з мату високої щільності та захищений двохсторонньою оболонкою з поліпропіленового нетканого матеріалу. Матеріал має теплопровідність – 0,0333Вт/мК, вологість – 0,47%, водопоглинання – 49,5% і щільність – 162,7 кг/

Це один із найкращих універсальних матеріалів для створення ізоляції. Його особливість - якісна звукоізоляція та разом з тим - гідроізоляція. Для його виготовлення використовуються бітум та пінополіетилен. Тришаровий звукоізолюючий матеріал, який складається з мату високої щільності та захищений двохсторонньою оболонкою з поліпропіленового нетканого матеріалу. Матеріал має теплопровідність – 0,0333Вт/мК, вологість – 0,47%, водопоглинання – 49,5% і щільність – 162,7 кг/

Основні переваги:

- відмінне зниження шуму - до 23 дБ;
- стійкість до значних перепадів температур: від -25 до +85 градусів за

Цельсієм;

- універсальність, екологічність, еластичність та довговічність.

На сьогодні недоліків у термозвукоізола не виявлено.



Рисунок 3.18 – Звукоізоляційний матеріал – термозвукоізол

Ізоплат (див.рис.3.19)

Матеріал являє собою деревноволокнисту плиту, виготовлену на основі дрібної тріски хвойних порід дерева. За рахунок пористої структури ізоплат володіє відмінними звукоізоляційними характеристиками, низьким показником теплопровідності. Проте унікальні якості полягають у здатності акумулювати тепло і вбирати зайву вологу з приміщення, віддаючи її назад при сухості повітря. Випускається плита стандартного розміру: 2700x1200 мм при товщині 10, 12, 25 мм. Гладка сторона найчастіше використовується під чистову обробку. Для повної звукоізоляції достатньою є товщина до 0.75см.

Плити застосовуються як вітрозахисний, утеплювальний і підвищуючий жорсткість елемент в конструкціях зовнішніх стін, стель і покрівель. Вітрозахисні плити можна застосовувати також як захист від вітру, він також перешкоджає утворенню містків холоду між шарами теплоізоляції.

Вітрозахисні плити спеціально розроблені для використання в північних вологих кліматичних умовах. Плити наскрізь імпрегновані парафіном, який забезпечує їх постійну опірність впливу негоди. Вітрозахисні плити кріпляться у напрямку каркаса будівельної конструкції. Відстань між балками каркасу, виміряний від їх середини, повинно бути 600 мм.



Рисунок 3.19 – Звукоізоляційний матеріал – ізопласт

Коркова пробка (див.рис.3.20)

Корк - 100% натуральний матеріал. Сировиною для його виготовлення послужило коркове дерево. Натуральність в суспільстві традиційно асоціюється з екологічністю, так що перший плюс такого покриття ми вже назвали.

Цей матеріал виробляють пресуванням натуральної коркової крихти. На ринку представлений у вигляді рулонів та пластин. Товщина - 30 мм.

Основні переваги:

- універсальність (може виконувати функції звукоізолятора та теплоізолятора, підходить як для стін, так і для підлоги);
- достойні звукоізоляційні якості (зниження шуму на 18 дБ);
- довговічність (прослужить більш, ніж 40 років);
- легкість;
- хімічно неактивний;
- не боїться гризунів, гниття, цвілі.

Недоліки – висока вартість та крихкість (працювати з корковою пробкою потрібно дуже обережно)



Рисунок 3.20 – Коркова пробка

Композитні матеріали (див.рис.3.21)

Прикладом може стати TUPLEX. Це ізоляція нового покоління, являє собою багатокомпонентну ізоляцію, що складається з двох шарів поліетиленової плівки, між якими поміщений пінополістирол гранульований.

Основні переваги:

- універсальність (виконує функції звукоізоляції та вологоізоляції для підлогового покриття);
- структура, що не піддається деформації;
- негорючість та вогнестійкість;
- довговічність (не втрачає якості продовж 20 років)

Рекомендовано використовувати з підкладками з екструдованого пінополістиролу.



Рисунок 3.21 – Композитний матеріал TUPLEX.

Рулонна мінеральна ізоляція (див.рис.3.22)

Один із прикладів - Teksound. Це звукоізоляційний матеріал на мінеральній основі. Відноситься до м'яких різновидів ізоляції, але високоефективних (він здатен знижувати шум до 28 дБ). Товщина матеріалу 40 мм. Підходить для всіх поверхонь.

Основні переваги:

- висока ефективність, простий монтаж;
- гнучкість та еластичність (високі статичні навантаження не можуть призвести до втрати характеристик);
- дуже низька горючість (від контакту з вогнем він тліє та сам затухає);
- стійкість до процесу гниття.

Недоліки - висока вартість та необхідність використовувати спеціальну підкладку, якщо ізоляція накладається на бетонну плиту/стіну.

Таким чином, констатуємо, що звукоізоляційних матеріалів величезна кількість, всі мають переваги та недоліки. Обирати потрібно, враховуючи свої умови та поставлені задач.



Рисунок 3.22 - Рулонна мінеральна ізоляція Teksound

Основні показники оптимальних інноваційних матеріалів наведені у таблиці 1.

3.4 Полімери зі звукопоглинаючими властивостями

Це такі матеріали, які здатні поглинати та розсіювати звукові хвилі, що проникають в них. Ці матеріали можуть бути використані для звукоізоляції будівель та створення тихих середовищ.

Ось декілька прикладів таких полімерів:

Пористий полімер (пориста гума) (див.рис.3.23). Полімери з пористою структурою мають високу звукоізоляцію через здатність поглинати та розсіювати звукові хвилі завдяки численним порам у їхній структурі.



Рисунок 3.23 – Пориста гума

Мікропористий полімерний фільм ЕРТФЕ (див.рис.3.24). Ці тонкі полімерні фільми містять мікроскопічні пори, які поглинають звукові хвилі, розсіюючи їх. Вони можуть бути використані як частина звукоізоляційних покриттів на стінах та стелях.



Рисунок 3.24 – Мікропористий полімерний фільм EPTFE

Еластомери з аморфною структурою(див.рис.3.25). Деякі еластомери з аморфною (безкристалічною) структурою мають високий коефіцієнт внутрішнього тертя, що допомагає поглинати звукові хвилі.



Рисунок 3.25 – Еластомер з аморфною структурою

Абсорбуючі полімерні композити - це матеріали, які включають полімери та абсорбуючі домішки, такі як порошки або волокна, які підвищують звукоізоляцію.

Поліуретанова піна (див.рис.3.26). Поліуретанова піна може бути використана як ізоляційний матеріал, оскільки вона має пористу структуру, яка поглинає звук.



Рисунок 3.26 – Поліуретанова іна

Суперпористі полімери. Деякі нові матеріали мають надзвичайно пористу структуру, що робить їх ефективними для звукоізоляції.

Абсорбуючі плити і панелі. Спеціальні плити та панелі, виготовлені з полімерних матеріалів, здатні поглинати та розсіювати звукові хвилі.

Полімери зі звукопоглинаючими властивостями можуть бути використані для різних аплікацій, включаючи стіни, стелі, підлоги, меблі та інше. Вони допомагають створити тихе та комфортне середовище в будівлях, а також можуть бути використані в акустичних системах для покращення якості звуку.

3.5 Інноваційні матеріали для звукоізоляції

Використання інноваційних матеріалів для звукоізоляції є важливим аспектом покращення якості звукоізоляції будівлі. Інноваційні матеріали дозволяють досягти більш високої ефективності звукоізоляції та створити тихе та комфортне середовище всередині будівлі. Ось деякі інноваційні матеріали, які використовуються для звукоізоляції:

Аерогелі: Аерогелі - це надлегкі та пористі матеріали, які мають високий рівень звукоізоляції та термоізоляції. Вони можуть бути використані як ізоляційні шари в стінах та стелях.

Акустичні полімери: Деякі полімери були розроблені спеціально для звукоізоляції. Вони мають властивості поглинати звукові хвилі та перешкоджати їхньому розповсюдженню.

Акустичні спреї-піни: Це інноваційні матеріали, які можуть бути нанесені на стіни та стелі у вигляді спрею або піни. Вони створюють акустичні бар'єри та допомагають зменшити відбиття звуку.

Спеціалізовані акустичні панелі: Інноваційні акустичні панелі використовують нові технології та матеріали для забезпечення високого рівня звукоізоляції та акустичного комфорту.

Мультифункціональні матеріали: Деякі інноваційні матеріали комбінують звукоізоляцію з іншими властивостями, такими як теплоізоляція, вогнезахист або водонепроникність.

Спеціальні гумові та силіконові матеріали: Гума та силіконові матеріали можуть бути використані для створення акустичних ущільнень, які допомагають уникнути проникнення звуку через розщілини та стики.

Активні звукоізоляційні системи: Це інноваційні системи, які включають в себе мікрофони та динаміки для відстеження та компенсації звуку в реальному часі, що дозволяє досягти високого рівня звукоізоляції.

Використання цих інноваційних матеріалів для звукоізоляції допомагає створити більш ефективні та комфортні акустичні середовища в різних типах будівель, включаючи житлові, комерційні та громадські приміщення.

Вище наведені матеріали є не тільки хорошими і якісними шумоізоляторами, а й завдяки своєму складу і будові є екологічно чистими, більшість з них володіє не тільки однією цією якістю, а й мають малу теплопровідність, є вологостійкими, не розповсюджують плісняву, грибок та комах, є не токсичними та технологічними. Однак, щоб створити практично звуконепроникний будинок, недостатньо буде використовувати лише один матеріал з перерахованих. На кожному елементі будівлі будуть доречні й ефективні якісь свої рішення. Найкраще, якщо буде застосована комбінація декількох матеріалів: для вібропоглинання, звукоізоляції і звукопоглинання.

4 РОЗРАХУНОК СИСТЕМ ЗВУКОІЗОЛЯЦІЇ ОГОРОДЖУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ

4.1 Система звукоізоляції - ТН-СТІНА Стандарт перегородок (цегляна перегородка)

Вихідні дані:

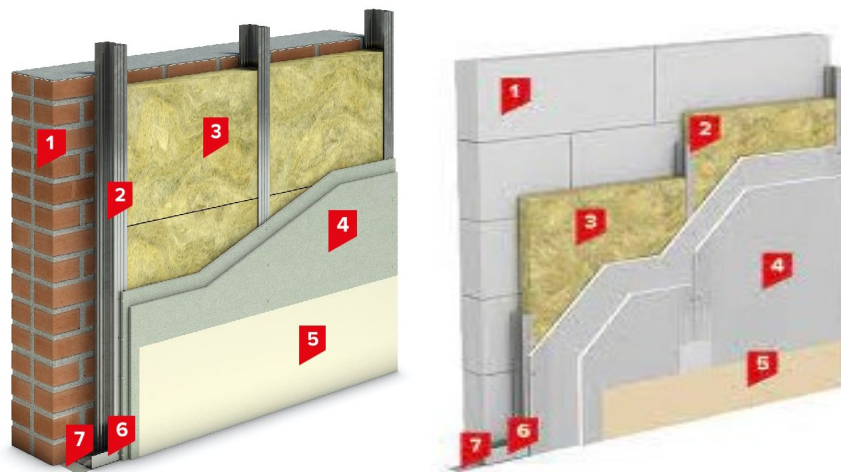
Тип конструкції – стіни. Тип будівлі - житлові будинки.

Розташування конструкції - стіни між квартирами .

Вибрана система ізоляції - ТН-СТІНА Стандарт.

Товщина h - 0.22 м;

Матеріал –цегла; щільність - 1600кг/м^3



1 - цегляна перегородка(газобетон); 2 – сталевий каркас, товщина 50 мм; 3 – мінеральна вата ТЕХНОАКУСТИК , товщина 100мм;

Стіна з обшивкою ГКЛ 12,5 мм в 1 шар; 4 - чистове оздоблення приміщення;

5 - напрямний профіль; 6 -ущільнююча стрічка

Рисунок 4.1 – Схема системи звукоізоляції ТН-СТІНА Стандарт.

Система внутрішнього звукоізоляційного облицювання на одинарному каркасі з мінераловатним звукоізоляційним матеріалом. У системі ТН-СТІНА Стандарт використовуються гідрофобізовані тепло, звукоізоляційні плити ТЕХНОАКУСТИК, які дозволяють ефективніше поглинати шуми через конструкцію. Плити кріпляться у розпір між металевим каркасом. Зверху каркас обшивається гіпсокартонними або гіпсоволокнистими листами в один або два шари.

Використовуючи двошарову обшивку, дозволяє не тільки збільшити міцність конструкції, але і збільшити індекс звукоізоляції конструкції. Чистове оздоблення може виконуватися різними способами.

Система ТН-СТІНА Стандарт при різній комбінації товщини плит ТЕХНОАКУСТИК і кількості шарів обшивки дозволяє збільшити звукоізолюючу здатність існуючої конструкції на 20 дБ.

Система ТН-СТІНА Стандарт застосовується для покращення звукоізоляційних властивостей стін та перегородок при новому будівництві та реконструкції.

Розрахунок індексу ізоляції повітряного шуму

1. Необхідний індекс ізоляції повітряного шуму для обраного типу приміщення та розташування конструкції відповідно до таблиці 3 ДБН В.1.1-31:2013 «Захист територій, будинків та споруд від шуму»:

$$R'_{w \text{ норм}} = 52 \text{ дБ}$$

2. Значення коефіцієнта K_e залежно від густини матеріалу стіни відповідно до п. 5.1.5 ДСТУ-Н Б В.1.1-34:2013 Настанова з розрахунку та проектування звукоізоляції огорожувальних конструкцій житлових і громадських будинків:

$$K_e = 1.15$$

3. Поверхнева щільність конструкції стіни відповідно до п. 5.1.2 ДСТУ-Н Б В.1.1-34:2013:

$$m = \rho \times h = 352.00 \text{ кг/м}^2$$

4. Індекс ізоляції повітряного шуму існуючої конструкції стіни відповідно до п. 5.1.4 ДСТУ-Н Б В.1.1-34:2013:

$$m_e \geq 200$$

$$R'w = 23 * \lg(404.80) - 8 = 52 \text{ дБ}$$

5. Порівнюємо індекс ізоляції повітряного шуму існуючої конструкції стіни $R'w$ з необхідним індексом ізоляції повітряного шуму $R'w$ норм

$$52 \text{ дБ} > 52 \text{ дБ}$$

Так як $R'w \geq R'w$ норм, то існуючої конструкції стіни достатньо для задоволення необхідних параметрів. Далі розрахунок не робимо.

Відповідно до таблиці 3 ДБН В.1.1-31:2013 «Захист територій, будинків та споруд від шуму» необхідний індекс ізоляції повітряного шуму для обраного типу будівлі та конструкції складає:

$$R'w \text{ норм} = 52 \text{ дБ}$$

Індекс ізоляції повітряного шуму існуючої конструкції стіни складе: $R'w$ факт = 52 дБ

Висновок:

$$R'w \text{ факт} = R'w \text{ норм}$$

$$52 \text{ дБ} = 52 \text{ дБ}$$

Існуюча конструкція стіни відповідає вимогам таблиці 3 ДБН В.1.1-31:2013 «Захист територій, будинків та споруд від шуму» щодо ізоляції повітряного шуму. Додаткова ізоляція не потрібна.

4.2 Система звукоізоляції - ТН-СТІНА Стандарт перегородок (газобетон або пінобетон)

Вихідні дані:

Тип конструкції – стіни. Тип будівлі - житлові будинки.

Розташування конструкції - стіни між квартирами.

Вибрана система ізоляції - ТН-СТІНА Стандарт (рис.4.1).

Товщина h - 0.3 м.

Матеріал –газобетон. Щільність - 700кг/м^3 .

Розрахунок індексу ізоляції повітряного шуму

1 Необхідний індекс ізоляції повітряного шуму для обраного типу приміщення та розташування конструкції відповідно до таблиці 3 ДБН В.1.1-31:2013 «Захист територій, будинків та споруд від шуму»:

$$R'w_{\text{норм}} = 52 \text{ дБ}$$

2. Значення коефіцієнта K_e залежно від густини матеріалу стіни відповідно до п. 5.1.5 ДСТУ-Н Б В.1.1-34:2013:

$$K_e = 1.60$$

3. Поверхнева щільність конструкції стіни відповідно до п. 5.1.2 ДСТУ-Н Б В.1.1-34:2013:

$$m = \rho \times h = 210.00 \text{ кг/м}^2$$

4. Індекс ізоляції повітряного шуму існуючої конструкції стіни відповідно до п. 5.1.4 ДСТУ-Н Б В.1.1-34:2013:

$$m_e \geq 200 R'w = 23 * \lg(336.00) - 8 = 50 \text{ дБ}$$

5. Порівнюємо індекс ізоляції повітряного шуму існуючої конструкції стіни $R'w$ з необхідним індексом ізоляції повітряного шуму $R'w_{\text{норм}}$.

Так як $R'w < R'w_{\text{норм}}$, то існуючої конструкції стіни недостатньо для задоволення необхідних параметрів.

6. Обчислюємо індекс ізоляції повітряного шуму з урахуванням підбору модифікації ізоляційної системи за індексом покращення ізоляції повітряного шуму $\Delta R'w$ (визначається за результатами натурних випробувань):

$$Rw_{\text{факт}} = R'w + \Delta R'w = 50 + 15 = 65 \text{ дБ}$$

7. Перевіряємо умову $R'w_{\text{факт}} \geq R'w_{\text{норм}}$ $65 \text{ дБ} > 52 \text{ дБ}$.

8. Індекс ізоляції повітряного шуму підбраної модифікації ізоляційної

системи складе: $R'w_{\text{факт}} = 65 \text{ дБ}$

9. Висновок:

$$R'w_{\text{факт}} > R'w_{\text{норм}} 65 \text{ дБ} > 52 \text{ дБ}$$

Дана модифікація ізоляційної системи відповідає вимогам таблиці 3 ДБН В.1.1-31:2013 «Захист територій, будинків та споруд від шуму» щодо ізоляції повітряного шуму.

4.4 Система звукоізоляції перекриття- ТН-ПОЛ Проф (кам'яна вата)

Тип конструкції - підлоги та перекриття. Тип будівлі - житлові будинки

Розташування конструкції - Перекриття між приміщеннями квартир.

Система ізоляції - ТН-ПОЛ Проф.

Тип стяжки: Цементно-піщана стяжка, товщина 50мм.

Конструкція перекриття - багатопустотна плита.

Кількість отворів N - 6 шт. Діаметр отворів D – 0.159 м.

Наведена товщина перерізу $h_{\text{пр}} - 0.12 \text{ м}$.

Ширина перерізу $b - 1.5 \text{ м}$. Товщина $h - 0.22 \text{ м}$.

Матеріал - Важкий бетон Щільність матеріалу - 2400кг/м³.

Опис системи конструкція «плаваючої підлоги» спрямована на теплоізоляцію та ізоляцію ударного шуму, що передається по конструкціям будівлі, що несе. До складу системи входять: плита перекриття, звукоізоляційні плити ТЕХНОФЛОР, стяжка та чистове оздоблення підлоги.

Плити ТЕХНОФЛОР є негорючими гідрофобізованим теплом, звукоізоляційними плитами з кам'яної вати. У разі влаштування підлоги над холодним підвалом або монтажу ц/п стяжки зверху утеплювача укладається пароізоляційна плівка.

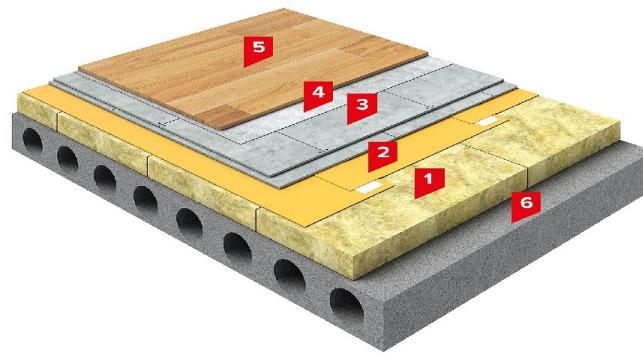
Перед укладанням звукоізоляційного шару необхідно нарізати плити

ТЕХНОФЛОР на смуги для того, щоб створити звукоізолюючу прокладку по всьому периметру підлоги на висоту покриття. Самі звукоізоляційні плити щільно укладаються по всій поверхні підлоги з розбігом стиків.

Основні переваги системи:

- поліпшення акустичного комфорту приміщення;
- захист від ударного шуму;
- скорочення теплових втрат;
- легкість монтажу.

Система ТН-ПОЛ Проф широко застосовується для теплозвукоізоляції перекриттів житлових, громадських та адміністративних будівель.



1 - мінераловатна плита ТЕХНОФЛОР, товщина 30 мм; 2 - плівка пароізоляційна ТЕХНОНІКОЛЬ 150 г/м²; цементно-піщана стяжка, товщина 50мм; 4 - підкладка під покриття (пробковий або спінений матеріал); 5 - покриття підлоги з паркетної дошки або ламінату; 6. плита перекриття.

Рисунок 4.2 – Схема система звукоізоляції ТН-ПОЛ Проф(кам`яною ватою)

- Розрахунок індексу ізоляції ударного шуму

1. Поверхнева щільність конструкції перекриття відповідно до п. 5.1.2 ДСТУ-Н Б В.1.1-34:2013:

$$m = \rho \times h = 528.00 \text{ кг/м}^2$$

2. Індекс наведеного рівня ударного шуму для плити перекриття відповідно до таблиці 12 ДСТУ-Н Б В.1.1-34:2013 залежно від поверхневої

щільності плити:

$$L'_{nw0} = 72 \text{ дБ}$$

2. Необхідний рівень наведеного ударного шуму для обраного типу приміщення та розташування конструкції відповідно до таблиці 3 ДБН В.1.1-31:2013 «Захист територій, будинків та споруд від шуму»

$$L'_{nw \text{ норм}} = 55 \text{ дБ}$$

3. Необхідний індекс покращення ізоляції ударного шуму відповідно до формули 22 ДСТУ-Н Б В.1.1-34:2013:

$$\Delta L'_{nw \text{ норм}} = L'_{nw0} - L'_{nw \text{ норм}} = 17 \text{ дБ}$$

4. Здійснюємо підбір модифікації ізоляційної системи, визначаємо індекс покращення ізоляції ударного шуму обраної модифікації $\Delta L'_{nw}$ (визначається за результатами натурних випробувань) та фактичний індекс ізоляції ударного шуму $L'_{nw \text{ факт}}$:

$$\Delta L'_{nw} = 36 \text{ дБ } L'_{nw \text{ факт}} = L'_{nw0} - \Delta L'_{nw} = 72 - 36 = 36 \text{ дБ}$$

5. Перевіряємо виконання умови:

$$L'_{nw \text{ факт}} \leq L'_{nw \text{ норм}} \quad 36 \text{ дБ} \leq 55 \text{ дБ}$$

Оскільки умова виконується, модифікація системи відповідає заданим вимогам.

Відповідно до таблиці 3 ДБН В.1.1-31:2013 «Захист територій, будинків та споруд від шуму» необхідний індекс ізоляції шуму для обраного типу будівлі та конструкції складає:

$$L'_{nw \text{ норм}} = 55 \text{ дБ}$$

Фактичний індекс ізоляції ударного шуму підбраної модифікації ізоляційної системи складе:

$$L'_{nw \text{ факт}} = 36 \text{ дБ}$$

Висновок:

$$L'_{nw \text{ факт}} < L'_{nw \text{ норм}} \quad 36 \text{ дБ} < 55 \text{ дБ}$$

Підбрана модифікація ізоляційної системи відповідає вимогам таблиці 3 ДБН В.1.1-31:2013 «Захист територій, будинків та споруд від шуму» щодо ізоляції ударного шуму.

4.5 Система звукоізоляції перекриття- ТН-ПОЛ Стандарт (пінополістерол)

Тип конструкції - підлоги та перекриття. Тип будівлі - житлові будинки.

Розташування конструкції - перекриття між приміщеннями квартир.

Вибрана система ізоляції - ТН-ПОЛ Стандарт.

Тип стяжки: Збірна стяжка, товщина 50мм.

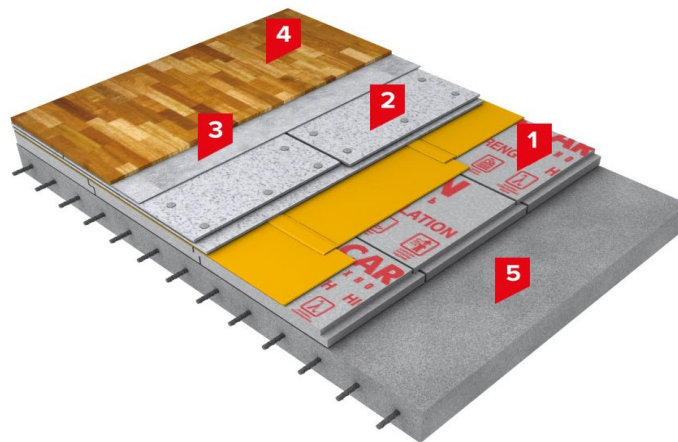
Конструкція перекриття - багатопустотна плита.

Кількість отворів N - 6 шт, діаметр отворів D – 0.159 м.

Наведена товщина перерізу $h_{пр}$ – 0.12 м. Ширина перерізу b – 1.5 м.

Товщина h – 0.22 м.

Матеріал - Важкий бетон Щільність матеріалу - 2400кг/м³.



- 1 - екструзійний пінополістирол XPS ТЕХНОІКОЛЬ, товщина 20 мм;
 2 - збірна стяжка, товщина 50 мм; 3 - матеріал підкладки; 4 - покриття підлоги; 5 - залізобетонна плита перекриття.

Рисунок 4.2 – Схема система звукоізоляції ТН-ПОЛ Стандарт

Система ізоляції підлоги складається з екструзійного пінополістиролу ТЕХНОІКОЛЬ, який укладається безпосередньо по перекриттю та розподільній збірній стяжці. При влаштуванні ізоляції над холодним підвалом по теплоізоляції слід також укласти пароізоляційний шар. Система ізоляції має високу міцність для того завдяки жорсткості теплоізоляції і збірної стяжки як розподільний навантаження шару виступає збірною стяжкою, виконана, наприклад, з двох листів ГВЛ, ОСП, ЦСП. Також ця система ізоляції дозволяє скоротити рівень ударного шуму до 28 дБ.

Система ТНПОЛ Стандарт технологічна та відрізняється високою швидкістю монтажу. При влаштуванні системи ТНПОЛ Стандарт над підвалом, що не опалюється, між екструзійним пінополістиролом і збірною стяжкою необхідно передбачити шар пароізоляції.

Ця система дозволяє скоротити терміни виконання ізоляції підлоги до 70%. Виняток класичних, «мокрих» процесів. Переваги - додаткова звукоізоляція перекриття, справжня система широко поширена та застосовується для звуко та теплоізоляції перекриттів, житлових, громадських, адміністративних будівель.

■ Розрахунок індексу ізоляції ударного шуму

1. Поверхнева щільність конструкції перекриття відповідно до п. 5.1.2 ДСТУ-Н Б В.1.1-34:2013:

$$m = \rho \times h = 528.00 \text{ кг/м}^2$$

2. Індекс наведеного рівня ударного шуму для плити перекриття відповідно до таблиці 12 ДСТУ-Н Б В.1.1-34:2013 залежно від поверхневої щільності плити:

$$L'_{nw0} = 72 \text{ дБ}$$

3. Необхідний рівень наведеного ударного шуму для обраного типу приміщення та розташування конструкції відповідно до таблиці 3 ДБН В.1.1-31:2013 «Захист територій, будинків та споруд від шуму»

$$L'_{nw \text{ норм}} = 55 \text{ дБ}$$

4. Необхідний індекс покращення ізоляції ударного шуму відповідно до формули 22 ДСТУ-Н Б В.1.1-34:2013:

$$\Delta L'_{nw} \text{ норм} = L'_{nw0} - L'_{nw} \text{ норм} = 17 \text{ дБ}$$

5. Здійснюємо підбір модифікації ізоляційної системи, визначаємо індекс покращення ізоляції ударного шуму обраної модифікації $\Delta L'_{nw}$ (визначається за результатами натурних випробувань) та фактичний індекс ізоляції ударного шуму L'_{nw} факт:

$$\Delta L'_{nw} = 21 \text{ дБ } L'_{nw} \text{ факт} = L'_{nw0} - \Delta L'_{nw} = 72 - 21 = 51 \text{ дБ}$$

6. Перевіряємо виконання умови:

$$L'_{nw} \text{ факт} \leq L'_{nw} \text{ норм } 51 \text{ дБ} \leq 55 \text{ дБ}$$

7. Оскільки умова виконується, модифікація системи відповідає заданим вимогам.

Відповідно до таблиці 3 ДБН В.1.1-31:2013 «Захист територій, будинків та споруд від шуму» необхідний індекс ізоляції шуму для обраного типу будівлі та конструкції складає:

$$L'_{nw} \text{ норм} = 55 \text{ дБ}$$

Для задоволення цієї вимоги необхідно застосувати таку модифікацію ізоляційної системи:

Фактичний індекс покращення ізоляції ударного шуму підбраної модифікації ізоляційної системи складе:

$$L'_{nw} \text{ факт} = 51 \text{ дБ}$$

Висновок:

$$L'_{nw} \text{ факт} < L'_{nw} \text{ норм } 51 \text{ дБ} < 55 \text{ дБ}$$

Підбрана модифікація ізоляційної системи відповідає вимогам таблиці 3 ДБН В.1.1-31:2013 «Захист територій, будинків та споруд від шуму» щодо ізоляції ударного шуму.

4.6 Система звукоізоляції міжповерхових перекриттів ТН-СТЕГА Акустик

Тип конструкції - Підлоги та перекриття. Тип будівлі - Житлові будинки.

Розташування конструкції - Перекриття між приміщеннями квартир.

Вибрана система ізоляції - ТН-ПОТОЛОК Акустик.

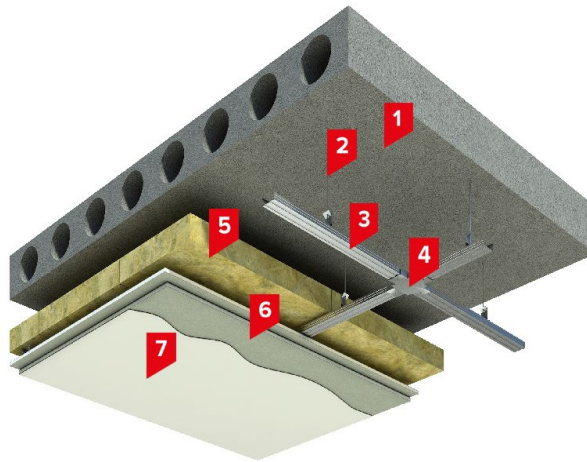
Конструкція перекриття - багатопустотна плита.

Кількість отворів N - 6 шт. Діаметр отворів D – 0.159 м.

Наведена товщина перерізу $h_{пр}$ – 0.12 м. Ширина перерізу b – 1.5 м.

Товщина h – 0.22 м. Матеріал - Важкий бетон .

Щільність матеріалу - 2400кг/м³



- 1 - плита перекриття; 2 - анкерний підвіс; 3 - стельовий профіль; 4 - з'єднувач профілів; 5 - плити мінераловатні звукоізоляційні Техноакустика;
6 - обшивка ГКЛ або ГВЛ в 1 або 2 шари; 7 - чистове оздоблення стелі.

Рисунок 4.3 – Конструкція системи звукоізоляції ТН-СТЕГА Акустик

Система ТН-СТЕЖА Акустик застосовується для зниження рівня повітряного шуму, що проходить через міжповерхове перекриття.

Така система підвісної стелі дозволяє приховати різні комунікації, що знаходяться безпосередньо під перекриттям, тим самим забезпечує належний акустичний та візуальний комфорт приміщення. Як звукоізоляційний матеріал у системі ТН-СТЕЛЬ Акустик застосовуються негорючі плити з кам'яної вати ТЕХНОАКУСТИК. В облицюванні використовуються КГЛ або ГВЛ, які встановлюються на профілях стель. Для кріплення стельових профілів до плити перекриття використовують підвіси, які дозволяють компенсувати нерівності основи.

Основні переваги системи:

- Швидкість монтажу;
 - Ізолює комунікації під перекриттям;
 - Пожегобезпечна система;
 - Відсутність «мокрих» процесів
- Розрахунок індексу ізоляції повітряного шуму

1. Необхідний індекс ізоляції повітряного шуму для обраного типу приміщення та розташування конструкції відповідно до таблиці 3 ДБН В.1.1-31:2013 «Захист територій, будинків та споруд від шуму»:

$$R'w \text{ норм} = 52 \text{ дБ}$$

2. Визначаємо момент інерції перерізу багатопустотної плити J:

$$j_1 = b \times h^3 / 12 = 0.00133 \text{ м}^4 \text{ – момент інерції прямокутного перерізу;}$$

$$j_2 = n \times \pi \times D^4 / 64 = 0.00019 \text{ м}^4 \text{ - момент порожнеч;}$$

$$J = j_1 - j_2 = 0.00114 \text{ м}^4.$$

3. Визначаємо значення коефіцієнта K_e відповідно до формули 6 ДСТУ-Н Б В.1.1-34:2013

$$K_e = 1.5 \times \sqrt{4(J / h \rho^3)} = 1.22$$

4. Поверхнева щільність конструкції перекриття відповідно до п. 5.1.2 ДСТУ-Н Б В.1.1-34:2013:

$$m = \rho \times h = 528.00 \text{ кг/м}^2$$

5. Індекс ізоляції повітряного шуму існуючої конструкції перекриття відповідно до п. 5.1.4 ДСТУ-Н Б В.1.1-34:2013:

$$m_e \geq 200 R'w = 23 * \lg (m * K_e) - 8 = 23 * \lg (645.36) - 8 = 57 \text{ дБ}$$

Оскільки $R'w \geq R'w$ норм, то існуючої конструкції перекриття достатньо задоволення необхідним параметрам.

$$R'w \text{ факт} = 57 \text{ дБ}$$

Висновок:

$$R'w \text{ факт} > R'w \text{ норм } 57 \text{ дБ} > 52 \text{ дБ}$$

Існуюча конструкція перекриття відповідає нормам таблиці 3 ДБН В.1.1-31:2013 «Захист територій, будинків та споруд від шуму» щодо ізоляції повітряного шуму.

ВИСНОВОК

В магістерській роботі розглянуто вплив шуму на людський організм, що він може призвести до серйозних наслідків (наприклад аж розвитку серйозних захворювань нервової системи). Тому важливо приділяти особливу увагу акустичності місць, де людина проводить практично весь свій час.

Використання сучасних матеріалів для звукоізоляції є важливим аспектом покращення якості звукоізоляції будівлі. Показано сучасні матеріали, що дозволяють досягти більш високої ефективності звукоізоляції та створити тихе та комфортне середовище всередині будівлі. Час не стоїть на місці і з кожним роком винаходять, більш ефективні матеріали та технології для вирішення звукоізоляційних проблем.

Важливо виконувати розробку індивідуальних проектів звукоізоляції для різних типів будівель з урахуванням їхніх конкретних особливостей та вимог. Після оцінки поточного рівня шуму в будівлі ви зможете визначити, наскільки необхідно покращити звукоізоляцію, і які конкретні кроки слід прийняти для досягнення бажаного рівня звукоізоляції. Дані про поточний рівень шуму також можуть бути корисними при плануванні звукоізоляційних заходів.

Обрання конкретного об'єкта дослідження дозволяє зосередитися на практичних аспектах вдосконалення звукоізоляції в реальних будівлях..

Виконано розрахунок використання різних технологій та матеріалів для шумоізоляції огорожуючих конструкцій. Важливу роль при підборі звукоізоляційних матеріалів відіграє конструкція будинку яку необхідно вдосконалити.

В розрахунку чітко показано, що газобетона стіна більш звукоізоляційна, аніж цегляна і вкінці при порівнянні коефіцієнтів показала кращий результат. Одним із головних аспектів важливо оцінювати

комплексний підхід звукоізоляції будинку або квартири, адже тільки комплексний підхід дає найвищі результати.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДБН А.3.2-2:2009 Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. [Чинний від 2012-04-01]. Вид офіц. Київ, Міністерство регіонального розвитку та будівництва України 2012. 122с.

1. ДБН А.3.1-5-2016 Організація будівельного виробництва. [Чинний від 2016-08-01]. Вид офіц. Київ, Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України 2016. 51 с.

2. ДБН В. 1.1 -7-2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. [Чинний від 2022-09-01]. Вид офіц. Київ, Міністерство розвитку громад на території України 2022. 39 с.

3. ДБН В.2.6–31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. [Чинний від 2022-09-01]. Вид офіц. Київ, Міністерство розвитку громад та територій України 2022. 27 с.

4. ДСТУ 8907:2019 Настанова щодо організації проведення експертизи проектної документації на будівництво. [Чинний від 2020-10-15]. Вид офіц. Київ, ДП «УкрНДНЦ» 2020. 20с.

5. ДБН В.1.2-11:2021 Основні вимоги до будівель і споруд, енергозбереження та енергоефективність. [Чинний від 2017-01-01]. Вид офіц. Київ, Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України 2017. 21 с.

6. ДСТУ Б В.2.7-182:2009 Будівельні матеріали. Методи визначення терміну ефективної експлуатації та теплопровідності будівельних ізоляційних матеріалів у розрахункових та стандартних. [Чинний від 2009-12-01]. Вид офіц. Київ, Мінрегіон України, 2010. 32 с.

7. ДБН В.2.6-33:2018. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування. [Чинний від 2009-01-01]. Вид офіц. Київ, Міністерство регіонального розвитку та будівництва України 2008. 25 с.

8. ДСТУ-Н Б А.3.1-23:2013. Настанова щодо проведення робіт з улаштування ізоляційних, оздоблювальних, захисних покриттів стін, підлог і покрівель будівель і споруд. [Чинний від 2014-01-01]. Вид офіц. Київ, Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. 44 с.

9. ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану . [Чинний від 2017-04-01]. Вид офіц. Київ, ДП»УкрНДНЦ», 2017. 43 с.

10. Оцінка технічного стану житлових будинків перших масових серій індустріального зведення та варіанти їх перспективи у майбутньому [Текст] / В. М. Андрухов, А. О. Колесник, Л. В. Мартинова, В. В. Матвійчук // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. - 2010. - № 1. - С. 103-111. 2.

11. П. Ковальський, В. П. Очеретний, Д. П. Щербань // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. - 2013. - № 1. - С. 74-77. 5.

12. "Настанова з розрахунку та проектування звукоізоляції огорожувальних конструкцій житлових і громадських будинків": ДСТУ-Н Б В.1.1-34 [Чинний від 2014—01—01]. — К. : Держспоживстандарт України, 2014. — 33 с. — (Національні стандарти України).

13. Осташевська, Г.Г. Технологія будівництва. Тексти лекцій для студентів рівня підготовки «Бакалавр» за напрямом 1201 (6.060102) – «Архітектура». / Г.Г. Осташевська; Харків. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х.: ХНАМГ, 2009 – 84 с.

14. ДБН В.1.2-10:2021 Основні вимоги до будівель і споруд. Захист від шуму та вібрації [Чинний від 2022-09-01]. Вид офіц. Київ, ДП»УкрНДНЦ», 2022. 15 с.