

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ
СІКОРСЬКОГО»

Факультет електроніки
Кафедра акустики та акустoeлектроніки

«На правах рукопису»

УДК 534.612

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

(підпис) (ініціали, прізвище)
«__» _____ 20__ р.

Магістерська дисертація

зі спеціальності 171 Електроніка

на тему: «Акустичний проект зниження рівнів шуму швейного цеху»

Виконав: студент 6-го курсу, групи ДГ-71мп

_____ Данилюк Владислав Олександрович _____
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Науковий керівник _____ доцент, к.т.н. доц. Заєць В.П. _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Консультант _____
(назва розділу) (посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Рецензент _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що в цій дипломній роботі
немає запозичень з праць інших авторів
без відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ-2018 року

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ
СІКОРСЬКОГО»**

Факультет електроніки

Кафедра акустики та акустoeлектроніки

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність 171 «Електроніка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

(підпис) (ініціали, прізвище)
«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Данилюку Владиславу Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації: «Акустичний проект зниження рівнів шуму швейного цеху», науковий керівник дисертації к.т.н. доц. Заєць В.П. ,
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)
затверджена наказом по університету від «07» листопада 2018 р. №4114с
2. Строк подання студентом дисертації: 07.12.2018.
3. Об'єкт дослідження: приміщення швейного цеху.
4. Предмет дослідження: оснащення швейного цеху відповідно до проектних креслень приміщення, нормативних документів, щодо допустимих рівнів шуму.
5. Перелік завдань, які потрібно розробити: 1. Огляд літературних джерел. 2. Вимірювання та розрахунок параметрів для подальшого проектування швейного цеху за адресою проспект Науки 80А. 3. Особливості

проектування та рекомендації по обладнанню швейного цеху за адресою проспект Науки 80А. 4. Стартап проект з оснащення швейного цеху.

6. Перелік ілюстративного матеріалу: презентація, креслення.
7. Орієнтовний перелік публікацій: «Зниження рівнів шуму швейного цеху», «Зниження шуму транспортних потоків шумовими екранами на трасі Київ-Харків с. Красногорівка».
8. Дата видачі завдання: 01.09.2017.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Ознайомлення з нормативними документами	01.09.2017 – 30.11.2017	
2.	Проведення вимірювань	01.12.2017 – 20.12.2017	
3.	Огляд літератури	01.02.2018 – 01.03.2018	
4.	Обробка результатів	02.03.2018 – 01.05.2018	
5.	Розроблення рекомендацій по покращенню звукоізоляції	02.05.2018 – 01.09.2018	
6.	Оформлення пояснювальної записки	02.09.2018 – 30.11.2018	
7.	Підготовка презентації	01.12.2018 – 07.12.2018	

Студент

_____ (підпис)

В.О. Данилюк
(ініціали, прізвище)

Керівник роботи

_____ (підпис)

В.П. Засць
(ініціали, прізвище)

РЕФЕРАТ

Робота містить 73 сторінки, 19 рисунків, 26 таблиць. Було використано 25 джерел.

Мета роботи – виконати акустичний проект зниження рівнів шуму швейного цеху згідно вимог чинних нормативних документів у області захисту від шуму.

Актуальність роботи полягає в тому, що в ній наочно показано, з яких етапів складається проектування в приміщеннях підприємства та надано рекомендації по вибору всіх матеріалів та конструкцій. Це пов'язано з деякими проблемами, наприклад, проходження шуму й вібрацій на вулицю та в інші частини будівлі в вигляді структурного або повітряного шуму, розмірів обраного приміщення, приладів, обладнання та машин, що використовуються на даному підприємстві.

Робота пов'язана з НДР «Дослідження розповсюдження звукових хвиль в архітектурних об'єктах, складної форми» (ДР № 0116U006404), а також з науковими тематиками та планами кафедри акустики та акустoeлектроніки НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського».

У даній роботі було проведено вимірювання та розрахунок параметрів у швейному цеху, який необхідно обладнати. Також надано рекомендації для оснащення та показано як проходить проектування зі зниження рівнів шуму в цеху на прикладі приміщення у житловому будинку за адресою м. Київ, пр. Науки 80А.

У наш час маленькі підприємства розміщуються майже в кожному будинку, що робить їх ближчими до споживача та менш витратними з боку транспортування. Саме підприємство в вигляді швейного цеху є об'єктом дослідження в даній роботі, а її оснащення – предметом.

Методи дослідження полягають в вимірюваннях рівнів шуму за стандартизованими методиками, математичному розрахунку проникнення шуму крізь огороження та оцінки звукоізоляції рішень для зниження шуму.

Наукова новизна роботи полягає в нових шляхах звукоізоляції виробничих приміщень. Дані результати застосовані в реальному швейному цеху на проспекті Науки 80А.

Результати досліджень оприлюднені на міжнародній науковій інтернет-конференції «Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення (випуск 33)».

Ключові слова: ШУМ, РІВЕНЬ ШУМУ, ВІБРАЦІЯ, ДЖЕРЕЛА ШУМУ, РІВЕНЬ ТИСКУ, СТРУКТУРНИЙ ШУМ, ПОВІТРЯНИЙ ШУМ.

ABSTRACT

The work contains 73 pages, 19 figures, 26 tables. 25 sources have been used.

Purpose – to perform the acoustic project to reduce the noise levels of the sewing factory in accordance with the requirements of the current normative documents in the field of noise protection.

The problem was that it clearly shows the stages of designing in the premises of the company and provides guidance on the selection of all materials and structures. This is due to some problems, for example, the passage of noise and vibrations into the street and other parts of the building in the form of structural or air noise, the size of the selected premises, devices, equipment and machines used in this enterprise.

The work is related to the research work «Research of distribution of sound waves in architectural objects of complex form» (DR № 0116U006404), as well as with scientific themes and plans of the department of acoustics and acoustoelectronics of «NTUU KPI them. I. Sikorsky».

In this work were performed measurements and calculations of parameters in the sewing factory. Also, were given recommendations for equipping and shown how the design goes.

The novelty of the work is the new ways of sound insulation of production facilities. These results are applied in a real sewing factory at 80A Nauky Ave.

Nowadays, small businesses are located in almost every home, making them closer to the consumer and less costly transportation. The enterprise in the form of a sewing factory is the object of research in this work, and its equipment is an object.

The research methods consist of measuring noise levels according to standardized techniques, mathematical calculation of noise penetration through the enclosure and estimation of sound insulation solutions for noise reduction.

The results of the research are published on the international scientific Internet conference «Information Society: Technical Aspects of Formation (Issue 33)».

Key words: NOISE, NOISE LEVEL, VIBRATION, NOISE SOURCE, PRESSURE LEVEL, STRUCTURAL NOISE, AIR NOISE.

ЗМІСТ

Вступ.....	9
1. Огляд літературних джерел	10
1.1. Основні відомості про шум.....	10
1.2. Джерела шуму та їх характеристики.....	14
1.3. Методи боротьби з шумами та вібраціями.....	20
1.4. Висновок.....	30
2. Вимірювання та розрахунок параметрів для подальшого проектування швейного цеху.....	31
2.1. Рівні шуму в швейному цеху.....	31
2.2. Визначення проникаючих рівнів шуму в житлове приміщення та на прибудинкову територію.....	36
2.3. Висновок.....	45
3. Особливості проектування та рекомендації по обладнанню швейного цеху на першому поверсі житлового будинку.....	46
3.1. Рекомендації зі зниження рівнів шуму.....	46
3.1.1. Улаштування звукоізоляційної стелі для зниження передачі повітряного шуму.....	46
3.1.2. Улаштування «плаваючої» підлоги для зниження передачі структурного шуму.....	50
3.1.3. Звукоізоляція трубопроводів.....	52
3.1.4. Збільшення ізоляції зовнішніх огорожувальних конструкцій... ..	53
3.2. Віброзахист.....	54
3.3. Звукопоглинання.....	55
3.4. Висновок.....	57
4. Розроблення стартап проект.....	58
4.1. Опис ідеї послуги	58
4.2. Технологічний аудит проекту.....	59
4.3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап проекту.....	60
4.4. Розроблення ринкової стратегії проекту.....	64

4.5. Розроблення маркетингової програми стартап-проекту.....	67
4.6. Висновок.....	68
Загальні висновки.....	70
Перелік посилань.....	72

ВСТУП

У зв'язку зі зростанням кількості підприємств (заводів, фабрик, цехів, складів та ін.) у містах, а також розміщенням їх у житлових будівлях виникла необхідність у якісному оснащенні даних підприємств. У першу чергу це стосується дотримання відповідних стандартів при захисті від шуму як самих працівників, так і оточуючих, які проживають у будинку або знаходяться неподалеку від будівлі.

Саме для цього потрібно підібрати відповідні матеріали та конструкції, які відрізняються для кожного приміщення. Правильне розміщення обладнання, його якість, витривалість, особисті значення рівнів шуму, надійна звукоізоляція конструкцій будівлі, відповідність нормативним документам – це все проблеми, які дуже актуальні при акустичному проектуванні підприємства [1]. Саме ці питання розглянуті в роботі та надано алгоритм їх вирішення на прикладі акустичного проекту швейного цеху за адресою проспект Науки 80А.

У роботі акцент зосереджується на тому, що обраний швейний цех знаходиться на першому поверсі житлового будинку біля проїжджої частини, де завжди знаходиться багато людей і тому шум з підприємства не має заважати оточуючим, тому що це може викликати роздратування та навіть проблеми зі здоров'ям. Сучасні технології дуже розвинені, тому ці недоліки можна усунути за допомогою різних конструкцій, таких як встановлення плаваючої підлоги на поверсі над студією, підвісних стель, розміщення обладнання на спеціальні подушки та інше [2]. У наш час відсутні конкретні вимоги зі зниження рівнів шуму в виробничому приміщенні, існують тільки певні рекомендації зі зниження рівнів шуму. Саме тому дана робота посідає важливе місце в проектуванні приміщення та є певною покроковою інструкцією проекту.

1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1.1. Основні відомості про шум

Ще наприкінці дев'ятнадцятого століття було виявлено, що тривалий вплив виробничого шуму викликає у робітників професійну туговухість, а іноді й глухоту.

У результаті досліджень було встановлено, що інтенсивний виробничий шум, діючи тривалий час на людину, впливає на весь організм. Інтенсивний шум несприятливо діє на організм людини і може стати причиною професійних і виробничо обумовлених захворювань.

При роботі в умовах шуму знижується продуктивність праці. Шум притуплює увагу, уповільнює реакцію людини на ті чи інші подразники, заважає сприйняттю корисних сигналів. Він порушує комфорт і є джерелом занепокоєння для оточуючих.

Під впливом сильного шуму зростає кров'яний і внутрішньочерепний тиск, змінюється ритм дихання та серцевої діяльності, знижується кислотність шлункового соку, сповільнюється процес травлення, порушується працездатність клітин кори головного мозку. Про активну участь центральної нервової системи в реакції організму на шум свідчить ряд симптомів: ослаблення уваги, безсоння, запаморочення, дратівливість, нервові напруження, зниження працездатності, гостроти зору, порушення нормального відчуття кольору.

Зменшення впливу шуму до допустимих величин – одна з неодмінних умов оздоровлення умов праці та охорони навколишнього середовища.

Згідно з вимогами нормативних документів при розробці технологічних процесів, проектуванні, виготовленні та експлуатації машин, виробничих будівель і споруд, а також при організації робочих місць слід приймати всі необхідні заходи щодо зниження шуму, що впливає на людину, до значень, що не перевищують допустимі [3].

Питання боротьби з шумом повинні вирішуватися на стадії проектування машин, транспортних засобів, обладнання, будівель, споруд, населених пунктів, а також в процесі виготовлення, випробування, приймання, експлуатації і ремонту цих об'єктів.

Боротьба з шумом має не тільки соціальне і медико-гігієнічне значення, але і важлива з економічної точки зору. Як і будь-який інший шкідливий виробничий фактор, шум тягне за собою економічні втрати. дослідження, проведені як у нашій країні, так і за кордоном, показали, що зменшення шуму підвищує продуктивність праці, сприяє поліпшенню якості продукції, зниженню плинності кадрів і обумовлених нею витрат. Машини, засоби транспорту, інше обладнання, які відрізняється меншим рівнем шуму, є більш конкурентоспроможними на міжнародних ринках [4].

Створено ряд машин і механізмів, шум яких знаходиться в допустимих межах. Незважаючи на це, на підприємствах є ще багато агрегатів і технологічних процесів, шум яких перевищує норми.

Шумом називаються звуки, що заважають сприйняттю корисних звуків або порушують тишу, а також звуки, що створюють шкідливу або подразнюючу дію на організм людини.

У якості основних величин, які використовуються для нормування шуму та розрахунків по шумоглушінню, приймають звуковий тиск в паскалях і його рівень в децибелах.

Звуковий тиск (p) – різниця між миттєвим значенням тиску в даній точці середовища при проходженні через цю точку звукових хвиль і середнім тиском, який спостерігається в цій же точці за відсутності звуку [5].

Рівень звукового тиску визначається за наступною формулою:

$$L = 20 * \lg(p_{\text{скв}}/p_0), \quad (1)$$

де $p_{\text{скв}}$ - середньоквадратичне значення звукового тиску;

p_0 – найменше граничне середньоквадратичне значення звукового тиску.

Розрізняють постійний шум, якщо протягом 8 годин рівень звуку змінюється в часі не більше ніж на 5 дБ, і непостійний шум, якщо протягом 8 годин рівень звуку змінюється в часі більше ніж на 5 дБ.

Непостійний шум у свою чергу розділяють на: коливний у часі, переривчастий та імпульсний:

- коливний у часі – це шум, рівень якого безперервно і плавно змінюється;
- переривчастий шум — це шум, рівень звуку якого змінюється східчасто, а тривалість тимчасових інтервалів, упродовж яких рівень залишається постійним, становить 1 с і більше;
- імпульсний шум — це шум, що складається з одного чи кількох звукових сигналів, кожний із яких триває менше ніж 1 с, а рівні звуку, виміряні з урахуванням інерційних властивостей, істотно відрізняються.

При розгляді питань охорони праці зазвичай користуються октавними смугами частот, середні значення яких відповідають діапазону чутних звуків і становлять стандартний ряд (31,5), 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000, (16000) Гц. У дужках показані частоти, в яких шум, як правило, не нормують, хоча вони лежать в чутному діапазоні частот.

Частотний склад шуму характеризує його спектр. Спектром шуму називають залежність рівнів звукового тиску в частотних смугах від середніх частот цих смуг.

Спектр, а отже, і шум, якому він відповідає, може бути низькочастотним (максимум рівня звукового тиску знаходиться в області частот нижче 300 Гц), середньочастотним (область частот від 300 до 1000 Гц) і високочастотним (область частот більше 1000 Гц).

Для вимірювання шуму і його спектра застосовують шумоміри з відповідними фільтрами і частотні аналізатори. Вимірювання шуму проводять для контролю відповідності фактичних його рівнів на робочих місцях встановленим нормам, для оцінки шумового режиму в приміщеннях, розробки заходів щодо зниження шуму та оцінки їх ефективності.

Звук з рівнем звукового тиску меншим за деяку величину, яка називається порогом чутності, не сприймається людиною. Поріг чутності у кожної людини різний і залежить від віку, стану слуху, стомлення, індивідуальних особливостей організму, а також від частоти звуку (на низьких і дуже високих частотах він підвищується). На низьких частотах здатність чути нижче, ніж на високих.

Розрізняють п'ять ступенів дії шуму на людину в залежності від рівня звукового тиску. Якщо рівень звукового тиску нижче порога чутності, що відповідає повній тиші (перший ступінь впливу шуму), то людина відчуває психологічний дискомфорт. Вона мимоволі прислухається до шуму свого дихання, процесу травлення та іншого. У природі такі умови практично не зустрічаються (рис. 1) [6].



Рис. 1. Наочне зображення процесів і приладів при різних рівнях шуму.

Зазвичай людину оточує нормальний, звичний для неї шумовий фон (другий етап дії шуму) з рівнями звукового тиску на середніх частотах 15-35 дБ. Такий шум необхідний для нормальної життєдіяльності.

При збільшенні рівня звукового тиску до 40-70 дБ настає третя, психологічна, область дії шуму. Цей шум, особливо якщо він не

контрольований і несе певну інформацію, подразнює, не змінюючи функції слуху і не заважаючи сприйняттю корисних сигналів. Він може знизити продуктивність розумової праці, погіршити самопочуття. Прикладами такого шуму є музика або розмова, що заважає, шум санітарно-технічного або інженерного устаткування будівель і т. д.

Рівні звукового тиску 75-120 дБ (четверта область дії шуму), характерні для виробничих і транспортних шумів, створюють негативну фізіологічну дію. У цьому випадку значно раніше, ніж уражається орган слуху, страждає центральна нервова система (її вегетативна область) і серцево-судинна система.

Працівники, які піддаються впливу такого шуму, часто скаржаться на дратівливість, головні болі, зниження уваги і пам'яті, сонливість, підвищену стомлюваність, порушення сну, іноді – на запаморочення.

Вони частіше хворіють гіпертонією або гіпотонією, виразковою хворобою, колітами і гастритами, неврозами. У них частіше й швидше розвивається професійна туговухість.

Постійний шум з рівнями звукового тиску понад 120 дБ, а також імпульсний шум з рівнями, що перевищують 150 дБ при тривалості впливу 100 мс і 160 дБ при тривалості впливу 5 мс, можуть привести до акустичної травми у вигляді значного зниження слуху (п'ятий ступінь впливу шуму). При постійному шумі з рівнями 170 дБ і вище і імпульсному шумі з рівнями 180 дБ і вище може наступити контузія або навіть смерть [7].

Одночасний вплив поряд з шумом інших шкідливих чинників (вібрацій, запиленості та загазованості повітря, поганої освітленості і т. п.) посилює несприятливий вплив шуму на людину.

1.2. Джерела шуму та їх характеристики

Захист від шуму може здійснюватися як у джерелі виникнення шуму, так і по шляху його розповсюдження. Для успішного прийняття тих чи інших заходів необхідно знати шумові характеристики джерел.

Джерела зовнішнього шуму: міста насичені чисельними осередками шуму, які можуть бути умовно розбиті на дві великі групи: окремі джерела та комплексні, що складаються з ряду окремих джерел.

До окремих джерел шуму відносять поодинокі транспортні засоби, електричні трансформатори, отвори систем вентиляції, установки промислових або енергетичних підприємств та інше.

До комплексних джерел шуму відносяться транспортні потоки на дорогах, потоки поїздів на залізниці, промислові підприємства з чисельними джерелами шуму, спортивні або ігрові майданчики тощо.

Якщо комплексне джерело, яке створює постійний шум, займає велику площу (наприклад, промислове підприємство), то фізично його можна представити в вигляді поверхневого джерела шуму, а шумовою характеристикою доцільно вважати або октавний рівень звукової потужності (сумарний рівень звукової потужності, корегований по частотній характеристиці A), яка відноситься до впливу шуму промислового підприємства, або в деяких випадках як розподіл рівнів звуку навколо промислового підприємства на певній відстані від нього.

Окремі джерела шуму, так само як і комплексні, можуть створювати непостійний шум. Крім того, випромінювання шуму може відбуватися в різний час, і часто шумовий режим навколишнього середовища визначається складним підсумовуванням звукової енергії багатьох джерел шуму.

На основі багаторічних досліджень впливу шуму на людину при впливі будь-якого одного виду джерела шуму, наприклад автомобільного, рейкових транспортних засобів, літаків або промислових підприємств, розроблений ряд методів оцінки різних видів шумів, багато з яких широко застосовуються.

Якби в шумовому режимі завжди переважав шум одного виду, плутанина, пов'язана з існуванням різних методів оцінки, була б не такою серйозною. Основним критерієм придатності тієї чи іншої величини для оцінки шуму є її достатньо хороша кореляція з реакцією людей на вплив шуму. Крім того, величина, яку застосовують для оцінки шуму або шумової

характеристики його джерела, повинна бути достатньо просто вимірюваною і зручною для використання при проведенні розрахунку і проектуванні заходів по захисту від шуму.

У шумовому режимі житлової забудові значне місце займають так звані внутрішньоквартальні джерела шуму. До них відносяться фізкультурні й дитячі ігрові майданчики в дворах житлових мікрорайонів, розвантажувальні майданчики в господарчих дворах магазинів, їдальнь та інших установ громадського харчування і культурно-побутові обслуговування населення, сміттєзбиральні машини, басейни, гаражі, трансформаторні підстанції та ін.

Шумовими характеристиками джерел шуму на території мікрорайонів, кварталів та груп житлових будинків є еквівалентні рівні звуку $L_{A \text{ екв}}$, дБА, і максимальний рівень звуку $L_{A \text{ макс}}$, дБА.

Промислові підприємства найчастіше представляють собою комплексні джерела шуму, що складаються з окремих умовно точкових і просторових джерел шуму, випромінюючих шум як в горизонтальній, так і у вертикальній площинах.

До точкових джерел шуму на промислових підприємствах можуть бути віднесені отвори систем вентиляції та кондиціонування повітря різних аерогазодинамічних установок, окреме обладнання, агрегати і засоби транспорту, експлуатовані на відкритому повітрі.

До просторових джерел шуму на промислових підприємствах відносяться окремі будівлі, випромінюючі шум через зовнішні огороження або окремі його елементи. У деяких випадках до просторових джерел шуму відносять поверхневі джерела шуму, що представляють собою окремі обладнання або агрегати, встановлені на малій відстані один від одного.

У наш час розроблений ряд методів визначення шумових характеристик промислових підприємств, проте до цих пір не існує встановленої думки про склад шумових характеристик промислових підприємств, методах їх вимірювання або розрахунку, а також про класифікацію промислових підприємств по шумовому фактору.

Перш за все розглянемо склад шумових характеристик промислових підприємств. Якщо промислове підприємство являє собою окрему будівлю або займає відносно невелику площу чи має невелике число щільно розміщених джерел шуму, то найбільш доцільно його шумову характеристику виразити в октавних рівнях звукової потужності або корегованих по частотній кривій А рівнях звукової потужності, а також у показниках спрямованості випромінювання.

Якщо установки промислових підприємств створюють непостійний шум, то зазначені величини повинні бути представлені в вигляді еквівалентних рівнів шуму. Еквівалентні рівні шуму повинні бути встановлені за денний або нічний періоди або за цикл роботи, що характеризує всі шумові явища.

Якщо промислове підприємство займає досить велику площу й складається з чисельних джерел шуму, то найбільш доцільно його шумову характеристику представляти в вигляді рівнів звуку або еквівалентних рівнів звуку (при непостійних шумах) в точках по контуру підприємства, розташованих на певній висоті над поверхнею землі.

Шуми, що виникають в житлових і громадських будівлях, можуть бути розділені на побутові, пов'язані з життєдіяльністю людей, і механічні, пов'язані з роботою інженерного і санітарно-технічного обладнання (ліфти, вентилятори, насоси, станки і т. д.).

Побутові шуми створюються людьми, що проживають або знаходяться в будинку. Голосна розмова, спів, гра на музичних інструментах, крики, плач дітей і особливо робота телевізорів, радіоприймачів, програвачів і магнітофонів є причиною утворення так званого повітряного шуму. При ходінні, танцях і пересуванні меблів у огороженнях будинку виникають звукові коливання, які передаються на конструкції перекриттів, стіни, перегородки і поширюються по будівлі на велику відстань у вигляді структурного шуму. Це відбувається через дуже мале загасання звукової енергії в тих матеріалах, з яких зазвичай зводяться конструкції будівель.

Вентилятори, насоси, лебідки ліфтів і інше механічне обладнання будівель є джерелами як повітряного, так і структурного шуму, що виникає в будівлях. Так, вентиляційні установки створюють сильний повітряний шум, який, якщо не прийняти відповідні заходи, поширюється разом з потоком повітря по вентиляційних каналах і через вентиляційні решітки проникає в кімнати. Крім цього вентилятори, як і інше механічне обладнання, внаслідок вібрації викликають інтенсивні звукові коливання в перекриттях і стінах будинків. Ці коливання у вигляді структурного шуму легко поширюються по конструкціях будівлі і випромінюються в приміщення, навіть ті, які далеко розміщені від джерел шуму [8].

Особливо сильний шум може виникати в приміщенні, над яким встановлено вентиляційні установки. Часто вентиляційні установки й насоси розташовуються в підвальних приміщеннях. Це обладнання, якщо воно встановлено без прийняття відповідних звукоізоляційних заходів, викликає в фундаментах коливання звукової частоти, які передаються в стіни будівлі і поширюються по ним, створюючи шум у квартирах.

Що стосується шумів, проникаючих у приміщення житлових і громадських будівель у результаті роботи санітарно-технічного та інженерного обладнання, то вони в основному залежать від ефективності заходів щодо захисту від шуму.

Залежно від виду шуму приймають різні заходи по його зниженню при поширенні. До основних методів, які використовуються при обмеженні поширення шуму, відносяться: відповідне зовнішнє і внутрішнє планування, облаштування належної звукоізоляції огорожувальних конструкцій житлових і громадських будівель, звукопоглинання звукової енергії вздовж шляхів її поширення, належний вибір обладнання, віброізоляція коливань технічного обладнання від прилеглих до нього огорож або комунікацій.

Основним засобом для захисту приміщень житлових і громадських будівель від шуму є належна звукоізоляція огорожувальних конструкцій, яка повинна забезпечувати дотримання нормативних вимог по звукоізоляції.

У багатьох приміщеннях громадських будівель доцільне облаштування звукопоглинальних облицювань, наприклад у протяжних приміщеннях типу коридорів в школах, лікарнях, готелях, що запобігає розповсюдженню шуму вздовж них. Для зниження шуму в машинописних бюро, обчислювальних центрах, адміністративних приміщеннях, ресторанах, залах очікування залізничних вокзалів і аеропортів, магазинах, їдальнях і т. д. необхідно передбачати звукопоглинаючі покриття стін і стель.

У більшості систем вентиляції громадських будівель необхідно застосовувати глушники шуму. Конструкції глушників можуть мати різноманітні рішення. Найбільш прості з них влаштовані в вигляді каналу, облицьованого всередині звукопоглинаючим матеріалом. Крім того, застосовуються пластинчасті конструкції, що складаються з ряду паралельних звукопоглинальних пластин, розділених повітряними проміжками, сотові, камерні та ін.

Вібрації різних машин інженерного і санітарно-технічного обладнання, які передаються в конструкції, на яких воно встановлено, або комунікаціям, які підходять до нього, є причиною виникнення структурного шуму, що поширюється по конструкціях будівлі або навіть по ґрунту на великі відстані й випромінюючого в вигляді повітряного шуму огороженнями в віддалених тихих приміщеннях.

Значного ослаблення цього шуму можна домогтися, приймаючи заходи щодо запобігання розповсюдження структурного шуму шляхом установки агрегатів на віброзвукоізоляторах, вироблених, наприклад, з пружинних або гумових амортизаторів.

Необхідно також приймати заходи щодо уникнення жорстких контактів віброзвукоізованого агрегату з зовнішніми комунікаціями. Для цього слід встановлювати гумові вставки в трубопроводах, що підходять до насосних установок, брезентові або гумові вставки в місцях приєднання повітропроводів до вентилятору, компенсаційні петлі на проводах живлення електродвигунів та ін.

Ступінь шумозахисту будівель у першу чергу визначається нормами допустимого шуму для приміщення даного призначення. Проникаючі в приміщення рівні шуму від будь-яких джерел не повинні перевищувати нормативні величини.

1.3. Методи боротьби з шумами та вібраціями

Основним завданням боротьби з акустичними шумами є зниження негативного впливу шуму на людину в обмеженому та ізольованому просторі, оцінювання акустичних властивостей структур і конструкцій зниженням рівня шуму або його повного усунення як на відкритому просторі, так і в будинках та спорудах.

Боротьба з шумом базується на вивченні питань поширення шумів у відкритому й закритому просторі, оцінюванні акустичних якостей структур та конструкцій звукопоглинальних і звукоізолюючих архітектурних елементів і технічних пристроїв, а також передбачає вироблення рекомендацій з основних напрямів розроблення пристроїв і конструкцій для заглушування шуму.

Звукопоглинання – це перетворення звукової енергії на теплову в разі врахування реальних фізичних властивостей перешкоди відносно опорів відбиваючого середовища й повітря.

Звукоізоляція – це здатність перешкоди заважати передавати в сумісне з нею середовище падаючу на неї звукову енергію (звукоізоляція приміщення визначається відношенням загального поглинання до провідності перегородки).

За будовою звукопоглинальні матеріали й конструкції на їх основі поділяють на одно- та багат шарові елементи і великогабаритні обмежувальні конструкції (рис. 2) [9].

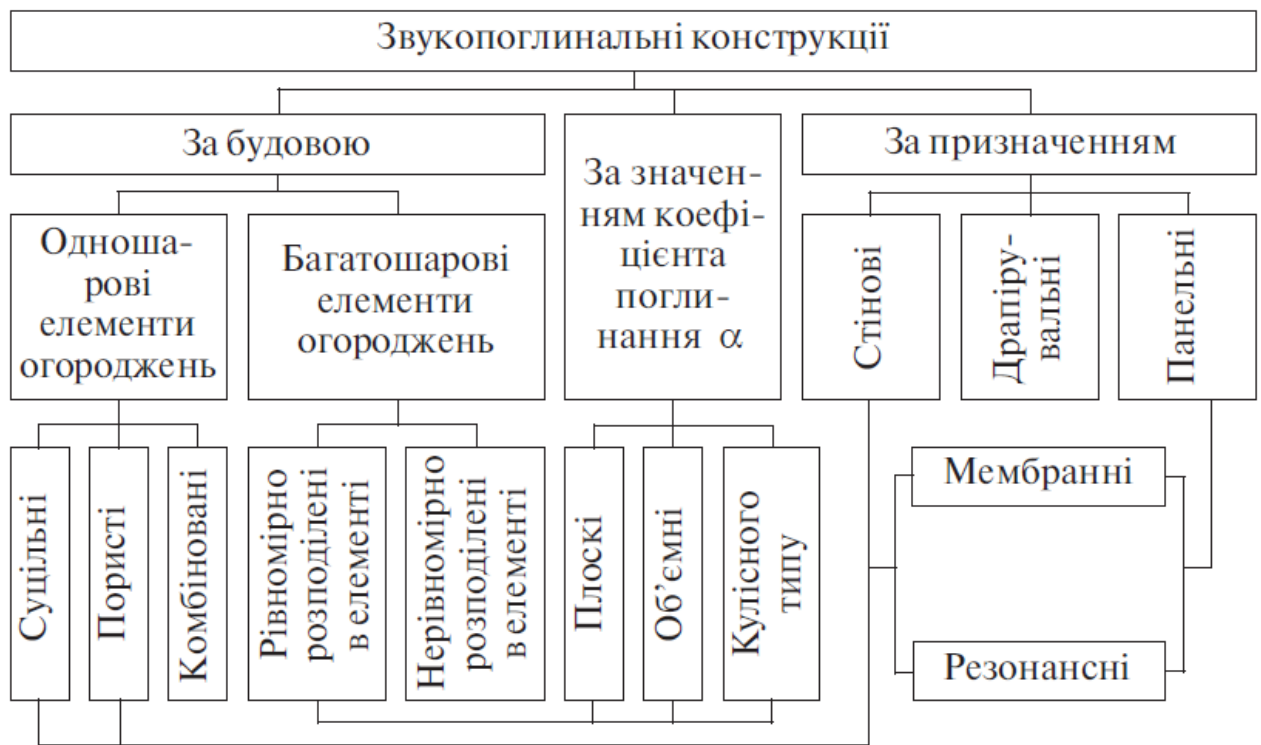


Рис. 2. Види звукопоглинальних конструкцій.

Багатошарові елементи – це періодичний або аперіодичний набір одношарових елементів або порожнин. Одношарові елементи можуть бути суцільними або пористими, їх використовують як самостійні конструкції або як облицювальний матеріал.

До суцільних звукопоглиначів належать акустичнооднорідні одношарові огороження із цегли, бетону, дерева і та ін. Акустичний опір цих твердих звукопоглинальних матеріалів набагато більший, ніж опір повітря.

Для багатошарових елементів є характерною наявність шарів, що складаються з різних матеріалів, які можуть не мати один з одним жорсткого зв'язку, оскільки між окремими шарами можуть знаходитися гнучкі ізоляційні шари або повітряні пустоти.

Досить поширеним є спосіб звукоізоляції з використанням пустот, побудованих за принципом резонаторів Гельмгольца. Такі резонуючі конструкції ефективно поглинають звукову енергію на частотах поблизу резонансу, а ефективність поглинання визначається втратами в горлі резонатора. На практиці це можуть бути порожнини різної форми, ніші,

вихідні отвори яких драпірують тканиною або наповнюють іншим звукопоглинальним матеріалом.

Глушіння шуму: технічні пристрої, які називають глушниками шуму, зазвичай використовують для зниження рівня повітряного шуму, створеного деяким джерелом на входах своєрідних каналів. Такі пристрої поширені в архітектурі та будівництві, в системах повітряного обміну, вентиляції [10].

Глушники шуму поділяють на абсорбційні, реактивні та комбіновані. В абсорбційних (або активних) глушниках зменшення рівня шуму відбувається завдяки поглинанню звукової енергії у хвилеводі, внутрішня поверхня якого вкрита звукопоглинальним матеріалом, а саме поле у хвилеводі формується з урахуванням його форми та розмірів, вигляду поверхонь і розглядається для швидкостей руху середовища менших, ніж швидкість у повітрі звуку.

В реактивних глушниках зменшення шуму зумовлюється повторним відбиттям звукових хвиль, а в комбінованих – глушіння відбувається як завдяки дисипаційним процесам, так і завдяки ефектам відбиття.

До найважливіших способів боротьби із шумом належить індивідуальне шумопридушення, яке застосовують або до джерела шуму в місці виникнення, або до людини, яка знаходиться у приміщенні з великим рівнем шуму.

Ослаблення шуму джерела в місці його виникнення, за певних властивостей конструкції джерела та режиму його роботи, часто проводять, закриваючи джерело шуму звукозахисною оболонкою. При цьому ослаблення шуму джерела визначають звукоізолювальною здатністю оболонки та коефіцієнтом поглинання її внутрішньої поверхні.

Для захисту організму людини від шумів, зокрема індивідуального, переважно використовують протишуми, або антифони, які поділяють на 3 типи:

- внутрішнього використання – втулки, вкладки, тампони;
- зовнішнього використання – навушники, шоломи, костюми;
- змішані, або напіввтулки, які вставляють при вході в слуховий прохід.

Негативний вплив вібрацій (зокрема, на людину) як прямого, так і непрямого характеру має бути ослаблений або загалом виключений застосуванням цілого комплексу заходів. Способи захисту від вібрацій передбачені відповідним стандартом [11] і визначають напрями, якими є захист від вібрацій впливом або на джерело виникнення вібрацій, або на шляхи їх поширення (рис. 3).

Такі напрями зумовлюють колективний захист. Також мають бути і напрями індивідуального захисту. За колективного захисту відносно джерела вібрацій розрізняють такі засоби:

- внутрішній віброзахист об'єкта демпфірування, основною метою захисту є зменшення реакції фундаменту;
- динамічне гасіння коливань за допомогою додаткової механічної системи, що приєднується до джерела та змінює характер коливань;
- віброізоляція – це встановлення між джерелом і об'єктом, який захищають, додаткової системи (віброізолятора), що захищає об'єкт від механічних збурень, створених джерелом.

Розрізняють активні та пасивні системи віброізоляції. У пасивних системах віброізоляція здійснюється за допомогою пом'якшення підвіски джерела вібрацій і відповідного зменшення коефіцієнта передачі.

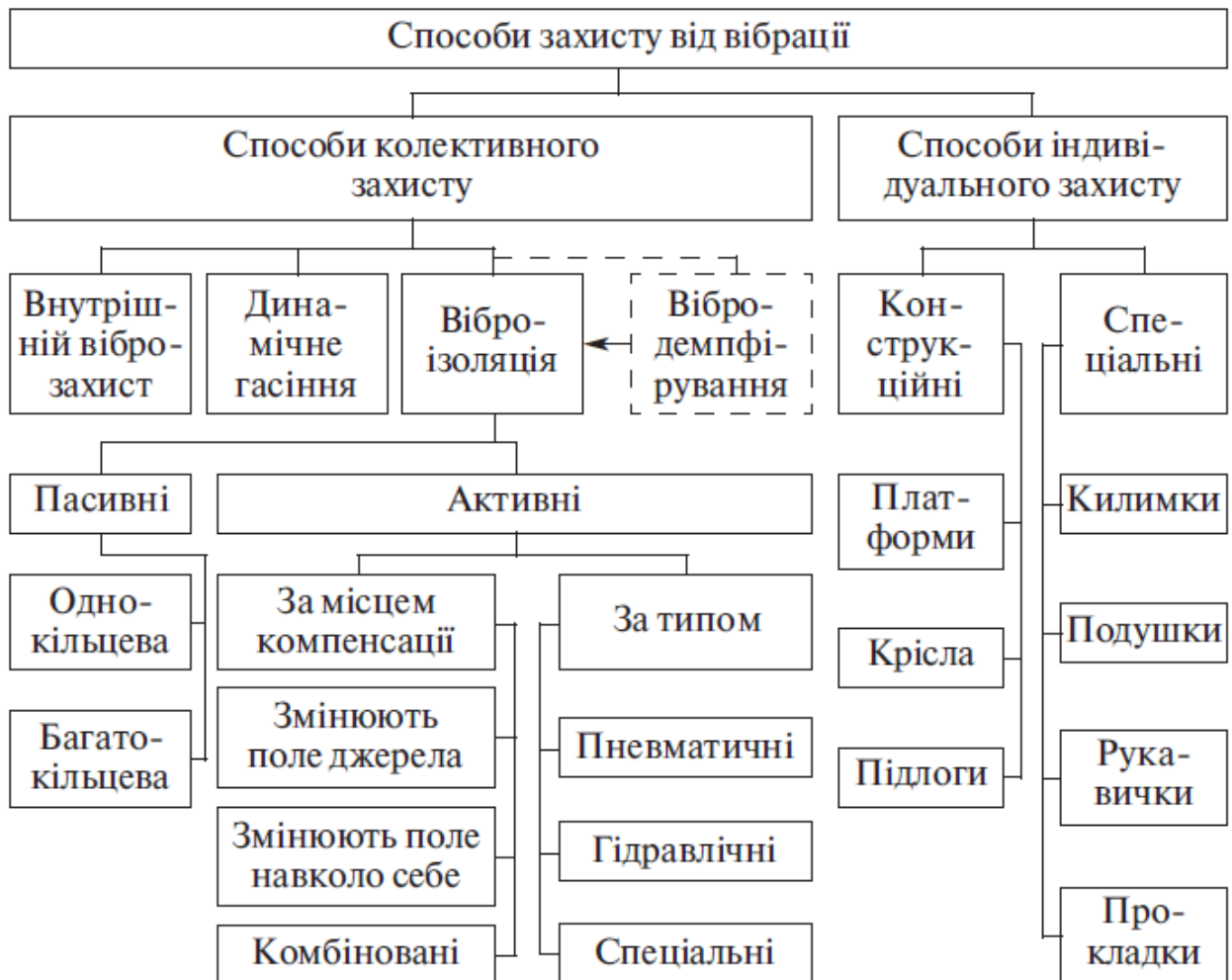


Рис. 3. Класифікація способів і засобів захисту від вібрації

За індивідуального захисту використовують спеціальні способи та засоби захисту умов праці людини. Насамперед це стосується як загальних, так і локальних вібрацій [12,13].

До індивідуальних засобів захисту від вібрацій належать засоби, які конструктивно поєднані в окремий виріб або конструкцію, так звані віброізолювальні підлоги, платформи, фундаменти (рис. 4).

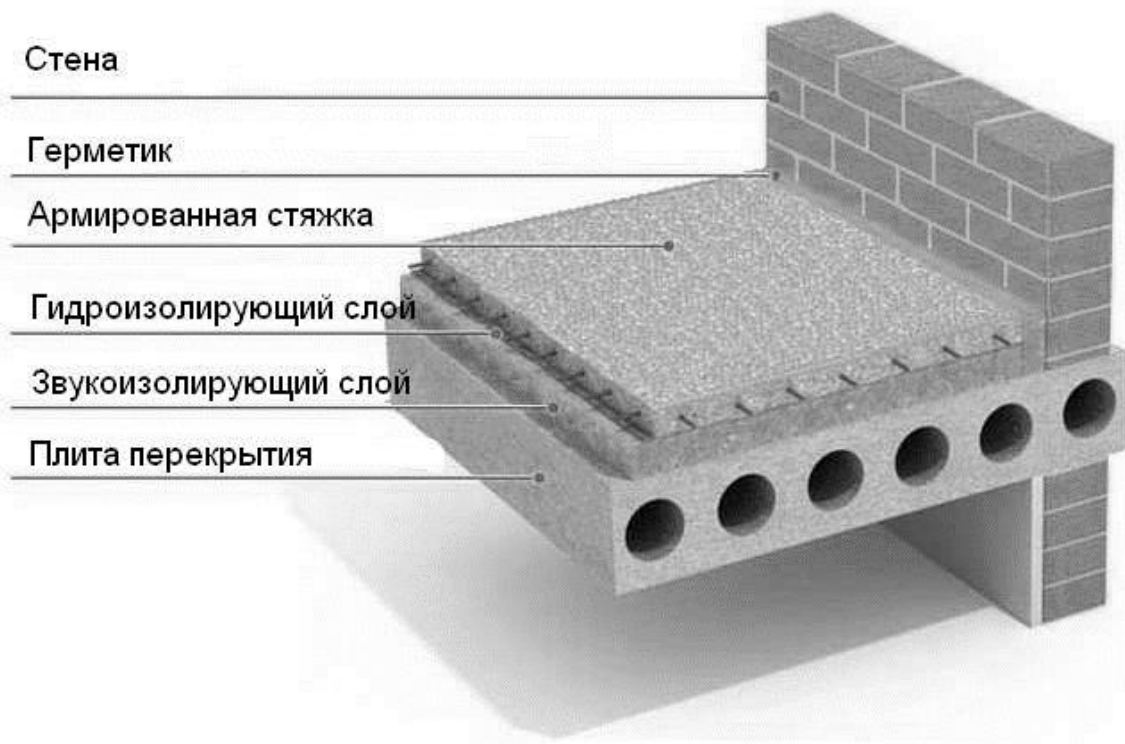


Рис. 4. Конструкція віброізолювальної підлоги.

У реальних коливальних конструкціях завжди має відбуватися перетворення енергії вібраційних процесів на теплову енергію внаслідок тертя контактувальних поверхонь або внутрішніх дисипативних втрат. Отже, амплітуда пружних хвиль, що поширюються в конструкціях у вигляді вібрацій, зменшується у разі віддалення від джерела. Використання спеціальних вібропоглинальних матеріалів збільшує ступінь вібродемпфірування.

До основних способів внутрішнього і зовнішнього вібродемпфірування належать:

- виготовлення елементів конструкції з матеріалів із більшим коефіцієнтом втрат;
- нанесення на елементи конструкції вібропоглинального покриття;
- розпилення високодемпфірувальних матеріалів на поверхню вібрувальної частини;
- проектування критичних частин у вигляді шаруватої конструкції;
- використання вібропоглинальних засипок і рідинних прошарків.

Вібропоглиначі (вібродемпфірувальні покриття) поділяють на мастила, мастики та компаунди, а також на жорсткі, армовані, м'які й комбіновані покриття.

Жорстке вібропоглинальне покриття – це шар або кілька шарів, нанесених на поверхню або елемент для захисту. Воно може бути з неметалічних матеріалів у вигляді плоскопаралельного шару пластмаси, органічного скла та мастил.

Армоване вібропоглинальне покриття відрізняється від жорсткого конструктивним рішенням. При цьому розглядається пружний шар, на зовнішню поверхню якого нанесено тонкий шар жорсткого матеріалу. Цей шар, що є своєрідним биндажем, виконує функції армування, надаючи в'язкому шару конструктивну жорсткість. Наявність армуючого матеріалу зумовлює можливість використання в'язкопружного шару з високими внутрішніми втратами і використанням деформацій зсуву. Для такого в'язкопружного шару підходять пористі й монолітні гуми, пластичні неметалічні матеріали.

М'яке вібропоглинальне покриття — це шар в'язкопружного матеріалу без додаткових армівних поверхонь, в якому виникають хвилі стискання під час згинних коливань пластин. Тому хвилі стискання поширюються нормально до поверхні пластин.

Коефіцієнти втрат для системи «пластина-покриття» залежать від втрат у матеріалі в'язкого шару, товщини та щільності пластини й покриття, а також від співвідношення швидкостей стискання і згину.

При використанні мастил демпфірування можна реалізувати, даючи змогу двом поверхням, що дотикаються, ковзати одна відносно одної. Рідкі або сухі мастила наносять на поверхні, що дотикаються, механічно за допомогою інструмента або розпилюванням.

При структурному шумі зіштовхуються з проблемами взаємодії і взаємоперетворення вібрацій та звукових коливань, оскільки звукові коливання, які є причиною виникнення в конструкціях звукових вібрацій,

можуть породжуватися коливаннями поверхонь конструкцій, деталей та іншими вібраційними факторами. Тісні взаємозв'язки вібрацій (як джерела шумів) і шумів (як джерел вібрацій) за фізичними властивостями досить різні.

Тому однозначної відповіді на питання створення аналітичних оцінок обставин виникнення, поширення і перетворення вібрацій, структурного шуму та, власне, акустичного шуму немає. Зазвичай питання створення аналітичних оцінок структурного шуму виникають для закритих об'ємів, які входять до складу великих інженерних споруд (кораблів, літаків, автотранспортних засобів, будівельних механізмів тощо) та архітектурних об'єктів (будівель промислового і спеціального призначення, різних споруд і приміщень).

Наприклад, для довільної промислової будівлі більшість джерел шуму, які можна в ній розмістити, ініціюють структурний і повітряний шум, який, збуджуючи обмежувальні поверхні конструкцій приміщень, зумовлює їх коливання. Ці коливання є передумовою виникнення перевипромінюваного цими обмежувальними поверхнями звуку в суміжних приміщеннях (рис. 5).

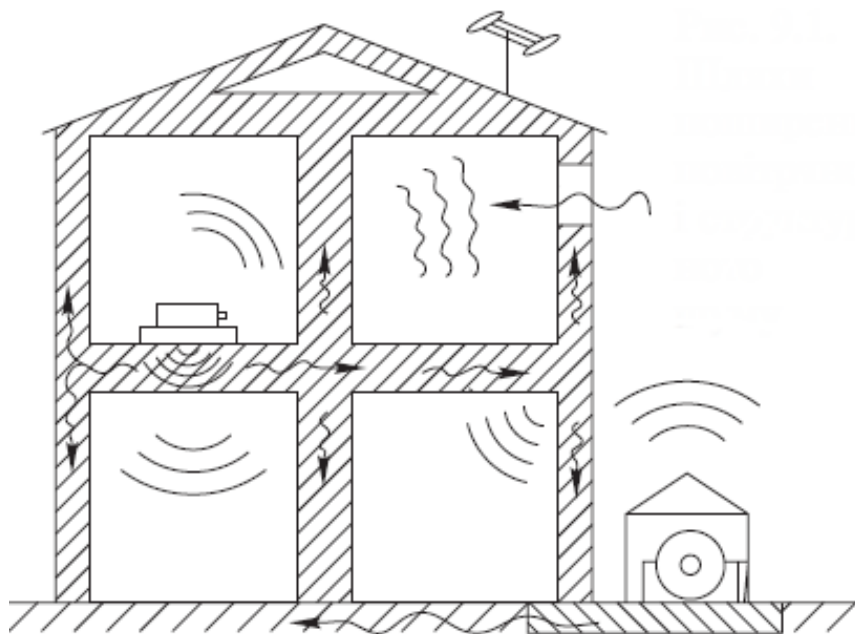


Рис. 5. Шляхи поширення повітряного і структурного шуму

Водночас вібраційна дія джерел, які створюються безпосередньо в місцях їх розміщення, залежно від умов та якості вібраційних «розв'язок» від елементів конструкції будівлі, – це ще один спосіб збудження підлог, стін та

перекриттів. При цьому збудження тим більше, а його прояви тим суттєвіші, чим нижча якість віброізоляції джерела шуму. При ударах по елементах корпусного набору (наприклад, по міжповерховому перекриттю) як впорядкованого, так і випадкового характеру, ударні впливи стають ще одним способом передавання енергії внаслідок коливання конструкції.

Вібрувальні конструкції здатні перевипромінювати звук навіть у тих приміщеннях, які значно віддалені від джерела вібрацій або шуму. У сучасних будівлях зниження маси огороження, збільшення жорсткості елементів сполучення в стиках, зменшення їх числа та збільшення частки матеріалів із малим коефіцієнтом внутрішнього тертя призводять до того, що структурний шум може поширюватися на великі відстані від його джерела.

При цьому збільшення жорсткості елементів сполучення технологічно забезпечується зварюванням або жорстким закріпленням елементів набору конструкції, що концентрують механічні напруження.

Для визначення рівня шумового впливу в деякому приміщенні, як результату збудження повітряного і структурного шуму (первинного і вторинного) деяким джерелом, потрібно провести певні заходи:

1. Визначити акустичні характеристики джерела шуму (акустичну потужність, спектральну щільність, напрямлені властивості, часові особливості і вид створюваного акустичного збурення).
2. Визначити вібраційні характеристики шуму (вібраційну потужність, розподіл вібраційних зміщень, швидкостей і прискорень по елементах джерела шуму та їх часові особливості).
3. Визначити напрями та величини основних збурювальних сил та їх характер з погляду стаціонарності впливу.
4. Визначити якість віброізоляції джерела та вібраційні характеристики фундаментів, основи або будь-якого іншого вузла кріплення.
5. Визначити акустичні характеристики обмежувальних внутрішніх і зовнішніх поверхонь приміщень, будівель і споруд.

6. Визначити звукоізоляцію як перегородок, так і приміщень загалом для певних типових умов шумового навантаження.
7. Схарактеризувати конструкції набору будівлі з погляду втрат коливальної енергії і вібропоглинання. Врахувати можливі резонансні ефекти відносно матеріалів, форм конструкцій, зовнішніх впливів та їх спектральних особливостей.
8. Вибрати домінуючий вібровплив (за умови кількох джерел або спектральних особливостей одного джерела) і визначити (або задати) характер розподілу коливальних швидкостей по обмежувальних поверхнях приміщення, будівлі або споруди.
9. Оцінити акустичний вплив, що створюється обмежувальними поверхнями за певного розподілу коливальної швидкості.
10. Відповідно до акустичних характеристик приміщення, звукоізоляції приміщення, рівнів повітряного шуму, шумового фону за межами будівлі визначити сумарний рівень шуму в приміщенні як результат енергетичного додавання всіх складових повітряної і структурної природи.
- 11.3 результатів розрахунків порівняти отримані сумарні рівні шуму в приміщенні з допустимими рівнями шуму й прийняти рішення щодо ступеня участі чи впливу джерела шуму на формування загального шумового фону в певному приміщенні для широкої смуги частот [9].

Якщо джерел кілька, то за умови їх рівнозначних вкладів потрібно розглядати кожне з них окремо з наступним енергетичним додаванням результатів як за акустичними, так і за механічними складовими.

Безумовно, критерієм для розрахунків має бути практика, зокрема проведення вимірювання шумів у приміщеннях та вимірювання вібраційних впливів на всьому шляху їх поширення від джерела.

Така послідовність розрахунку та вибір розрахункових моделей для акустичних й механічних впливів і шляхів їх поширення переважно залежать від багатьох факторів. Тому складність і об'ємність поставленої задачі

визначається детальністю розроблення фізичних та математичних моделей створюваних акустичних і механічних полів і їх відповідністю реальним ситуаціям.

1.4. Висновок

У наш час кількість підприємств у містах зростає з кожним днем, особливо актуальне їх розміщення в житлових будинках, що робить їх ближчими до споживача. Відповідно до такого розміщення виникає необхідність у якісному оснащенні даних підприємств (дотримання відповідних стандартів при захисті від шуму як самих працівників, так і оточуючих, які проживають у будинках або знаходяться неподалеку від будівлі).

Варто зазначити, що інтенсивний виробничий шум, діючи тривалий час на людину, впливає на весь організм. Інтенсивний шум несприятливо діє на організм людини і може стати причиною професійних і виробничо обумовлених захворювань.

Завдання боротьби з акустичними шумами полягає у зниженні негативного впливу шуму на людину в обмеженому та ізольованому просторі, оцінюванні акустичних властивостей структур і конструкцій зменшенням рівня шуму або його повного усунення як на відкритому просторі, так і в будинках та спорудах.

Саме тому зниження рівнів шуму в швейному цеху є необхідною складовою оснащення приміщення та актуальною задачею сьогодення.

2. ВИМІРЮВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ДЛЯ ПОДАЛЬШОГО ПРОЕКТУВАННЯ ШВЕЙНОГО ЦЕХУ

2.1. Рівні шуму в швейному цеху

Для проектування було обрано швейних цех у житловому будинку. Приміщення знаходиться на першому поверсі будівлі. Джерелами як повітряного так і структурного шуму є робота швейного обладнання, шум системи кондиціонування повітря тощо. Безпосередньо над приміщенням швейного цеху знаходяться житлові квартири. Світлопрозорі огороження приміщення цеху виходять на прибудинкову територію.

План приміщення, в якому розташовується швейний цех зображено на рис. 6.

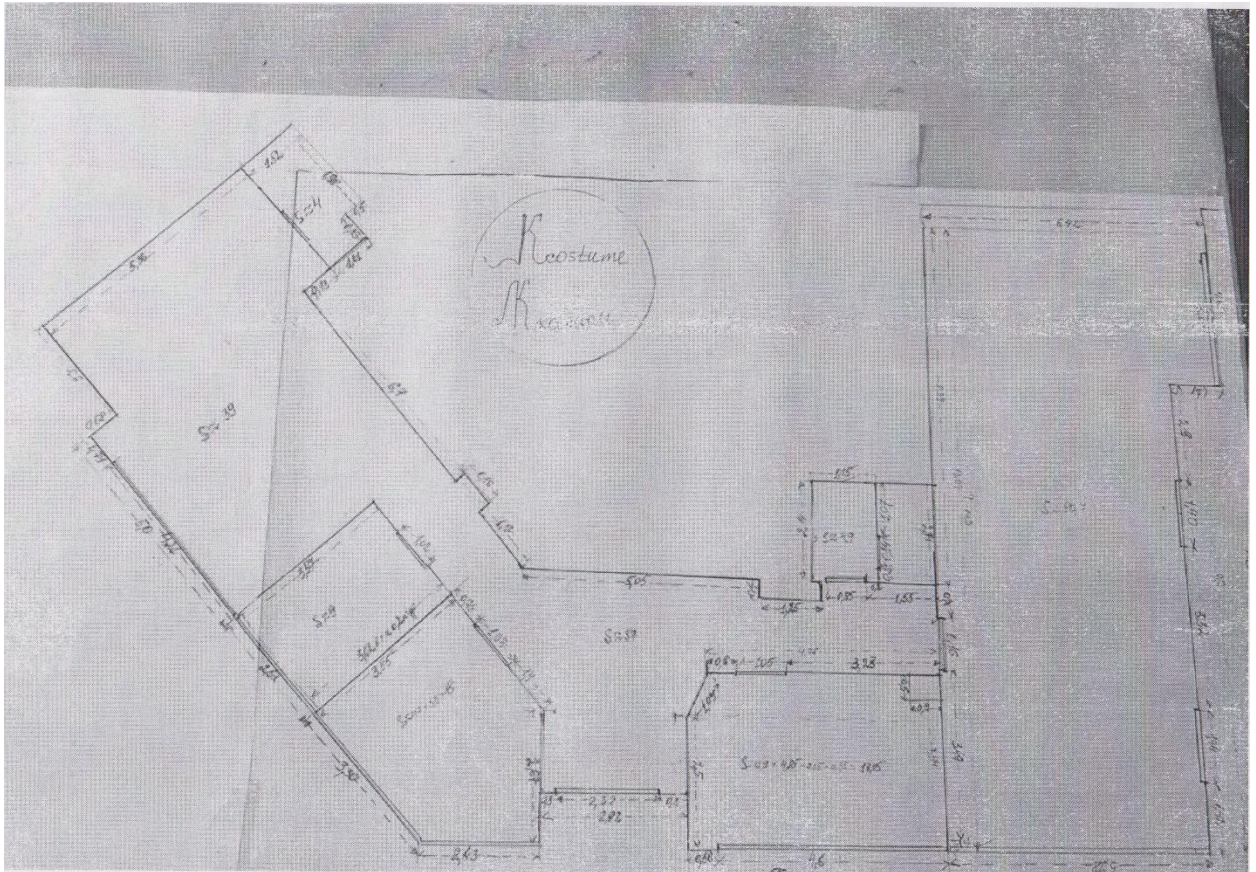


Рис. 6. План приміщення, в якому розташовано швейний цех.

Загальна площа швейного цеху становить $80,7 \text{ м}^2$. Його план зображено на рис. 7.

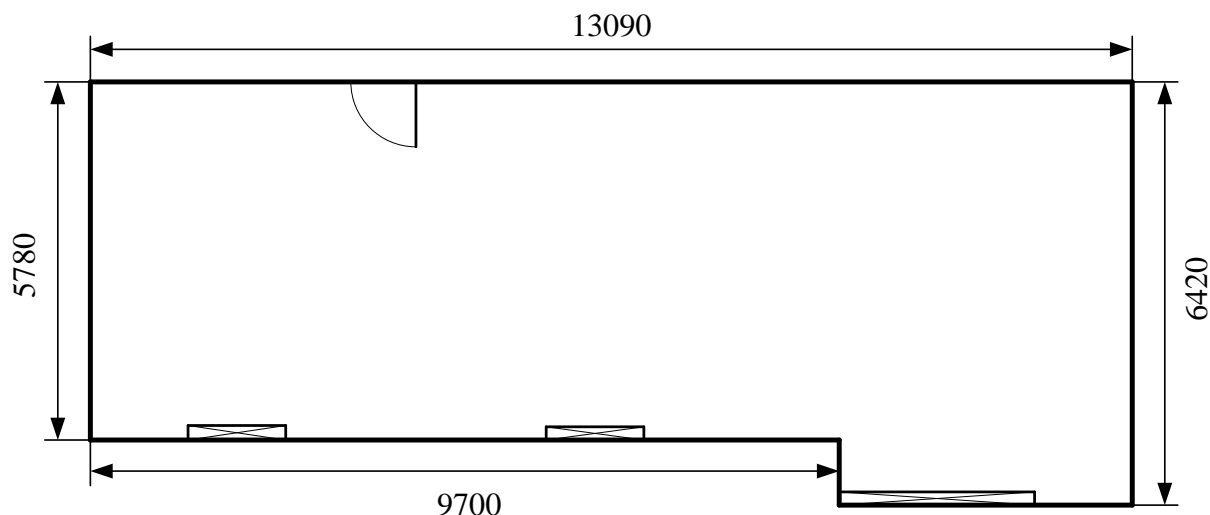


Рис. 7. План швейного цеху.

У швейному цеху планується розмістити 23 прилади, перелік яких наведено в табл. 1. Шумові характеристики яких частково лишаються невідомі.

Крім того планується улаштування системи припливно-витяжної вентиляції, що також буде призводити до збільшення шумового навантаження.

Акустичні параметри вентиляційного обладнання наведені в табл. 1.

Таблиця 1. Перелік обладнання швейного цеху

№	Назва	Кількість	Рівень шуму, дБА
1	Juck JK-B-2 Напівавтоматична відрізна лінійка	1	-
2	Juck JK-T70 Ніж розкрійний дисковий	2	72
3	Juck JK-T100 Ніж розкрійний дисковий	2	72
4	KSM-8003 (8'') 800W Розкрійна машина з сабельним ножом Kaisiman	1	78
5	Juki DDL-9000BSS-WB/AK-141N Високовиробнича 1-гол., універсальна машина автомат	5	77

6	Juki DDL 900ASWBN Високовиробнича 1-гол., універсальна машина автомат	1	81
---	---	---	----

Продовження таблиці 1

7	Juki MO-6714DA-BE6-40H (Чотирьохнитковий) оверлок	2	80
8	Juki MF-7523U11-B56/X83047 Трьохголкова розпошивна машина (інтерлок) для трикотажних виробів	1	77
9	Juki LBH-780U Петельна машина	1	68
10	Juki MB-1373-00S Гудзиковий напіваавтомат для плоских гудзиків	1	84
11	MAIER - 221 Підшивочна машина	1	-
12	Malkan UP102K (380V) Прямокутний прасувальний стіл	1	-
13	Malkan UP101AK (380V) Консольний прасувальний стіл з поворотною ручкою	1	-
14	SILTER SPR/MN 2035 Парогенератор	2	-
15	Juck JK-500B Прес прохідного типу	1	-
16	Gree FHBQ-D8-K Витяжна установка	1	45
17	Vents НК-250-2.4-1 Нагрівач	1	-

Сумарний рівень звуку від кількох n джерел із постійним шумом $L_{A \text{ сум}}$, дБА, визначають за формулою [14]:

$$L_{A \text{ сум}} = 10 * \lg(\sum_{i=1}^n 10^{0.1L_{Ai}}), \quad (2)$$

де L_{Ai} – рівень звуку i -го джерела шуму, дБА.

За формулою 2 розрахуємо сумарний рівень звуку в швейному цеху:

$$L_{A \text{ сум}} \approx 90 \text{ дБА.}$$

Так як шумові характеристики деяких приладів залишаються невідомими, то візьмемо сумарний рівень звуку з деяким запасом, щоб точно забезпечити надійну звукоізоляцію обираючи матеріали.

$$L_{A \text{ сум}1} = 95 \text{ дБА.}$$

Акустичні вимоги захисту від шуму в житлових та громадських місцях та на території житлової забудови встановлюються чинними в Україні нормативними документами [5, 15].

Виконання акустичних вимог передбачає забезпечення необхідної звукоізоляції огорожень та застосування будівельно-акустичних методів зниження шуму, що створюються джерелами в будинку.

У відповідності до нормативних документів нормованими параметрами шуму є:

- рівнів звуку L_A дБА та рівні звуку в октавних смугах частот нормованого діапазону 63-8000 Гц – для постійного шуму;
- еквівалентні рівні звуку $L_{A_{\text{екв}}}$ дБА та максимальні рівні звуку $L_{A_{\text{макс}}}$ дБА для непостійного шуму.

Значення вказаних величин наведено в табл. 2 [5].

Таблиця 2. Вимоги щодо допустимих рівнів шуму

Призначення приміщення	Час доби	Рівні звукового тиску $L_{\text{доп}}$, дБ (еквівалентні рівні звукового тиску $L_{\text{екв доп}}$, дБ) в октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц								Рівень звуку $L_{A \text{ доп}}$ (еквівалентний рівень звуку $L_{A \text{ екв доп}}$), дБА	Макс. рівень звуку $L_{A \text{ макс доп}}$, дБА
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
1. Житлові приміщення квартир	День	63	52	45	39	35	32	30	28	40	55
	Ніч	55	44	35	29	25	22	20	18	30	45
2. Території, які безпосередньо прилягають до житлових будинків	День	75	66	59	54	50	47	45	43	55	70
	Ніч	67	57	49	44	40	37	35	33	45	60

При цьому акустичний режим в приміщенні відповідає нормативним вимогам, якщо рівні звуку не перевищують нормативних значень $L_{\text{факт}} \leq L_{\text{доп}}$, дБА.

Нормативні величини індексів ізоляції повітряного шуму внутрішніх огорожувальних конструкцій $R'_{W \text{ норм}}$ і нормативні величини індексів ізоляції ударного шуму міжповерхових перекриттів $L'_{nW \text{ норм}}$ для житлових і громадських будинків, а також для допоміжних, господарських і будинків управлінь промислових підприємств, треба приймати відповідно до табл. 3 [5].

Таблиця 3. Вимоги щодо звукоізоляції приміщень

Найменування і розташування огорожувальної конструкції	Індекс ізоляції повітряного шуму $R'_{W \text{ норм}}$, дБ	Індекс ізоляції ударного шуму $L'_{nW \text{ норм}}$, дБ
Перекриття між приміщеннями квартир і розташованими під ними ресторанами, кафе, спортивними залами (за винятком дискотек і їм подібним приміщень)	62	60 ¹⁾ (38 ²⁾)
<p>¹⁾ Вимога стосується до передачі ударного шуму в приміщення, розташовані під перекриттям.</p> <p>²⁾ Вимога стосується до передачі ударного шуму в приміщення, що захищаються від шуму (<u>житлові приміщення квартир</u> і гуртожитків, номери готелів, палати лікарень, аудиторії тощо), при ударній дії на підлогу приміщення, що є джерелом ударного шуму (вестибюлі, холи, ресторани, кухні, <u>спортивні зали</u> тощо), незалежно від того відбувається ця передача вертикально вгору, горизонтально чи по діагоналях.</p>		

При цьому вимоги щодо звукоізоляції відповідають вимогам, якщо індекс ізоляції повітряного шуму не менше нормативного значення ($R_{W \text{ факт}} \geq R_{W \text{ норм}}$, дБ), індекс приведеного рівня ударного шуму менше допустимих значень ($L_{nW \text{ факт}} \leq L_{nW \text{ норм}}$, дБ).

2.2. Визначення проникаючих рівнів шуму в житлове приміщення та на прибудинкову територію

Детальний опис процесу оцінювання звукоізоляції в приміщенні надається в нормативному документі [16].

Визначення індексу ізоляції повітряного шуму полягає у співставленні частотної характеристики ізоляції повітряного шуму даної огорожувальної конструкції зі стандартною оціночною характеристикою ізоляції повітряного шуму. За величину індексу приймається числова величина ординати, зміщеної відповідним чином оціночної характеристики, на середньгеометричній частоті 500 Гц.

Величини стандартної оціночної частотної характеристики в третиннооктавних смугах частот у нормованому діапазоні від 100 Гц до 3150 Гц (16 третиннооктавних смуг) і величини стандартної оціночної частотної характеристики в октавних смугах частот в нормованому діапазоні від 125 Гц до 2000 Гц (5 октавних смуг) наведені в таблиці 4. і на рис. 8.

Таблиця 4. Величини частотних характеристик ізоляції повітряного шуму

Середньгеометричні частоти третиннооктавних (октавних) смуг, Гц	Числові величини стандартних оціночних частотних характеристик ізоляції повітряного шуму, дБ	
	в 1/3 октавних смугах частот	в октавних смугах частот
1	2	3
100	33	
(125)	36	36
160	39	
200	42	
(250)	45	45
315	48	
400	51	
(500)	52	52
630	53	
800	54	
(1000)	55	55
1250	56	
1600	56	

(2000)	56	56
2500	56	
3150	56	
Примітка. Частоти, наведені в дужках, відповідають середньгеометричним частотам октавних смуг.		

Рівень звукоізоляції, дБ

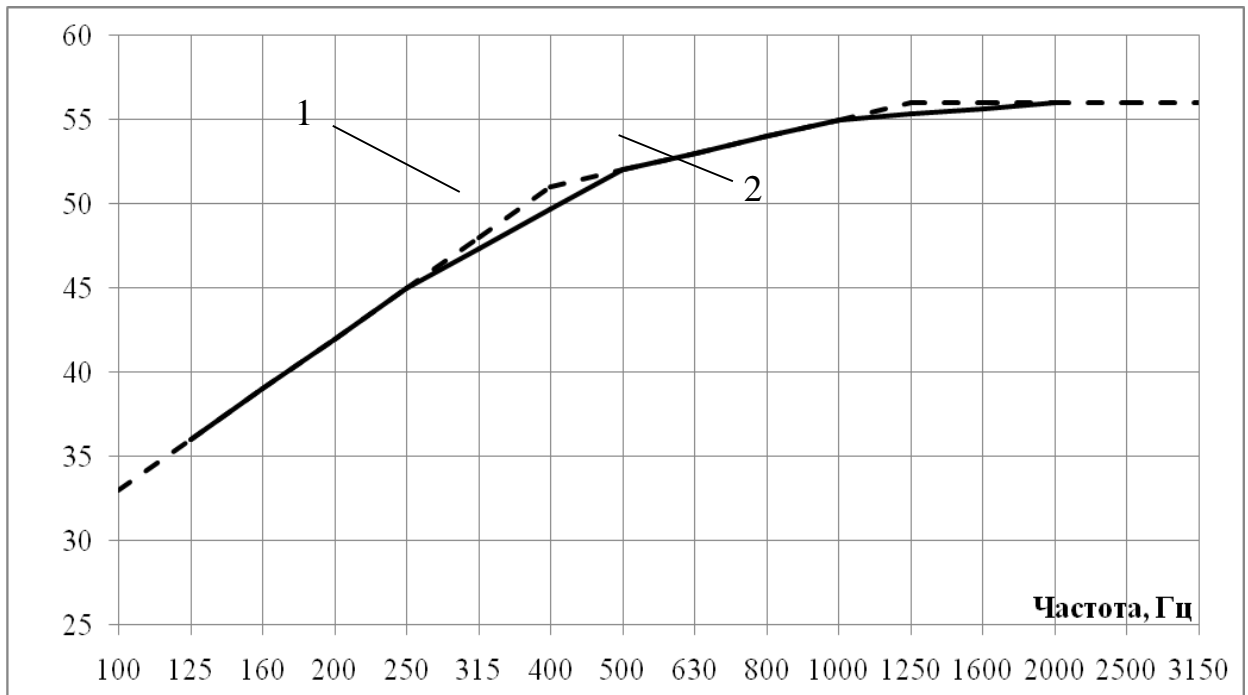


Рис. 8. Стандартні оціночні частотні характеристики ізоляції повітряного шуму; 1 – для третиннооктавних частотних смуг; 2 – для октавних частотних смуг.

Для визначення індексу ізоляції повітряного шуму потрібно на графік із оціночною характеристикою звукоізоляції нанести частотну характеристику ізоляції повітряного шуму даною конструкцією і визначити середнє несприятливе відхилення частотної характеристики даної конструкції від оціночної характеристики.

Несприятливими вважаються відхилення між оціночною характеристикою звукоізоляції та характеристикою ізоляції повітряного шуму даної конструкції вниз від оціночної характеристики в тій чи іншій смузі частот. Середнє несприятливе відхилення становить 1/16 суми всіх

несприятливих відхилень для розрахунків в третиннооктавних смугах частот і 1/5 суми всіх несприятливих відхилень для розрахунків в октавних смугах частот.

Якщо середнє несприятливе відхилення максимально наближається до 2 дБ або дорівнює 2 дБ, але не перевищує цю величину, то за таких умов величина індексу ізоляції повітряного шуму становить 52 дБ (числова величина ординати стандартної оціночної характеристики на середньгеометричній частоті 500 Гц).

Якщо середнє несприятливе відхилення перевищує 2 дБ, то оціночну характеристику треба змістити вниз на ціле число децибел так, щоб середнє несприятливе відхилення від зміщеної оціночної характеристики знову не перевищувало величину 2 дБ, але максимально до неї наближалось.

Якщо середнє несприятливе відхилення менше 2 дБ або несприятливі відхилення відсутні, то оціночну характеристику треба змістити вгору на ціле число децибел так, щоб середнє несприятливе відхилення від зміщеної оціночної характеристики максимально наближалось до 2 дБ, але не перевищувало цю величину.

Звукоізоляція в швейному цеху визначається за допомогою наступної формули [16]:

$$R = \Delta \bar{L} + 10 \cdot \lg \frac{S}{A}, \quad (3)$$

де $\Delta \bar{L}$ – різниця середніх рівнів звукового тиску в приміщенні високого й низького рівня, дБ;

S – площа поверхні випробовуваної конструкції, м²;

A – еквівалентна площа звукопоглинання в приміщенні низького рівня, м².

Основним напрямком проходження шуму в житлові приміщення від обладнання, що буде розташоване в цеху, є міжповерхове перекриття. Відповідно до вихідних даних, міжповерховим перекриттям є залізобетонна

плита товщиною 250 мм. Розрахункова частотна характеристика звукоізоляції якої наведена на рис. 9.

У середовищі MATLAB було розраховано значення ізоляції повітряного шуму R , побудовано графік і занесено до таблиці:

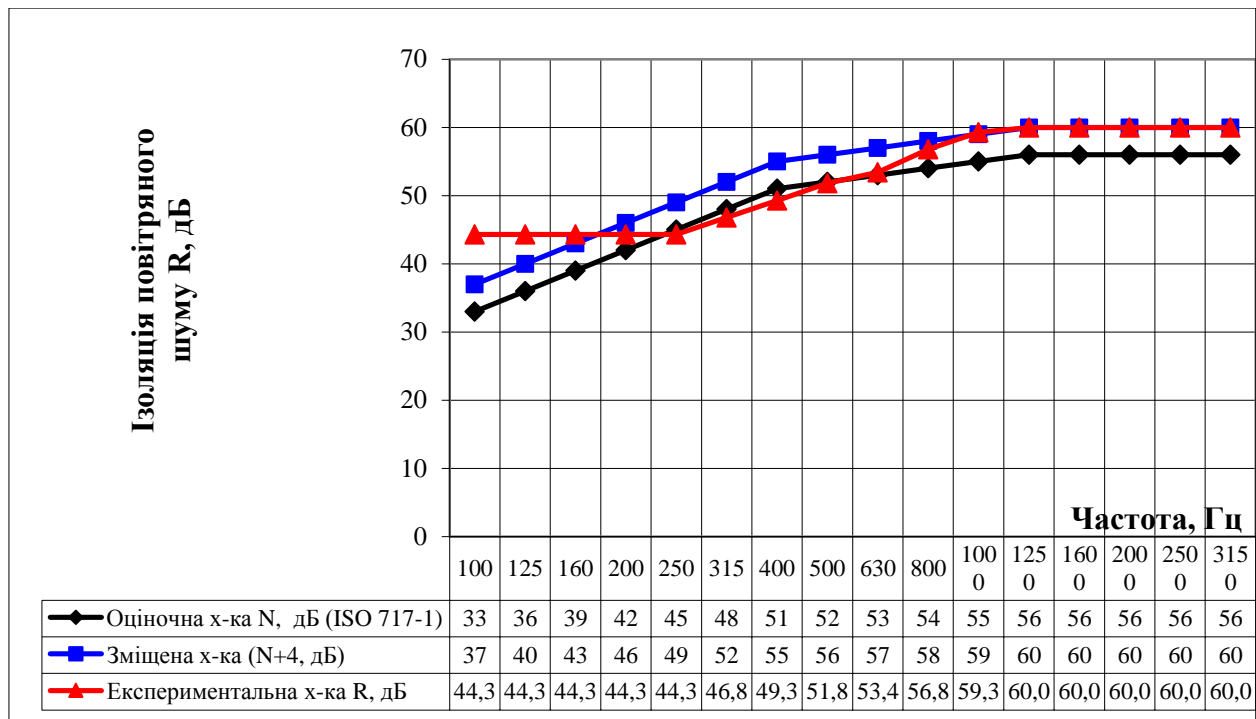


Рис. 9. Графік ізоляції повітряного шуму.

$$R_w(C, C_{tr}) = 56(-1; -4),$$

$$R_A = 52 \text{ дБА.}$$

За отриманим графіком видно, що індекс звукоізоляції складає 52 дБА.

Для того, щоб розрахувати рівні звукової потужності, що пройшли крізь огорожувальну конструкцію, необхідно скористатись формулою (4) [14]:

$$L_{w \text{ пр}} = L_{ш} + 10 \lg S_k - R' - \delta_d \quad (4)$$

де $L_{ш}$ – октавні рівні звукового тиску в розрахунковій точці, розташованій на відстані 2 м від центра огорожувальної конструкції, від усіх джерел шуму з того її боку, на який падає звук, дБ;

S_k – площа огорожувальної конструкції (або прорізу), крізь яку проникає шум, м^2 ;

δ_d – поправка, що враховує характер звукового поля перед огорожувальною конструкцією, на яку падає звук: при падінні звуку із

приміщення з джерелом (джерелами) шуму $\delta_d = +6$ дБ; при падінні звуку із атмосфери (з прилеглої території) $\delta_d = 0$ дБ;

R' – ізоляція повітряного шуму огорожувальною конструкцією в октавних смугах частот, крізь яку проникає шум, дБ; визначається згідно з [10].

Отже, виходячи з формули (4) можна визначити, що проникаючі рівні повітряного шуму в житлове приміщення будуть складати:

$$L_{w1} = 48 \text{ дБА.}$$

Значення є незадовільним, згідно нормативного документу [5], це означає що в житловому приміщенні над швейним цехом можуть спостерігатися проникаючі рівні повітряного шуму до 48 дБА, що на 8 дБА будуть перевищувати допустимі значення для денного часу доби.

Також визначимо рівні шуму, що проходять на прибудинкову територію. Окрім проникнення рівнів в житлове приміщення, шум також буде проникати крізь світлопрозорі огороження і на житлову територію.

Ізоляція повітряного шуму вікон за формулою 4-8-4-12-4 наведена на рис. 10. Дані розрахунки були проведені в лабораторних умовах згідно стандартів та нормативних документів.

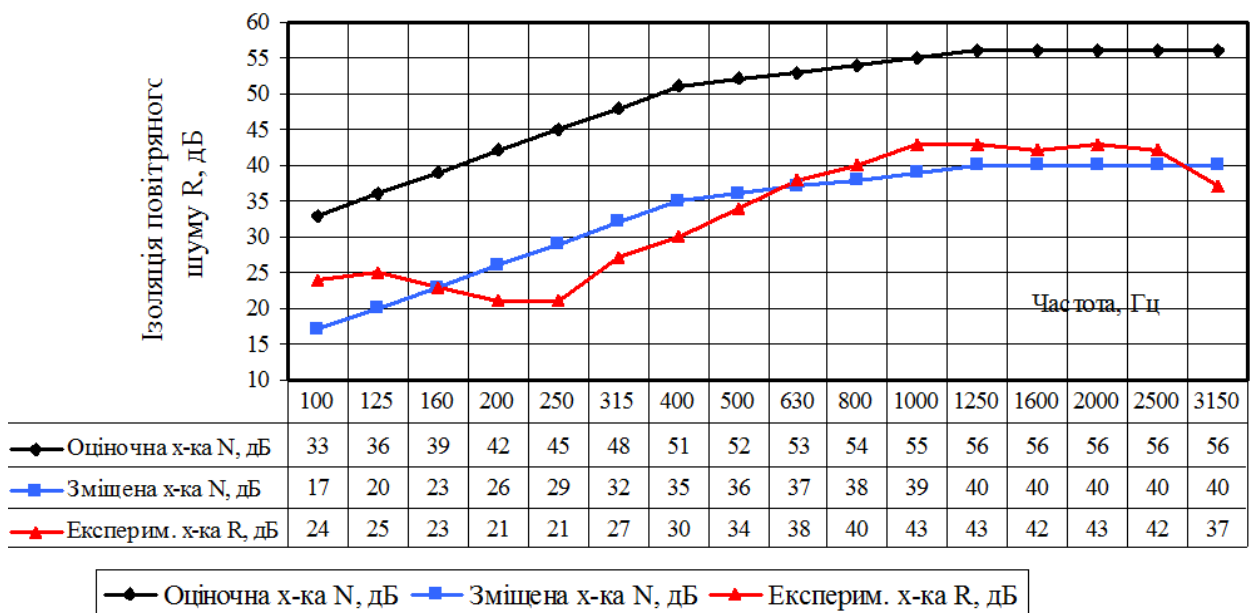


Рис. 10. Ізоляція повітряного шуму вікна 4-8-4-12-4.

$$R_w(C, C_{tr}) = 36(-2; -5),$$

$$R_A = 31 \text{ дБА.}$$

Порівняємо лабораторні результати вимірювання ізоляції повітряного шуму вікна з теоретичними розрахунками.

Розрахунки проведемо згідно нормативного документу [17].

Для підвищення теплоізоляції вікон, а також їх звукоізоляції застосовують потрійне скління.

Будують частотну характеристику ізоляції повітряного шуму одним шаром скла. Потім будують допоміжну ламану лінію $A_1B_1C_1D_1$ (рис. 10) шляхом додавання до ординат лінії $ABCD$ поправки ΔR_1 , дБ, на збільшення поверхневої густини конструкції в цілому.

Визначають частоту основного резонансу f_p конструкції скління за формулою (5):

$$f_p = 60 \sqrt{\frac{3}{2m_1d_{\Pi}}}; \quad (5)$$

де m_1 – поверхнева густина одного шару скла, кг/м²;

d_{Π} – внутрішня відстань між крайніми шарами скла, м.

Частоту f_p заокруглюють до середньгеометричної частоти 1/3 октавної смуги, в межах якої знаходиться визначена частота f_p .

До частоти $0,8f_p$ включно частотна характеристика звукоізоляції конструкції збігається з допоміжною лінією. На частоті f_p звукоізоляція приймається нижчою від допоміжної ламаної лінії $A_1B_1C_1D_1$ на величину поправки $(4 + H_{\Pi I})$, дБ. На частоті $8f_p$ визначають точку К з ординатою $R_K = R_F + H_{\Pi I} + H_{\Pi II}$, яку з'єднують з точкою F.

Перевищення ординати відрізка KL над ординатою допоміжної лінії $A_1B_1C_1D_1$ являє собою поправку ΔR_2 на вплив повітряних проміжків (для частот вищих від $8f_p$).

Від точки L до частоти $1,25f_B$ проводять горизонтальний відрізок LM. На частоті f_C визначають точку N шляхом додавання до значення ординати допоміжної лінії $A_1B_1C_1D_1$ поправки ΔR_2 ($R_N = R_{C1} + \Delta R_2 = R_C + \Delta R_1 + \Delta R_2$), яку з'єднують з точкою M. Потім проводять відрізок NP з нахилом 7.5 дБ на октаву.

Ламана лінія $A_1EFKLMNP$ на рис. 11 являє собою частотну характеристику ізоляції повітряного шуму R , дБ, даною конструкцією скління.

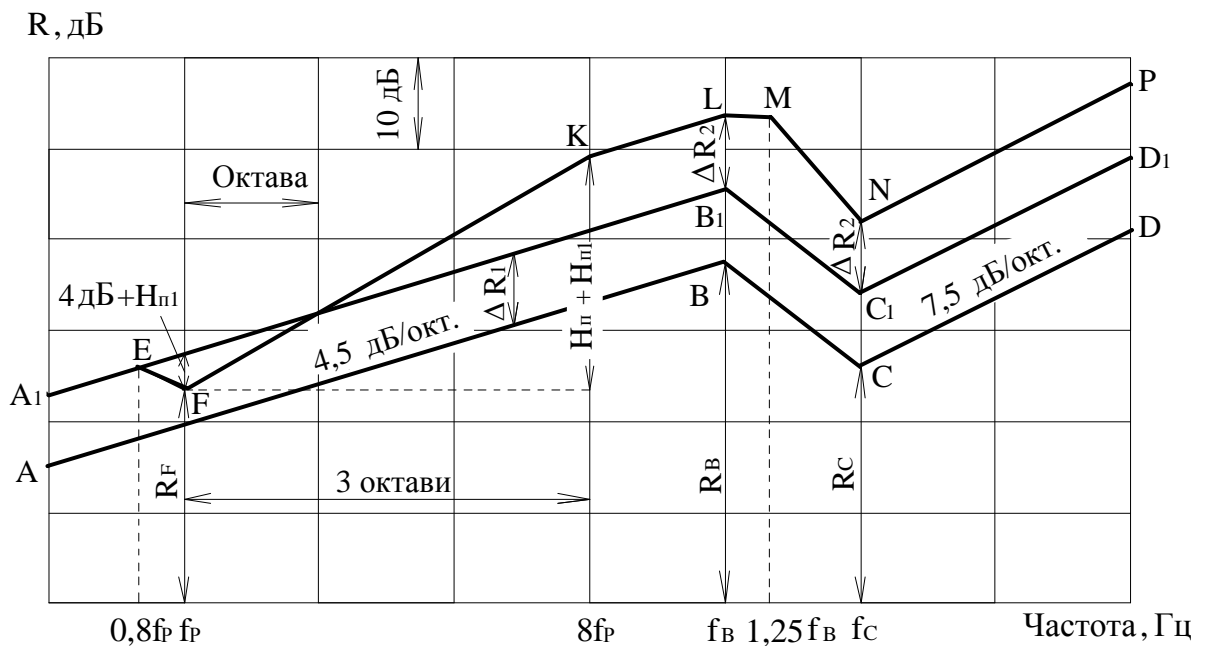


Рис. 11. Частотна характеристика ізоляції повітряного шуму потрійним склінням при однаковій товщині шарів скла.

Розрахуємо та визначимо всі необхідні значення для побудови частотної характеристики ізоляції вікна:

$$f_b = 6000/4 = 1500 \rightarrow 1600 \text{ Гц};$$

$$f_c = 12000/4 = 3000 \rightarrow 3150 \text{ Гц};$$

$$m_{\text{сум}}/m_1 = 3;$$

$$\Delta R_1 = 7 \text{ дБ};$$

$$H_n = 22 \text{ дБ};$$

$$H_{n1} = 2 \text{ дБ};$$

$f_c=150 \rightarrow 160$ Гц.

На рис. 12 приведемо графік частотної характеристики ізоляції вікна.

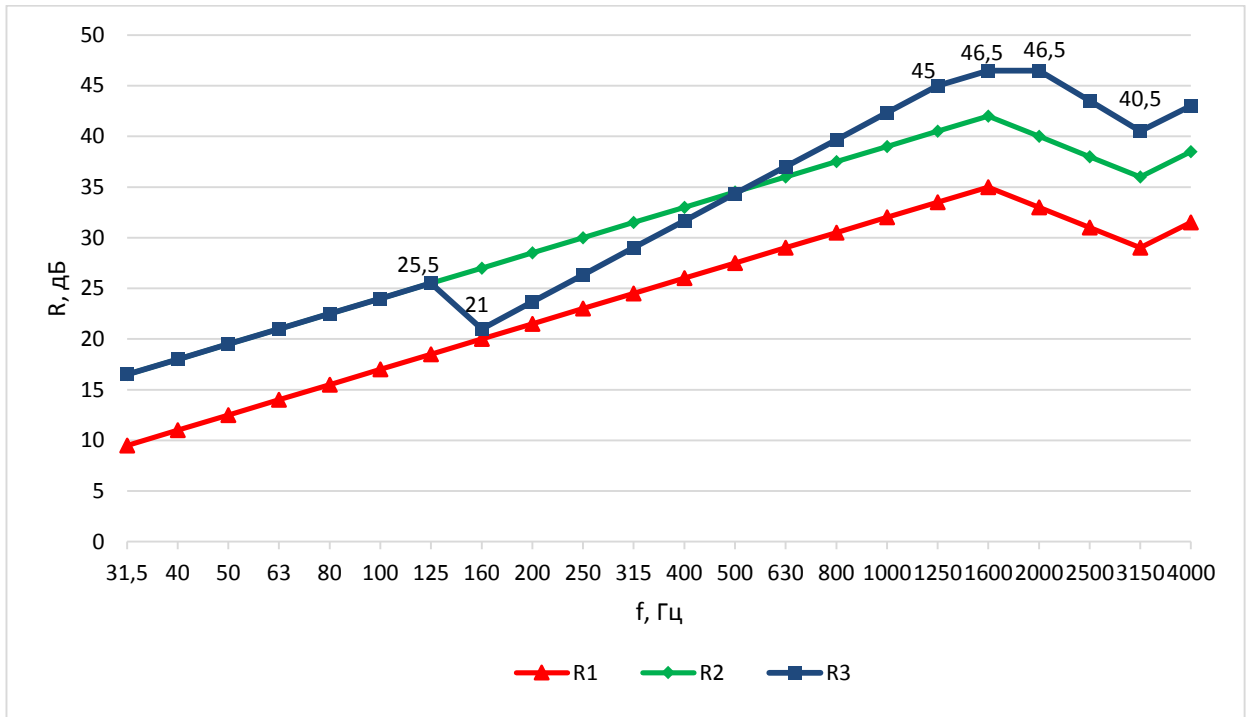


Рис. 12. Частотна характеристика ізоляції вікна.

За отриманими результатами частотної характеристики знайдемо індекс звукоізоляції вікна.

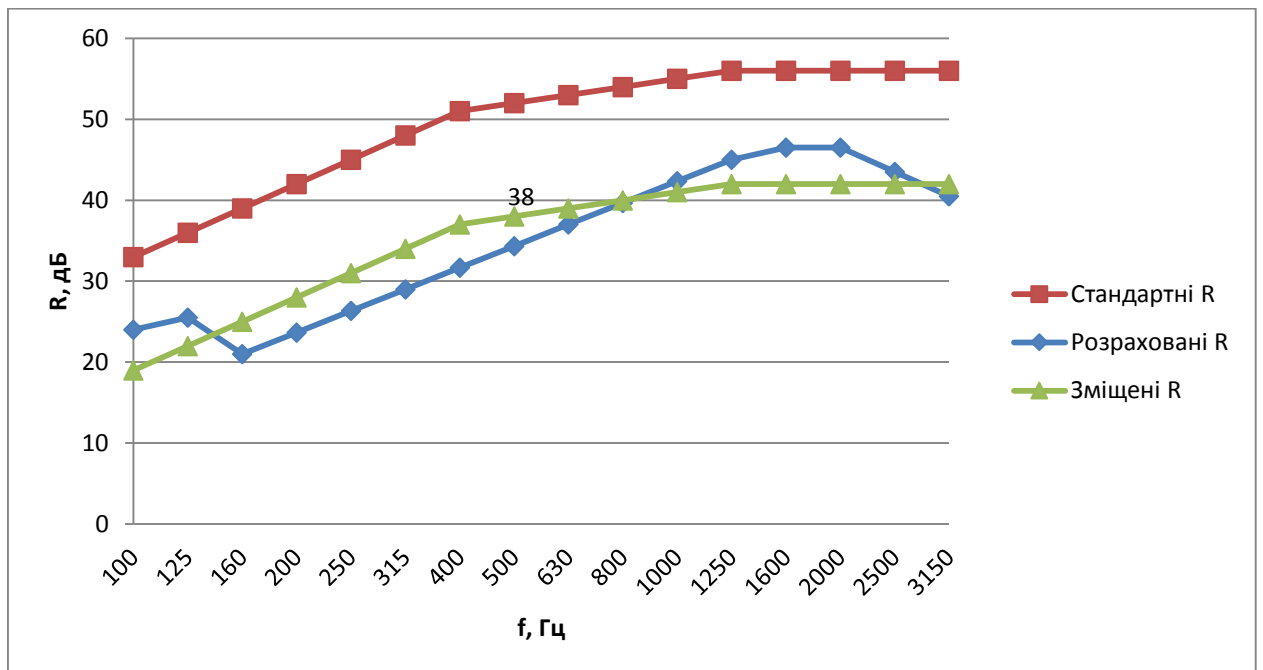


Рис. 13. Графік звукоізоляції вікна.

За отриманим графіком видно, що індекс звукоізоляції вікна складає 38 дБ. З результатів видно, що експериментальні та розрахункові значення відрізняються не суттєво.

Для того, щоб визначити проникаючі рівні шуму на прибудинкову територію проведемо певні розрахунки.

Спочатку необхідно розрахувати індекс звукоізоляції R'_w для стіни, що виходить на вулицю, яка складається з бетону. Індекс звукоізоляції розрахуємо за формулою (5), згідно з нормативним документом [17].

$$R'_w = 23 * \lg m_e - 8, \quad \text{при } m_e \geq 200 \text{ кг/м}^2, \quad (6)$$

де m_e – еквівалентна поверхнева густина огорожувальної конструкції.

$$m_e = \rho * h, \quad (7)$$

де ρ – густина матеріалу, h – товщина матеріалу.

Густина бетону складає 1400 кг/м^3 , а товщина стінки (400 мм), отже, еквівалентна поверхнева густина буде рівна 560 кг/м^2 .

Тоді індекс звукоізоляції стінки складає: $R'_w = 55 \text{ дБ}$.

Можна зробити висновок, що звукоізоляція стін в приміщенні є задовільною. Це значить, що основною причиною поганої звукоізоляції швейного цеху, є погана якість вікон, які треба замінити на нові.

Аналогічно, за формулою (4) можна визначити, що проникаючі рівні шуму на прибудинкову територію будуть складати:

$$L_{w2} = 63 \text{ дБА.}$$

Орієнтовні рівні звуку на території (2 м від фасаду будинку) можуть досягати значень 63 дБА, що на величину 8 дБА будуть перевищувати нормативні значення [5].

2.3. Висновок

У даному розділі було розглянуто розрахунок ключових параметрів для швейного цеху. Спершу було отримано значення сумарного рівня звуку від кількох джерел у приміщенні (95 дБА). Потім було розраховано проникаючі рівні шуму в житлове приміщення (48 дБА) та проникаючі рівні шуму на прибудинкову територію (63 дБА). Також було проведено порівняння з допустимими рівнями шуму в відповідності до нормативних документів та виявилось, що обидва показники перевищують допустимі. Тому в наступному пункті варто розглянути методи зниження рівнів шуму та сучасні технології для покращення звукоізоляції в швейному цеху.

3. ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ ПО ОБЛАДНАННЮ ШВЕЙНОГО ЦЕХУ НА ПЕРШОМУ ПОВЕРСІ ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ

3.1. Рекомендації зі зниження рівнів шуму

Виконання нормованого режиму в житлових приміщеннях на 2-му поверсі можливо при виконанні наступних будівельно-акустичних засобів зниження шуму:

- улаштування звукоізоляційної стелі для зниження передачі повітряного шуму;
- улаштування «плаваючої» підлоги для зниження передачі структурного шуму;
- звукоізоляції трубопроводів;
- збільшення ізоляції зовнішніх огорожувальних конструкцій.

Також для зниження шуму на прибудинкових територіях варто покращити якість світлопрозорих огорожень.

3.1.1. Улаштування звукоізоляційної стелі для зниження передачі повітряного шуму

Для звукоізоляції стелі застосовуються два варіанти конструкцій – каркасні і безкаркасні системи підвісних стель.

Найбільш відома серед сучасних матеріалів для шумоізоляції стелі безкаркасна система шумоізоляції стель називається ЗПС і розшифровується як Звукоізолююча Панельна Система. Звукоізолююча конструкція в даному випадку складається з сендвіч-панелі ЗПС, що має вісім віброізолюючих вузлів кріплень, і фінішного листа важкого гіпсокартону АКУ-Line. Сендвіч-панель без зазорів монтується безпосередньо до перекриття через вібровузли за допомогою спеціального кріплення, а гіпсокартон прикручується до панелі. Стикування панелей між собою відбувається за принципом "паз-гребінь".

Каркасні звукоізоляційні системи зазвичай складаються з більшої кількості елементів, ніж безкаркасні. Для отримання заявленого акустичного

ефекту їх треба правильним чином змонтувати, що істотно підвищує трудовитрати та вплив якості монтажу на кінцевий результат. Однак, у даних систем є і незаперечна перевага: такі рішення базуються на широко відомих кожному будівельнику гіпсокартонних технологіях і по суті являють собою "тюнінг" відомих сучасних конструкцій підвісних стель з ГКЛ. Ще однією важливою перевагою каркасних стель є можливість одночасно застосовувати їх не тільки для зниження шуму, але і для вирівнювання поверхні стель.

Типовий склад звукоізоляційної стелі:

- акустичний триплекс з якісного гіпсокартону: дане оснащення є одним з найважливіших елементів обшивки при влаштуванні шумоізоляції стелі. Листи акустичного триплекса характеризують високі показники шумоізоляції через більш високу поверхневу густину;
- звукоізолюючий гіпсокартон: матеріал застосовується в якості фінішних листів обшивки конструкції підвісної стелі. За рахунок більш високої об'ємної щільності листи має підвищені звукоізоляційні властивості в поєднанні зі зручністю оздоблювальних робіт, властивим листам якісного гіпсокартону;
- звукопоглинальні плити: крім стабільних звукопоглинальних властивостей матеріал повинен поєднувати в собі інші важливі високі експлуатаційні показники: негорючість, довговічність, екологічність, високу механічну міцність. Плити використовуються в якості заповнення внутрішнього простору підвісної стелі;
- стельові віброізолюючі підвіси: також один з найважливіших елементів конструкцій, що забезпечує віброізоляцію конструкції підвісної стелі від захищаючого перекриття. При цьому підвіси забезпечують міцне та надійне кріплення конструкцій до перекриття з точки зору будівельних технологій;
- універсальна віброізолююча прокладка з багатошарового високоякісного скловолна. Прокладка застосовується в місцях

примикання конструкцій підвісної стелі в будівлі до усіх суміжних поверхонь: стін і колон. При досить малій товщині дана конструкція ефективно ізолює передачу звукових вібрацій з одної конструкції на іншу;

- віброакустичний герметик застосовується для якісного закладення стиків між звукоізоляційними конструкціями та іншими поверхнями без погіршення досягнутої ізоляції повітряного шуму [18].

Для збільшення звукоізоляційних властивостей міжповерхового перекриття, необхідно улаштувати підвісну звукоізоляційну стелю на вібропідвісах Кнауф (рис. 14) [19].

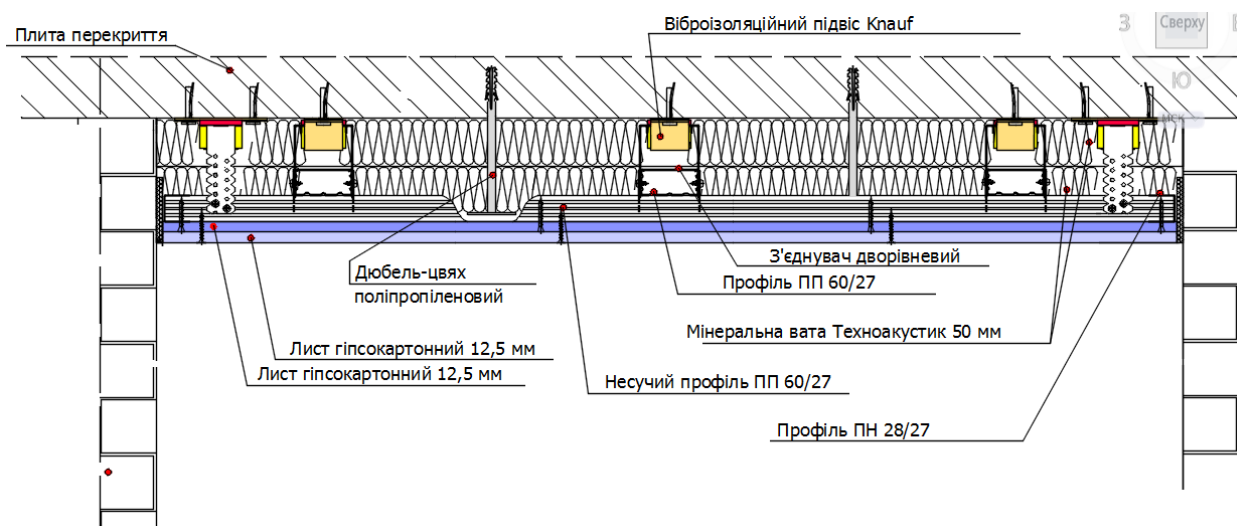
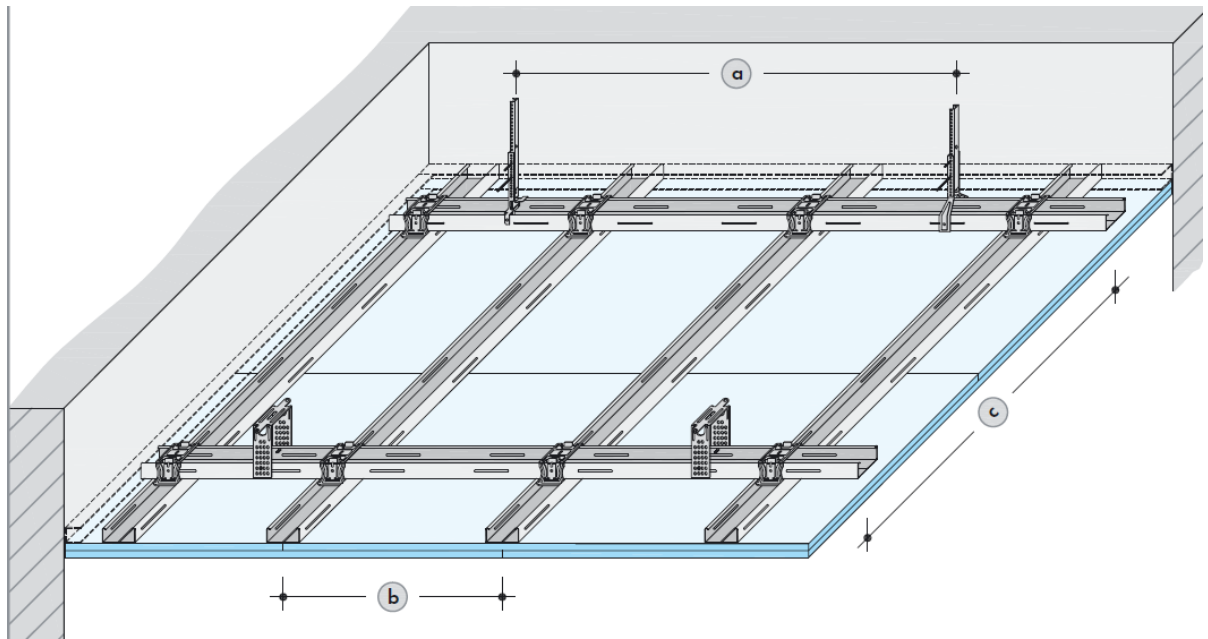


Рис. 14. Схема улаштування підвісної звукоізолюючої стелі (розріз).

На рис. 15 показана монтажна схема дворівневого каркасу D112 з вказаними розмірами між елементами. При цьому товщина металевих профілів повинна становити не менше 0,6 мм.



$$a \leq 0.7\text{м}, b = 0.4\text{м}, c \leq 0.6\text{м}$$

Рис. 15. Схема улаштування підвісної звукоізолюючої стелі (аксонометрія).

На рис. 16 вказана система кріплення вентиляційної системи до стелі зі способом її звукоізоляції.

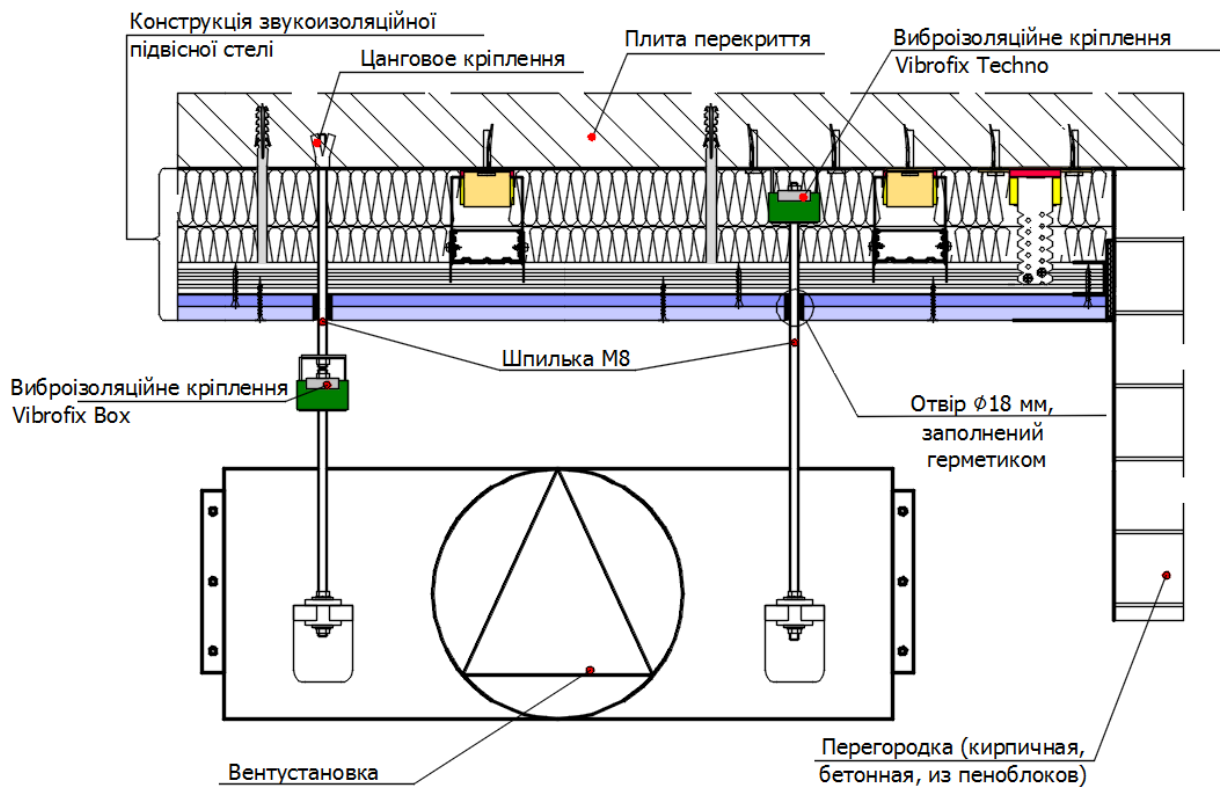


Рис. 16. Схема підвісу вентиляційного обладнання до міжповерхової плити перекриття.

3.1.2. Улаштування «плаваючої» підлоги для зниження передачі структурного шуму

Плаваюча підлога має свої конструктивні особливості, включає в себе такі основні складові: покриття, жорстку підставку в вигляді стяжки із моноліту або збірна, шар звукоізоляції. Останній представлений матеріалами, для яких характерна сипучість або пружність і м'якість. Їх укладають на плити, які виступають перекриттям.

Структура такої підлоги побудована таким чином, що немає зв'язку між спорудою і самим перекриттям. Це є позитивною його стороною. Завдяки такій особливості будь-яка усадка і дифузія споруди ніяк не призведе до змін у структурі підлоги.

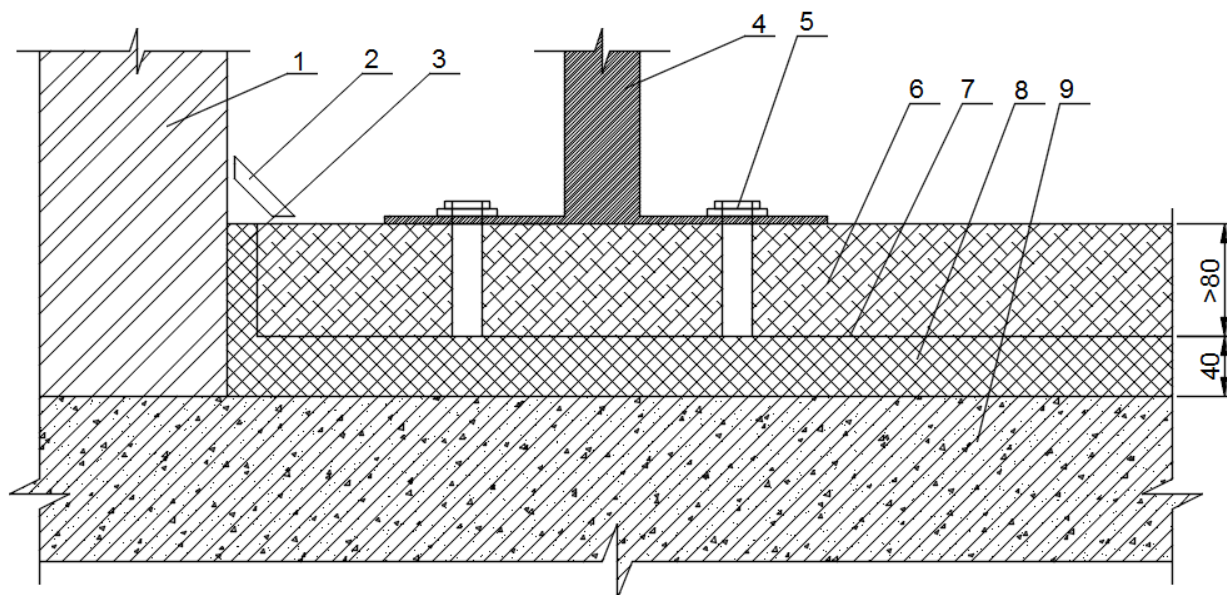
Укладання плаваючої підлоги виконують не впритул зі стінами. Вони не повинні стикатися. Завдяки цьому звуковій хвилі не поширюються. Така конструкція також усуває і ударний шум, який неминучий у будівлях. Він утворюється від механічного впливу на плити.

Серед основних її переваг виділяють:

- високий показник звукоізоляції, він забезпечується незалежним один від одного розташуванням складових підлоги;
- зберігає тепло. Така підлога набагато комфортніше звичайної, так як при її складанні використовуються тільки якісні матеріали;
- простий і швидкий монтаж. Його можна укласти як своїми руками, так і скористатися послугами фахівців;
- міцність. Конструкція складається з великої кількості різних шарів;
- довговічність. При усадці будівлі не відбувається деформація фінішного покриття;
- стійкість до перепадів температур;
- забезпечує рівномірний розподіл навантаження;
- не скрипить. Відсутні кріплення, які з роками слабшають і псуються;

Окрім переваг, дана конструкція має мінуси. Вони для кожного виду свої конструкції. Але є і загальний – така конструкція значно зменшує висоту приміщення [20].

Для зниження шуму в нашому приміщенні необхідно улаштувати «плаваючу підлогу». Схема улаштування наведена на рис. 17 [19].



- 1 - Стіна
- 2 - Плінтус
- 3 - Вкладиш по периметру із мінеральної вати
- 4 - стійка деякого обладнання;
- 5 - анкер;
- 6 - армована стяжка;
- 7 - ПВХ плівка (гідроізоляція);
- 8 - мінеральна вата ROCKWOOL товщиною 40 мм (STEPROCK HD, STEPROCK HD4F)
- 9 - з/б плита перекриття.

Рис. 17. Конструкція плаваючої підлоги для зниження структурного шуму

Примітка 1. Якщо необхідно жорстко кріпити до підлоги деяке обладнання, то кріплення виконувати лише до стяжки (>80 мм), ні в якому разі елементи кріплення не повинні торкатися з/б плити перекриття.

Примітка 2. Між стіною та стяжкою повинні вертикально прокладатися вкладиші із мінеральної вати аналогічній тій, що використовується під стяжкою ширина вкладиша 20 мм.

Спираючись на стандарт Кнауф, у своїй комбінації плаваюча підлога та звукоізоляційна стеля забезпечує зниження проходження повітряного шуму в житлове приміщення на 17 дБ [19].

Тобто при новому оформленні приміщення проникаючі рівні повітряного шуму будуть складати вже 31 дБА, що відповідає нормам [5].

3.1.3. Звукоізоляції трубопроводів

Забезпечити звукоізоляцію будь-яких трубопроводів можна, якщо:

- Збільшити масу труби. Більш масивна труба має більшу інертність і від впливу повітряного чи водного потоку не буде сильно вібрувати. Метод простий, але порівняно дорогий, адже таку інертність можна досягти за рахунок збільшення матеріаломісткості. Зате масивна труба витримує велике зовнішнє навантаження і високий внутрішній тиск, що є перевагою. Вага погонного метра масивної труби набагато більше, ніж «легкого» аналога, навіть якщо їх пропускна здатність однакова;
- застосувати звукоізолюючі матеріали, накладаючи їх на існуючі труби в якості захисного зовнішнього шару. Це зручний спосіб звукоізоляції, так як його можна виконати без демонтажу, додаткових трудомістких заходів безпосередньо на існуючій розводці трубопроводу;
- використовувати елементи кріплення труби високої якості [21].

Для звукоізоляції трубопроводів, що присутні в приміщенні доцільно організувати окремий короб (рис. 18).

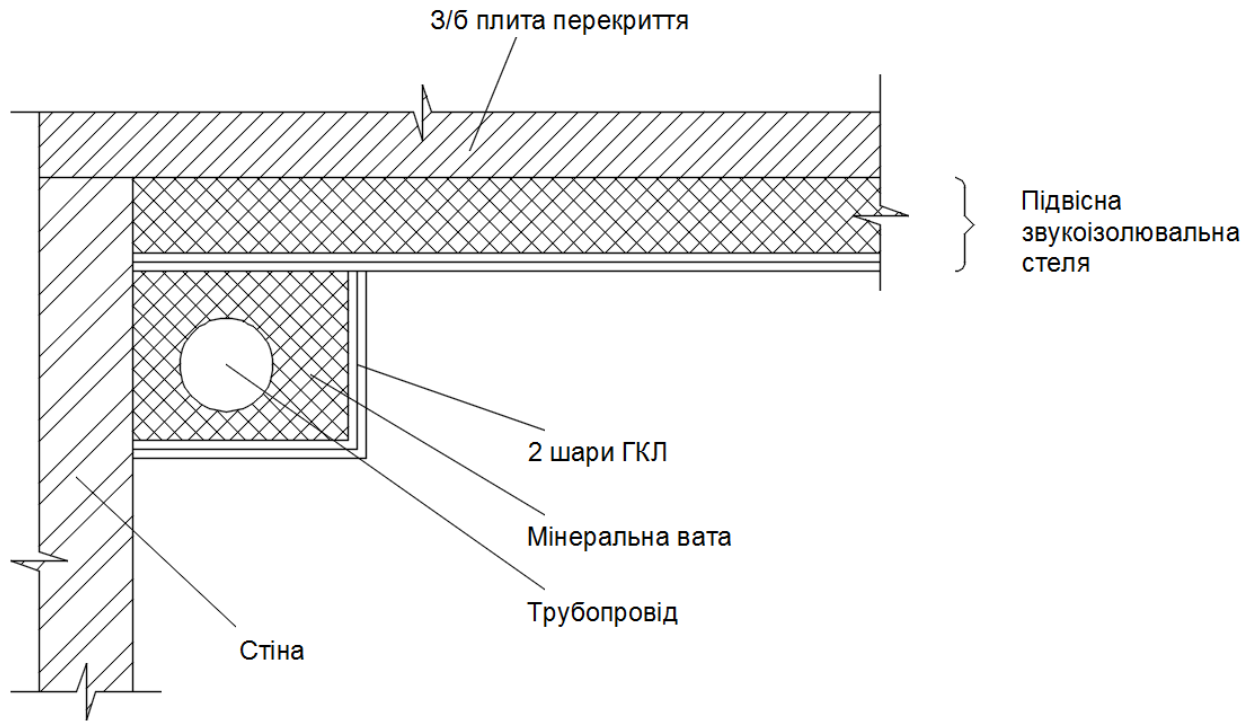


Рис. 18. Схема звукоізоляції трубопроводу.

3.1.4. Збільшення ізоляції зовнішніх огорожувальних конструкцій

Розрахункова звукоізоляція бетонної стіни товщиною 400 мм складає 55 дБА. При рівні шуму в 95 дБА, стіна забезпечує нормовані рівні шуму на фасаді будинку (43 дБА, при нормі в 55 дБА) [5].

Звукоізоляція світлопрозорої частини – вікна, значно менша, та складає приблизно 31 дБА. Що напевно не забезпечить нормовані рівні шуму на фасаді (63 дБА, при нормі в 55 дБА) [5].

Згідно до стандарту [17] орієнтовна результуюча звукоізоляція складених огорожувальних конструкцій становить 34 дБА, відповідно до формули (8). Та не забезпечує норму (60 дБА, норма 55 дБА) [5].

$$R'_{\text{рез}} = -10 \lg \left(\frac{1}{S_K} \sum_{i=1}^m S_i \cdot 10^{-0,1 R'_i} \right) \quad (8)$$

де S_K – загальна площа складеної огорожувальної конструкції, м²;

S_i – площа i -го елемента складеної огорожувальної конструкції, м²;

R'_i – ізоляція повітряного шуму i -им елементом складеної огорожувальної конструкції в третиннооктавних (октавних) смугах частот, дБ;

m – кількість елементів складеної огорожувальної конструкції з різною звукоізоляцією.

Шум від обладнання швейного цеху наданий виробником в розмірності дБА, а не в октавних смугах частот, та не перевірений у реальних умовах. Тому є рекомендація зробити заміри після закінчення ремонту та запуску всієї техніки.

При підтвердженні наднормових рівнів шуму на фасаді будівлі треба збільшити звукоізоляцію вікон шляхом встановлення додаткового контуру світлопрозорої конструкції, тобто додатковий склопакет. Або, наприклад, використати зовнішні жалюзі, які теж дадуть додаткову ізоляцію.

За рахунок встановлення додаткового склопакету, такого ж самого, як вже встановлено, за експериментальними дослідженнями звукоізоляція збільшиться приблизно на 10 дБА (6 дБА буде отримано за рахунок збільшення маси в 2 рази і ще 4-6 дБА за рахунок повітряного проміжку між склопакетами, рекомендована відстань між ними повинна складати 150-200 мм).

Після встановлення додаткового склопакету звукоізоляція світлопрозорої частини буде вже 41 дБА, що зможе забезпечити нормальні рівні шуму на фасаді (53 дБА при нормі 55 дБА), а результуюча звукоізоляція складених огорожувальних конструкцій буде становити 44 дБА, та забезпечить норму (50 дБА при нормі 55 дБА) [5].

3.2. Віброзахист

Віброізолюючі підвіси та кріплення потрібні для того, щоб відв'язати каркас від звукоізолюючої поверхні. З їх допомогою металевий каркас для гіпсокартонних стель, стін і облицювання монтується до несучих конструкцій будівлі [22].

Для захисту від вібрації кондиціонування було обрано наступні віброкріплення [23]:

Для підвісної стелі: віброкріплення Кнауф

Для кондиціонера (маса 57 кг) – Vibrofix Vox 450 M8 (сірі) – 4 шт.

Для агрегату (маса 40 кг) – Vibrofix Vox 220 M8 (червоні) – 4 шт.

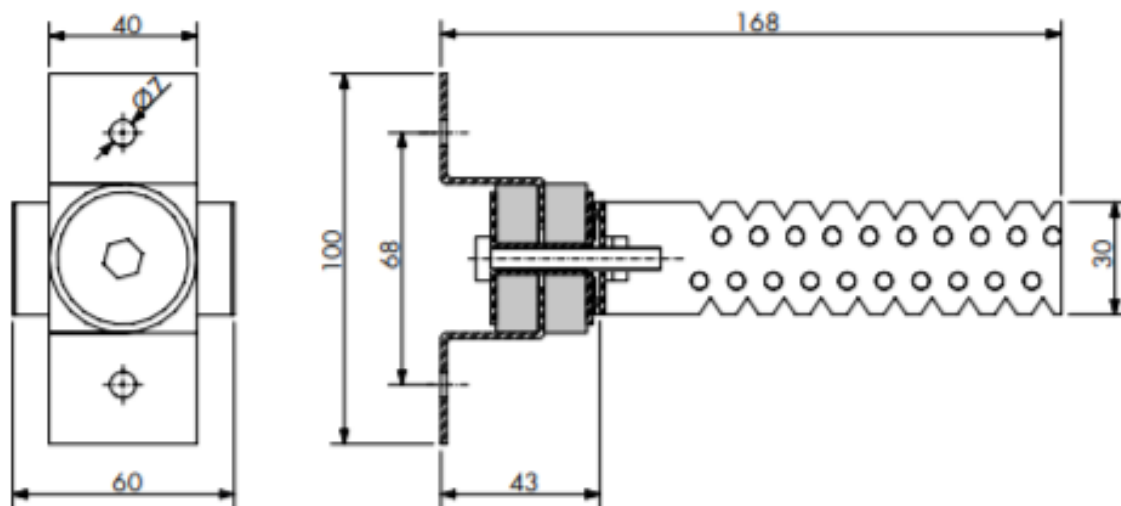


Рис. 19. Схематичне зображення віброкріплення.

3.3. Звукопоглинання

Для створення комфортних та нормованих умов праці, рекомендовано зробити стелю звукопоглинальною. Для цієї задачі можливо використати ряд матеріалів: Thermatex Alpha, Thermatex Acoustic (окрім RL), Thermatex Silence, Thermatex Thermofon [24].

Можливі формати:

- Стандартні формати: 600x600, 1200x600, 1200x300 мм.
- Панельні формати: 2500-1500x300 мм.
- Великі формати: 1800x600, 1200x1200 мм.

Краї плит:

Залежно від системи монтажу і необхідного візуального ефекту, плити постачаються в різних краях - SK, VT, SF, AW, GN.

Системи монтажу:

- Видима система / Система С.
- Напівприхована система / Система С-SF.

- Бандрастрова система / Система І.
- Прихована система / Система А.
- Коридорна система / Система F.

Детальний опис технології монтажу для кожної з систем можна знайти у відповідних інструкціях по монтажу.

Підвісна система AMF VENTATEC;

AMF VENTATEC PerformanceT15 HIGH Click SG;

AMF VENTATEC PerformanceT24 Click GK;

AMF VENTATEC PerformanceT24 HIGH Click GK.

Підвісні акустичні острови:

Стельові острови AMF представляють собою незалежні декоративні елементи прямокутної (опуклі або увігнуті), квадратної або круглої (∅ до 1200мм) форми і використовуються для корекції акустики в приміщенні. Острови монтується до стельового перекриття за допомогою поставляються в комплекті гнучких сталевих тросів.

THERMATEX Sonic Arc;

THERMATEX Sonic Sky;

THERMATEX Sonic Element;

TOPIQ Sonic Element.

Технологія монтажу:

Покриття для стель і стін AMF дуже легко і просто встановлювати. В системі 3 стельові панелі монтується в підвісну систему VENTATEC на основі Т-образних профілів шириною 24 і 15 мм. У цьому випадку забезпечується легкість і простота монтажу/демонтажу панелей. Це дозволяє проводити регулярні ревізії комунікацій, розташованих в застельовому просторі. Стінові панелі збираються на каркасах з будівельних профілів, змонтованих на стінах. Залежно від типу монтажу, облицювання з панелей AMF можуть бути як розбірними, так і нерозбірними.

Також задовільно, з акустичного боку, використовувати перфорований ГКЛ з заповненням мінеральною ватою. Наприклад, Knauf Danoline, також Ecorphon. Можливо використання будь якого матеріалу з коефіцієнтом поглинання $\alpha_w=0,7$.

3.4. Висновок

У даному розділі було визначено значення звукоізоляції підвісної стелі та плаваючої підлоги для зниження повітряного та структурного шуму. Також було розраховано звукоізоляцію зовнішніх огорожувальних конструкцій. Так як початкові розраховані значення не задовольняли санітарним нормам, було надано рекомендації з їх покращення. Було розраховано звукоізоляцію з новими матеріалами та елементами та надано рекомендації для покращення звукопоглинання, віброізоляції та звукоізоляції трубопроводів і вентиляції.

Отже, після внесення коректив та рекомендацій нові розраховані результати виявилися задовільними, звукоізоляція покращилась за рахунок звукоізолюючих елементів.

4. РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП ПРОЕКТУ

4.1. Опис ідеї послуги

У межах даного пункту проаналізовано зміст ідеї, можливі напрямки застосування, основні вигоди, що може отримати користувач та відмінність від існуючих аналогів.

Таблиця 5. Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Запропонувати споживачу послугу в вигляді оснащення квартир, підприємств офісів, залів та ін. звукоізолюючими матеріалами для комфорту та відповідності нормативним документам	1. Оснащення квартир на замовлення мешканців	Швидке виявлення проблемних факторів та якісне й естетичне оформлення житла
	2. Оснащення офісів на замовлення фірм	Забезпечення ефективного оснащення приміщення в швидкі терміни
	3. Оснащення складів, цехів, фабрик та ін. на замовлення підприємств	Безпека для працівників, оточуючого населення та усунення зайвих шумів

У наш час в Україні дуже мало компаній займається звукоізоляцією. Зазвичай є багато фірм, які просто займаються ремонтом, але не є експертами в області захисту від шуму. Також є рішення за допомогою сайтів, де можна знайти багато потрібного обладнання, але для якісного оснащення приміщення потрібно додатково знаходити експерта, який все зробить відповідально. Є декілька фірм, які займаються звукоізоляцією приміщень, але в основному вони зосереджені на житлових приміщеннях, таких як квартири та номери в готелях, а підприємства, робочі місця є не такими захищеними, хоча вони часто потребують якісного оснащення. Дана сфера тільки починає розвиватись в нашій країні, через те є ще багато над чим працювати, тому дана ніша є досить цікавою та перспективною для майбутнього стартап-проекту.

Таблиця 6. Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ п/п	Техніко-економічні характеристики ідеї	(Потенційні) концепції конкурентів				Слабка сторона	Нейтральна сторона	Сильна сторона
		Мій проект	Конкурент1	Конкурент2	Конкурент3			
1.	Оснащення будь-якого приміщення (технічні)	Здійснює оснащення в усіх типах приміщень	Здійснює оснащення в усіх типах приміщень	Здійснює оснащення в усіх типах приміщень	Займається оснащенням виключно квартир	Необхідність великої кількості знань	Різноманітність	Збільшений попит
2.	Попередній приблизний розрахунок роботи (економічні)	Здійснюється орієнтовний розрахунок	Здійснюється орієнтовний розрахунок	Попередній розрахунок відсутній	Здійснюється орієнтовний розрахунок	Додаткова робота	Комфорт для споживача	Зацікавленість клієнта
3.	Захист від шуму вентиляції та специфічних джерел шуму (ергономічні)	Забезпечується захист	Немає захисту	Немає захисту	Немає захисту	Додатковий обсяг роботи та необхідність навичок	Додаткові витрати на матеріали	Додаткові джерела прибутку

4.2. Технологічний аудит ідеї проекту

У межах даного підрозділу проведемо аудит технології, за допомогою якої можна реалізувати ідею проекту.

Таблиця 7. Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1.	Оснащення всіх типів приміщення	Достатня кількість необхідних матеріалів	Наявні	Доступні
2.	Приблизний розрахунок вартості роботи	Знання вартості всіх матеріалів та роботи та правильне оцінювання	Наявні	Доступні
3.	Захист від специфічних джерел шуму	Наявність достатньої бази матеріалів	Наявні	Доступні
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: можлива за рахунок якісної бази та досвідченого персоналу.				

4.3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

У даному пункті визначено ринкові можливості, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкових загроз, які можуть перешкодити реалізації проекту.

Таблиця 8. Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1.	Кількість головних гравців, од	3
2.	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	2 000 000
3.	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4.	Наявність обмежень для входу	Немає обмежень
5.	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Наявність сертифікатів на використовувани матеріали та відповідність обладнаних приміщень нормативним документам
6.	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	7%

Для даного проекту ринок є досить привабливим та перспективним. Вхідження на нього не має призвести до проблем та збитків.

Визначаємо потенційні групи клієнтів, їх характеристики та формуємо орієнтовний перелік вимог до послуги для кожної групи.

Таблиця 9. Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія	Відмінності у поведінці різних цільових груп	Вимоги споживачів до послуги
1.	Зниження рівнів шуму у приміщенні	Мешканці будинків, працівники, власники підприємств	Мешканці не будуть замовляти професійне та дороге обладнання для оснащення маленької квартири, в той час як власники підприємств мають замовляти професійне обладнання для боротьби з виробничими шумами	Надійність, якість, довговічність, безпечність, рівень зниження шуму в приміщенні

Після визначення потенційних груп клієнтів проводимо аналіз ринкового середовища: складено таблиці факторів, що сприяють ринковому впровадженню проекту, та факторів, що йому перешкоджають.

Таблиця 10. Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1.	Конкуренти	Зростання даної сфери обслуговування та поява нових компаній	Зниження цін та реклама
2.	Брак коштів	Подорожчання матеріалів за рахунок коливання валюти	Заміна деяких матеріалів на більш дешеві варіанти, без впливу на якість оснащення

Таблиця 11. Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1.	Реалізація матеріалів	Різним групам клієнтів необхідна різна якість та характеристики матеріалів	Збільшення закупівлі матеріалів та їх реалізації
2.	Розвиток на території України	Доставки матеріалів та встановлення у всіх кутках країни	Збільшення офісів та клієнтської бази

Далі проведемо аналіз пропозиції: визначимо загальні риси конкуренції на ринку.

Таблиця 12. Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства
Тип конкуренції: чиста	Наявність великої кількості продавців та покупців та пропозиція однакових товарів та послуг	Здійснення акцій та якісної роботи
За рівнем конкурентної боротьби: локальний	Надання послуг на певних територіях	Подальше розширення
За галузевою ознакою: внутрішньогалузева	Дія в одній галузі економіки, реалізація одних товарів і послуг, але з різними затратами, якістю та цінами	Збільшення ефективності
Конкуренція за видами товарів: товарно-родова	Різні види послуг з однаковими функціями	Розширення можливостей послуг
За характером конкурентних переваг: цінова	Періодична зміна цін	Реакція на зацікавленість споживача
За інтенсивністю: не марочна	Відсутнє маркування продукції	Робота з різними постачальниками

Після аналізу конкуренції проведемо більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі.

Таблиця 13. Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
Складові аналізу	Acoustic group; Pro-acoustic; Шумовнет.	Доступ до каналів розподілу, переваги в затратах виробництва, доступ до ресурсів	Концентрація постачальників, змінні витрати постачальників	Змінні витрати, контроль якості, розмір закупівель	Ціна, змінні витрати, лояльність споживачів

Висновки:	Так як дана сфера є ще не розвинутою, то конкуренція не буде великою	Можливості для виходу є, також є невелика кількість конкурентів	Постачальники не є ключовою ланкою та значно не впливають на умови роботи ринку	Клієнти диктують умови ринку обсягами закупівель	Немає обмежень
-----------	--	---	---	--	----------------

З огляду результатів можна зробити висновок, можна зробити висновок, що конкуренція не є серйозною та можна виходити на ринок, для конкурентоспроможності необхідно працювати на клієнта та надавати якісні послуги.

На основі аналізу конкуренції, а також із урахуванням характеристик ідеї проекту, вимог споживачів до товару та факторів маркетингового середовища визначаємо та обґрунтовуємо перелік факторів конкурентоспроможності.

Таблиця 14. Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування
1.	Змінні витрати	За рахунок змінних витрат можна регулювати ціни та запобігти збитків
2.	Інформаційне забезпечення	Зручне оформлення сайту в інтернеті
3.	Динаміка галузі	Постійне зростання потреби в даній галузі

За визначеними факторами конкурентоспроможності проведемо аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту.

Таблиця 15. Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів						
			-3	-2	-1	0	1	2	3
1.	Змінні витрати	15				*			
2.	Інформаційне забезпечення	10						*	
3.	Динаміка галузі	18						*	

Фінальним етапом ринкового аналізу можливостей впровадження проекту є складання SWOT-аналізу на основі виділених ринкових загроз та можливостей, та сильних і слабких сторін.

Таблиця 16. SWOT-аналіз стартап-проекту

Сильні сторони: збільшений попит, зацікавленість клієнта, додаткові джерела прибутку	Слабкі сторони: необхідність великої кількості знань, додаткова робота, необхідні навички та досвід
Можливості: розвиток на території України, реалізація матеріалів	Загрози: брак коштів, конкуренти

На основі SWOT-аналізу розробимо альтернативи ринкової поведінки (перелік заходів) для виведення стартап-проекту на ринок та орієнтовний оптимальний час їх ринкової реалізації з огляду на потенційні проекти конкурентів, що можуть бути виведені на ринок.

Таблиця 17. Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1.	Залучення нових працівників для швидшої та якіснішої роботи	Поступове зростання прибутків за рахунок більшої кількості можливостей	Протягом 3 місяців
2.	Зниження цін для залучення нових клієнтів	Отримання прибутків через певний час	Протягом місяця

Перша альтернатива є кращою, хоч і вимагає трохи більше часу, але в результаті має бути більш прибутковою.

4.4. Розроблення ринкової стратегії проекту

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку.

Таблиця 18. Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти послугу	Орієнтовний попит в межах цільової групи	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу в сегмент
1.	Мешканці будинків	Мало людей знає про необхідність якісної звукоізоляції	Незначний попит без необхідної реклами	Велика інтенсивність	Доволі складна
2.	Власники та співробітники підприємств	Потрібно для забезпечення нормальних умов роботи	Значний попит для підприємств	Маленька інтенсивність	Проста
Обрано цільові групи за середніми та високими прибутками					

Для роботи в обраних сегментах ринку сформуємо базову стратегію розвитку.

Таблиця 19. Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкуренто-спроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
1.	Залучення нових працівників для швидшої та якіснішої роботи	Залучення нових висококваліфікованих кадрів, що ускладнить роботу конкурентів	Поступове зростання прибутків за рахунок більшої кількості можливостей	Стратегія диференціації

Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки.

Таблиця 20. Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента і які?	Стратегія конкурентної поведінки
1.	Ні, схожі аналоги вже є на ринку	Так як дана сфера є ще не дуже розвиненою, а круг споживачів не такий широкий, то буде робитись наголос на переманенні споживачів у конкурентів	Ні, все буде базуватись на власних технологіях	Оборонна стратегія

На основі вимог споживачів з обраних сегментів до постачальника та до продукту, а також в залежності від обраної базової стратегії розвитку та стратегії конкурентної поведінки розробляємо стратегія позиціонування, що полягає у формуванні ринкової позиції (комплексу асоціацій), за яким споживачі мають ідентифікувати торгівельну марку/проект.

Таблиця 21. Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкуренто-спроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформулювати комплексну позицію власного проекту
1.	Якісні матеріали	Замовлення товарів тільки в перевірених постачальників	Плаваючі ціни	Якість, економічність, надійність

4.5. Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Першим кроком є формування маркетингової концепції товару, який отримає споживач.

Таблиця 22. Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує проект	Ключові переваги, перед конкурентами
1.	Захист від шуму для всіх сфер населення	Індивідуальний підхід для кожного клієнта, як в ціновій політиці, так і в оснащенні	Різносторонність та якість в наданні послуг

Далі розробимо трирівневу маркетингову модель проекту.

Таблиця 23. Опис трьох рівнів моделі послуги

Рівні послуги	Сутність та складові		
1. Товар за задумом	Ергономіка та безпека для споживача		
2. Товар у реальному виконанні	Властивості/ характеристики	М/Нм	Вр/Тх/Тл/Е/Ор
	1. Безпечний 2. Екологічний	Дешевий	Надійний
	Якість: у відповідності до стандартів та нормативних документів		
	Пакування: в упаковках виробника		
	Марка: назва організації+назва товару		
3. Товар із підкріпленням	До продажу		
	Після продажу		
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: за рахунок індивідуального підходу			

Наступним кроком є визначення цінових меж, якими необхідно керуватись при встановленні ціни на потенційний товар.

Таблиця 24. Визначення меж встановлення цін

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на послугу
1.	Від 300 до 1000 грн/м ²	Від 300 до 1000 грн/м ²	7000-50000	3000/100000

Наступним кроком є визначення оптимальної системи збуту.

Таблиця 25. Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1.	Замовлення послуг по телефону	Доставка матеріалів компанією-постачальником	Необмежена	Великим фірмам та підприємствам

Останньою складовою маркетингової програми є розроблення концепції маркетингових комунікацій, що спирається на попередньо обрану основу для позиціонування, визначену специфіку поведінки клієнтів.

Таблиця 26. Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1.	Недостатня обізнаність в сфері потреб	Інтернет, мобільний зв'язок	Звуко-ізолюючі матеріали	Надати повну інформацію про вадливість звукоізоляції в приміщеннях	Зображення конкретних матеріалів та результатів

4.6. Висновки

У даному розділі було розглянуто необхідність створення даного стартап-проекту та можливості виходу його на ринок. Було зазначено, що в наш час попит на дану послугу є не досить поширеним, але зараз її важливість зростає та стає серйозною необхідністю.

Дивлячись на конкуренцію можна сказати, що входження на ринок є безпечним, тому що дана сфера не є розвиненою та конкурентною, а підприємницька діяльність потребує дані інновації.

Альтернативою впровадження можуть бути менші, локальні виробники, які будуть наймати більш кваліфіковані кадри. Подальша імплементація є доцільною з огляду зростання потреб оснащення приміщень у населення.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. У роботі розглянуто класифікацію шумів та наведено основні методи боротьби з шумом та вібраціями, зазначено базові конструкції та елементи, які допомагають та сприяють зниженню рівнів шуму.

2. Приведено певні покрокові заходи для визначення рівня шумового впливу в приміщенні.

3. Вказано перелік обладнання швейного цеху, знайдено рівні шуму більшості інструментів та розраховано сумарний рівень звуку всіх джерел шуму, який дорівнює 95 дБА.

4. Наведено процес визначення проникаючих рівнів шуму в житлове приміщення та на прибудинкову територію. Після підрахунків було визначено, що проникаючі рівні в житлове приміщення складають 48 дБА, а на прибудинкову територію 63 дБА, обидва значення виявились недопустимими та перевищили норму на 8 дБА.

5. Наведено порівняння звукоізоляції світлопрозорої частини отриманої експериментальним шляхом (36 дБ) та даних звукоізоляції, які були розраховані теоретично (38 дБ).

6. Зроблено акустичний проект оновленого швейного цеху, для покращення звукоізоляції з новими матеріалами та конструктивними елементами, такі як підвісна стеля, плаваюча підлога, додатковий склопакет, віброкріплення. Проведено розрахунки звукоізоляції з урахуванням нових елементів. Плаваюча підлога та підвісна стеля забезпечують зниження рівнів шуму на 17 дБА, а додатковий склопакет знижує рівні шуму на прибудинковій території на 10 дБА.

7. Надано рекомендації для покращення звукопоглинання, віброізоляції та звукоізоляції трубопроводів і вентиляції. Вказано реальні матеріали, їх форми та розміри, які можна використати для покращення звукоізоляції.

8. За отриманими результатами ми впевнились у необхідності проектування і важливості дотримання санітарних норм у виробничих приміщеннях та переконалися в тому, що всі надані рекомендації є

доцільними. Так проникаючі рівні звуку в житлове приміщення будуть складати 31 дБА при нормі 40 дБА, а проникаючі на прибудинкову територію рівні звуку будуть 50 дБА при нормі 55 дБА.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Атаманчук П.С., Мендерецький В.В., Панчук О.П., Чорна О.Г. Навчальний посібник. - К.: Центр учбової літератури, 2011. - 224 с.
2. Заборов В. И., Лалаев Э. М., Никольский В. Н. Звукоизоляция в жилых и общественных зданиях. - М.: Стройиздат, 1979. - 254 с.
3. http://window.edu.ru/catalog/pdf2txt/101/29101/12314?p_page=1
[Електронний ресурс] Снижение уровня шума на рабочем месте посредством звукопоглощающих покрытий.
4. <http://ua.textreferat.com/referat-2205-1.html> [Електронний ресурс] Шум і його основні характеристики у виробничих умовах.
5. ДБН В. 1.1-31: 2013 Захист територій, будинків і споруд від шуму //Затверджено: наказ Мінрегіон від. - 2013. - Т. 27.
6. <https://www.calc.ru/Uroven-Shuma.html> [Електронний ресурс] Допустимый уровень шума.
7. Хижняк М. І., Нагорна А. М. Здоров'я людини та екологія. - К.: Здоров'я, 1995. - 227 с.
8. Лицкевич В. К., Макриненко М. И., Мигалина И. В. Архитектурная физика. - М.: Архитектура-С. 2007. - 448 с.
9. Дідковський В. С., Коржик О. В., Лейко О. Г. Шуми і вібрації. - К.: Вища школа, 2010. - 334 с.
10. https://studme.org/16790422/bzhd/zaschita_proizvodstvennogo_shuma
[Електронний ресурс] Захист від виробничого шуму.
11. ГОСТ 26568-85. Вибрация. Методы и средства защиты. Классификация. – 1985.
12. ГОСТ 12.1.012-90. ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования. – 1990.
13. ГОСТ 12.4.002-97. ССБТ. Средства защиты рук от вибрации. Технические требования и методы испытаний. – 1997.
14. ДСТУ-Н Б В.1.1-35: 2009. Настанова з проведення розрахунку шуму в приміщеннях і на територіях.

15. СН 3077-84. Санітарні норми допустимого шуму в приміщеннях житлових та громадських приміщень та на території житлової забудови. – 1984.
16. ДСТУ Б. В. 2.6-85: 2009. Звукоізоляція огорожувальних конструкцій. Методи оцінювання.
17. ДСТУ-Н Б В.1.1-34: 2009. Настанова з розрахунку та проектування звукоізоляції огорожувальних конструкцій житлових і громадських будинків.
18. http://www.acoustic.ru/albom_solutions/flats/zvukoizolyaciya_potolka_kvartiry/ [Електронний ресурс] Шумоізоляція потолка.
19. Альбом технічних рішень Кнауф. Звукоізоляційні системи Кнауф [Електронний ресурс] http://www.acoustic.ua/st/Acoustic_ua_knauf_solutions.pdf.
20. <http://dovidkam.com/remont/plavayucha-pidloga-konstrukciya-i-pristriji-plyusi-i-minusi.html> [Електронний ресурс] Плаваюча підлога.
21. <http://www.684015.ru/baza/shumoizolyatsiya-truboprovodov.html> [Електронний ресурс] Шумоізоляція трубопроводів.
22. <http://www.shumanet.ua/productions/vibropodvesy/> [Електронний ресурс] Вібропідвіси.
23. Альбом технічних рішень Кнауф. Звукоізоляційні та антивібраційні кріплення [Електронний ресурс] http://www.acoustic.ua/Files/vibrofix/vibrofix_28_final.pdf.
24. <http://www.knaufamf.com/en/product-range/productfinder/products/> [Електронний ресурс] Звукопоглиначі.
25. Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс]: Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.