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

**Кафедра промислового та цивільного будівництва**

**Кваліфікаційна робота/проект**

другий магістерський рівень
(рівень вищої освіти)

на тему: **«Аналіз звукоізоляції огороджувальних конструкцій будівель та її підвищення»**

Виконав: студент 2 курсу, групи: 8.1923– пцб
спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія
(код і назва спеціальності)
освітньої програми промислове і цивільне будівництво
Єршов Олексій Володимирович
(прізвище та ініціал)
Керівник професор, д.т.н. Радкевич А.В.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)
Рецензент ст..викл, к.т.н. Арутюнян Є.Е І.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя – 2024 року

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**
**ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**
**Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні**

Кафедра Промислового та цивільного будівництва
Рівень вищої освіти другий магістрський рівень
(другий (магістерський) рівень)
Спеціальність 192 "Будівництво та цивільна інженерія"
(шифр і назва)
Освітньо-професійна програма "Промислове і цивільне будівництво"
(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**
Завідувач кафедри ПЦБ
проф. Арутюнян І.А.
«____» _____ 20___ року

# З А В Д А Н Н Я
## НА КВАЛІФІКЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

Єршов Олексій Володимирович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проекту): Аналіз звукоізоляції огороджувальних конструкцій будівель та її підвищення
керівник роботи Радкевич А.В, професор, д.т.н
(прізвище, ім`я по батькові, науковий ступень, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від " 05 " 09 2024 року № 1486 – с
2. Строк подання студентом роботи 01 грудня 2024 р.
3. Вихідні дані до роботи Аналіз звукоізоляції огороджувальних конструкцій будівель та її підвищення
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
1. Дослідження власної та фактичної ізоляції повітряного шуму внутрішніми огороджувальними конструкціями будівель, аналіз методів розрахунку та оцінки звукоізоляції. 2. Дослідження ізоляції ударного шуму міжповерховими перекриттями будівель, аналіз методів її розрахунку та оцінки. 3. Аналіз ефективних способів підвищення фактичної звукоізоляції внутрішніх конструкцій будівель.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

8 листів формату А1

6. Консультанти розділів роботи

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|---|---|---|---|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| Розділ 1 | Радкевич А.В. , д.т.н.. проф. | | |
| Розділ 2 | Радкевич А.В., д.т.н.. проф. | | |
| Розділ 3 | Радкевич А.В., д.т.н.. проф. | | |

7. Дата видачі завдання _____

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів кваліфкаційної роботи | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|---|---|---|---|
| 1. | Дослідження власної та фактичної ізоляції повітряного шуму внутрішніми огороджувальними конструкціями будівель, аналіз методів розрахунку та оцінки звукоізоляції. | | |
| 2. | Дослідження ізоляції ударного шуму міжповерховими перекриттями будівель, аналіз методів її розрахунку та оцінки. | | |
| 3. | Аналіз ефективних способів підвищення фактичної звукоізоляції внутрішніх конструкцій будівель | | |

Студент _____ (підпис) Єршов О. В. (прізвище та ініціали)

Керівник роботи/проекту _____ (підпис) Радкевич А.В. (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль пройдено
Нормоконтролер _____ (підпис) Данкевич Н.О. (прізвище та ініціали)

# АНОТАЦІЯ

Єршов Олексій Володимирович. Аналіз звукоізоляції огороджувальних конструкцій будівель та її підвищення

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія, науковий керівник Радкевич А.В. Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні Запорізького національного університету, кафедра промислового та цивільного будівництва, 2024.

У вступі як одне з найважливіших соціальних завдань поліпшення умов праці та побуту населення виділено проблему боротьби з шумом, вирішення якої визначається можливостями підвищення звукоізоляції огорож. У зв'язку з цим сформульовано мету та поставлено основні завдання дослідження. Відзначено наукову новизна та практичні результати роботи.

На підставі аналізу шумового режиму на вулицях та магістралях міст Києва та у житлових приміщеннях квартир обґрунтовується актуальність досліджень питань, пов'язаних із підвищенням звукоізоляції огорож, та актуальність обраної теми. У містах з розвиненою індустріальною базою - за нормативного значення дорівнює 65 дБ А - еквівалентні рівні шуму на територіях, прилеглих до житлових будинків, становлять у середньому 70...75 дБА; у житлових кімнатах еквівалентні рівні шуму вищі за нормативне значення для денного часу доби на 10...15 дБА. Крім встановлення факту несприятливого шумового режиму всередині та поза ізольованих приміщень, на підставі натурних досліджень визначено вплив існуючих конструктивних рішень огорож у житлових будинках на ізоляцію приміщень. У сучасній забудові міст Київської області мають перевагу великопанельні будинки серії 121 та будинки зі стінами серії 86. Відзначено, що далеко не всі внутрішні та зовнішні огорожі мають індекс ізоляції повітряного шуму, що відповідає нормативним значенням.

При значній кількості варіантів конструктивних рішень огорож перед інженером-проектувальником постає завдання вибору, і, насамперед, проблема визначення критеріїв або таких показників, які найбільш повно задовольняють вимоги до цієї огорожі. Далі, при порівнянні кількісних чи якісних характеристик цих показників, можна зробити вибір оптимального варіанта конструкції огородження. Для отримання найповнішої інформації про ефективність використання того чи іншого варіанта пропонується метод експертних оцінок.

З метою конкретизації завдання для дослідження прийнято огородження, що розділяють блоки та житлові кімнати.

Як процедуру отримання експертної інформації було прийнято схему:

На першому етапі експерти склали перелік найважливіших показників, які можна розділити на кілька груп: до першої групи належать показники, що характеризують акустичні властивості конструкцій, друга груша відбиває експлуатаційні та виробничі показники, третя група – економічні.

На другому етапі було проведено ранжування показників - процедура впорядкування показників експертами, які мають їх у порядку переваги.

Наступний третій етап - безпосередня оцінка конструктивних рішень - є процедурою приписування показниками числових значень у шкалі інтервалів. Після агрегації результатів отримано підсумкові судження експертів. Разом із традиційними масивними конструкціями були відзначені й двостінні, які, на думку експертів, мають низку переваг перед одностінними.

Ключові слова: огороджувальна конструкція, шум, повітряний шум, ударний шум, звукоізолююча здатність, індекс ізоляції повітряного шуму, індекс наведеного рівня ударного шуму.

# ABSTRACT

Yershov Oleksiy Volodymyrovych. Research of Sound Insulation of Building Enclosures and Its Improvement.

Qualifying graduation thesis for obtaining the degree of master of higher education in specialty 192 – Construction and civil engineering, academic supervisor A.V. Radkevich, Engineering Educational and Scientific Institute of Zaporizhzhya National University, 2024.

In the introduction, as one of the most important social tasks of improving the working and living conditions of the population, the problem of combating noise is highlighted, the solution of which is determined by the possibilities of increasing the sound insulation of fences. In this connection, the purpose and main tasks of the research were formulated. The scientific novelty and practical results of the work were noted.

On the basis of the analysis of the noise regime on the streets and highways of the cities of Kyiv and in the residential premises of apartments, the relevance of research on issues related to the improvement of sound insulation of fences and the relevance of the chosen topic is justified. In cities with a developed industrial base - the normative value is equal to 65 dBA - the equivalent noise levels in the territories adjacent to residential buildings are on average 70...75 dBA; in living rooms, equivalent noise levels are higher than the standard value for daytime by 10...15 dBA. In addition to establishing the fact of an unfavorable noise regime inside and outside isolated premises, on the basis of field studies, the influence of existing constructive solutions of fences in residential buildings on the insulation of premises was determined. In the modern development of the cities of the Kyiv region, large-panel houses of the 121 series and houses with walls of the 86 series are preferred. It is noted that not all internal and external fences have an air noise insulation index that corresponds to the normative values.

With a significant number of options for constructive solutions of fences, the design engineer faces the task of choosing, and, first of all, the problem of determining the criteria or indicators that most fully satisfy the requirements for this fence. Next, when comparing the quantitative or qualitative characteristics of these indicators, you can choose the optimal option for the construction of the fence. To obtain the most complete information about the effectiveness of using this or that option, the method of expert evaluations is proposed.

In order to specify the task for the study, fences separating blocks and living rooms were adopted.

As a procedure for obtaining expert information, the scheme was adopted:

At the first stage, experts compiled a list of the most important indicators, which can be divided into several groups: the first group includes indicators characterizing the acoustic properties of structures, the second pear reflects operational and production indicators, the third group - economic indicators.

At the second stage, the ranking of the indicators was carried out - the procedure of ordering the indicators by experts, who have them in order of preference.

The next third stage - the direct assessment of constructive solutions - is the procedure of assigning numerical values to the indicators in the interval scale. After aggregating the results, the final judgments of the experts were obtained. Along with traditional massive structures, double-walled ones were noted, which, according to experts, have a number of advantages over single-walled ones.

Keywords: curtain wall, noise, air noise, shock noise, sound insulation ability, index of isolation of air noise,index of resulted level of shock noise

**ЗМІСТ**

стр.

ВСТУП..... 10

1. ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСНОЇ ТА ФАКТИЧНОЇ ІЗОЛЯЦІЇ ПОВІТРЯНОГО ШУМУ ВНУТРІШНІМИ ОГОРОДЖУВАЛЬНИМИ КОНСТРУКЦІЯМИ БУДІВЕЛЬ, АНАЛІЗ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ ТА ОЦІНКИ ЗВУКОІЗОЛЯЦІЇ……..…..……...….12

1.1 Загальні поняття про звук та його властивості ……12

1.2 Джерела шуму та їх шумові характеристики ……..13

1.3 Поняття ізоляції повітряного шуму ……..17

1.4 Методика дослідження звукоізоляції……19

1.4.1 Великі акустичні камери. Геолетричні та акустичні трактеристиш ……19

2. ДОСЛІДЖЕННЯ ІЗОЛЯЦІЇ УДАРНОГО ШУМУ МІЖПОВЕРХОВИМИ ПЕРЕКРИТТЯМИ БУДІВЕЛЬ. АНАЛІЗ МЕТОДІВ ЇЇ РОЗРАХУНКУ ТА ОЦІНКИ.……25

2.1 Ефективні конструкції міжповерхових перекриттів ……25

2.1 Ізоляція ударного шуму міжповерховими перекриттями з паркетною підлогою акустика ……32

2.2 Дослідження динамічних характеристик матеріалів пружних підкладок паркетних підлог у процесі експлуатації ……32

2.3 Оцінка та нормування звукоізоляції огороджувальних конструкцій будівель ……37

3. АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНИХ СПОСОБІВ ПІДВИЩЕННЯ ФАКТИЧНОЇ ЗВУКОІЗОЛЯЦІЇ ВНУТРІШНІХ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ……..46

3.1 Про підвищення звукоізоляції огороджувальних конструкцій ….46

3.2 Звукоізоляційні та звукопоглинаючі матеріали та їх застосування у будівництві …….50

3.3 Звукоізоляція міжповерхових перекриттів з конструкцією «плаваючої» підлоги ……56

3.4 Оцінка індексу наведеного рівня ударного звуку конструкції міжповерхового перекриття ……62

3.5 Звукоізоляція акустичних стінових панелей із мінераловатних плит «ISOVER» ……..68

3.6 Звукоізоляція багатошарових (двостінних) полегшених перегородок із заповненням матеріалом із мінерального волокна «IZOVER» ……70

3.6.1 Особливості проектування звукоізоляції каркасних перегородок…….. 71

3.7 Розрахунок звукоізоляції перегородки від повітряного шуму…...73

3.8 Побудова карти шуму у забудові ……...78

ВИСНОВОК ……..81

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ ……..83

# ВСТУП

**Актуальність.** В сучасному житті шум є однією з найважливіших характеристик довкілля. Він постійно впливає на людину і істотно впливає на її здоров'я та працездатність. Актуальною проблемою, вирішення якої надається велике значення, є створення акустичного комфорту у приміщеннях житлових, громадських та промислових будівель. Один із ефективних шляхів її реалізації полягає у підвищенні звукоізоляції їх огороджувальних конструкцій. У багатьох випадках це найбільш раціональний, а іноді й єдиний спосіб зменшення шуму, що проникає із суміжних приміщень.

Тенденція до здешевлення будівництва призводить до зниження маси 1 $м^2$ стін та перекриттів, що є причиною зменшення звукоізоляції. В результаті, огорожі багатьох житлових та громадських будівель не задовольняють існуючим нормам, вимоги яких досі нижчі, ніж у низці розвинених держав.

**Метою роботи є** розробка способів розрахунку ізоляції повітряного та ударного шумів внутрішніми огороджуючими конструкціями будівель зі звичайною конструктивно-планувальною схемою та шляхів її підвищення. Реалізація одержаних результатів дозволить зменшити шкідливий вплив шуму на людей.

Основні завдання, які вирішуються у роботі:

1. Дослідження власної та фактичної ізоляції повітряного шуму внутрішніми огороджувальними конструкціями будівель, аналіз методів розрахунку та оцінки звукоізоляції.

2. Дослідження ізоляції ударного шуму міжповерховими перекриттями будівель, аналіз методів її розрахунку та оцінки.

3. Аналіз ефективних способів підвищення фактичної звукоізоляції внутрішніх конструкцій будівель.

**Методи дослідження.** Використовувалися теоретичні і експериментальні методи дослідження, статистичні методи.

**Наукова новизна роботи.** Отримано аналітичні вирази для визначення рівня ударного шуму. Наведено залежності для розрахунку частотної характеристики власної ізоляції повітряного та ударного шумів одношаровими огорожами, індексів фактичної звукоізоляції та їх зміни при влаштуванні додаткових конструктивних елементів. Дано розрахунок підвищення фактичної звукоізоляції.Апробація результатів магістерської роботи.

**Структура і об'єм магістерської роботи.** Магістерська робота складається з вступу, трьох розділів, виводів, списку використаних джерел. Повний об'єм магістерської роботи складає _91__ сторінок тексту, у тому числі _26__ рисунків, _25_ таблиць. Список використаних джерел містить _45_ найменувань.

# 1. ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСНОЇ ТА ФАКТИЧНОЇ ІЗОЛЯЦІЇ ПОВІТРЯНОГО ШУМУ ВНУТРІШНІМИ ОГОРОДЖУВАЛЬНИМИ КОНСТРУКЦІЯМИ БУДІВЕЛЬ. АНАЛІЗ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ ТА ОЦІНКИ ЗВУКОІЗОЛЯЦІЇ

## 1.1 Загальні поняття про звук та його властивості

Акустика вивчає поширення звуку у приміщеннях. Вона поділяється на архітектурну, завдання якої полягають у створенні сприятливих умов найбільш повноцінного сприйняття звуків у театральних та інших приміщеннях, та будівельну, яка вирішує питання обмеження поширення небажаних звуків, які називають шумами. Шум викликає у людей роздратування, ускладнює сприйняття мови та музики, а в деяких випадках є причиною глухоти.

Таким чином, перед проектувальниками стоять два протилежні завдання: перше - створення умов для найкращого сприйняття мови та музики і друге - всіляке придушення шуму. Для успішного вирішення цих завдань необхідно мати уявлення про фізичні та фізіологічні характеристики звуку та шуму, закономірності їх поширення на територіях та в приміщеннях, характеристики джерел шуму, архітектурно-планувальних та конструктивних способах посилення та придушення звуку та шуму, а також про наявні з цих питань нормативні документи.

Звук як фізичне явище є хвилеподібним коливальним рухом, який поширюється в матеріальному пружному (газоподібному, рідкому або твердому) середовищі.

Джерелом звуку є якесь вібруюче тіло типу струни, камертону і т.п. Коливання джерела звуку викликають у пружному середовищі коливання її частинок, які поширюються хвилеподібно з певною швидкістю як звукових хвиль. При цьому самі частки середовища не переміщуються разом зі звуковою хвилею, а тільки коливаються, поперемінно зміщуючись і повертаючись до початкового рівноважного положення, як це показано на рис. 1.1.



.

Рисунок 1.1 – Коливання та вібрації на людину та будівельні об'єкти

При поширенні звукової хвилі розрізняють два абсолютно різні явища: рух частинок середовища у хвилі та переміщення самої хвилі в середовищі. При цьому коливальні швидкості частинок середовища в кілька тисяч разів менші за швидкість звуку.

Відстань, на яку розповсюджується звукова хвиля за час одного повного коливання або одного періоду коливання, називається довжиною хвилі.

## 1.2 Джерела шуму та їх шумові характеристики

По відношенню до конструкцій, що захищають джерела шуму поділяються на зовнішні і внутрішні, що знаходяться всередині будівель.

Основними джерелами зовнішнього шуму є транспортні потоки на вулицях та дорогах, залізничний, водний та повітряний транспорт, промислові та енергетичні підприємства та їх окремі установки, а також внутрішньоквартальні джерела шуму (трансформаторна підстанція, центральні теплові пункти, спортивні та ігрові майданчики та ін.)

Джерелами внутрішнього шуму в будинках різного призначення є технологічне та інженерне обладнання (ліфти, вентилятори, насоси, гучна розмова, ігри на музичних інструментів, робота верстатів та обладнання та ін.)

Джерела шуму можна умовно поділити на дві групи:

– окремі;

– -комплексні, які з низки окремих джерел.

До окремих або точкових джерел шуму відносяться ліфти, вентилятори, насоси, електротрансформатори, одиничні транспортні засоби, установки промислових чи енергетичних підприємств та ін.(рис.1.2)



а)



б)



в)



г)





д) е)

Рисунок 1.2 – Джерела шуму відносяться а) ліфти, б) вентилятори, в) насоси, г) електротрансформатори, д) одиничні транспортні засоби, е) установки промислових чи енергетичних підприємств

До комплексних джерел шуму відносяться вуличні транспортні потоки, залізничні склади, промислові підприємства з численними джерелами шуму, спортивні майданчики та ін.

За тимчасовими характеристиками шуми поділяються на постійні, рівень шуму яких змінюється у часі не більше ніж на 5 дБА та непостійні, рівень звуку яких змінюється у часі більш ніж на 5 дБА.

До постійних шумів можна віднести шум насосних або вентиляційних установок, що постійно працюють.

Непостійні шуми у свою чергу поділяються на ті, що коливаються в часі, рівень звуку яких безперервно змінюється; уривчасті, рівень звуку яких зростає до рівня фонового шуму за кілька разів за час спостереження та імпульсні, що складаються з одного або декількох наступних один за одним ударів тривалістю менше 1 сек.

До шуму, що коливається в часі відноситься, наприклад, шум транспортного руху.

Уривчасті шуми - це шуми від роботи лебідки ліфтової установки або шуми установок промислових підприємств або майстерень, що постійно працюють.

Шумовими характеристиками джерел зовнішнього шуму є:

– для транспортних потоків на вулицях та дорогах – еквівалентний рівень звуку LAекв, дБА, на відстані 7,5 м від осі першої лінії руху (для трамваїв - на відстані 7,5 м від осі ближньої колії) до зовнішньої огорожі будівлі;

– для потоків залізничних поїздів – еквівалентний рівень звуку LAекв, дБА та максимальний рівень звуку LAмакс, дБА, на відстані 25 м від осі ближнього до розрахункової точки шляху;

– для водного транспорту – еквівалентний рівень звуку LAекв, дБА та максимальний рівень звуку LAмакс, дБА, на відстані 25 м від борту судна до розрахункової точки;

– для повітряного транспорту - еквівалентний рівень звуку LAекв, дБА, та максимальний рівень звуку LAмакс, дБА у розрахунковій точці;

– для промислових та енергетичних підприємств з максимальним лінійним розміром у плані до 300 м включно – еквівалентні рівні звукової потужності Lw екв та максимальні рівні звукової потужності Lw макс;

– для промислових зон, промислових та енергетичних підприємств з аксимальним лінійним розміром у плані понад 300 м - еквівалентний рівень звуку LwAекв.гр, дБА, та максимальний рівень звуку, LwAмакс.гр, дБА, на межі території підприємства та селітебної території у напрямку розрахункової точки;

– для внутрішньоквартальних джерел шуму – еквівалентний рівень звуку LwAекв, дБА та максимальний рівень звуку LAмакс, дБА, на фіксованій відстані від джерела.

Шумові характеристики технологічного та інженерного обладнання, що створює постійний шум, у вигляді октавних рівнів потужності Lw або коригованих рівнів звукової потужності wA, а для обладнання, що створює непостійний шум, у вигляді wAекв та максимальних wAмакс коригованих рівнів звукової потужності; повинні зазначатися заводом-виробником у технічній документації. Для одиночного працюючого обладнання допускається використовувати шумові характеристики у вигляді октавних

рівнів звукового тиску, дБ, або рівнів звуку на робочому місці А, дБ, на фіксованій відстані.

Для оцінки шумової характеристики окремих або комплексних джерел шуму важливим є вибір часу, протягом якого визначаються еквівалентні рівні звуку джерел шуму.

При циклічному режимі роботи окремого або комплексного джерела шуму визначення шумової характеристики здійснюється за повний цикл роботи, протягом якого відбувається зміна рівнів шуму, що створюється ними.

Якщо робота окремого чи комплексного джерела шуму немає циклічного характеру, то шумові характеристики необхідно визначати в денний (з 7.00 до 23.00) чи нічний (з 23.00 до 7.00) час доби. При цьому для джерел, які створюють непостійний шум, слід визначати додаткову шумову характеристику - максимальний рівень звуку, що створюється джерелами шуму на певній відстані від них.

### 1.3 Поняття ізоляції повітряного шуму

Шум є нині однією з найважливіших характеристик довкілля. Він постійно впливає на людину і істотно впливає на її здоров'я та працездатність. Актуальною проблемою, вирішення якої надається велике значення, є створення акустичного комфорту у приміщеннях житлових, громадських та промислових будівель. Один із ефективних шляхів її реалізації полягає у підвищенні звукоізоляції їх огороджувальних конструкцій. У багатьох випадках це найбільш раціональний, а іноді й єдиний спосіб зменшення шуму, що проникає із суміжних приміщень.

Останнім часом збільшилася номенклатура будівель із підвищеними вимогами до звукоізоляції їх конструкцій, що захищають. Це музичні

навчальні заклади, телевізійні студії, студії звукозапису, комп'ютерні зали тощо. п. Посилені вимоги до звукоізоляції внутрішніх конструкцій, що захищають житлових будівель.

Тенденція до здешевлення будівництва призводить до зниження маси 1 $м^2$ стін та перекриттів, що є причиною зменшення звукоізоляції. В результаті, огорожі багатьох житлових та громадських будівель не задовольняють існуючим нормам, вимоги яких досі нижчі, ніж у низці розвинених держав.

Діяльність використовувалися як теоретичні, і експериментальні методи дослідження. Теоретичний аналіз ізоляції ударного шуму прямокутною пластиною заснований на розкладанні її коливань за власними формами з фільтрацією кожної з них через полоснопропускний фільтр. Розрахунок фактичної ізоляції повітряного шуму виходив із існуючої методики визначення непрямої передачі шуму в будинках. Експериментальні дослідження проводилися у великих акустичних камерах, моделях кімнат та будинках за стандартною методикою за допомогою апаратури, що використовує аналоговий спосіб вимірювання. Їхні результати оброблялися за допомогою статистичних методів.

Отримано аналітичні вирази для визначення рівня ударного шуму під прямокутною пластиною та системою з двох пластин з пружним шаром між ними під дією періодичних ударів стандартного молотка з фільтрацією через стандартні смугові фільтри, спектрів амплітуд та фаз. Оцінено вплив хвильових процесів у пружному шар перекриття на величину зниження рівня ударного шуму за рахунок підлоги. Наведено залежності для розрахунку частотної характеристики власної ізоляції повітряного та ударного шумів одношаровими огорожами, індексів фактичної звукоізоляції та їх зміни при влаштуванні додаткових конструктивних елементів. Дано розрахунок підвищення фактичної звукоізоляції.




Рисунок 1.3 – Великі звукоізоляційні панелі

Розроблено ефективний спосіб підвищення фактичної звукоізоляції огорож. Запропоновано розрахунок наведеного рівня ударного шуму під міжповерховими перекриттями з підлогами на пружній основі з урахуванням хвильових процесів у ньому та фільтрацією сигналу через смугові фільтри, спектрів амплітуд та фаз. Розроблено спосіб оцінки фактичної ізоляції повітряного та ударного шумів внутрішніми конструкціями, що огороджують, будівель зі звичайною конструктивно-планувальною схемою по індексу. Запропоновано розрахунок частотної характеристики власної ізоляції повітряного шуму одношаровими перегородками та наведеного рівня ударного шуму несучими частинами міжповерхових перекриттів.

## 1.4 Методика дослідження звукоізоляції

### 1.4.1 Великі акустичні камери. Геолетричні та акустичні трактеристиш

Дослідження власної звукоізоляції огороджувальних конструкцій натуральної величини проводилися у великих акустичних камерах. Київ. Вони складаються з трьох реверберацийних камер (рис 1.1) та типові для

споруд подібного типу [30,66]. Приміщення 2 та 4 є камерами високого рівня (КВП), а приміщення 3 - камерою низького рівня (КНУ). У приміщенні 1 знаходиться апаратна, з якої вимірюються. Фактичні об'єми камер: приміщення 2-116 м$^3$, приміщення 4-93 м$^3$, приміщення 3 – 69 м$^3$.

Камера низького рівня є монолітною залізобетонною коробкою товщиною 15 см, що лежить на шарі утрамбованого піску. Вона відокремлена з усіх боків від обох камер високого рівня повітряним проміжком та розрізана у трьох місцях осадовими швами (ЗШ). Крім того, для підвищення звукоізоляції між нею та стінами суміжних приміщень встановлена додаткова армоцерпична перегородка (рис. 1.2). Для отримання більш дифузного звукового поля бетонній коробці КНУ надано неправильну форму, підлога виконана з керамічної плитки, стіни пофарбовані масляною фарбою.

Між приміщеннями 2 і 3 є проріз розміром 2,8×3,0 м (у світлі), призначений для встановлення міжповерхових перекриттів.



Рисунок 1.4 – Великі акустичні камери. План на позначці -4,000



Рисунок 1.5 – Великі звукоізоляції панелі

Його можна використовувати і для дослідження перегородок. Він утворений чотирма опорними балками Т-подібного перерізу, кінці яких закладені в цегляні стіни приміщення 2. Огородження, що досліджується, укладається на полиці опорних балок. Опорні балки з перекриттям та досліджуваним зразком відокремлені від коробки КНУ повітряним проміжком.

Між приміщеннями 3 і 4 є вертикальний отвір. Перегородка, що випробовується, встановлюється в ньому на полицю бетонної коробки КНУ. Розмір отвору у світлі 2,7 × 2,6 м.

Двері камер є багатошаровими конструкціями, виготовленими з металевого листа, з обох боків якого укладені м'яка азбестова плитка, дошки в шпунт, два шари картону і лист оцинкованої жерсті. Вхід до КНУ закривається двома дверима, одна з яких знаходиться у коробці камери, інша у зовнішній стіні.

Один із вихідних принципів методики вимірювань звукоізоляції, що рекомендуються ISO I 003, полягає в тому, що по обидва боки досліджуваного огородження звукове поле має бути дифузним. Звукове поле в певному обсязі є таким, якщо воно ізотропне, що означає рівність потоків енергії, що приходять в точку прийому з різних напрямків, і однорідно, т.е. е. середні в часі значення густини звукової енергії в різних точках об'єму рівні. Крім того, передбачається, що при суперпозиції великої кількості хвиль, що несуть зрушені в часі ехосигнали, їх складання відбувається енергетично.

Частота, починаючи з якої поле можна вважати дифузним, приблизно визначається за формулою 1.1 Е. Мейєра [283:

$$з / 180. / = 125 / 1, \qquad (1.1).$$

де V - об'єм приміщення, м .

Для КНУ ця частота становить 1 Гц. Формула Мейєра не враховує багатьох факторів, що впливають на дифузність звукового поля: форму приміщення, особливості випромінювання звуку, звукопоглинаючу здатність стін і т. д. Для вимірювання дифузності є низка способів. Найбільш точним є метод, запропонований В. В. Фурдуєв [33. Однак він є досить громіздким. Останнім часом знаходить застосування спрощений спосіб оцінки придатності акустичного поля для вимірювання звукоізоляції за величиною середньоквадратичного відхилення просторового розподілу рівнів звукового тиску рівень звукового тиску, виміряний у 1-ій точці простору камери; п - число точок простору камери, у яких проводилися виміри. Звукове поле вважається дифузним, якщо 1,5 дБ [51.

У приміщеннях 2 із п =16, у приміщенні 4 п = 10.

З графіка можна зробити висновок, що 1,5 дБ, починаючи з частоти 200 Гц. Це узгоджується з розрахунком за формулою (1.1). Вимірювання звукоізоляції на частотах 100, 125 та 160 Гц можна використовувати лише для попередньої оцінки.



1 - приміщення 2; 2 – приміщення 3; 3 - приміщення 4

Рисунок 1.6 – Середньоквадратичні відхилення просторового розподілу рівнів звукового тиску 5 у великих акустичних камерах

Рівень шуму перешкод у камері низького рівня в діапазоні 500-г-4000 Гц не перевищує 20 дБ. Зі зменшенням частоти рівень шуму перешкод поступово зростає і частоті 100 Гц досягає 46 дБ.

Непряма передача шуму в акустичних камерах спотворює результати вимірювань власної звукоізоляції конструкцій, що захищають, і робить їх у ряді випадків неможливими [14,513. Тому необхідно знати їхню максимально досяжну величину. Аналіз непрямої передачі шуму у великих акустичних камерах для дослідження перекриттів дозволив зробити відповідну оцінку для шарнірного та пружного спирань по контуру [14,513.

При усуненні випромінювання опорних балок у камерах можна вимірювати власну ізоляцію повітряного шуму одношаровими огорожами масою приблизно 350 кг/м$^2$. Різниця між виміряною та власною звукоізоляцією не перевищуватиме 0,5 дБ.

Оцінка максимально досяжної звукоізоляції в камерах при пружному опиранні досліджуваного зразка за контуром представлено на рис.1.7.



Рисунок 1.7 – Оцінка максимально досяжної звукоізоляції в камерах при пружному опиранні

При відкритих бортах опорних балок можливі виміри власної звукоізоляції лише одношарових конструкцій, а при закритих - деяких багатошарових. Частота, Гц



Рисунок 1.8 – Ізоляція повітряного шуму перекриттями при шарнірному опиранні несучої плити за контуром:

1 - виміряна звукоізоляція залізобетонної плити завтовшки 12 см при відкритих бортах опорних балок; 2 - те саме, при закритих бортах опорних балок; 3 - розрахункова величина максимально досяжної звукоізоляції при відкритих бортах опорних балок; 4 - розрахункова величина максимально можливої звукоізоляції при закритих бортах опорних балок.



Рисунок 1.9 – Перегородки та результати вимірювання ізоляції повітряного шуму

На рис. 1.9 дано розрахункові значення максимально досяжної звукоізоляції при жорсткому опиранні по контуру в камерах для дослідження перегородок та результати вимірювання ізоляції повітряного шуму шлакоблочною перегородкою масою 360 кг/м$^2$ [14,51]. Різниця між ними

становила в середньому 3,8 дБ. Отже, виміряти власну звукоізоляцію перегородки із додатковою обшивкою з боку КНУ неможливо. Такий вимір стає реальним лише за пружного опирання перегородки по контуру.

Значного підвищення верхньої межі вимірювань звукоізоляції в камерах для дослідження перекриттів можна досягти шляхом пристрою з боку КВУ підлоги на пружній підставі та обшивки стін КВУ плоскими азбофанерними плитами товщиною 6 + 8 мм по рейках завтовшки 10 см. Це дозволить вимірювати власну ізоляцію повітряного шуму огорожі 60 ТО дБ на низьких, до ТО * 80 дБ на середніх і до 80-г-95 дБ на високих частотах [14,51].

Аналогічним чином можна знизити непряму передачу шуму і камерах для вимірювання звукоізоляції перегородок.

# 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ІЗОЛЯЦІЇ УДАРНОГО ШУМУ МІЖПОВЕРХОВИМИ ПЕРЕКРИТТЯМИ БУДІВЕЛЬ. АНАЛІЗ МЕТОДІВ ЇЇ РОЗРАХУНКУ ТА ОЦІНКИ

## 2.1 Ефективні конструкції міжповерхових перекриттів

Звукоізоляція від ударного шуму – це особливий вид ремонтних робіт, яких потребує ретельної підготовки. Вивчивши всі можливі варіанти звукоізоляції, ми рекомендуємо Вам скористатися за допомогою досвідчених фахівців, які підкажуть: які матеріали будуть найефективнішими саме у Вашій оселі.

Звукоізоляція від ударного шуму є важливим фактором для власників будинків, які прагнуть зменшити небажаний шум у своїх житлових приміщеннях. При правильному плануванні та виконанні звукоізоляційні заходи можуть значно знизити рівень ударного шуму, який поширюється через підлогу та стіни. Ефективна звукоізоляція вимагає багатошарового підходу, включаючи використання звукоізоляції, пружних каналів і акустичної підкладки. Звукоізоляція може значно покращити якість життя в будинках і квартирах, забезпечуючи спокійне і тихе середовище для роботи, відпочинку і сну.

Міжповерхові перекриття є горизонтальною комплексною конструкцією, що розчленовує будівлю на поверхи, що складається з несучої частини та огороджувальної, до складу якої входять підлоги і стелі.

Метою конструкторів та проектувальників є полегшення ваги міжповерхового перекриття без втрати його звукоізоляційних якостей. Це

складне завдання, можливо, здійснити лише застосовуючи ефективні конструкції міжповерхових перекриттів.



Рисунок 2.1 – Звукоізоляція від ударного шуму зверху у квартирі

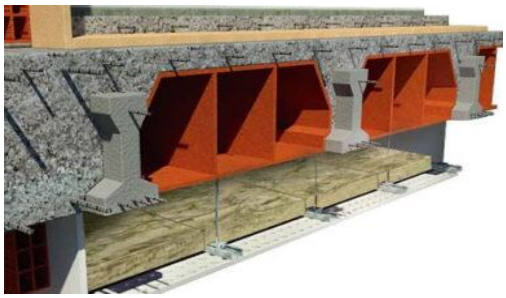
Конструкція підлоги міжповерхового перекриття складається з ряду шарів, що послідовно лежать: покриття підлоги (чиста підлога), прошарок, стяжка, гідроізоляція, звукоізоляція.



а)



б)



в)



г)

Рисунок 2.2 – Матеріалами покриття підлоги перекриттів: паркетна дошка, паркетний щит, підлоги з пробки

За застосовуваними матеріалами покриття підлоги перекриттів цивільних будівель, поділяють на дві основні групи: покриття підлоги з деревних матеріалів (штучний і мозаїчний паркет, паркетна дошка, паркетний щит, підлоги з пробки та інші) і покриття підлоги з синтетичних матеріалів (лінолеум, ПВХ - покриття, ворсові покриття і т.д.).

Таке різноманіття покриттів підлоги з деревних матеріалів визначило наявність великої кількості сучасних конструкцій міжповерхових перекриттів, в яких чиста підлога укладається як жорстко в основі з кріпленням по всій поверхні (кріплення планок штучного паркету клеєм і цвяхами), так і способи, що «плавають» укладання підлогових покриттів.

Як матеріал для укладання покриттів підлоги «плаваючим» способом використовуються м'які підкладки зі спіненого поліетилену, промислової пробки та інших матеріалів. Рекомендована товщина підкладок 2-3 мм. Призначення таких підкладок полягає в ізоляції покриття підлоги від вологи, що знаходиться в нижчих шарах, вирівнювання дрібних нерівностей основи покриття підлоги, усунення скрипів та збільшення ізоляції ударного шуму конструкцією міжповерхового перекриття.

Застосовуються як порівняно недавно з'явилися конструкції з «плаваючим» покриттям підлоги (ламінат-паркет, паркетна дошка і паркетний щит по підкладці, ТР 74-98 [1]), так і конструкції, що

застосовуються протягом декількох десятиліть, такі як покриття з паркетних самонесучих щитів і дощок, укладених на шар деревноволокнистих плит марки М-3, товщиною 12 мм (ВСН 9-94) [2], покриття підлоги з мозаїчного паркету наклеєного зворотним боком на якийсь еластичний матеріал, який залишається в конструкції покриття підлоги після настилу паркету (ГОСТ 862.2-76) [3].

Вплив покриття підлоги на звукоізоляцію міжповерхового перекриття є суттєвим. Так покращення ізоляції ударного шуму паркетною підлогою на пробці товщиною 2 мм становить 6 дБ, паркетною підлогою на бітумній повсті товщиною 7 мм – 15 дБ, паркетною підлогою на легких деревно-волокнистих плитах товщиною 25 мм – 17 дБ, ПВХ-покриття. -16 дБ [4]

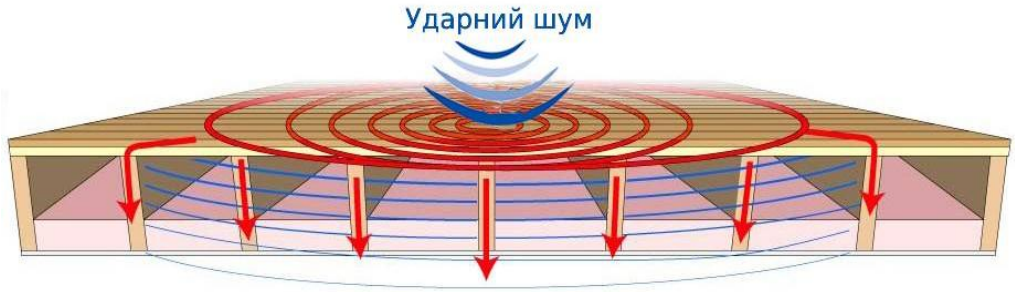



Рисунок 2.3 – Звукоізоляція від ударного шуму

Облік покриття підлоги важливий під час проектування звукоізоляції міжповерхових перекриттів у цивільних будівлях. Однак існуючі аналітичні методи оцінки звукоізоляції не дозволяють враховувати вплив різних конструкцій покриття підлоги на значення ізоляції повітряного та ударного шумів міжповерховими перекриттями. Тому в процесі проектування будівель не можна, з достатньою для практики точністю, прогнозувати звукоізоляцію міжповерхових перекриттів, а отже, і акустичний режим у будівлях. Виняток становлять лише однорідні (одношарові) конструкції міжповерхових перекриттів з підлогами з лінолеуму на

теплозвукоізоляційній підоснові, для яких розроблено аналітичні методи оцінки звукоізоляції.

У малих реверберацийних камерах лабораторії будівельної акустики технологічного університету проведено експериментальні дослідження ізоляції ударного шуму на моделях конструкцій міжповерхових перекриттів із паркетною підлогою. Дослідження виконували як для конструкцій без звукоізоляційного шару (покриття укладалося на клею по несучій плиті перекриття), так і для конструкцій зі звукоізоляційним шаром (покриття підлоги по пружній підкладці на несучій плиті міжповерхового перекриття). Створення напруги в одношарових плоских елементах, близьких до експлуатаційних (200 кг/м$^2$), забезпечувалося металевими циліндрами, встановленими на плиту підлоги.

Дослідження впливу виду матеріалу покриття підлоги та її товщини виконувалося наступним чином. Як еталонна плита прийнята залізобетонна плита перекриття товщиною 28 мм, щільністю 2000 кг/м$^3$, що відповідає натурному розміру плити товщиною 140 мм тієї ж щільності. Моделі перекриття мали розмір у плані 500, 750 мм. Для отримання порівняльних результатів для всієї серії вимірювань використовувалася та сама несуча плита міжповерхового перекриття.

Для конструктивної схеми міжповерхового перекриття з покриттям підлоги, укладеним на клею по несучій плиті, як чиста підлога використовувалася деревина дуба і сосни. Товщина виготовлених моделей становила 3 та 6 мм (моделювалася паркетна дошка з масиву товщиною 15 та 30 мм).

Результати вимірювань зниження наведеного рівня ударного шуму підлогою з деревних матеріалів, покладених на клею по залізобетонній плиті, що несе перекриття, наведені на рис. 2.4, а. Видно, що більше зниження

наведеного рівня ударного шуму має міжповерхове перекриття з покриттям підлоги із соснових дощок товщиною 6 мм.

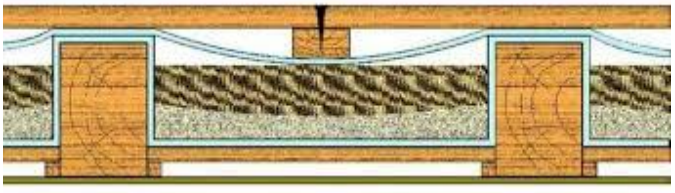


Рисунок 2.4 – Моделювальна паркетна дошка

Поліпшення ізоляції ударного шуму по відношенню до аналогічної конструкції з покриттям підлоги товщиною 3 мм становить близько 6 дБ, на частотах вище 400 Гц. Отже, що товщі покриття підлоги, то більше вписувалося ізоляція ударного шуму перекриттям.

Для оцінки впливу жорсткості покриття підлоги на звукоізолюючі властивості перекриття, проведені вимірювання зниження наведеного рівня ударного шуму підлогою із соснових щитів товщиною 3 мм (Е=5,1×108 Па) та з дубових щитів товщиною 3 мм (Е=1,4×109 Па).

1, 2 – відповідно, виміряні частотні характеристики для перекриття з підлогою із соснових щитів товщиною 3 мм та 6 мм;

3 – теж із дубових щитів, товщиною 3 мм.



Рисунок 2.5– Зниження наведеного рівня ударного шуму паркетам підлогою, укладеним на клею по плиті перекриття, що несе



а) підлога із соснових щитів товщиною 3 і 6 мм;



б) те саме, із соснових та дубових щитів завтовшки 3 мм.

1 – вимірювана частотна характеристика підлоги з соснових щитів товщиною 3 мм, покладених на клею по плиті, що несе перекриття;

2, 3 –теж, відповідно, за шаром ізолону (ППЕ-Л) і за шаром етафома товщиною 2 мм.

Для дослідження пружних властивостей підкладок паркетних підлог на величину А., виготовлені моделі міжповерхових перекриттів з підкладками з різних прокладних матеріалів: етафома та спіненого поліетилену завтовшки по 2 мм. Виміряні резонансним методом за ГОСТ 162970-80 [5], динамічні модулі склали: для етафома Ед = 4,7 105 Па, для ізолону (ППЕ-Л) Од = 2,2 105 Па. Як чиста підлога використовувалися щити з сосни товщиною 3 мм (Е = 5,1×108 Па). Несучим настилом перекриття служила залізобетонна плита завтовшки 28 мм.

З графіків частотних характеристик, зображених на малюнку слід, що краще ізолює ударний шум конструкція міжповерхового перекриття з паркетною підлогою на підкладці з ізолону (ППЕ-Л), порівняно з цією ж підлогою на підкладці з етафома поліпшення становить 2 дБ на частотах вище 250 Гц . Отже, чим менше жорсткість матеріалу підкладки, тим більше зниження рівня ударного шуму підлогою міжповерхового перекриття.

Таким чином, виконані дослідження ізоляції ударного шуму міжповерховими перекриттями з паркетними підлогами дозволяють зробити такі висновки:

– що менше жорсткість покриття підлоги, то більша ізоляція ударного шуму перекриттям;

– збільшення товщини покриття підлоги підвищує величину зниження рівня ударного шуму під перекриттям;

– при рівних товщинах пружних підкладок краще ізолює ударний шум та конструкція міжповерхового перекриття, у якої підкладка має менший динамічний модуль пружності.

## 2.1 Ізоляція ударного шуму міжповерховими перекриттями з паркетною підлогою акустика

Існуючі аналітичні методи оцінки звукоізоляції не дозволяють враховувати вплив різних конструкцій підлог на значення ізоляції повітряного та ударного шумів міжповерховими перекриттями. Тому в процесі проектування будівель не можна, з достатньою для практики точністю, прогнозувати звукоізоляцію міжповерхових перекриттів, а отже, і акустичний режим у цивільних будівлях. Наведено результати досліджень

ізоляції ударного шуму конструкціями міжповерхових перекриттів із паркетними підлогами. Встановлено, що такі покриття підлоги впливають на величину ізоляції ударного шуму перекриттями в діапазоні частот, що нормується. Тому, при проектуванні звукоізоляції необхідно враховувати конструкцію паркетної підлоги та фізико-механічні характеристики її елементів.

## 2.2 Дослідження динамічних характеристик матеріалів пружних підкладок паркетних підлог у процесі експлуатації

Зміна акустичних властивостей прокладочних матеріалів, що відбувається під дією корисних стискаючих навантажень на покриття підлоги та фізико-хімічних впливів зовнішнього середовища, є однією з основних причин погіршення ізоляції ударного шуму перекриттями при експлуатації будівлі. У ДБН В.1.2-14:2018. «Навантаження та впливу» [1], як корисне навантаження на перекриття в житлових та громадських будинках прийнято тимчасове навантаження від маси людей, обладнання, матеріалів, виробів, засобів транспорту, тимчасових перегородок та інших частин будівлі , Розташування яких обчислюють з умови рівності її впливу тривалого навантаження [1,2].

Нормативні значення корисних навантажень на перекриття відповідають досить рідкісної ситуації, коли, наприклад, у приміщенні спостерігається велика скупченість людей або нагромадження меблів під час ремонту. Природно, повні значення класифікуються нормами як короткочасні навантаження. Але норми вказують на те, що навантаження, що розглядаються, містять і тривалу складову, яка представлена як знижене нормативне значення. Ця складова, що визначає умови нормальної

експлуатації, допомагає подальшому уточненню поведінки несучих конструкцій при врахуванні реологічних явищ, з якими може бути пов'язане, наприклад, збільшення деформативності елементів міжповерхового перекриття, в т.ч. збільшення відносної деформації та наведеного коефіцієнта жорсткості звукоізоляційних підкладок. Крім вищевикладених нормативних значень статичних рівномірно розподілених навантажень, на міжповерхові перекриття діють і динамічні навантаження експлуатаційного характеру, пов'язані з ходьбою людей, пересуванням меблів, з ударами по перекриттю під час ремонту, пересуванням ремонтних матеріалів, обладнання тощо, які впливають на акустичні характеристики звукоізоляційних матеріалів Таким чином, оцінку фізико-механічних властивостей пружних підкладок необхідно виконувати з урахуванням нормативних значень рівномірно розподілених навантажень на міжповерхові перекриття з паркетними підлогами, рівні 1,5-5,0 кПа та тривалості динамічних експлуатаційних впливів, пов'язані з діяльністю людей (кроки людей, пересування меблів, ремонтних матеріалів тощо).

Динамічні характеристики звукоізоляційних матеріалів (підкладок), що укладаються під покриття підлоги, визначалися при поздовжніх коливаннях навантаженого зразка в широкому діапазоні частот. В основу вимірювань динамічних характеристик прокладних матеріалів покладена методика вимірювань динамічного модуля пружності та коефіцієнта втрат однорідних зразків, викладена в роботі [2].

Основними елементами задаючого тракту були персональний комп'ютер з встановленим прикладним програмним забезпеченням Adobe audition і звуковою картою типу M-Audio Revolution, що моделюють роботу звукового генератора биття, в діапазоні частот 20-20000 Гц, підсилювач 3 типу LV-102, віброметр.

Вимірювальна частина схеми вібровимірювального тракту складалася з п'єзоелектричних датчиків віброприскорення 4 і 5 типу 10 1025 (SM 40), осцилоскоп типу 11028 (SM 50) для візуального контролю вимірювальних

сигналів, перемикач каналів типу (SM 61) та персональний комп'ютер із встановленою звуковою картою типу M-Audio Revolution 5.1 та програмою Adobe audition.

Датчик кріпився знизу до болта віброметра. На столику віброметра встановлювався зразок вимірюваного матеріалу і зверху привантажувався сталевим вантажем, а датчик кріпився в центрі цього диска. Необхідний сигнал коливань генерувався за допомогою програми, далі через аналоговий стереовиход звукової карти подавався на підсилювач, а через підсилювач на віброметр.

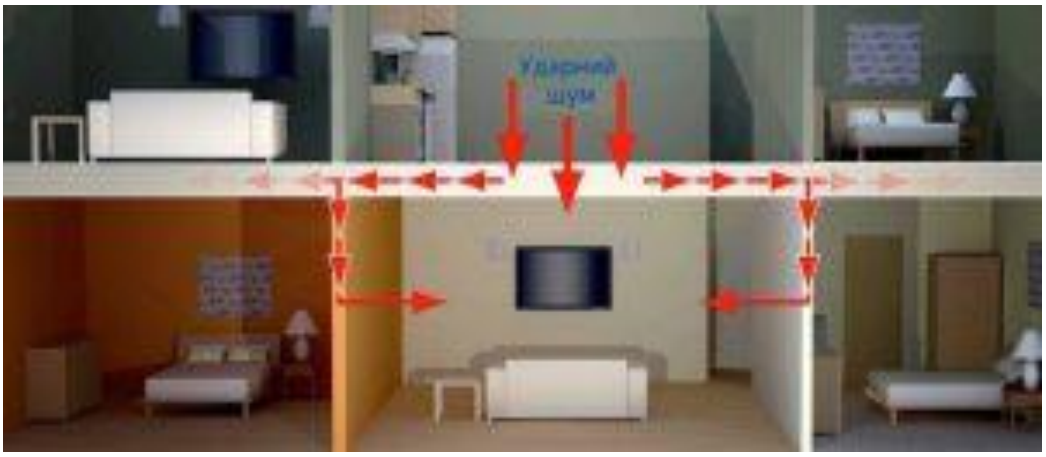



Рисунок 2.6– Датчик кріпився знизу до болта віброметра

1 – віброметр типу ESE-221;

2 - персональний комп'ютер зі звуковою картою M-Audio Revolution та програмою Adobe Audition;

3 - підсилювач типу LV-102;

4, 5 – п'єзоелектричні датчики віброприскорення типу KD-35;

6 - вібровимірювальний прилад типу 11003;

7 - досліджуваний матеріал (зразок);

8 – столик віброметра;

9 – вантаж.



Рисунок 2.7 – Схема установки для вимірювання динамічних характеристик прокладних матеріалів у широкому діапазоні частот

Сигнали коливань столика віброметра 1 і прийнялися на лінійний стереовхід звукової карти і завантаження 9 реєструвалися акселерометрами 4 і 5, писалися додатком Adobe audition 1.5. посилювалися інтегруючими підсилювачами. Залежності динамічних характеристик деяких матеріалів підкладок на основі спінених полімерів від частоти коливань при різних статичних навантаженнях. Вони показують, що зі збільшенням короткочасного рівномірно розподіленого навантаження на зразки підвищується зростання динамічного модуля пружності Ед і коефіцієнта втрат. Збільшення частоти коливань призводить до збільшення динамічного модуля пружності.

Для оцінки зміни у часі динамічних характеристик підкладок під час дії експлуатаційних впливів проведено експериментальні дослідження. У приміщенні з інтенсивним рухом людей було укладено підлогу з покриттям з ламінат-паркету завтовшки 6,3 мм. Під покриття укладалися звукоізоляційні підкладки з етафому (ППЕ-Р) товщиною 2,0 мм, пенотерму (НВП-ЛЕ) товщиною 3,3 мм та ізолону (ППЕ-Л) товщиною 2,5 мм. Вимірювання динамічних характеристик підкладок під дією рівномірно розподіленого навантаження проводилися в початковий період часу, перед закладкою зразків у конструкцію підлоги, а потім з інтервалом 2,5 місяці, резонансним методом ГОСТ 16297-80 [4]. Результати вимірювань динамічного модуля

пружності Ед та коефіцієнта втрат п від нормативного корисного навантаження 1,5 кПа та 5,0 кПа на перекриття та час експлуатації.

Видно, що у перші 2-5 місяців експлуатації спостерігається зростання динамічного модуля пружності зразків підкладок. У цей час величина Ед збільшується в 1,15-1,20 разу. Потім зростання динамічного модуля пружності зразків сповільнюється і приблизно до кінця третього року експлуатації, настає період його стабілізації.

Для коефіцієнта втрат можна побачити зворотну залежність: згодом експлуатації відбувається зниження значень коефіцієнта втрат.

Зразки під навантаженням 5,0 кПа

1 - етафом (ППЕ-Р) товщиною 2,0 мм;

2 - пінотерм (НВП-ЛЕ) товщиною 3,3 мм;

3 - ізолон (ППЕ-Л) завтовшки 2,5 мм

Рисунок 17. Залежність динамічного модуля пружності Од та коефіцієнта втрат П зразків звукоізоляційного шару підкладки від поверхневого навантаження та часу експлуатації



Рисунок 2.8– Залежність динамічного модуля пружності

Такі зміни динамічних характеристик пружних підкладок, що укладаються під покриття паркетної підлоги, необхідно враховувати при проектуванні звукоізоляції міжповерхових перекриттів у житлових та громадських будинках.

Описано складові корисних навантажень, що впливають на конструкцію перекриття міжповерхового. Дано схему та опис дослідної установки для вимірювання динамічних характеристик матеріалів звукоізоляційних підкладок з використанням персонального комп'ютера. Наведено експериментальні залежності динамічних модулів пружності та коефіцієнтів втрат зразків підкладок від частоти коливань при різних статичних навантаженнях та час експлуатації.

## 2.3 Оцінка та нормування звукоізоляції огороджувальних конструкцій будівель

Для того, щоб зрозуміти суть тих змін у нормуванні ізоляції повітряного та ударного шумів конструкціями будівель, що захищають, які пропонують автори статті, необхідно здійснити короткий екскурс в історію розробки критеріїв оцінки звукоізоляційних якостей огороджувальних конструкцій.

Як відомо, звукоізоляційні якості перекриттів оцінюються частотною характеристикою ізоляції повітряного шуму (К, дБ) та характеристикою наведеного рівня ударного шуму (І, дБ); стіни та перегородки – лише характеристикою ізоляції повітряного шуму. Слід зазначити, що оперативно оцінювати звукоізоляцію частотною характеристикою досить незручно, тому були спроби оцінки ізолюючих якостей огороджень одним числом. Такою оцінкою одним числом на початковій стадії розвитку наукових досліджень у галузі акустики була середня звукоізоляція конструкції, яка розраховувалася як середньоарифметична величина з величин звукоізоляції на середньо геометричних частотах в 1/3-октавних або октавних смугах частот у діапазоні частот 100-3200 Гц. Багаторічний досвід застосування такої оцінки (як вітчизняний, так і зарубіжний) повною мірою свідчить про її достовірність

для ряду конструкцій, проте не викликає сумніву той факт, що однаковою середньою величиною звукоізоляції можуть мати конструкції з різною частотною характеристикою; і при одній і тій же величині середньої звукоізоляції міжквартирного огородження рівні шуму в житлових приміщеннях можуть відповідати або перевищувати вимоги санітарних норм.

Цей факт свідчить про те, що потрібно шукати принципово іншу оцінку звукоізоляції. Спроби знайти нові підходи призвели до появи нормативних кривих для оцінки ізоляції конструкцією повітряного і ударного шумів, що захищає. Принципова відмінність зазначеного раніше методу оцінки за величиною середньої звукоізоляції та за єдиним критерієм (індексом ізоляції шуму) полягає у самому принципі отримання нормативної кривої. Нормативна крива отримана шляхом віднімання з максимальних рівнів побутових шумів, виміряних у житлових приміщеннях (90% рівні), допустимих рівнів шуму, визначених санітарно-гігієнічними вимогами. Отримані результати з урахуванням усереднених даних площі огорожі, що розділяє суміжні приміщення, та величини звукопоглинання у приміщеннях дозволили визначити нормативні криві для оцінки ізоляції повітряного та ударного шумів. При визначенні нормативної кривої керувалися результатами численних соціальних опитувань щодо якості звукоізоляції; вважалося, що з величині 30% пасивних скарг мешканців умови проживання у житловому будинку за чинником шуму є задовільними.

Внаслідок численних досліджень у галузі архітектурно-будівельної акустики було обрано критерій оцінки ізоляції конкретної конструкції – несприятливі відхилення від нормативної кривої. При середньому несприятливому відхиленні < 2 дБ величина показника звукоізоляції дорівнювала 0 дБ (показник звукоізоляції оцінював величину зміщення нормативної кривої в той чи інший бік, при якій середнє несприятливе відхилення не перевищує 2-х дБ при максимальному наближенні до величини 2 дБ. були прийняті: $Є_в$ = - 1 дБ; $Е_у$ = 0 дБ.

Надалі було розроблено та затверджено ДБН В.1.2-10-2008 "Захист від шуму" [1], в якому показники звукоізоляції були замінені індексами ізоляції ударного та повітряного шуму. Дані індекси були сумою зазначеного вище показника ± ордината на частоті 500 Гц, а саме:

– для повітряного шуму 1в = 52 + А дБ;

– для ударного шуму I = 70 – А дБ.

Величина А відповідала раніше прийнятим показникам.

В даному випадку дуже важливим є розуміння вимог, які пред'являються до конструкцій, що захищають, зокрема, до міжквартирних перегородок, найбільш поширеним і найбільш важливим з точки зору забезпечення максимально комфортного довкілля людини. Наведені вище значення Єв і Е у перекладі сьогоднішній спосіб оцінки ізолюючих якостей огорож складають До = 51 дБ, а I = 70 дБ.

Аналіз міжнародних вимог та проведене соціологічне опитування в нашій країні показало нагальну необхідність посилення вимог до звукоізоляції конструкцій, у зв'язку з чим вольовим порядком та на підставі проведених наукових досліджень у даній галузі норми були посилені. У ДБН В.1.2-10-2008 "Захист від шуму" індекси були доведені до значень I > 50 дБ; 1у < 67 дБ. Якщо при цьому врахувати співвідношення між міжнародною та вітчизняною оцінкою звукоізоляції = в + 2 дБ; $L_{nw}$ = 1у – 7 дБ), то індекси звукоізоляції на даний момент становили б К > 52дБ; L < 60 дБ.

Подальші дослідження та аналіз фактичних значень ізоляції повітряного шуму конструкціями, проведені численними організаціями, показав, що менше ніж 30% конструкцій існуючого будівельного комплексу відповідають заданим вимогам. Одна з основних причин такого явища полягає в тому, що неможливо було в короткі терміни переоснастити заводи з виготовлення залізобетонних конструкцій для випуску плит товщиною 160 мм замість плит, що застосовуються і випускаються на той період, товщиною 140 мм. Така ситуація, крім монолітного домобудівництва, зберігається й у час.

Вихід із цієї ситуації було знайдено фахівцями в даній галузі шляхом встановлення категорій будівель (категорія А – висококомфортні умови; категорія Б – комфортні умови та категорія В – гранично допустимі рівні відповідно до санітарно-гігієнічних вимог). Передбачалося, що замовник повинен практично вибирати категорію будівлі з акустичної точки зору, а проектні організації відповідно здійснювати добір конструкцій, які відповідають заданим вимогам. Причому найчастіше питання відповідності будівель певної категорії вирішується, коли вже їх змінити конструктивні пе-шения не представляється можливим.

На практиці ж великопанельне домобудування не змінилося за минулі з цього моменту роки, мало змінилися серії будівель, товщини конструкцій, що застосовуються. Прийняті категорії будівель який завжди знаходили своє застосування. В результаті, з погляду авторів статті, було ухвалено рішення відмовитися від запровадження категорій будівель; вважаючи, що: є санітарно-гігієнічні норми, а встановити в даному конкретному будинку конструкції з підвищеною звукоізоляцією можна. Тоді, природно, постало питання про те, які мають бути встановлені мінімальні вимоги до індексу ізоляції повітряного та ударного шумів. У ДБН В. 2.04-2010 «Допустимі рівні шуму, вібрації та вимоги до звукоізоляції житлових та громадських будівель», а також у новій редакції ДБН В.1.2-10-2008 «Захист від шуму» гранично допустимі вимоги закріплені на рівні = 50 дБ, т. оперуючи колишніми поняттями (№ = 48 дБ, а Єв = - 2 дБ). Таким чином, вимоги до ізоляції повітряного шуму через більш ніж 40 років після їх введення стали менш жорсткими, ще далекішими від норм, прийнятих у розвинених країнах.

За роки роботи в умовах будівельної індустрії, що кардинально змінилася, нами отримані результати вимірювань звукоізоляції в будинках різного призначення і паралельно суб'єктивні оцінки якості ізоляції шуму мешканцями будинку. Цей досвід дозволяє рекомендувати дещо змінені індекси звукоізоляції, наведені нижче в таблиці, які, на думку авторів,

доцільно врахувати під час перегляду ДБН В.1.2-10-2008 «Захист від шуму» [2].

Що стосується ударного шуму, то вимоги до ізоляції ударного шуму ідентичні в ДБН ІІ-1277 та ДБН В.1.2-10-2008 .

Практика показує, що наведені в ДБН В.1.2-10-2008 навіть дещо занижені індекси не задовольняються конструкціями, що застосовуються в практиці будівництва. Так, у монолітних будинках виникла проблема забезпечення звукоізоляції міжквартирних стін, виконаних з блоків з метою зменшення трудомісткості. Для полегшення цих блоків застосовують блоки з пінобетону або інших легких матеріалів товщиною 150-200 мм, або стіни з двох рядів гіпсобетонних блоків товщиною по 80 мм. Індекси ізоляції таких конструкцій коливаються в межах 47-49 дБ, що не відповідає навіть мінімальним вимогам щодо звукоізоляції (див. табл.). Експертиза проектів, що проводиться Росспоживнаглядом або іншими організаціями, що перевіряють, на жаль, не зачіпає питання звукоізоляції.

Крім того, при прийманні будівель комісією, крім вимірів шуму ліфтів, будівельні фірми не проводять жодних інших вимірювань, що контролюють виконання вимог до звукоізоляції (на перший випадок – звукоізоляції деяких міжквартирних стін).

Не менш важливим моментом є те, що в даний час дуже поширена здача будинків в експлуатацію при їх вільному плануванні. І тут фактично право вирішувати питання ізоляції ударного шуму надається самим мешканцям. При цьому виникає абсурдна ситуація: коли мешканець повинен витрачати свої кошти на виконання якісної звукоізоляції конструкції підлог із метою забезпечення комфортних умов для сусідів із нижньої квартири. Звичайно, що часто це не робиться. Якщо при цьому врахувати, що заселення квартир може відбуватися в різні терміни, питання ізоляції ударного шуму практично зовсім не вирішуються.

Таблиця 2.1 Найменування та розташування огороджувальної конструкції

| № | Найменування та розташування огороджувальної конструкції | $R_{пп}$< дБ (>) | $L_{пт}$ дБ (<) |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Перекриття між приміщеннями квартир та відокремлювальні приміщення квартир від холів, сходових клітин та використовуваних горищних приміщень: | 52 | 60" |
| 2 | Перекриття між приміщеннями квартир та розташованими під ними магазинами:<br>- непродовольчими<br>- продовольчими або працюючими цілодобово | <br>54<br>57 | <br>43[2»]<br>38[2)] |
| 3 | Перекриття між кімнатами у квартирі у двох рівнях | 45 | 63 |
| 4 | Перекриття між житловими приміщеннями гуртожитків | 51 | 60 |
| 5 | Перекриття між приміщеннями квартири та розташованими під ними ресторанами, кафе, спортивними залами:<br>- працюючими вдень<br>- працюючими цілодобово | <br>54 *><br>57 *> | 60<br>43[2']<br>60<br>38[2)] |
| 6 | Перекриття між приміщеннями квартири та розташованими під ними адміністративними приміщеннями, офісами | 52 | 43[2)] |
| 7 | Стіни та перегородки між квартирами, між приміщеннями квартир та офісами; між приміщеннями квартир та сходовими клітками, холами, коридорами, вестибюлями | 52 | - |
| 8 | Стіни між приміщеннями квартир та магазинами:<br>- непродовольчими<br>- продовольчими або працюючими цілодобово | <br>54<br>57 | <br>43 [">]<br>38["»] |
| 9 | Стіни та перегородки, що відокремлюють приміщення квартир від ресторанів, кафе, спортивних залів:<br>- непродовольчими<br>- продовольчими або працюючими цілодобово | <br>54 [*>]<br>57 | <br>43<br>38 |
| 10 | Перегородки між кімнатами | 43 | |
| 11 | Перегородки між санвузлом та кімнатою однієї квартири, кухнею та санвузлом | 47 | |
| 12 | Стіни та перегородки між кімнатами гуртожитків | 51 | - |
| 13 | Вхідні двері квартир, що виходять на сходові клітки, у вестибюлі та коридори | 30 | - |
| 14 | Перекриття між номерами: - готелі, що мають за міжнародною класифікацією п'ять та чотири зірки - готелі, що мають за міжнародною класифікацією три зірки - готелі, що мають за міжнародною класифікацією менше трьох зірок | 52<br>50<br>49 | 58<br>60<br>62 |
| 15 | Перекриття, що відокремлюють номери від приміщень загального користування (вестибюлі, холи, буфети):<br>- готелі, що мають за міжнародною класифікацією п'ять та чотири зірки<br>- готелі, що мають за міжнародною класифікацією три зірки та менше | <br>54<br>50 | <br>55<br>43[2)]<br>58<br>43[2»] |

| Продовження Таблиця 2.1 Найменування та розташування огороджувальної конструкції | | | |
|---|---|---|---|
| 16 | Перекриття, що відокремлюють номери від приміщень ресторанів, кафе:<br>- готелі, що мають за міжнародною класифікацією п'ять та чотири зірки<br>- готелі, що мають за міжнародною класифікацією три зірки та менше | 62<br>60 | 55<br>38[2»]<br>58<br>43[2>] |
| 17. | Стіни та перегородки між номерами:<br>- готелі, що мають за міжнародною класифікацією п'ять та чотири зірки<br>- готелі, що мають за міжнародною класифікацією три зірки<br>- готелі, що мають за міжнародною класифікацією менше трьох зірок | 52<br>50<br>49 | |
| 18. | Стіни та перегородки, що відокремлюють номери від приміщень загального користування (сходові клітки, вестибюлі, холи, буфети):<br>- готелі, що мають за міжнародною класифікацією п'ять і чотири зірки<br>- готелі, що мають за міжнародною класифікацією три зірки та менше | 52<br>50 | - |
| 19. | Стіни та перегородки, що відокремлюють номери від ресторанів, кафе:<br>- готелі, що мають за міжнародною класифікацією п'ять та чотири зірки<br>- готелі, що мають за міжнародною класифікацією три зірки та менше | 62<br>60" | 38 [2)**>]<br>43 [2)">] |
| 20. | Перекриття між робочими кімнатами, кабінетами, секретаріатами та приміщення, що відокремлюють ці приміщення, від приміщень загального користування (вестибюлі, холи): | 48 | 62 |
| 21. | Стіни та перегородки між кабінетами | 48 | |
| 22 | Стіни та перегородки між робочими кімнатами та приміщеннями загального користування (вестибюлі, холи, буфети) | 45 | |
| | **Лікарні та санаторії** | | |
| 23 | Перекриття між палатами, кабінетами лікарів | 47 | 60 |
| 24 | Перекриття між операційними та відокремлюючі операційні від палат та кабінетів | 54<br>60 | 45[2>] |
| 25 | Перекриття, що відокремлюють палати, кабінети лікарів від приміщень загального користування (вестибюлі, холи) | 52 | 63 |
| 26 | Перекриття, що відокремлюють палати, кабінети лікарів від їдалень, кухонь | 54 | 43" |
| 27 | Стіни, перегородки між палатами, кабінетами лікарів | 47 | - |
| 28 | Стіни та перегородки між операційними та відділяють операційні від інших приміщень. | 54 | - |

Продовження Таблиця 2.1 Найменування та розташування огороджувальної конструкції

| | | | |
|---|---|---|---|
| | **Навчальні заклади** | | |
| 29 | Перекриття між класами, кабінетами, аудиторіями та відокремлювальні ці приміщення від приміщень загального користування (коридори, вестибюлі, холи) | 47 | 63 |
| 30 | Перекриття між музичними класами середніх навчальних закладів | 55 | 58 |
| 31 | Перекриття між музичними класами вищих навчальних закладів | 55 | 55 |
| 32 | Стіни та перегородки між класами, кабінетами та аудиторіями та що відокремлюють ці приміщення від приміщень загального користування | 47 | |
| 33 | Стіни та перегородки між музичними класами середніх навчальних закладів та відділяючі ці приміщення від приміщень загального користування | 55 | |
| 34 | Стіни та перегородки між музичними класами вищих навчальних закладів | 57 | |
| | **Дитячі дошкільні заклади** | | |
| 35 | Перекриття між груповими кімнатами, спальнями | 47 | 63 |
| 36 | Перекриття, що відокремлюють групові кімнати, спальні від кухонь | 63<br>51 | 43[2»] |
| 37 | Стіни та перегородки між груповими кімнатами, спальнями та між іншими дитячими кімнатами | 47 | |
| 38 | Стіни та перегородки, що відокремлюють групові кімнати, спальні від кухонь | 51 | - |

"Вимоги пред'являють також до передачі ударного шуму в житлові приміщення квартир при ударному впливі на підлогу приміщення суміжної квартири (у тому числі і на тому ж поверсі, що знаходиться).

[2'] Вимогу пред'являють до передачі ударного шуму в приміщення, що захищається від шуму, при ударному впливі на підлогу приміщення, що є джерелом шуму.

*' У разі відтворення гучної музики з рівнем звуку > 85 дБА величину $R_{ігр.}$ дБ слід розрахувати

**' При передачі ударного шуму по горизонталі підлог з метою забезпечення комфортних умов для сусідів із нижньої квартири. Звичайно, що часто це не робиться. Якщо при цьому врахувати, що заселення квартир

може відбуватися в різні терміни, питання ізоляції ударного шуму практично зовсім не вирішуються.

Досвід роботи у цій галузі показує, що реконструкція неправильно виконаних підлог, з погляду звукоізоляції, не проводиться навіть у вирішенні судових інстанцій, т.к. у разі необхідно провести експертизу якості звукоізоляції конструкцій як даної конкретної квартири, а й інших квартир у будівлі з метою визначення ступеня провини виконує реконструкцію у цій конкретної квартирі. Ця обставина ще раз підтверджує той факт, що при здачі новозбудованої або реконструйованої будівлі необхідно проводити оцінку ізоляції повітряного та ударного шумів внутрішніми конструкціями, що захищають будівлі з метою забезпечення комфортних умов довкілля людини.

Оцінка та нормування звукоізоляції огороджувальних конструкцій будівель.

Розглянуто критерії оцінки ізоляції ударного та повітряного шумів огороджувальними конструкціями, які переважно застосовують у житлових та громадських будівлях. Наведено вдосконалені вимоги до звукоізоляції внутрішніх конструкцій будівель, що захищають стосовно кардинально змінилася будівельної промисловості. Особливо наголошено на необхідності контролю ізоляції повітряного та ударного шумів при здачі будинків в експлуатацію з вільним плануванням. Обґрунтовано доцільність та своєчасність перегляду окремих положень ДБН В.1.2-10-2008 «Захист від шуму» та СП 23-103-2003 «Проектування звукоізоляції огороджувальних конструкцій житлових та громадських будівель».

# 3. АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНИХ СПОСОБІВ ПІДВИЩЕННЯ ФАКТИЧНОЇ ЗВУКОІЗОЛЯЦІЇ ВНУТРІШНІХ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ

## 3.1 Про підвищення звукоізоляції огороджувальних конструкцій

Завдання створення акустичного комфорту в житлових і громадських будинках і на селитебной території особливо актуальна нині, коли проблема підвищених рівнів шуму й у всіх сучасних міст.

Залежно від причини виникнення шуму, існують різні варіанти вирішення цієї проблеми. Для нас найбільший інтерес становлять внутрішні джерела шуму та способи зниження рівнів шуму, що проникають у суміжні приміщення. В даний час існує тенденція облаштування на перших поверхах житлових будинків нежитлових приміщень. І якщо при новому будівництві вимоги до індексів звукоізоляції будівельних конструкцій, що розділяють дані приміщення з житловими квартирами, можуть бути враховані при проектуванні, то ця проблема важко вирішувати і часто не береться до уваги вже в існуючих будинках.

Величини необхідних індексів ізоляції повітряного шуму для випадків сусідства житлових приміщень з приміщеннями магазинів, кафе, спортивних залів, ресторанів і для порівняння там є вимоги для стін і перекриттів між житловими квартирами представлені в нормах [1].

В результаті модернізації та зміни функціонального призначення таких приміщень та встановлення в них необхідного інженерно-технологічного обладнання підвищуються фактичні значення рівнів шуму в суміжних приміщеннях.

Така картина спостерігається і у Київській області. Ряд підприємств обслуговування м. Київ та м. Львова зіткнулися з проблемою, що при

влаштуванні магазинів, підприємств обслуговування населення на перших поверхах житлових будинків, у приміщеннях, що раніше експлуатувалися як нежитлові, а й у перепрофільовані з житлових, мешканці зверталися до органів Росспоживнагляду зі скаргами на підвищені рівні шуму у денний, а й у нічний час. Власники та керівники цих організацій отримали припис: усунути порушення.

Практика показує, що джерелами шуму від даних підприємств обслуговування є, переважно, технологічне устаткування, що працює цілодобово. Отже, можливі два шляхи вирішення цієї проблеми:

1. Зниження рівнів шуму у джерелі – робота технологічного обладнання;

2. Збільшення звукоізоляції перекриття або стіни суміжної із житловим приміщенням.

Якщо з першим завданням справляються, найчастіше, усуненням жорстких зв'язків між обладнанням та конструкціями будівлі, то з другим - пристроєм конструкції додаткової звукоізоляції перекриття або стіни з боку приміщення з джерелом шуму. Найкращі результати досягаються під час вирішення обох завдань у комплексі.

Проблемою збільшення звукоізоляції огороджувальних конструкцій нині займаються багато фахівців. Давно визначено основні шляхи вирішення цієї проблеми. І якщо застосування одношарових огорож не призводить до «ефективного» підвищення звукоізоляції, насамперед через те, що звукоізоляційні характеристики таких конструкцій визначаються, насамперед, поверхневою щільністю, тобто. масою огорожі. І збільшення маси конструкції вдвічі призводить до збільшення звукоізоляції всього до 6 дБ. Що економічно та практично недоцільно не лише при реконструкції, а й за нового будівництва.

Тому основний інтерес представляє використання багатошарових конструкцій, що складаються з декількох шарів, що чергуються жорстких (щільних) і м'яких (легких) будівельних матеріалів, а також розробка на їх

основі нових конструктивних рішень, з підвищеними звукоізоляційними характеристиками, при їх меншій товщині і масі в порівнянні з одношаровими.

Як жорсткі шари найчастіше використовують гіпсокартон, гіпсоволокнисті листи, цеглу, метал і т.д., які працюють аналогічно одношаровим конструкціям, коли чим більше маса, тим краще звукоізоляція. А в якості легкого шару застосовують звукопоглинаючі матеріали, з великим коефіцієнтом звукопоглинання, коли ослаблення звукових коливань відбувається за рахунок тертя повітря в порах матеріла. Підвищення звукоізоляції листів облицювання можливе за рахунок їх з'єднання матеріалами, що широко використовуються в будівництві, що мають достатній коефіцієнт втрат. Тобто. застосовувати матеріали з ефективним коефіцієнтом внутрішніх втрат, збільшення якого не призводить до підвищення звукоізоляційних характеристик.

Для вирішення проблеми, підвищених рівнів шуму у житлових приміщеннях квартир у м. Київ та м. Львова, від роботи підприємств обслуговування, розташованих на перших поверхах будівель, нами було запропоновано конструкцію, що дозволяє збільшити звукоізоляцію огорож від повітряного шуму.

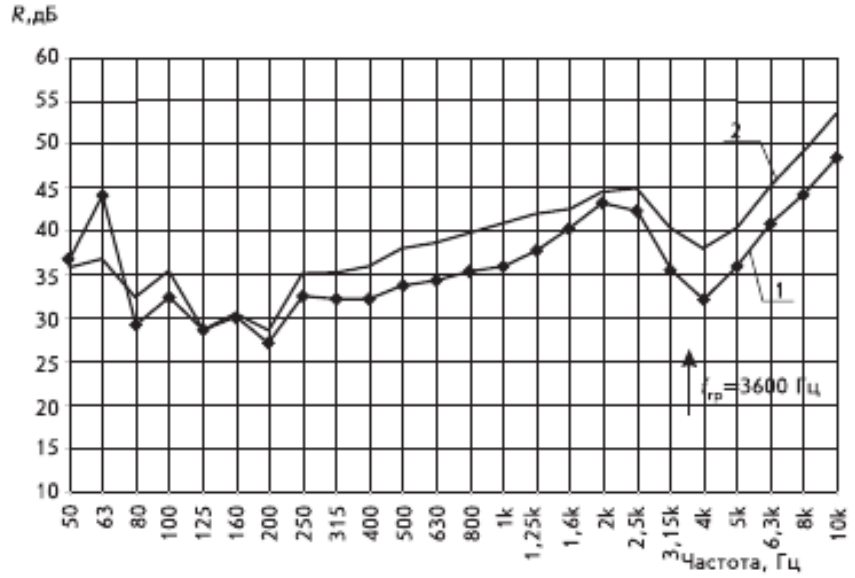



Рисунок 3.1 – Частотні характеристики звукоізоляції обшивок

1– обшивка, що складається з 2-х листів ГВЛ без склеювання, R = 37дБА; 2 – обшивка, що складається з 2-х листів ГВЛ, склеєних вібропоглинаючим матеріалом, R = 40дБА. Дана конструкція з гіпсоволокнистих листів (ГВЛ) із заповненням внутрішнього простору звукопоглинаючим матеріалом кріпиться до існуючих стін, перекриття як показано на рис.3.2.

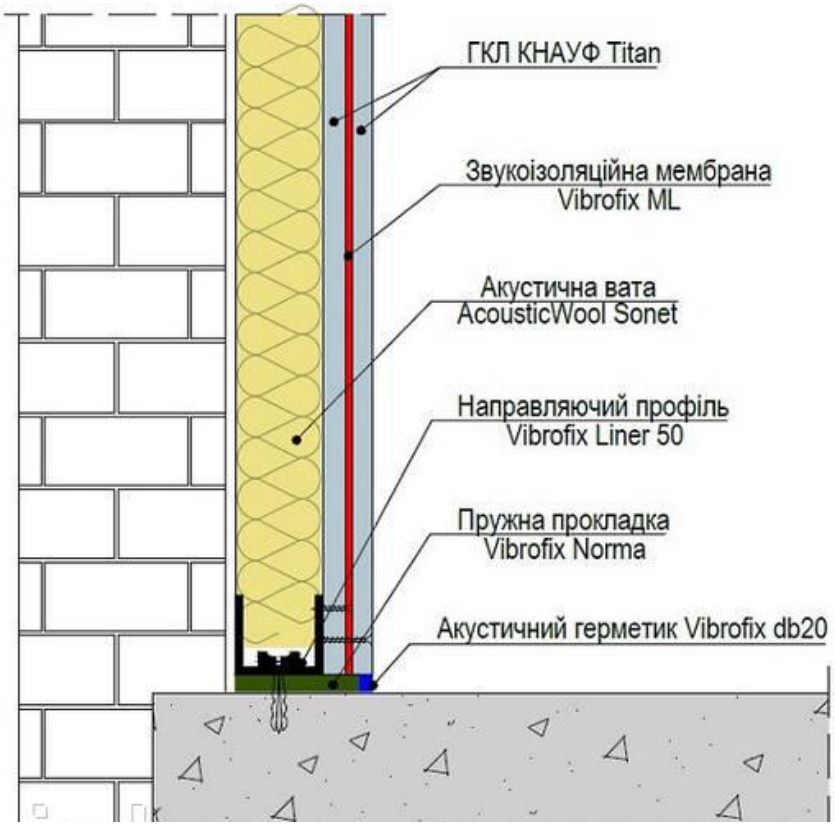



Рисунок 3.2 – Конструкція додаткової звукоізоляції

Головна відмінність даної конструкції в тому, що як облицювальний (жорсткий) шар використовується шарувата панель, що складається з двох гіпсово-локнистих листів (ГВЛ), склеєних між собою вібропоглинаючим матеріалом. На рис. 18 показана частотна характеристика звукоізоляції шаруватої конструкції з вібропоглинанням та конструкції, що складається з двох листів ГВЛ без склеювання.

Дана конструкція була розроблена та перевірена у реверберацийних

камерах лабораторії акустики кафедри «Промислового та цивільного будівництва». Було встановлено, що використання шаруватих вібродемпфованих огорож дозволяє збільшити звукоізоляцію існуючих будівельних конструкцій до 10дБ, при її незначній масі і товщині (від 75 до 125мм).

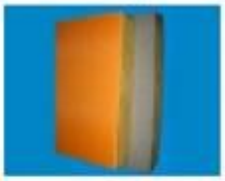
У даному випадку розглядається спосіб зниження шуму методом звукоізоляції з використанням шаруватих огорож з проміжним вібродемпфуючим шаром. Показано, що цей спосіб дозволяє знизити рівень шуму у приміщенні до нормативних значень без значного збільшення маси огородження.

## 3.2 Звукоізоляційні та звукопоглинаючі матеріали та їх застосування у будівництві

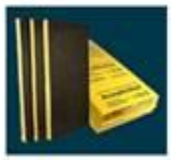
Важливим завданням сучасного будівництва цивільних будівель є створення комфортного акустичного клімату в приміщеннях різного призначення. Акустичний клімат у приміщенні значною мірою визначається здатністю огороджувальних конструкцій (стін, перегородок, перекриттів тощо) ізолювати повітряний і ударний звук, а умови слухового сприйняття мови та музики (особливо важливо для низки громадських будівель) – здатністю поглинати звук огороджувальним поверхом .

Для вирішення цієї проблеми доцільно застосування звукоізоляційних та звукопоглинаючих матеріалів.

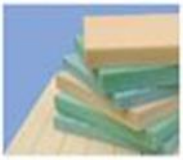
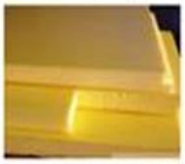
Таблиця 3.1 Найменування звукоізоляційних та звукопоглинаючих матеріалів

| Назва матеріалу виробу або конструкції | Основні компоненти | Властивості | Особливості застосування |
|---|---|---|---|
|  Підвісні стелі та стінові панелі | Пресована деревна стружка діаметром 3…4 мм та магнезіальна в'яжуча речовина | Висока міцність; екологічність, можливість фарбування у різні кольори; група горючості — Г1 | Студії звукозапису, концертні зали і кінотеатри. Спортивні зали, вестибюлі, зали очікування, офісні приміщення. Технічні приміщення: вентиляційні камери, машинні відділення ліфтів |
|  М'які звукопоглинальні плити | Пінополіуретан з лицьовою поверхнею різної форми: хвилеподібною, трапецієвидною, пірамідальною. Колір — графіт | Середня густина — 30 кг/м$^3$; коефіцієнт звукопоглинання — 0,47…0,62 в інтервалі середніх та високих частот; гігієнічність; екологічність | Інтер'єри музикальних студій, студій звукозапису, дикторських кабін, класів музичних шкіл, технічних приміщень, домашніх кінотеатрів |
|  Підвісні акустичні панелі для стель | Скловолокно, покрите склотканиною різних кольорів | Коефіцієнт звукопоглинання — 0,8…0,95 в діапазоні частот 500…4000 Гц; групи за горючістю: Г1 (низької горючості), В1 (не підтримують горіння), Д1 (з малою здатністю до димоутворення) | Використовують при відносній вологості приміщень до 95% та температурі не вище 30°С. Офісні приміщення, школи і дитячі садки, торговельні центри, кінотеатри, радіо- та телестудії, лікарні |
|  Акустичні (звукопоглинальні) стінові панелі | Скловолокно високої щільності, лицьова поверхня якого може бути покрита фарбою або текстильною сіткою зі скловолокна. Внутрішній бік покритий непофарбованою склотканиною | Маса — 4…5 кг/м$^2$; коефіцієнт звукопоглинання — 0,6…0,93 у діапазоні частот 250…4000 Гц; гіпоалергенність; пожежобезпечність | У приміщеннях з гладкою поверхнею стелі (атріуми), де необхідно ефективне поглинання звука поверхнею стін: домашні кінотеатри, спортивні споруди, кіноконцертні зали, об'єкти масових зборів |
|  Підвісні акустичні панелі для стель | Мінеральна (базальтова) вата високої щільності із синтетичною зв'язуючою речовиною, поверхня якої пофарбована спеціальною акустичною фарбою | Коефіцієнт звукопоглинання — 0,85...1,0 в діапазоні частот 250…4000 Гц; довговічність; екологічна та пожежна безпечність; низька теплопровідність; стійкість до перепадів температур і вологості; різноманіття дизайну; зручність монтажу | Закриті офіси, офіси відкритого плану, вітальні, класні кімнати, лекційні аудиторії, холи, бібліотеки, комп'ютерні кімнати, басейни, госпіталі, лабораторії, кафе, ресторани, коридори, сходи |
|  Акустичні панелі | Меламінова піна | Розміри панелей: 600×1200 мм, товщина 37,5; 46; 62,5 мм; середня густина — 11,2 кг/м$^3$; коефіцієнт звукопоглинання — 0,6…0,96 | Студії звукозапису, радіо- і телестудії, спортивні зали, стрілкові тири, приміщення з промисловими агрегатами, компресорним та насосним обладнанням, трансформаторами |

Продовження таблиці 3.1 Найменування звукоізоляційних та звукопоглинаючих матеріалів

| Назва матеріалу, виробу або конструкції | Основні компоненти | Властивості | Особливості застосування |
|---|---|---|---|
|  Напівжорсткі та еластичні плити | Скловолокно, гідрофобізоване водо-відштовхувальними речовинами | Паропроникність; тепло- та звукоізоляція; висока стабільність форми; тривалий термін експлуатації в сухих умовах | Тепло- і звукоізоляція в конструкціях тришарових стін, навісних вентильованих фасадів |
|  Професійна акустична мінеральна вата | Базальтове або скляне волокно, обклеєне спеціальною склоповстю | Середня густина — 90 кг/м$^3$; низькі значення динамічного модуля пружності (0,35 МПа); індекс зниження рівня ударного шуму — 37 дБ; коефіцієнт теплопровідності — 0,033 Вт/(м·К); негорючий (група горючості НГ); хімічно інертний; не має неприємного запаху | При влаштуванні «плаваючої» підлоги як пружний шар, для акустичної розв'язки будівельних конструкцій, віброізоляції фундаментів інженерного обладнання |
|  Жорсткі звукоізоляційні плити | З одного боку — скловолокно чорного кольору, обклеєне спеціальною склоповстю, з іншого — світле скловолокно | Середня густина — 150, 175, 200 кг/м$^3$; теплопровідність — 0,039 Вт/(м·К); міцність при стиску при 10% деформації — 60 КПа; водопоглинання за об'ємом — 1,0%; вологість 0,5%; міцність на відрив шарів — 15...17 КПа; паропроникність — 0,3 мг/м КПа; негорючий (група горючості НГ) | Тепло- і звукоізоляція повітроводів прямокутного перерізу, вентиляційних камер; як звукопоглинальні панелі для виробничих приміщень, кінота концертних залів, студій звукозапису |
|  Звукоізоляційні мати (рулони) | Скловолокно, покрите з одного боку алюмінієвою фольгою | Розміри рулону: 100/50×7000×1200 мм; теплопровідність — 0,035 Вт/(м К); середня густина — 25кг/м$^3$; негорючий (група горючості НГ) | Звукоізоляція ненавантажених конструкцій, стін за батареями центрального опалення, каркасних стін у лазнях і саунах, у малоповерховому і котеджному будівництві, у металевих будівлях |
|  Рулонний матеріал для звукоізоляції ударного шуму | Багатошарова звукоізоляційна склоповсть із одностороннім полімерно-бітумним покриттям | Індекс зниження рівня ударного шуму — 23 дБ; поверхнева густина — 1,3 кг/м$^2$; водонепроникність під тиском протягом двох годин — 0,49 МПа; температура укладання — не нижче 0°С; міцність на розрив уздовж полотна — не менше 170 Н; тривалий термін експлуатації | При влаштуванні «плаваючих» підлог як вирівнювальна пружна звукоізоляційна підкладка під армовану стяжку |
|  Рулонний матеріал ЗВУКОІЗОЛ | Захисна полімерна плівка, модифіковане бітумно-полімерне покриття (1,3 мм), звукоізоляційний газонаповнений пінополіетилен (4 мм) | Товщина — 5мм; маса — 1,6 кг на м$^2$; підвищені тепло-, звуко- і гідроізоляційні властивості; індекс зниження рівня ударного шуму — 23 Дб; еластичний; екологічно та гігієнічно безпечний; стійкий до гниття | Для покращення захисту від ударного шуму в міжповерхових перекриттях; при влаштуванні бетонних стяжок; як підкладка під «плаваючі» підлоги; для звуко-, тепло- та гідроізоляції будівель і приміщень |

Продовження таблиці 3.1 Найменування звукоізоляційних та звукопоглинаючих матеріалів

| Назва матеріалу, виробу або конструкції | Основні компоненти | Властивості | Особливості застосування |
|---|---|---|---|
|  Пінопласти: поліуретанові, поліетиленові, полівінілхлоридні | Пінопласти на основі: полістиролу, поліуретану, полівінілхлориду, карбаміду, формальдегіду, фенолформальдегіду | Низька середня густина; високі тепло- і звукоізоляційні властивості; не вбирають вологу; не пліснявіють; низькі гігроскопічні властивості; термін експлуатації — 10...40 років, екструзійного пінопласту — до 80 років | Звукоізоляція та утеплення стін, стелі і підлоги приміщень; теплоізоляція холодильного устаткування; електроізоляція; при виробництві меблів |
|  Плити ППС «Піноплекс» із екструзійного пінополістиролу | Полістирол у гранулах зі спінювальним агентом (суміш фреону з діоксидом карбону) | Середня густина — 7...50 кг/м$^3$; міцність при згині — 0,06...0,3 МПа, водопоглинання за об'ємом — не більше 0,2%, група за горючістю — Г1, Г4; коефіцієнт теплопровідності — 0,038...0,043 Вт/м·К; індекс покращення ізоляції від структурного шуму в конструкції підлоги 23 дБ; температурний діапазон експлуатації — 50 ÷ 75°С | Ізоляція фундаментів, стін, покрівлі, підлог різного типу, в транспортному будівництві |
|  Звукоізоляційна мембрана | Екструзійний пінополіетилен із закритою пористістю | Незначна товщина мембрани (при товщині 5 мм дозволяє зменшити структурний шум на 22 дБ); низьке вологопоглинання; залежно від висоти приміщення і вимог до звукоізоляції мембрана укладається в один або два шари | Влаштування або ремонт підлог у приміщеннях з обмеженою висотою; у вологому середовищі (ванних кімнатах); як компонент у конструкціях для амортизації ударів, зниження вібрації |
|  Пінополіетилен (ізолон, ізонел, пленекс, поліфом, теплофлекс, порілекс, енергофлекс, стізол, ізоком, джермафлекс, стейнофон, ізопенол) | Поліетилен високого тиску, піноутворюючі та спеціальні добавки. | Середня густина від 20 до 80 кг/м$^3$; група за горючістю — Г2; добре контактує з цементом, бетоном та ін. матеріалами; стійкий до дії більшості розчинників, бензину і масел; нестійкий до ультрафіолетового випромінювання; при тривалих навантаженнях, коли зменшення товщини досягає 76%, втрачає ізоляційні властивості | Влаштування міжповерхових бетонних стяжок; як підкладка під «плаваючі» підлоги, паркет, ламінат; при ущільненні стиків; як додаткова тепло- і звукоізоляція |
|  Рулонний матеріал ФОЛЬГОІЗОЛ | Бітумна в'яжуча речовина з мінеральними наповнювачами і антисептиком, покрита з верхнього боку шаром рифленої алюмінієвої фольги. Основа — пергамін покрівельний | Розміри рулону: 1×20 м; маса 1 м$^2$ матеріалу — 750 г; гнучкість на брусі із заокругленим діаметром 25 мм.; розривна сила при розтягуванні — 456 кгс; водопоглинання за масою протягом 24 годин — не більше 30%; водопроникність протягом однієї години під тиском 0,01 МПа; теплостійкість при $t$ +70°С; тривалий термін експлуатації | Гідроізоляція трубопроводів, теплотрас, повітроводів; влаштування захисного покриття інженерних комунікацій; гідрота звукоізоляція будівель і споруд, покрівель та перекриттів |
|  Гума губчаста (листи, рулони) | Спінені тверді каучуки або латекси | Середня густина — 290...410 кг/м$^3$; високі тепло-, звуко- і герметизуючі властивості; термостійкість — до 60...70°С; подовження при розриві — 400...550%; застосовується при t навколишнього середовища від –50°С до +70°С | Шумовіброізоляція в приладобудівельній, машинобудівельній, поліграфічній промисловості; для ущільнення рознімних з'єднань |

Продовження таблиці 3.1 Найменування звукоізоляційних та звукопоглинаючих матеріалів

| Назва матеріалу виробу або конструкції | Основні компоненти | Властивості | Особливості застосування |
|---|---|---|---|
|  Плити перфоровані гіпсові звукопоглинальні (ППГЗ) | Перфорований гіпсокартон, який містить зерна цеоліту для очищення повітря приміщення, а також фліселіновий нетканий шар зі зворотного боку | Високий коефіцієнт звукопоглинання в діапазоні середніх та високих частот, витримують постійну вологість 95%; група за горючістю — Г1; високі коефіцієнти світловідбиття і світлорозсіювання; висока повітропроникність; ударна міцність і стійкість до агресивних середовищ | Для зниження рівня шуму у містах скупчення та інтенсивного пересування людей. Для коригування акустики при низьких частотах студій звукозапису, концертних залів, кінотеатрів тощо. Для поглинання відбитого шуму в технічних приміщеннях: машинних відділеннях ліфтів, насосних і бойлерних станціях |
|  Акустичні перфоровані панелі | Панелі із МДФ (medium density fiberboard), які можуть бути покриті натуральним деревним шпоном цінних порід, меламіновою плівкою, що імітує структуру деревини, чи пофарбовані спеціальними фарбами. Зворотний бік панелей покривають віскозним акустично прозорим матеріалом | Середня густина плит МДФ — 750 кг/м$^3$; легкість монтажу за рахунок пазогребеневої конструкції; групи за горючістю — Г1 та Г2 | Можливість коригування акустики приміщення за рахунок способу монтажу, типу перфорації і параметрів звукопоглинального середнього шару. Для акустичного оздоблення поверхонь стін та стель у приміщеннях, до яких висувають високі акустичні вимоги |
|  Панелі та листи перфоровані | Перфорований гіпсокартон, на тильний бік якого наклеєне акустичне прозоре неткане полотно | Ефективність коригування акустичного середовища при низьких частотах, можливість фарбування у будь-який колір, легкість монтажу | В студіях звукозапису, музичних кімнатах, домашніх кінотеатрах і концертних залах, офісних приміщеннях, а також у приміщенні вентиляційних камер, машинних відділень ліфтів, насосних і бойлерних станцій |
|  Листовий матеріал із використанням вібропоглинальних полімерних або бітумних мастик | Полімерна або бітумна композиція, покрита алюмінієвою фольгою | Високі герметизуючі та антикорозійні властивості; вологостійкий; атмосферостійкий; температурний діапазон експлуатації –45 +100°С | Для зняття локальних вібрацій з металу, пластику; для акустичного тюнінгу автомобілів; звукоізоляції промислового обладнання та інженерних систем |
|  Пробкові покриття для стін | Агломерована пробка, що покрита декоративним пробковим шпоном | Розміри плитки: 300х600х3мм; мають добрі акустичні, тепло-, звукоізоляційні та радіаційнозахисні властивості; індекс зниження рівня ударного шуму — 12 Дб; є антистатиками і легко відштовхують пил; добре миються; не вбирають запахи; стійкі до дії хімічних речовин; не схильні до старіння; хімічно інертні, стійкі до дії ультрафіолетового випромінювання; не схильні до гниття; термін експлуатації — 40 років | Оздоблення стін і підлог аеропортів, готелів, офісів, лікарень, дитячих садків. Використовують як підкладку під «плаваючу» підлогу, щитовий паркет, лінолеум, як тепло- і звукоізоляційний матеріал в бетонних перекриттях, студіях звукозапису, домашніх кінотеатрах, музичних кімнатах, спальних приміщеннях |
|  Технічна пробка в рулонах | Подрібнена і спресована кора пробкового дуба, що склеюється суберином (речовиною, яка міститься в самій пробці) | | |
|  Звукоізоляційні високоміцні самоприклеювальні мембрани | Полімери, які не містять бітум, та стрічка, що забезпечує приклеювання до основи | Середня густина — 1,9 г/см$^3$; індекс зниження рівня ударного шуму (Rw) — 28...30 дБ; висока еластичність і гнучкість; міцність на розтяг — 30 Н/см$^2$; витягування — 300%; сила роздавлювання — 4,84 кг/см$^2$; морозо- і теплостійкий; група за горючістю — Г1; не вбирає вологу; не пліснявіє; термін експлуатації — 10 років | Звукоізоляція від повітряного шуму в перегородках у комплексі з легкими панелями з різних матеріалів для стель, перекриттів, «плаваючої» підлоги; від ударних шумів — для металевих дахів; у промисловій сфері — для звукоізоляції кабін, машинних відділень, водостічних труб |

Продовження таблиці 3.1 Найменування звукоізоляційних та звукопоглинаючих матеріалів

| Назва матеріалу, виробу або конструкції | Основні компоненти | Властивості | Особливості застосування |
|---|---|---|---|
|  Рулонний матеріал ТЕРМОЗВУКОІЗОЛ | Склоповсть, (базальтове волокно), скріплена з захисною оболонкою прошивними нитками | Теплопровідність — 0,033 Вт/(м·К); опір паропроникненню — 0,087 м²годПа/мг; середня густина — 162,7 кг/м³; сорбційна вологість — 1,2%; водопоглинання при частковому зануренні — 49,5%; деформативність при вдавлюванні — 2,3 мм; індекс покращення ізоляції ударного шуму — 29 дБ; вогнестійкий | Звукоізоляція дахів, стін перегородок і стель квартир, офісів, студій аудіо-, кіно- і відеозапису; для захисту приміщень від ударного шуму та вібрацій; пружна шумо- і вібропоглинальна підкладка під «плаваючі» підлоги |
|  Деревноволокнисті плити (ДВП) | Маса на основі целюлозних волокон, наповнювачів, синтетичних полімерів і спеціальних добавок | Середня густина — більше 850 кг/м³, коефіцієнт теплопровідності 0,18...0,24 Вт/(м·К); границя міцності при згині — не менше 40...50 МПа; міцність плит при розтягу в 1,5 разу менше міцності при згині; пористість може досягати 80% | Внутрішнє оздоблення будівель; облицювання салонів літаків і кают пароплавів; влаштування перегородок, стель, настилання підлог; виготовлення дверних полотен і вбудованих меблів; для покриття підлог |
|  Плити високої щільності ХДФ (High Density Fiberboard) | Маса на основі подрібнених деревних волокон із полімерними зв'язуючими речовинами | Середня густина — 850…1050 кг/м³; мінімальна міцність при згині — 45 МПа; екологічно безпечні; однорідні за своєю структурою | Виготовлення підвісних стель; оздоблення стін у житлових приміщеннях; в якості офісних перегородок та звукоізоляційного матеріалу |

Найбільший ступінь ізоляції повітряного і ударного звуку мають пористо-волокнисті матеріали з наскрізною пористістю – мати і плити з мінерального і скляного волокна (діаметр волокна 5-7 мкм), що використовуються в складі конструкцій, що захищають, меншим ступенем - пористо-комірчасті матеріали з замку. пінополівінілхлорид (ПВХЕ), пінополіуретан, полістирол тощо.

Пористо-волокнисті матеріали також дуже ефективні при використанні з метою звукопоглинання у складі облицювання огороджувальних поверхонь та спеціальних акустичних конструкцій (наприклад, підвісні стелі).

Ефективність застосування звукопоглинаючих та звукоізоляційних матеріалів залежить від їх фізико-механічних характеристик (динамічного модуля пружності Ед, динамічної жорсткості 5'1 та коефіцієнта звукопоглинання

Характеристики динамічний модуль пружності та динамічна жорсткість1 використовуються при виборі матеріалу, розрахунку та проектуванні ізоляції повітряного та ударного звуку огороджувальними конструкціями; коефіцієнт звукопоглинання (КЗП) - при виборі матеріалу, розрахунку та проектуванні акустики приміщень (аудиторії, конференц-залів, офісів, кінозалів тощо).

Відповідно до ДБН В.1.2-10-2008 «Захист від шуму та акустика» звукоізоляція огороджувальних конструкцій повітряного шуму оцінюється індексом ізоляції повітряного шуму дБ, а ударного шуму - індексом наведеного рівня ударного шуму (в дБ).

### 3.3 Звукоізоляція міжповерхових перекриттів з конструкцією «плаваючої» підлоги

Як показує практика, у багатьох випадках єдиним найбільш ефективним рішенням підвищення звукоізоляції міжповерхових перекриттів є застосування конструкції підлоги по пружних прокладках («плаваючої» підлоги). Збірна або монолітна «плаваюча» стяжка основи підлоги служить ефективним засобом для покращення тепло- та звукоізоляційних властивостей конструкції. Перевага «плаваючої» стяжки полягає в тому, що вона може бути укладена при повній її ізоляції від вертикальних конструкцій, що захищають, за рахунок цього виключається можливість структурної передачі звуку через вертикальні конструкції, що особливо важливо в каркасних і монолітних будівлях. При правильному виборі поверхневої щільності стяжки, типу матеріалу прокладки і величини його динамічної жорсткості, а також покриття підлоги, можна домогтися найбільшої звукоізоляції конструкції. При цьому треба виходити з таких умов:

– співвідношення поверхневої щільності конструкції підлоги та

несучої частини перекриття має становити 1:3-1:4;

– резонансна частота (власна) «плаваючої» підлоги f 2 повинна бути нижче 90 Гц, оскільки поліпшення ізоляції ударного шуму несучої конструкції перекриття за рахунок підлоги починається з даної частоти. Вона повинна бути по можливості нижче нормованого діапазону частот 100-3150 Гц;

– динамічний модуль пружності матеріалу ізоляційного шару має бути Ед $< 10 \times 105$ Н/м$^2$ (Па), а 5' $< 4 \times 107$ Н/m$^3$.

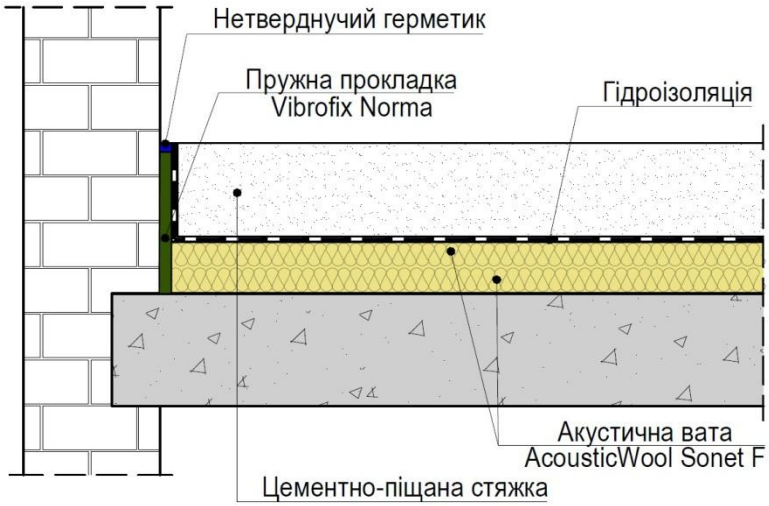



Рисунок 3.3 – Плаваюча підлога на основі ЦПС і Acousticwool Sonet F (2 шари), Товщина: 115 мм

Звукоізоляція: ΔLnw = 40 дБ ΔRw = 10-12 дБ

Стяжка ЦПС армована: 75 мм

Акустична вата Acousticwool Sonet F 40 мм

Акустичний герметик Vibrofix db20

Гідроізоляція

ЗБ перекриття

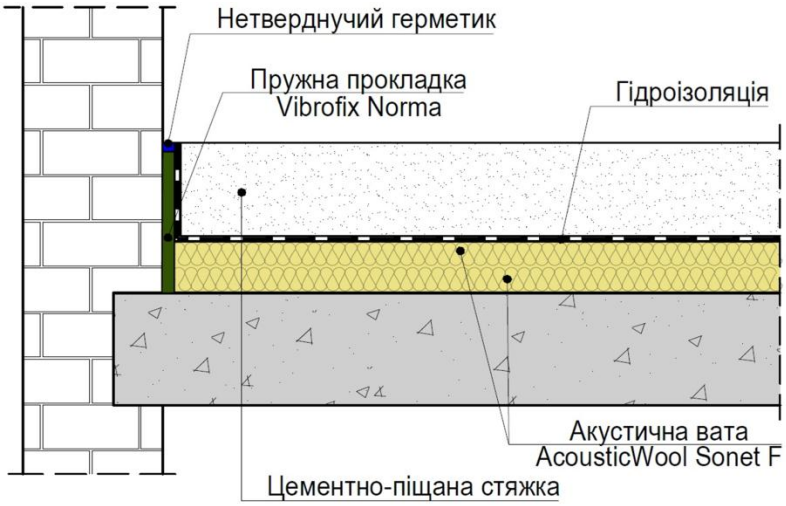



Рисунок 3.4 – Плаваюча підлога на основі ЦПС і Acousticwool Sonet F (1 шар), Товщина: 80 мм

Звукоізоляція: ΔLnw = 35 дБ ΔRw = 8-10 дБ

Стяжка ЦПС армована 60 мм

Акустична вата Acousticwool Sonet F 20 мм

Акустичний герметик Vibrofix db20

Гідроізоляція

ЗБ перекриття

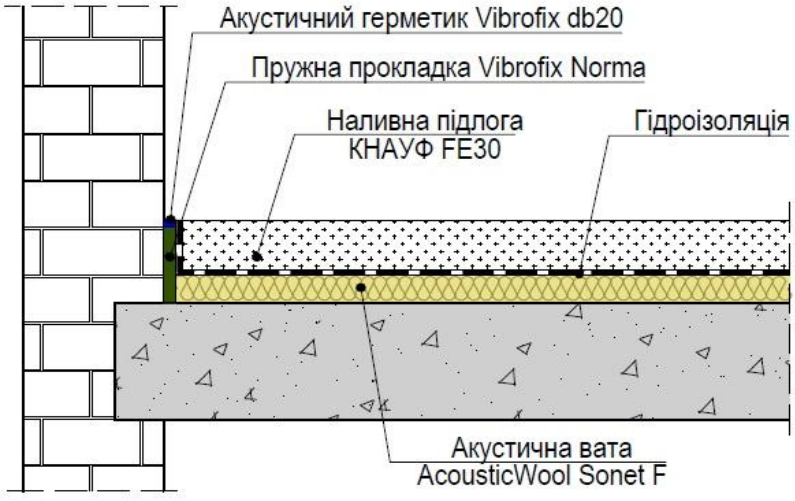



Рисунок 3.4 – Плаваюча підлога на основі стяжки Кнауф ФЕ і Acousticwool Sonet F, Товщина: 55 мм

Звукоізоляція: ΔLnw = 32 дБ ΔRw = 4-8 дБ

Стяжка гіпсова Кнауф ФЕ 35 мм

Акустична вата Acousticwool Sonet F 20 мм

Акустичний герметик Vibrofix db20

Гідроізоляція

ЗБ перекриття

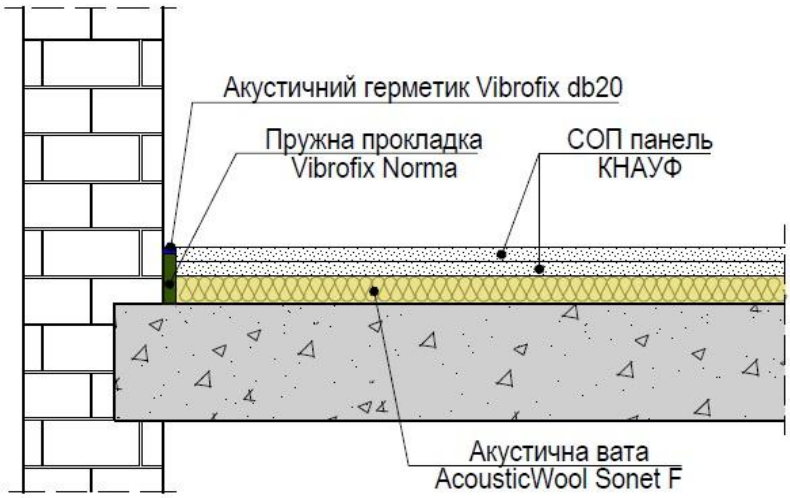



Рисунок 3.5 – Плаваюча підлога на основі стяжки Кнауф СОП і Acousticwool Sonet F, Товщина: 45 мм

Звукоізоляція: ΔLnw = 30 дБ ΔRw = 4-8 дБ

Стяжка суха збірна Кнауф СОП х 2 25 мм

Акустична вата Acousticwool Sonet F 20 мм

Акустичний герметик Vibrofix db20

ЗБ перекриття

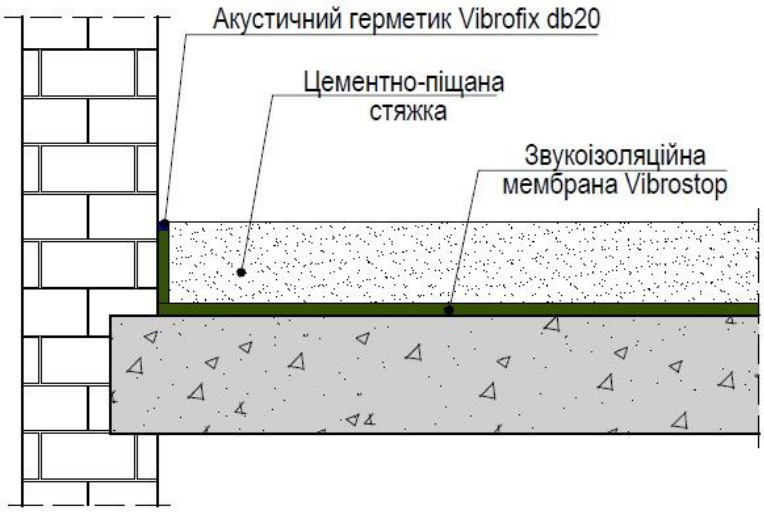



Рисунок 3.6 – Плаваюча підлога на основі ЦПС і мембрани Vibrostop, Товщина: 55 мм

Звукоізоляція: ΔLnw = 25 дБ

Стяжка ЦПС армована 50 мм

Мембрана Vibrostop 5 мм

Акустичний герметик Vibrofix db20

ЗБ перекриття

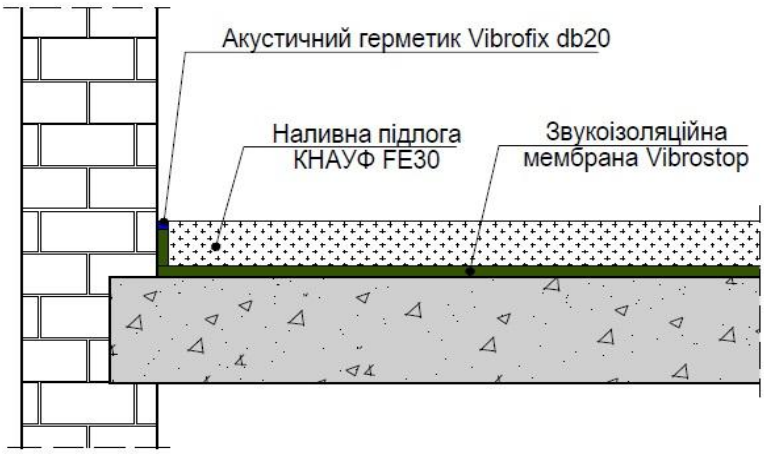



Рисунок 3.7 – Плаваюча підлога на основі ЦПС і мембрани Vibrostop, Товщина: 40 мм

Звукоізоляція: ΔLnw = 22 дБ

Стяжка гіпсова Кнауф ФЕ 35 мм

Мембрана Vibrostop 5 мм

Акустичний герметик Vibrofix db20

ЗБ перекриття

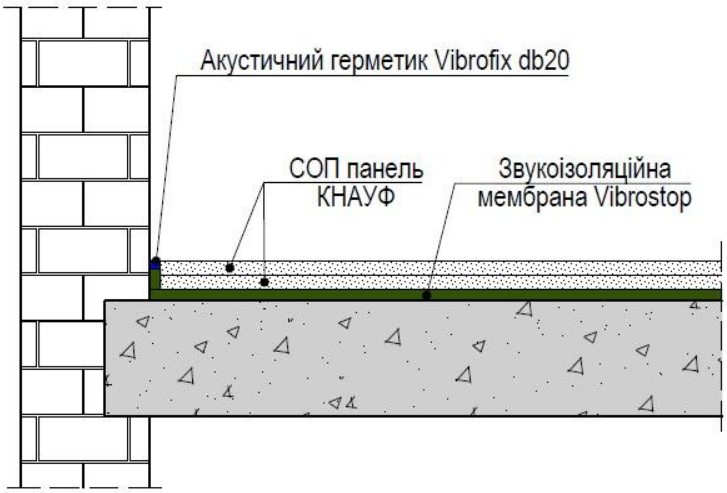



Рисунок 3.8 – Плаваюча підлога на основі стяжки Кнауф СОП і Vibrostop, Товщина: 30 мм

Звукоізоляція: ΔLnw = 20 дБ

Стяжка суха збірна Кнауф СОП х 2 25 мм

Мембрана Vibrostop 5 мм

Акустичний герметик Vibrofix db20

ЗБ перекриття

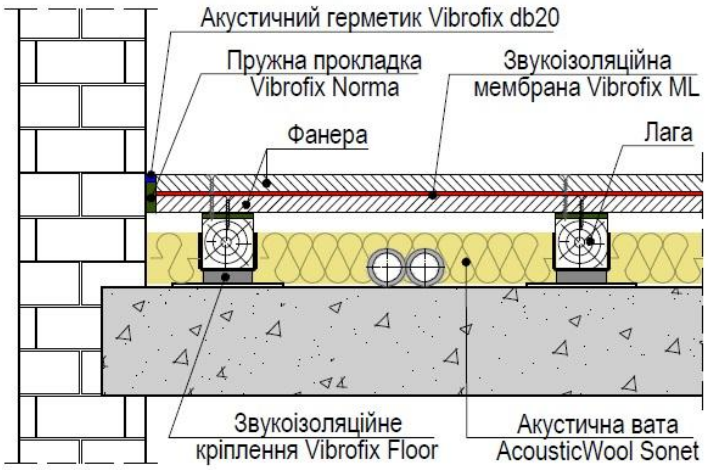



Рисунок 3.9 – Плаваюча підлога на лагах Vibrofix Floor/Vibrofix ML, Товщина: 100 мм

Звукоізоляція: ΔLnw = 34 дБ ΔRw = 10-12 дБ

Фанера х 2 шари (18 мм) 36 мм

Мембрана Vibrofix ML 2,6 мм

Лаги дерев'яні 50х50 50 мм

Vibrofix Norma 50/3 (опція) 3 мм

Кріплення Vibrofix Floor 15 мм

Акустична вата Acousticwool Sonet 50 мм

Акустический герметик Vibrofix db20

ЗБ перекриття

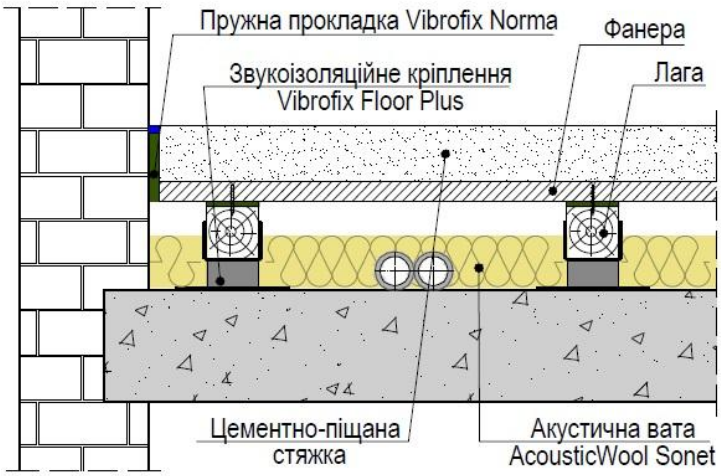



Рисунок 3.10 – Плаваюча підлога на лагах Vibrofix Floor/Vibrofix ML, Товщина: >170 мм

Звукоізоляція: ΔLnw = 40 дБ ΔRw = 12-17 дБ

Стяжка ЦПС >70 мм

Фанера 22 мм

Лаги дерев'яні 50х50 50 мм

Vibrofix Norma 50/3 (опція) 3 мм

Кріплення Vibrofix Floor Plus 28 мм

Акустична вата Acousticwool Sonet 50 мм

Акустичний герметик Vibrofix db20

ЗБ перекриття

### 3.4 Оцінка індексу наведеного рівня ударного звуку конструкції міжповерхового перекриття

1. Визначаємо поверхневу щільність несучої конструкції перекриття т., кг/м$^2$, за формулою 3.1

$$m_1. = \rho_1 .\times h_1. , \qquad (3.1)$$

де $\rho_1$ – щільність бетону, кг/м$^3$;

$h_1$ – товщина суцільної плити або наведена товщина у випадку плити з порожнечами, м.

2. Визначаємо індекс наведеного рівня ударного шуму несучої частини перекриття $L^0_{nw}$ дБ, за табл.3.1 або за формулою 3.2

$$L^0_{nw} = 164 - 35 \, Lg \, (m,/m_n) , \qquad (3.2)$$

де $m_0$ – опорна поверхнева щільність: $m_0$ = 1 кг/м$^2$.

З урахуванням непрямої передачі звуку значення $L^0_{nw}$, отриманому в пункті 2, додаємо 2 дБ.

3. Встановлюємо тип стяжки, її товщину та щільність $h_2$ та щільність $\rho_2$;

4. Визначаємо поверхневу густину підлоги $m_2$, кг/м$^2$, за формулою 3.3

$$m_2 = \rho_2 .\times h_2. , \qquad (3.3)$$

де $\rho_2$ – щільність матеріалу підлоги, кг/м$^3$; $h_2$. – товщина підлоги, м.

5. Визначаємо навантаження на пружну прокладку, $\sigma\times$Н/м$^2$, за формулою 3.4

$$\sigma = (m_2 + \sigma_n) , \qquad (3.4)$$

де $\sigma_n$ – нормативне (розрахункове) навантаження на перекриття. (для житлових будівель $\sigma_n$ = 150 кг/м$^2$).

6. По таблицях 3.1 вибираємо матеріал для пружної прокладки.

Як пружне прокладання доцільно використовувати мінераловатні плити щільністю від 75 до 125 кг/м$^3$, товщиною 20-50 мм. Залежно від величини навантаження визначається динамічний модуль пружності матеріалу, його відносна деформація та наведена динамічна жорсткість.

Значення $L_{nw}$ можна також визначити, використовуючи його залежність від величини індексу поліпшення ізоляції ударного шуму $\Delta L_{wR}$ для «плаваючої» статі, отриману на основі аналізу результатів досліджень (рис. 20).

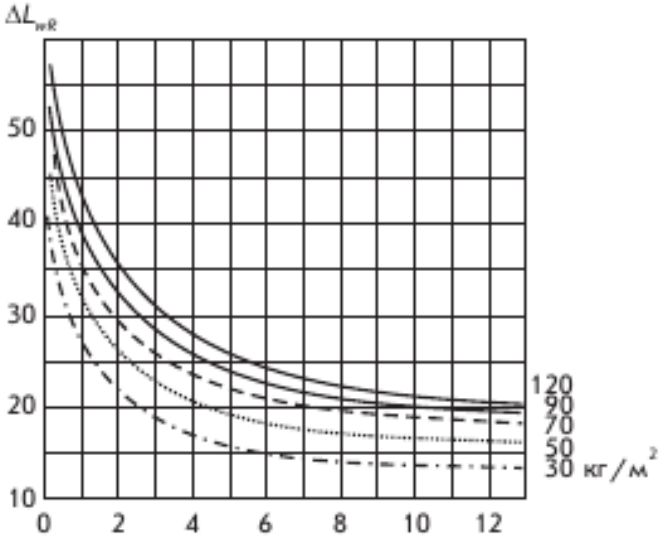



Рисунок 3.11 – Графік залежності $\Delta L_{wR}$ від S ' при різних поверхневих густинах підлоги

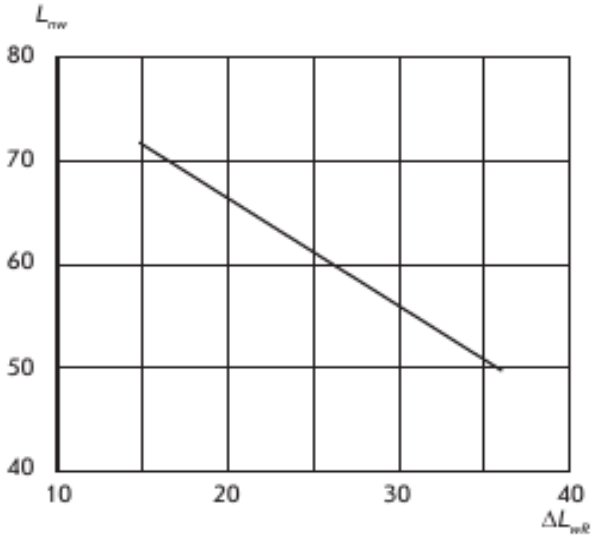



Рисунок 3.12 – Відношення між індексом $L_{nw}$ та індексом $\Delta L_{wR}$ конструкції «плаваючої» підлоги

З погляду ізоляції повітряного шуму конструкція «плаваючої» підлоги менш ефективна і дозволяє покращити звукоізоляцію перекриття не більше ніж на 4-5 дБ.

7. Відповідно до отриманих значень S' і поверхневої щільністю підлоги визначаємо за допомогою графіків, показаних на рис. 20, значення $\Delta L_{wR}$ індексу поліпшення ізоляції ударного шуму міжповерховим перекриттям за рахунок пристрою підлоги.

8. Визначаємо індекс наведеного рівня ударного шуму перекриттям в цілому I, дБ, за формулою 3.5

$$L_{nw} = L^{0}_{nw} - \Delta L_{wR}, \qquad (3.5)$$

де k – коефіцієнт, що характеризує вплив несучої частини перекриття, k = 1 - для несучої частини перекриття із суцільних залізобетонних плит, k = 0,9 – те ж, з багатопустотних залізобетонних плит; k = 0,8 – те саме, з ребристих залізобетонних плит.

Процес проходження звуку через звукопоглинаючий матеріал супроводжується загасанням, викликаним трьома різними механізмами: зниженням рівня звуку через загасання при розповсюдженні всередині шару; зниженням рівня за рахунок відображення звуку від передньої поверхні шару матеріалу та, нарешті, зниженням за рахунок відображення від задньої поверхні матеріалу.

Таблиця 3.1 Індекс наведеного рівня ударного шуму несучої частини перекриття із суцільних плит

| Поверхнева густина плити перекриття, кг/м$^2$ | Значення $L^{0}_{nw'''}$, дБ |
|---|---|
| 150 | 86 |
| 200 | 84 |
| 250 | 82 |
| 300 | 80 |

| | |
|---|---|
| 350 | 78 |
| 400 | 77 |
| 450 | 76 |
| 500 | 75 |
| 550 | 74 |
| 600 | 73 |

До основних хвильових параметрів, що характеризує акустичні властивості матеріалів, відносяться хвильовий опір щ, що дорівнює відношенню звукового тиску ŵ до нормальної коливальної швидкості частинок, і постійне поширення ŷ. У загальному випадку для середовища з внутрішнім тертям обидва параметри є комплексними та частотозалежними величинами.

Таблиця 3.2. Фізико-механічні властивості мінераловатних матів та плит «Izover».

| Щільність ρ, кг/м$^3$ | Товщина h, мм | Навантаження на пружні прокладки σ $10^3$ Н/м$^2$ | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 2 | | | 4 | | | 10 | | |
| | | e | $E_д$-$10^3$ Н/м$^2$ | S ×10' Н/м$^3$ | e | $E_д$-$10^3$ Н/м$^2$ | S' ×10' Н/м$^3$ | e | $E_д$-$10^3$ Н/м$^2$ | S' ×10' Н/м$^3$ |
| 40 | 15<br>20<br>30 | 0,4 | 1,4 | 1,6<br>1,2<br>0,6 | 0,5 | 1,6 | 2,2<br>1,7<br>1,1 | 0,6 | 2 | 3,5<br>2.7<br>1.8 |
| 60 | 20<br>30<br>50 | 0,08 | 1,8 | 0,98<br>0,66<br>0,4 | 0,15 | 1,9 | 1,1 0,8<br>0,45 | 0,3 | 2,3 | 1,55<br>1<br>0.6 |
| 70 | 20<br>30<br>43 | 0,065 | 1,87 | 1<br>0,7<br>0,5 | 0,13 | 2,0 | 1,14<br>0,8<br>0,6 | 0,19 | 2,3 | 1,4<br>0,95<br>0,7 |
| 70* | 20<br>30<br>40 | 0.03 | 2,4 | 1,2<br>0,8<br>0,6 | 0,04 | 3,54 | 1,84<br>1.2<br>0,9 | 0,1 | 4,86 | 2.7<br>1.8<br>1,35 |
| 85 | 20<br>30<br>40 | 0,08 | 1,85 | 1<br>0,7<br>0,5 | 0,1 | 2,0 | 1,1<br>0,73<br>3.55 | 0,21 | 2,65 | 1,7<br>1,12<br>0,84 |
| 125 | 13<br>26 | 0,08 | 2 7 | 2,2<br>1,1 | 0,08 | 3 | 2,5<br>1,25 | 0,15 | 4,1 | 3,7<br>1,9 |
| 150 | 15<br>20<br>30 | 0,06 | 3,58 | 2,54<br>1,9<br>1,3 | 0,08<br>5 | 4,68 | 3,4<br>2,55<br>1,7 | 0,085 | 6,21 | 4,53<br>3,4<br>2,26 |

* З поперечним розташуванням волокон.

Проходження звуку через шар звукопоглощающего матеріалу завтовшки d нормальному падінні звуку за умови, що звукопоглощающая плита не робить коливань як єдине ціле, можна оцінити чинником звукоізоляції Т, тобто. ставленням звукових тисків позаду та всередині шару.

.

На рис. 3.13 представлені результати розрахунку звукоізоляції мінераловатних плит «Izover» об'ємною щільністю 40, 70 та 150 кг/м$^3$, товщиною 60 та 120 мм за формулою (3.6) за умови, що плити нерухомі.

$$R = 20\mathrm{Ig} \left| \mathrm{ch}\gamma_a d + \frac{1}{2} \left[ za + \frac{1}{za} \right] \mathrm{sh}\gamma_a d \right| \qquad (3.6)$$

де $z_a$ – вхідний імпеданс шару, $z = w \times \mathrm{ctg}\, \gamma_a d$;

γа – стала поширення шару матеріалу;

d – товщина шару.

У цьому випадку за умови $\gamma d >> 1$ основну роль процесі проходження звуку через шар грає згасання під час поширення.

Це допуск виконується для матеріалів щільністю 40, 70 і 150 кг/м$^3$ для частот вище 200 Гц. Значення звукоізоляції плит нижче зазначених частот відповідають звукоізоляції тонкого шару рівної поверхневої густини (див. рис. 22, пунктирні лінії). При цьому звукоізоляція змінюється згідно з «законом мас» з нахилом 4 дБ/окт. Вище частоти 200 Гц звукоізоляція мінераловатних плит вище, ніж звукоізоляція щільної плити, що дорівнює поверхневій щільності. Звукоізоляція мінераловатних плит збільшується зі зростанням щільності матеріалу з і товщини шару (див. рис. 3.13).

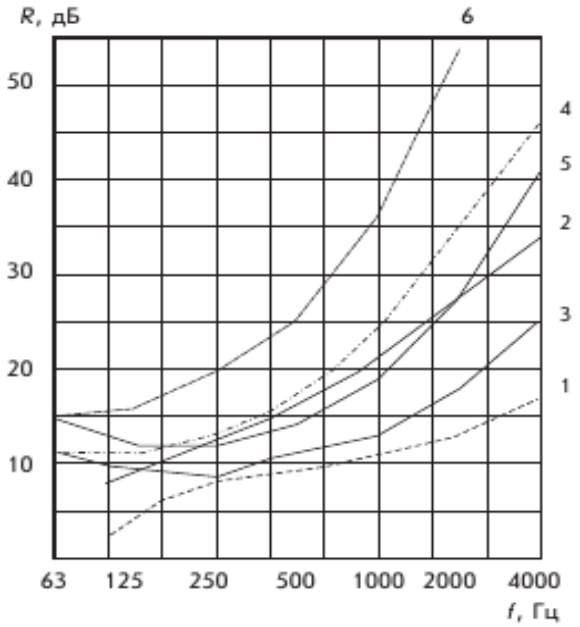



Рисунок 3.12 – Частотна характеристика ізоляції повітряного звуку мінераловатними плитами «Izover»

1 – мінераловатні плити (щільність 40 кг/м$^3$, діаметр волокна 5 мкм, довжина волокна 7 см) товщиною 60 мм;

2 – те ж, товщиною 60 мм;

4 – те ж, товщиною 120 мм;

5 – мінераловатні плити (щільність 150 кг/м$^3$) завтовшки 60 мм;

6 – те ж, товщиною 120 мм.

## 3.5 Звукоізоляція акустичних стінових панелей із мінераловатних плит «ISOVER»

В даний час у практиці будівництва при акустичному благоустрою приміщень цивільних будівель широке застосування знаходять акустичні стінові панелі, виготовлені з жорстких або напівжорстких плит з мінерального волокна щільністю від 150 кг/м$^3$ і товщиною, як правило, не більше 40 мм.

У приміщеннях із звичайними жорсткими поверхнями (бетон, штукатурка і т.п.) звук відбивається від стін і стель і створює дискомфорт, але ще важливіше, особливо в приміщеннях громадських будівель (аудиторіях, конференц-залах та ін.), знижує розбірливість промови. Звуковбирні стінові панелі допомагають уникнути цього і створювати сприятливе акустичне середовище. З іншого боку, стінові панелі дозволяють забезпечити додаткову звукоізоляцію повітряного шуму основний стіною чи перегородкою, тобто. зменшити передачу звуку з одного приміщення до іншого.

Звукоізоляція акустично однорідної конструкції стіни чи прокладки R, дБ, з акустичною панеллю з мінераловатних плит може бути визначена за формулою 3.7.

$$R = R_0 + \Delta R \qquad (3.7)$$

де $R_0$ – ізоляція повітряного шуму стіною чи перегородкою, дБ;
$\Delta R$ – ізоляція повітряного шуму мінераловатною плитою (акустичною панеллю), дБ.

Частотна характеристика ізоляції повітряного шуму основної конструкції стіни чи перегородки можна розрахувати з допомогою відомих методів. Для розрахунку частотної характеристики ізоляції повітряного шуму мінераловатних плит використовується формула (3.7). На рис. 23 як приклад представлена частотна характеристика ізоляції повітряного шуму перегородки з керамзитобетонних блоків щільністю 1200 кг/м$^3$, товщиною 150 мм з двома шарами штукатурки товщиною по 15 мм з двох сторін. Поверхня перегородки з боку приміщення з джерелом шуму фанерована акустичними панелями з напівтвердих мінераловатних плит щільністю 150 кг/м$^3$, товщиною 40 мм. Обчислений індекс ізоляції повітряного шуму базової конструкції становив R° w = 47 дБ, а конструкції загалом – Rw = 51

дБ. На рис. 3.14 показана частотна характеристика коефіцієнта звукопоглинання (КЗП) панелі.

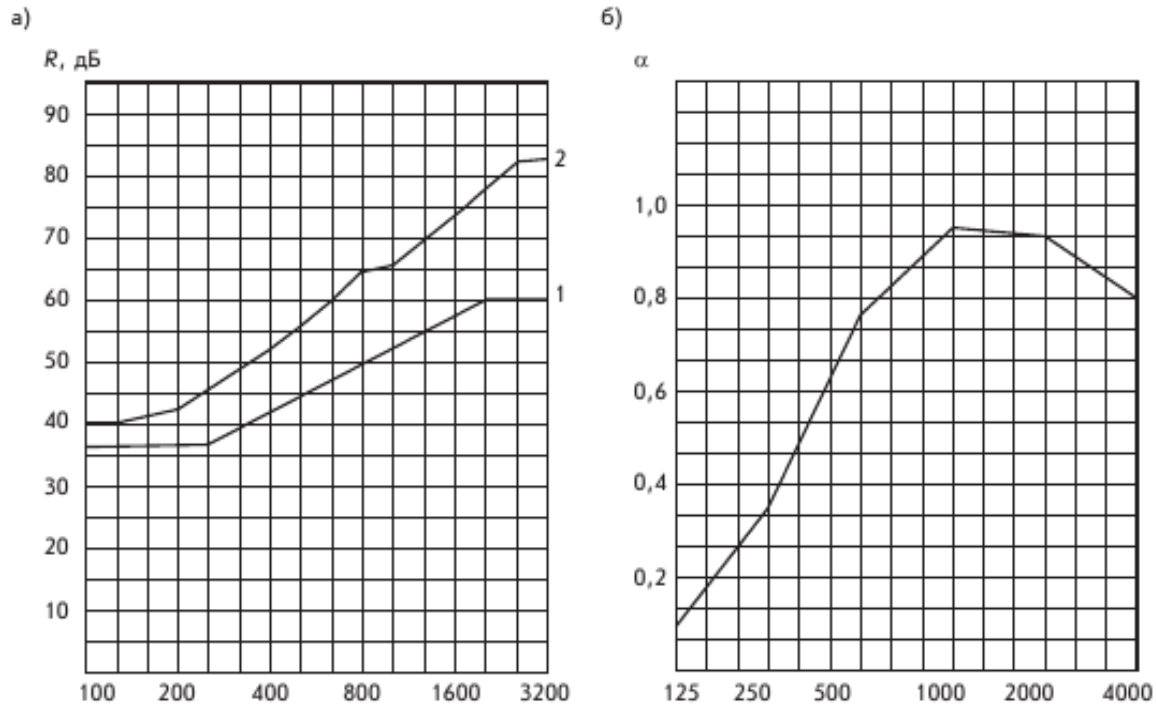



Рисунок 3.14 – Звукоізоляція багатошарових (двостінних) полегшених перегородок із заповненням матеріалом із мінерального волокна:

а) приватна характеристика звукоізоляції одношарової перегородки з акустичною панеллю з мінераловатних плит: 1 – розрахункова частотна характеристика ізоляції повітряного шуму перегородки з керамзитобетонних блоків; 2 – те ж, з облицюванням з акустичної панелі.

б) частотна характеристика коефіцієнта звукопоглинання мінераловатної плити густиною 150 кг/м$^3$, розташованої безпосередньо на твердій стіні.

Відомо, що шар звукопоглинаючого матеріалу, розташованого безпосередньо на жорсткій стіні, має відносно невелике поглинання в порівнянні з шаром, віднесеним від стіни на відстань $\lambda_0$ /4. Цю умову неможливо виконати при облицювання стін.

## 3.6 Звукоізоляція багатошарових (двостінних) полегшених перегородок із заповненням матеріалом із мінерального волокна «IZOVER»

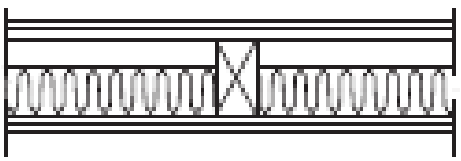
Відомо, що за допомогою двошарової конструкції можна отримати максимальний звукоізоляційний ефект за мінімальної маси конструкції. Аналіз звукоізоляції подібних конструкцій показав, що їх ефективність в основному залежить від відстані між шарами та ступенем демпфування повітряного проміжку. Якщо у проміжку між зовнішніми оболонками (стінками) розміщений звукопоглинаючий матеріал з наскрізною щільністю (мінераловатні плити), то поглинання звукової енергії при багаторазовому проходженні в ньому відбитої звукової хвилі збільшується. Відомо, що поглинання звукової енергії оцінюється коефіцієнтом звукопоглинання, і що він вище, то більшого ефекту звукоізоляції слід очікувати.

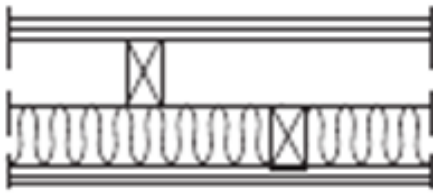
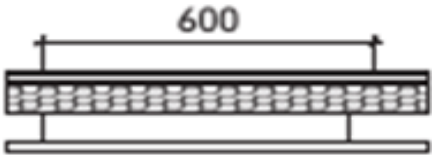
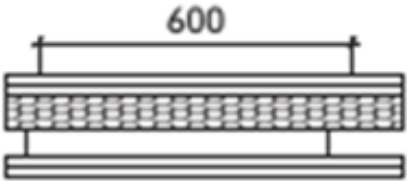
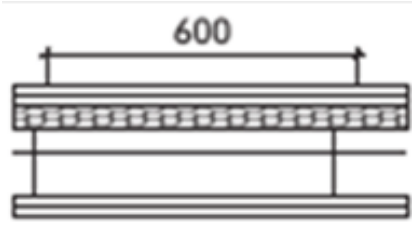
Потовщення звукопоглинаючого матеріалу має також сприяти збільшенню звукоізоляції. За рахунок заповнення повітряного простору між оболонками звукопоглинаючим матеріалом досягаються дві основні цілі: придушення резонансів вільних коливань повітряної порожнини та зменшення випромінювання звуку повітряну порожнину між оболонками при вимушених коливаннях. Тому для досягнення можливо більшої звукоізоляції слід у повітряну порожнину поміщати пористо-волокнисті матеріали, що мають високий коефіцієнт звукопоглинання.

### 3.7.1 Особливості проектування звукоізоляції каркасних перегородок

Звукоізоляція перегородок, що складаються з двох легких жорстких на вигин оболонок, істотно залежить від накладання провалів, що виникають внаслідок хвильового збігу. Цей недолік може бути компенсований відповідним збільшенням відстані між оболонками, яка, виходячи з мінімальних вимог DIN 4109, повинна бути не менше 10 см. При такій конструкції стін найефективнішим є застосування оболонок різних товщин. Стіни, що складаються з двох гнучких легких оболонок, мають хорошу звукоізолюючу здатність, однак їх невелика поверхнева щільність призводить до того, що доводиться встановлювати великі відстані між оболонками (10-25 см). Для таких стін або перегородок, як правило, необхідні опорні конструкції (каркаси), тому важливо, щоб стійки каркаса встановлювалися окремо, а підвищення жорсткості плити, що виникає завдяки каркасу, було б по можливості мінімальним.

Таблиця 3.3. Звукоізоляція каркасних перегородок.

| Конструкція перегородок (горизонтальний розріз) | Склад конструкції | Індекс ізоляції повітряного шуму $R_w$, дБ |
|---|---|---|
|  | – 2 шари гіпсокартонних плит<br>– 50 мм - повітряний зазор дерев'яний каркас<br>– 50 мм - мінераловатні плити, ρ = 50 кг/м «IZOVER»<br>– 2 шари гіпсокартонних плит | 48 |

| | | |
|---|---|---|
|  | – 2 шари гіпсокартонних плит<br>– 75 мм - повітряний проміжок дерев'яний каркас<br>– 75 мм - мінераловатні плити, ρ = 50 кг/м «IZOVER»<br>– 2 шари гіпсокартонних плит | 52 |
|  | – 1 шар гіпсокартонних плит<br>– 50 мм - мінераловатні плити, ρ = 60 кг/м «IZOVER»<br>– 50 мм - повітряний зазор металевий каркас<br>– 1 шар гіпсокартонних плит | 47 |
|  | – 2 шари гіпсокартонних плит<br>– 50 мм - мінераловатні плити, ρ = 60 кг/м «IZOVER» металевий каркас<br>– 50 мм - повітряний зазор<br>– 2 шари гіпсокартонних плит | 49 |
| Продовження Таблиця 3.3. Звукоізоляція каркасних перегородок | | |
|  | – 2 шари гіпсокартонних плит<br>– 75 мм - мінераловатні плити, ρ = 60 кг/м «IZOVER» металевий роздільний каркас<br>– 100 мм - повітряний зазор<br>– 2 шари гіпсокартонних плит | 54 |

Внаслідок цього відстань між стійками має бути не менше 800 мм. Точкове кріплення краще лінійного. Проміжок між оболонками заповнюється звукопоглинаючими-звукоізоляційними мінераловатними матеріалами «IZOVER» на 1/2—1/3 товщини повітряного простору, з урахуванням того,

що пористий звукопоглинач забезпечує оптимальну ефективність у тому випадку, коли звукова хвиля зі своїм максимумом швидкості знаходиться у шарі матеріалу. Звукопоглинаючий матеріал повинен мати невелику плотність та високий коефіцієнт звукопоглинання (КЗП). Цій умові задовольняють «IZOVER» з ρ = 40 кг/м$^3$ та р = 60 кг/м$^3$. З урахуванням усіх умов допомогою конструкцій з гнучких оболонок (наприклад, ГКЛ) можна досягти розрахункової величини звукоізоляції $R_w$ до 55 дБ.

У таблиці 3.3 представлені рекомендовані варіанти багатошарових конструкцій перегородок, що мають підвищені звукоізоляційні якості.

### 3.8 Розрахунок звукоізоляції перегородки від повітряного шуму

**Вихідні данні:** Виконати розрахунок звукоізоляції подвійної перегородки громадського будинку із суціого матеріалу гіпсобетону зобємною вагою 1000 кг/м$^3$ товщиною160 мм і повітряним прошарком 40 мм.

Розрахункова схема огородження

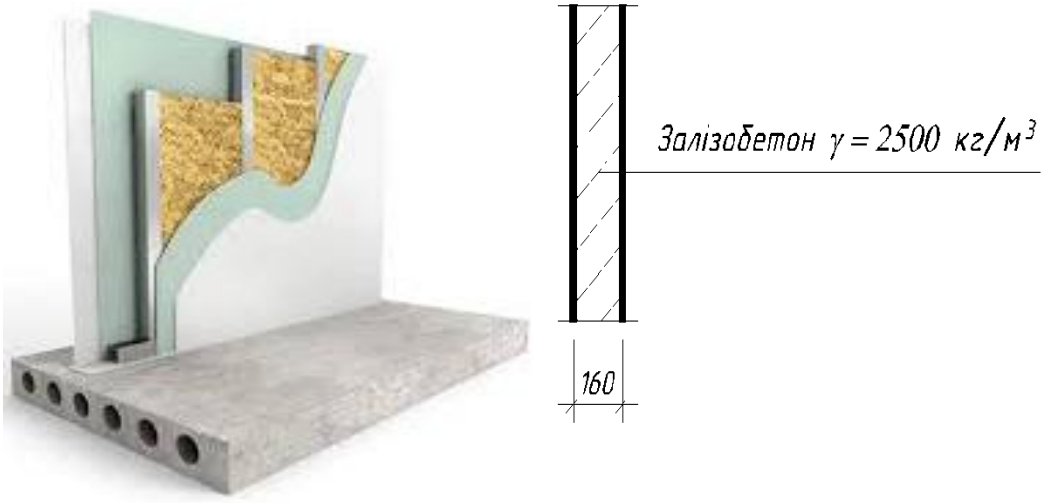



Рисунок 3.15 – Звукоізоляційна перегородка 160 мм

Індекс ізоляції повітряного шуму визначається за формулою 3.8.

$$I_в = 50 \pm \Delta_в \qquad (3.8)$$

де $\Delta_в$ - величина відхилення нормативної частотної характеристики від свого початкового положення, Дб.

Величину $\Delta_в$ визначаємо в наступній послідовності:

1.Поверхнева щільність огородження

$m = h_1 \times j_0 = 0{,}16 \times 1000 = 160 \, кг/м^3$

2. За ДБН В.1.2-10:2021 «Захист від шуму та вібрації» за рис.3.16 знаходимо координати точки В: $f_B = 230 Гц$ (при товщині огородження $h_1 = 160 мм = 0.16 м$);

$R_B = 32 дБ$ (при поверхневій щільності $m = 160 \, кг/м^3$ ).

3. Будуємо графік нормативної $R_П^P$ частотної характеристики ізоляції повітряного шуму двошарової перегородки громадської будівлі із гіпсобетону. Зображаючи його у вигляді ламаної ABCD. Аналогічної до ламаної приведеної у ДБН В.1.2-10:2021 «Захист від шуму та вібрації» на рис. 3.16. Зобразивши точку В з координатами ( $f_B; R_B$ ). Проводимо горизонтальний відрізок АВ, а з точки В вправо проводимо відрізок ВС з нахилом 7,5дБ на одну октаву до точки С з ординатою $R_C = 60 дБ$ з точки С вправо проводимо відрізок CD. Наносимо 1/3-октави координатами графіку.

4. На побудований розрахунковий графік наносимо нормативний графік частотної характеристики ізоляції повітряного шуму огороджуючої конструкції $R_П^H$, наведений у ДБН В.1.2-10:2021 «Захист від шуму та вібрації» на рис. 25.

5. Зіставляючи обидва графіки обчислюємо несприятливі відхилення Н.В. Підраховуємо суму всіх несприятливих відхилень. Підрахунки сумуємо у табличному форматі, таблицю 3.4.

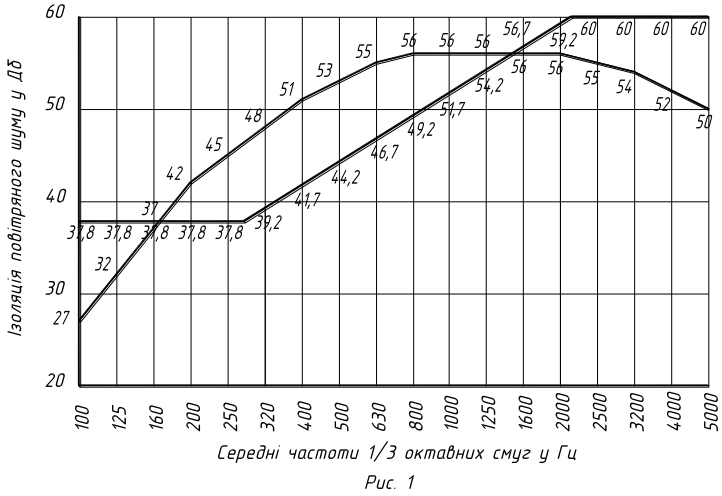



Рисунок 3.16– Графіки обчислюємо несприятливі відхилення

Таблиця 3.4. Несприятливих відхилень

| Частота, Гц | Нормативна частотна характеристика, Дб | Частотна характеристика ізоляції повітряного шуму, Дб | Несприятливі відхилення, Дб |
|---|---|---|---|
| **1** | **2** | **3** | **4** |
| 100 | 27 | 40,4 | 0 |
| 125 | 32 | 40,4 | 0 |
| 160 | 37 | 40,4 | 0 |
| 200 | 42 | 40,4 | 1,6 |
| 250 | 45 | 40,4 | 4,6 |
| 320 | 48 | 42,4 | 5,6 |
| 400 | 51 | 44,9 | 6,1 |
| 500 | 53 | 47,4 | 5,6 |
| 630 | 55 | 49,9 | 5,1 |
| 800 | 56 | 52,4 | 3,6 |
| 1000 | 56 | 54,9 | 1,1 |
| 1250 | 56 | 57,4 | 0 |
| 1600 | 56 | 59,9 | 0 |
| 2000 | 56 | 60 | 0 |
| 2500 | 55 | 60 | 0 |
| 3200 | 54 | 60 | 0 |
| 4000 | 52 | 60 | 0 |
| 5000 | 50 | 60 | 0 |

Максимальне несприятливе відхилення $\max \text{Н.В.}$ повинно бути менше або дорівнювати 8 Дб, а сума несприятливих відхилень поділена на вісімнадцять $\frac{\sum \text{Н.В.}}{18}$ повинна бути менше або дорівнювати 2 Дб.

В нашому випадку:

– максимальне несприятливе відхилення дорівнює $\max \text{Н.В.} = 6{,}1 \text{ Дб}$

– визначаємо суму несприятливих відхилень поділену на 18 за формулою 3.9.

$$\frac{\sum \text{Н.В.}}{18} = \frac{1{,}6 + 4{,}6 + 5{,}6 + 6{,}1 + 5{,}6 + 5{,}1 + 3{,}6 + 1{,}1}{18} = 1{,}85 \text{ Дб} \qquad (3.9)$$

Так як $\max \text{Н.В.} = 6{,}1 \text{ Дб} > 8 \text{ Дб}$ та $\frac{\sum \text{Н.В.}}{18} = 1{,}85 \text{ Дб} < 2 \text{ Дб}$,

Так як $\max \text{Н.В.} = 6{,}3 \text{ Дб} < 8 \text{ Дб}$ та $\frac{\sum \text{Н.В.}}{18} = 1{,}872 \text{ Дб} < 2 \text{ Дб}$, то $\Delta_{\text{в}} = 0 \text{ Дб}$.

Визначаємо індекс ізоляції повітряного шуму за формулою 3.10

$$\text{I}_{\text{в}} = 50 - \Delta_{\text{в}} = 50 - 0 = 50 \text{ Дб} \qquad (3.10)$$

По табл. 7 [2] визначаємо нормативне значення індексу ізоляції повітряного шуму для перегородок без дверей між квартирами $\text{I}_{\text{в}}^{\text{н}} = 50 \text{ Дб}$

Так як $\text{I}_{\text{в}} = 50 \text{ Дб} > \text{I}_{\text{в}}^{\text{н}} = 50 \text{ Дб}$ то звукоізоляції перегородки достатньо.

Виконати розрахунки звукоізоляції міжповерхоаого залізобетонного перекриття від ударного шуму з підлогою на звукоізоляційному шарі при кроці лаг b=1000мм їх перерізом $a \times b = 80 \times 60 мм$ та об`ємній вазі перекриття $\gamma = 2500 кг/м^3$ і товщиною плити перекриття $h_П = 180 мм$.

1. поверхнева щільність плити перекриття $m_1 = h_П \times \gamma = 0{,}18 \times 2500 = 450 кг/м^3$;

2. поверхнева щільність підлоги без звукоізоляційного шару:

$$m_2 = j_0^1 \times h_1 + \frac{j_0 \times a \times б}{в} = 600 \times 0{,}029 + \frac{600 \times 0{,}08 \times 0{,}06}{1} = 4{,}62 кгс/м^2;$$

3. Навантаження від підлоги на звукоізоляційну прокладку:

$$P = m_2 \times n_2 + q \times n = 4{,}62 \times 1{,}2 + 150 + 1{,}3 = 200{,}544 кгс/м^2;$$

$n_2$ - коофіціент перевантаження, який знаходимо за ДБН В.1.2-2:2016 «Навантаження та впливи» за таблецею 2 $n_2$=1,2(для ізоляції стаціонарного обладнання) ;

$q$ – нормативне навантаження на перекриття, яке знаходимо за ДБН В.1.2-2:2006 «Навантаження і впливи» за таб. 3 $q = 150 кгс/м^2$

$n$ – коофіціент перевантаження, який знах1одимо за ДБН В.1.2-2:2016 «Навантаження та впливи» за пунктом 3.7 n =1,3.

4. тиск на звукоізоляційну прокладку з ДВП за ГОСТ 45.98-74

$$q_П = \frac{P \times б}{\delta} = \frac{200{,}544 \times 0{,}6}{0{,}08} = 1504{,}08 кгс/м^2$$

5. за ДБН В.1.2-10:2021 «Захист від шуму та вібрації» за таб. 11 знаходимо динамічний модуль пружності та відносний тиск звукоізоляційного шару:

$E_q = 10 \times 10^4 \, кгс/м^2$ (для звукоізоляційної прокладки із ДВП за ГОСТ 4598-74та при тиску на звукоізоляційну прокладку $\varepsilon_o = 0{,}1 \, кгс/м^2$)

6. визначаємо товщину звукоізоляційного шару:

$$h_3 = h_0 \times (1 - \varepsilon_o) = 0{,}01 \times (1 - 0{,}1) = 0{,}009 м$$

де $h_0$ - товщина ДВП з розрахунку

7. розраховуємо частоту коливань підлоги, що лежить на звукоізоляційному шарі:

$$f_0 = 0{,}5 \times \sqrt{\frac{E_q}{h_3 \times m_2}} = 0{,}5 \times \sqrt{\frac{10 \times 10^4}{0{,}009 \times 4{,}62}} = 775 Гц$$

8. визначаємо індекс приведного рівня ударного шуму плити перекриття за ДБН В.1.2-10:2021 «Захист від шуму та вібрації»за таблицею 13: $I_{У.О.} = 80 \, Дб$ (при поверхневій щільності плити $m_1 = 450 \, кг/м^2$ ).

9. знаючи $I_{У.О.}$ та $f_o$, знаходимо індекс приведеного рівня ударного шуму міжповерхового перекриття за ДБН В.1.2-10:2021 «Захист від шуму та вібрації за таблицею 12: $I_У^0 = 63 \, Дб$

10. Висновок: за нормами проектування приведеними у ДБН В.1.2-10:2021 «Захист від шуму та вібрації таблиця 7, можна зробити висновок, що при такому індексі приведеного рівня ударного шума міжповерхового перекриття, перекриття може бути застосоване не тільки в житлових, а й в деяких приміщеннях громадського призначення .

### 3.9 Побудова карти шуму у забудові

**Вихідні данні:** Виконати розрахунок зниження заданого рівня транспортного шуму за 9-ти поверховим будинком шириною В =11,4 м і довжиною Z=48 м. Відстань до джерела шуму 45м.

Карта шуму будується у наступній послідовності:

1. визначаємо рівень звуку в розрахунковій точці:

$$L_{Атер} = L_{Аекв} - \Delta L_{Авід} - \Delta L_{Аекр} - \Delta L_{Азел},$$

де $\Delta L_{Аекв}$ - шумова характеристика транспортного потоку;

$\Delta L_{Авід}$ - зниження рівня звуку в залежності від відстані між джерелом звуку та розрахунковою точкою;

$\Delta L_{Аекр}$ - зниження рівня звуку екраном на шляху розповсюдження звуку;

$\Delta L_{Азел}$ - зниження рівня звуку смугами зелених насаджень.

2. на території знаходяться магістраль районого значення на чотири смуги руху проїзда частина в обох напрямках;

Знаходимо шумову характеристику джерела шуму (транспортного потоку)за ДБН В.1.2-10:2021 «Захист від шуму» за табл. 27: $\Delta L_{Аекв} = 81 дБ$

Знаходимо зниження рівня звуку в залежності від відстані між джерелом звуку та розрахунковою точкою за ДБН В.1.2-10:2021 «Захист від шуму» та вібрації за графіком для визначення зниженню рівня звуку в дБ в залежності від відстані між джерелом шуму і розрахунковою точкою на мал 26 за лінією N2 – транспортні потоки: $\Delta L_{Авід} = 18 дБ$ при відстані L=45+11,4+20=76,4м.

3. Знаходимо зниження рівня звуку екранами на шляху розповсюдження;

4. з’єднуємо між собою ізобели з однаковим значенням звуку (різниця довжин шляхів проходження звукових променів);

Б = (а+в) – с =

За ДБН В.1.2-10:2021 «Захист від шуму та вібрації» за таб. 32 знаходимо зниження рівня звуку екраном В:

$\Delta L_{Аекр} B =$ (при б =)

За ДБН В.1.2-10:2021 «Захист від шуму та вібрації» за таб. 32 знаходимо зниження рівня звуку екраном $\Delta L_{Аекр} \times \alpha_1$ та $\Delta L_{Аекр} \times \alpha_2$ в залежності від величини $\Delta L_{Аекр.В}$ та кутів $\alpha_1$ і $\alpha_2$

$\Delta L_{Аекр.} \times \alpha_1 =$ (при $\alpha_1 =$ та $\Delta L_{Аекр} B =$)

$\Delta L_{Аекр.} \times \alpha_2 =$ (при $\alpha_2 =$ та $\Delta L_{Аекр} B =$)

Знаходимо зниженя рівня звуку екранами на шляху розповсюдження звуку:

$$\Delta L_{Аекр} = \Delta L_{Аекр} \alpha + Л_д =$$

де $\Delta L_{Аекр} \alpha$ - мінімальне значення із $\Delta L_{Аекр} \alpha_1$ та $\Delta L_{Аекр} \alpha_2$:

$$\Delta L_{Аекр} \alpha = дБ$$

$Л_а$ –поправка, яку визначаєио за ДБН В.1.2-10:2021 «Захист від шуму та вібрації» за таб 34:

$$Л_л = дБ(при\ \Delta L_{Аекр}\alpha_2 - \Delta L_{Аекр}\alpha_1 = \partial Б)$$

5. знаходимо зниження рівня звуку смугами зелених насаджень. Обираємо трирядну смугу засаджень при відстані між ними 3м і загальною шириною 30м. За ДБН В.1.2-10:2021 «Захист від шуму та вібрації за таб 36 зниження рівня звуку смугами зелених насаджень $\Delta L_{Азze} = 12\partial Б$

6. $L_{Атер} = L_{Аекв} - \Delta L_{Авід} - \Delta L_{Аекр} - \Delta L_{Азел}$

7. за ДБН В.1.2-10:2021 «Захист від шуму та вібрації за таб1 допустимий рівеньзвуку для територій, безпосередньо прилеглих до житлових будинків дорівнює: $L^{H}_{Атер} = 45\partial Б$

8. Висновок: Розрахункове значення рівня звуку $L_{Атер} = 45\partial Б$, що вище допустимого рівня звуку для територій безпосередньо прилеглих до житлових будинків, який дорівнює $L_{Атер} = 45\partial Б$. Тому необхідно вживати додаткові заходи задля зниження розрахункового рівня, влаштувати додаткові шумозахисні екрани, переглянути проект забудови міста.

# ВИСНОВОК

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

Звукоізоляція є важливим аспектом комфортного життя і роботи в сучасних будівлях. В Україні існують певні вимоги до звукоізоляції, які встановлені законодавством і стандартами.

Для досягнення цих вимог можна використовувати різні методи звукоізоляції, включаючи використання спеціальних матеріалів, конструкцій, технологій та інших рішень. Вибір конкретного методу звукоізоляції залежить від багатьох факторів, включаючи тип будівлі, її призначення, джерела шуму, бюджет проекту та інші обставини.

Незалежно від вибраного методу, важливо пам’ятати, що звукоізоляція є важливою частиною створення комфортного і здорового середовища для життя і роботи.

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 огороджуючих конструкцій. Важливу роль при підборі звукоізоляційних матеріалів відіграє конструкція будинку яку необхідно вдосконалити.

Одним із головних аспектів важливо оцінювати комплексний підхід звукоізоляції будинку або квартири, адже тільки комплексний підхід дає найвищі результати.

За нормами проектування приведеними у ДБН В.1.2-10:2021 «Захист від шуму та вібрації таблиця 7, можна зробити висновок, що при такому індексі приведеного рівня ударного шума міжповерхового перекриття, перекриття може бути застосоване не тільки в житлових, а й в деяких приміщеннях громадського призначення.

Розрахункове значення рівня звуку $L_{Атер} = 45 дБ$, що вище допустимого рівня звуку для територій безпосередньо прилеглих до житлових будинків, який дорівнює $L_{Атер} = 45 дБ$. Тому необхідно вживати додаткові заходи задля зниження розрахункового рівня, влаштувати додаткові шумозахисні екрани, переглянути проект забудови міста.

# 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.

2. 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.

3. 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.

4. 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.

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

6. 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.

7. 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.

8. 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.

9. 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.

10. 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.

11. 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.

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

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

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

15. 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.

16. Фаренюк Г.Г. Основи забезпечення енергоефективності будинків та теплової надійності огороджувальних конструкцій / Г.Г.Фаренюк. – Київ : Гама-Принт, 2009. – 216 с.

17. Фаренюк Г.Г. Нормативне забезпечення при застосуванні конструкцій фасадної теплоізоляції житлових та громадських будинків / Г.Г. Фаренюк // Будівництво України. – 2009. – № 1 – 2. – С. 12 – 16.

18. Тимофєєв М.В. Математичне моделювання потрібних опорів теплопередачі елементів зовнішньої оболонки будинків / М.В. Тимофєєв, С.О. Сахновська, Т.В. Жмихова // Проблеми архітектури і містобудування. Архітектурне середовище, архітектура будівель і споруд. Випуск 2010 – 2 (82) Вісник Донбаської національної академії будівництва та архітектури. – С. 32 – 37.

19. ДСТУ Б В.2.6-35:2008 «Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням індустріальними елементами з вентильованим повітряним прошарком. Загальні технічні умови». Скребнєва С.М. Дисертаційна робота. Ефективні енергозберігаючі огороджуючі конструкції житлових будинків та споруд / С.М. Скребнєва // Київ – 2013. – 167 с.

20. Фаренюк // Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка: науковотехнічний збірник. – Вип. 36. – 2010. – С. 76 – 83.

21. Тимофєєв М.В. Розрахунки теплової ізоляції будівель: навчальний посібник [Текст] / М.В. Тимофєєв, Г.Г. Фаренюк. – Донецьк, Макіївка: Норд-Пресс, ДонНАБА, 2009. – 73 с.

22. Тимофєєв М.В. Розрахунки теплової ізоляції будівель: навчальний посібник [Текст] / М.В. Тимофєєв, Г.Г. Фаренюк. – Донецьк, Макіївка: Норд-Пресс, ДонНАБА, 2009. – 73 с.

23. ДСТУ Б В.2.6-145:2010 “Конструкції будинків і споруд. Захист бетонних і залізобетонних конструкцій від корозії. Загальні технічні вимоги.”

24. ДСТУ Б В.2.7.-312:2016 “Арматура неметалева композитна базальтова періодичного профілю”.

25. Теплова ізоляція будівель : ДБН В.2.6-31:2016. – [Чинні від 2007-04-01] / Мінбуд України – Київ : Укрархбудінформ, 2006. – 65 с. – (Державні будівельні норми України).

26. Теплова ізоляція будівель : ДБН В.2.6-31:2016. – [Чинні від 2007-04-01] / Мінбуд України – Київ : Укрархбудінформ, 2016. — 35 с. – (Державні будівельні норми України).

27. Природне і штучне освітлення : ДБН В.2.5-28-2006. [Чинні з 2006-10-01] / Держбуд України. – Київ : Укрархбудінформ, 2006. – 76 с. – (Державні будівельні норми України).

28. Громадські будинки та споруди. Основні положення : ДБН В.2.2.-9-2020. [Чинні від 2020-01-01] / Мінбудархітектури України. – Київ : Укрархбудінформ, 2021. – 47 с. – (Державні будівельні норми України).

29. ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування». Чинний з 01 січня 2014 року.

30. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2021 «Будівельна кліматологія». – Київ : Держбуд України, 2012.

31. Настанова з розроблення та складання енергетичного паспорта будинків при новому будівництві та реконструкції. Проектування. : ДСТУ-Н Б А.2.25:2007. [Чинні від 2008-07-01]/Мінрегіонбуд України. – Київ : Укрархбудінформ, 2001. – 43 с. – (Національний стандарт України).

32. Клімат України [Наукове видання] ; за ред. В. М. Ліпінського, В. А. Дячука, В. М. Бабіченко / Укр. наук.− досл. гідрометеорологіч. ін-т. – Київ : Вид-во Раєвського, 2003. – 343 с.

33. ДБН Б.2.2-12:2019 «Планування і забудова територій», чинний з 1 жовтня 2019 р.

34. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об’єктів Норми проектування / Київ : Міністерство будівництва, архітектури господарства України, 2006. – 59 с. та житлово-комунального

35. ДБН В.2.1-10:2018. «Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення». – Київ : Держбуд України, 2018. 3

36. ДБН В 2.5-13-98 «Пожежна автоматика будівель та споруд».

37. ДБН В.1.1-7-2016 «Пожежна безпека об’єктів будівництва». Чинний від 2017-06-01 – 38с.

38. ДБН В.2.6-98:2009 «Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення»/ Мінрегіонбуд України. – Київ : 2011.

39. ДБН А.3.1-5-2016 «Організація будівельного виробництва». – Київ : 2016.- 49 с.

40. ДБН А.3.2-2:2009 ССПБ. «Охорона праці і промислова безпека в будівництві. Основні положення».

41. ДБН В.1.2-14:2018 «Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд»/ Мінрегіонбуд України. – Київ : 2018.

42. ДСТУ Б В.2.5-26:2005. «Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Люки оглядових колодязів і дощоприймачі зливостічних колодязів. Технічні умови».

43. Гетун Г.В., Румянцев Б.М., Жуков А.Д. Системи ізоляції будівельних конструкцій. Навчальний посібник. – Дніпро: Журфонд – 2016 р. – 676 с.

44. Конструкції будинків і споруд. Сталезалізобетонні конструкції. Основні положення: ДБН В.2.6-160:2015 – Київ : Мінрегіонбуд України, 2015. – 55 с.

45. Лівінський О.М. Будівельні матеріали та вироби: підручник / О.М. Лівінський, О.М. Пшінько, М.В. Савицький, І.І. Куліченко, О.І. Курок // Укр. акад. наук. Дніпропетровськ: Дніпропетр. нац. ун-т залізн.трансп. ім. В. Лазаряна, 2014. – 656 с.