

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
імені Ю.М. ПОТЕБНІ

КАФЕДРА МІСЬКОГО БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота (проект)

магістр

(рівень вищої освіти)

на тему Архітектурно-конструктивні рішення щодо зниження рівня шуму у
художніх студіях і проектних залах

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1922-мбг-з
спеціальності 192 Будівництво та цивільна
інженерія

(код і назва спеціальності)

освітньої програми Міське будівництво та
господарство

(назва освітньої програми)

Ремезов Р.П.

(ініціали та прізвище)

Керівник проф., к. арх, Єгоров Ю. П.

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

Рецензент проф., д.т.н, Банах В.А.

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

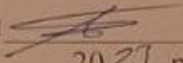
Запоріжжя
2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
імені Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра міського будівництва і архітектури
Рівень вищої освіти магістр
Спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерія
(код та назва)
Освітня програма Міське будівництво та господарство

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри 
« 11 » 06 2023 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЄКТ) СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Ремезов Роман Петрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи (проєкту) Архітектурно-конструктивні рішення щодо зниження рівня шуму у художніх студіях і проєктних залах

керівник роботи проф., к. арх, Єгоров Ю. П.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від « 09 » 10 2023 року № 1584-с



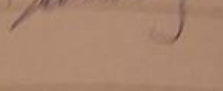
1 Строк подання студентом роботи 01.12.2023

2 Вихідні дані до роботи Актуальність обраного напрямку досліджень, значимість у сучасному житті, можливість розв'язання проблематики, перспективи впровадження майбутніх досягнень, мета роботи, завдання до виконання обраних досліджень, об'єкт досліджень, предмет досліджень, передбачувані методи виконання досліджень

3 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Літературний огляд. Аналіз сучасного стану проблеми шумозахисту для житлової забудови. Аналіз архітектурно-конструктивні рішення щодо зниження рівня шуму. Порівняльна оцінка основних методів шумозахисту.

4 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням кількості креслень) Презентація із результатами аналітичних обчислень, напраму досліджень, результатами експериментальних досліджень, результати розрахунків із застосуванням сучасних інформаційних технологій

5 Консультанти розділів роботи

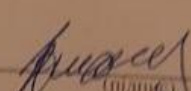
Розділ	Прізвище, ініціали та поєди консультанта	Підпис, дата
1	Сторов Ю. П.	 Р
2	Сторов Ю. П.	 Р
3	Сторов Ю. П.	 Р

6 Дата видачі завдання 01.09.2023

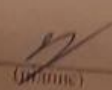
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Стрж виконання етапів роботи	Стрж
1	Літературний огляд	01.10	В/В
2	Розділ 1	15.10	В/В
3	Розділ 2	01.11	В/В
4	Розділ 3	15.11	В/В
5	Розробка графічної частини	20.11	В/В
6	Оформлення роботи	25.11	В/В
7	Попередній захист	01.12	В/В

Студент  Ремезов Р.П.
(підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту)  Сторов Ю. П.
(підпис) (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер  Гребенюк І.В.
(підпис) (ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Ремезов Роман Петрович. Архітектурно-конструктивні рішення щодо зниження рівня шуму у художніх студіях і проєктних залах.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 192 - Будівництво та цивільна інженерія, науковий керівник Ю.П. Єгоров. Інженерний навчально-науковий інститут імені Ю.М. Потебні ЗНУ, кафедра міського будівництва і архітектури, 2022.

У роботі виконано аналіз рекомендацій по використанню основних методів шумозахисту щодо зниження рівня шуму у громадських будівлях.

Ключові слова: ШУМ, ДЖЕРЕЛО ШУМУ, ШУМОЗАХИСНИЙ ЕКРАН, ГРАНИЧНО ДОПУСТИМИЙ РІВЕНЬ, ЗВУКОВИЙ ТИСК, ШУМОМІР.

ABSTRACT

Remezov Roman Petrovich. Architectural and constructive solutions for noise reduction in art studios and design rooms.

Qualifying graduation thesis for obtaining a master's degree of higher education in specialty 192 - Construction and civil engineering, supervisor Yu.P. Egorov. Engineering Educational and Scientific Institute named after U.M. Potebny ZNU, Department of Urban Construction and Architecture, 2022.

The paper analyzes the recommendations for the use of basic noise protection methods to reduce the noise level in public buildings.

Keywords: NOISE, NOISE SOURCE, NOISE PROTECTION SCREEN, LIMIT ALLOWABLE LEVEL, SOUND PRESSURE, NOISE METER.

ЗМІСТ

	Перелік скорочень	7
	Вступ	8
Розділ 1	Аналіз сучасного стану проблеми шумозахисту	11
1.1	Основні джерела шумового забруднення	11
1.2	Вплив підвищеного рівня шуму на людину	22
1.2.1	Загальна дія шуму на людину	22
1.2.2	Нормування дії шуму на людину	32
1.3	Висновки по розділу	39
Розділ 2	Архітектурно-конструктивні рішення щодо зниження рівня шуму	41
2.1	Дослідження та оптимальний вибір матеріалів для громадських приміщень	41
2.1.1	Порівняльна та цінова характеристика матеріалів	41
2.1.2	Визначення параметрів звукоізоляції газобетонних блоків	43
2.1.3	Результати вимірювань рівнів звукового тиску у приміщеннях	45
2.2	Устаткування приміщення вікнами	48
2.2.1	Класи вікон зі звукоізоляції	49
2.2.2	Технології для підвищення шумоізоляції вікон	50
2.2.3	Монтаж вікон	51
2.2.4	Додаткова звукоізоляція встановлених вікон	52
2.3	Звукоізоляційні двері	53
2.3.1	Конструктивні особливості шумоізоляційних дверей	54
2.3.2	Наповнення	55
2.3.3	Двері з шумоізоляцією для різних приміщень	57
2.4	Звукоізоляція приміщення	58
2.4.1	Звукопоглинання	58
2.4.2	Шумоізоляція повітряних шумів	60
2.4.3	Шумоізоляція ударних шумів	72

2.4.4	Шумоізоляція структурних шумів	81
2.5	Висновки по розділу	85
Розділ 3	Порівняльна оцінка основних методів шумозахисту	86
3.1	Зниження шуму у його джерелі	86
3.2	Зниження шуму на об'єкті захисту	87
3.3	Зниження шуму шляху його поширення	88
3.4	Порівняльна оцінка матеріалу екранів	89
3.5	Розрахунок ефективності шумозахисного екрану	95
3.6	Оцінка додаткових чинників з допомогою багатокритеріальної методики інтегральної оцінки ефективності	101
3.7	Висновки по розділу	106
	Основні висновки	108
	Список використаних джерел	110

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ВООЗ - Всесвітня організація охорони здоров'я;

ДШ - джерело шуму;

НТД - нормативно-технічний документ;

ГДР - гранично допустимий рівень;

РТ - розрахункова точка;

ДБН – державні будівельні норми;

ШЕ - шумозахисний екран.

ВСТУП

Актуальність теми. До порівняно недавнього часу питання шумового забруднення довкілля і захисту від шуму побудованою на науковій основі знаходилися поза увагою дослідників. Вважалося, що шум - це усього лише можливо неприємне, але не небезпечне явище, яке супроводжує будь-який процес життєдіяльності, і на нього просто можна не звертати уваги. Проте в процесі розвитку техніки і технологій, розпочинаючи приблизно з другої половини ХХ століття, людині довелося зіткнутися із звуком такої потужності і таких частотних характеристик, які не існували раніше за всю історію розвитку цивілізації. І ці характеристики звукової дії продовжують наростати. Поступово накопичений статистичний матеріал дозволив виявити пряму залежність характеристик звуку (разом з вібрацією), діючих на людину (працівника), з такими категоріями як продуктивність праці, здоров'я, захворюваність і тривалість життя. Тобто звук (як і вібрація) за певних умов перетворився на біологічно небезпечний чинник, загрозливий не лише працездатності людини, але і цілісності його організму. Ця небезпека для людини нестримно зростає у зв'язку з розвитком техніки, оскільки збільшується інтенсивність супутніх чинників, при дії яких і вібрація, і шум стають особливо небезпечними.

Падіння продуктивності праці в тих галузях промисловості, де технологічні процеси пов'язані з підвищеним рівнем шуму, відмічене у ряді присвячених цьому питанню робіт [4, 8, 9], відбувається внаслідок зниження уваги працівників і підвищення часу їх реакцій на зміну обстановки. При цьому продуктивність праці падає не лише в кількісному, але і в якісному відношенні, причому дія шуму здатна знизити продуктивність праці до 60% [10]. При зниженні шуму спостерігається зворотна реакція, загальна продуктивність трудаповышається, падають невиробничі витрати, а також знижується захворюваність співробітників.

Таким чином, питання зниження інтенсивності побутового і

промислового шуму безпосередньо пов'язані як з продуктивністю праці і безпекою виробництва, так і в цілому з безпекою життєдіяльності людини, і, отже, мають надзвичайно велике економічне і соціальне значення, що і визначає актуальність цієї роботи.

Ще в 2009 році Європейське регіональне бюро Всесвітньої організації охорони (ВООЗ) здоров'я опублікувало результати дослідження «Night noise guide lines for Europe» (Керівництво по проблемах нічного шуму для країн Європи)[4], у якій були представлені останні дані про ту шкоду для здоров'я людей, який може бути пов'язаний з дією нічного шуму, а також рекомендації по гранично допустимому його рівню. Згідно з пропонованими даними, щорічний усереднений рівень нічного шуму не повинен перевищувати 40 децибел (дБ), що відповідає рівню шуму на тихій вулиці в житлових кварталах. Навіть трохи більш високі рівні шуму здатні викликати легкі розлади здоров'я, наприклад у вигляді порушень сну. Тривала ж середня дія шуму, що перевищує усього лише 55 дБ, (що відповідає рівню шуму на жвавій міській вулиці), може стати причиною підвищення артеріального тиску і порушень діяльності серця. Відзначалося, що кожен п'ятий житель Європи регулярно піддається занадто високому рівню шуму, що підтверджує актуальність озвученої наукової проблеми.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є розробка рекомендацій по використанню основних методів шумозахисту щодо зниження рівня шуму у громадських будівлях.

Об'єкт дослідження. Сучасний стан проблеми шумозахисту.

Предмет дослідження. Методи шумозахисту.

Методи дослідження. При вирішенні поставлених завдань використовувалися узагальнення та аналіз теоретичних та практичних досліджень на тему роботи. Системний підхід є методологічною основою всього дослідження та використовується для вирішення більшості поставлених завдань. Аналіз та моделювання використані при виконанні розрахунків.

Наукова новизна одержаних результатів. Обумовлена запропонованими рекомендаціями основних методів шумозахисту, не використовуваних раніше.

Практичне значення одержаних результатів. У роботі проведено аналіз можливості застосування сучасних методів шумозахисту.

Особистий вклад дослідника. Постановка мети і завдання дослідження. Збір і аналіз даних для проведення дослідження.

Апробація результатів роботи. Результати роботи докладалися на III Всеукраїнської науково-практичної конференції за участю молодих науковців «Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України» з доповіддю «Сучасний стан проблеми шумозахисту»[48].

Структура та обсяг магістерської роботи. Магістерська робота складається з вступу, трьох розділів, основних висновків, списку використаних джерел містить 114 сторінок, 47 рисунків, 21 таблиця, 48 список використаних джерел.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПРОБЛЕМИ ШУМОЗАХИСТУ

1.1. Основні джерела шумового забруднення.

Під шумовим, або, інакше кажучи, акустичним забрудненням навколишнього середовища розуміється звуковий вплив, джерелом якого є результат діяльності людини, що заважає як життєдіяльності самої людини, так і інших живих організмів, тобто дратівливий шум антропогенного походження. Звукові впливи відбуваються внаслідок коливання частинок пружного середовища, частоти яких лежать у сфері сприйняття людським слухом. Ця область знаходиться в межах від 20 до 20000 Гц.

Також існують дратівливі шуми природного походження, які є шумовим забрудненням, оскільки є різновидом природного явища. Вважається, що шуму природного походження живі організми швидко адаптуються.

Відомі три види шуму:

- переривчасті чи нерівномірні;
- безперервні чи рівномірні;
- імпульсні, миттєві.

Давно вже виявлено, що звук (інакше кажучи, хвильові коливання) поширюється в середовищі з певною певною, яка визначається як «швидкість звуку», і позначається буквою «с». Якщо середовище газоподібне, наприклад повітря, швидкість звуку залежить в основному від повітряного тиску і щільності середовища. Так при температурі 20°C нормальному атмосферному тиску швидкість звуку в повітрі досягає приблизно 344 м/с.

Та область повітряного простору, у якій безпосередньо рухається звукова хвиля, називається звуковим полем. Модифікація фізичного стану середовища в звуковому полі, викликана появою звукових хвиль, зазвичай визначається звуковим тиском (р), тобто різницею між числовим значенням

повного тиску і середнього статичного тиску, яке було в повітрі за відсутності звукового поля. Звуковий тиск, що зростає протягом часу від нуля до максимуму, визначають не за миттєвою величиною, а за середньоквадратичним значенням за період коливання. Таким чином, звуковий тиск є силою, що діє на поодинокую поверхню. Одиниця виміру звукового тиску відповідає загальному тиску - $1 \text{ Па} = 1 \text{ Н/м}^2$.

Відстань між двома найближчими точками звукового поля, в яких фаза коливань частинок середовища однакова, виміряна вздовж напрямку поширення звукової хвилі, називають довжиною звукової хвилі. Для ізотропного середовища (наприклад, атмосфери) довжина хвилі X визначається частотою f і швидкістю звуку відповідно до формули: $X = c/f$.

Звукові частоти акустичних коливань обмежуються від 16 до 20 000 Гц. Частоти нижче 16 Гц є інфразвуком, а вище 20 000 Гц ультразвуком. При цьому звукові частоти поділяються на низькі (200-300 Гц), середні та високі (більше 1000-1250 Гц).

Найбільш простим звуком є т.зв. «тон», що є певним звуковим коливанням без додаткових ефектів. Профіль хвилі тону має вигляд синусоїди. Звуки, які складаються з кількох тонів, при цьому частоти цих тонів збігаються між собою за цілими кратними відносинами, називаються музичними. Звуки, які з безсистемного поєднання чистих тонів, та його частоти не визначаються якимось числовим співвідношенням, такі звуки називаються шумами. Крім того, визначення «шум» характеризує будь-який звук, вплив якого несприятливий для людини, і залежить не тільки від виду звуку, а й від тривалості та загальної системи її впливу.

Силою звуку називається кількість енергії, що переноситься хвилею в звуковому полі 1с через площу 1 м^2 , перпендикулярної поширенню хвилі. Воно вимірюється у Вт/м^2 .

Зв'язок між силою звуку I (Вт/м^2) та звуковим тиском p (Па) визначається рівнянням:

$$I = p^2 * (p * c)^{-1}.$$

Вухо людини відчуває мінімальну величину звукового тиску, яку називають «порог чутності» або «порог відчуття» і позначають p_o . Максимальний тиск, що створює болючі відчуття, називають «больовий поріг» і позначають p_{max} . Відповідно визначаються значення порогових сил звуку I та I_{max} .

ISO - міжнародна організація зі стандартизації приймає за порогові значення p_o , p_{max} , I_o та I_{max} на частоті 1000 Гц:

$$p_o = 2 * 10^{-5} \text{Па}, I_o = 10^{-12} \text{Вт/м}^2,$$

$$p_{max} = 2 * 10^{-2} \text{Па}, I_{max} = 102 \text{Вт/м}^2.$$

Значення рівня звукового тиску, а також сили звуку, які відповідають рівням, з якими потрібно боротися при боротьбі з шумом, можуть змінюватися тиском до 108 разів, за силою звуку - до 1016 разів.

Однак треба враховувати, що вухо людини реагує на відносну зміну тиску (від рівня), а не на абсолютну. Відчуття людини, що виникають при шумі, пропорційні логарифму кількості енергії подразника, тому було введено логарифмічні величини – рівні звукового тиску та сили звуку в децибелах (дБ) (закон Вебера-Фехнера). Рівень звукового тиску L , дБ:

$$L = 10 * \lg(p^2 / p_o^2) = 20 * \lg(p / p_o) \quad (1)$$

де p — звуковий тиск, Па;

p_o — пороговий звуковий тиск, рівний $2 * 10^{-5}$ Па.

Зміна рівня звукового тиску на 6 дБ відповідає подвоєнню звукового тиску. Описані вище логарифмічні одиниці рівня звукового тиску не є абсолютними, а відносними і тому безрозмірними одиницями. Однак в результаті стандартизації порогового значення p_o , що визначаються щодо

нього рівні звукового тиску отримали відповідність абсолютним величин, так як в цьому випадку вони однозначно визначають відповідне значення звукового тиску. Для поширених джерел шуму середні значення характерних їм рівнів звукового тиску представлені у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Середні значення звукового тиску джерел шуму

№ п.п.	Джерело шуму	Рівень звукового тиску, дБ	Примітка
1	Заміська місцевість	20	-
2	Шепіт	40	Відстань 0,3 м
3	Мова середньої гучності	60	Відстань 1 м
4	Верстат для різання металу	80-90	Робоче місце
5	Верстат ткацький	90-100	Робоче місце
6	Міська магістраль	85-100	Відстань 7,5 м
7	Молоток відбійний	100	Відстань 1 м
8	Оркестр на масовому заході	110	Відстань 1 м
9	Зліт літака з реактивним	125	Відстань 100 м
10	Реактивний двигун	140	Відстань 25 м

Рівень потужності звуку L_p , (дБ) визначається за такою формулою:

$$L_p = 10 \lg(P/P_0)$$

де P — звукова потужність, Вт;

P_0 — порогова звукова потужність, рівна $2 \cdot 10^{-12}$ Вт.

При проведенні практичних розрахунків у ході боротьби з шумом усі числові обчислення здійснюються до отримання цілочисленного значення децибел, оскільки градація звукового тиску менше 1 дБ не сприймається органами слуху людини.

Чутний діапазон звуків за стандартної частоти 1000 Гц розташовується від 0 до 120 дБ. Якщо збільшити значення рівня звуку понад 120 дБ, то людина відчуватиме больові відчуття у вухах, не чуючи самого звуку.

Якщо частоти від 1000 Гц, те й абсолютний рівень звукового тиску, отримують інші чисельні значення, що можна побачити на порозі чутності (рис. 1) [3, 14].

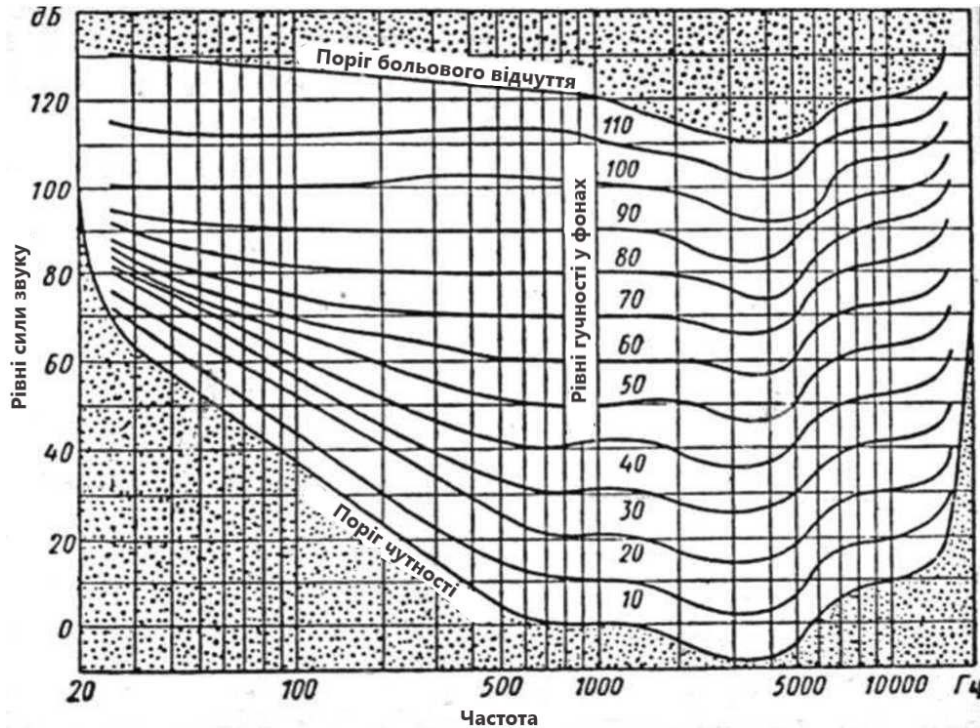


Рисунок 1.1 - Визначення кривих рівної гучності [3]

Значення рівнів звукового тиску, виражені в децибелах, неможливо судити про фізіологічному відчутті гучності. Тож оцінки фізіологічного відчуття від шуму, зазвичай, застосовують т.зв. "криві рівної гучності" (рис 1.1), які були побудовані в результаті дослідження властивостей людського органу слуху. У цих дослідженнях визначалася здатність людини оцінювати звуки різної частоти. В основі досліджень лежать індивідуальні відчуття гучності звуку (у категоріях понять «сильніше» або «слабше» («голосніше» чи «тише»)), отримані від низки респондентів, та опрацьовані методами математичної статистики.

Одиницею рівня гучності (фон) вважається різниця між рівнями звукового тиску один децибел для еталонного звуку (частота 1000 Гц). Тому рівень гучності визначається залежністю звукового тиску від частоти. Кожна крива рисунку 1.1 дає координати рівня звукового тиску і частоти, тобто

визначає однакову гучність звуку.

За стандартну частоту прийнято 1000 Гц, оскільки в цьому випадку рівні звукового тиску (сили звуку) і гучності чисельно рівні. Для інших частот це співвідношення не дотримується. Так, наприклад звук частотою 100 Гц і рівнем 52 дБ сприймається людським вухом однаково порівняно зі звуком частотою 1000 Гц і рівнем 21 дБ. При цьому рівень гучності становить 21 фон. Використовуючи представлені на рисунку 1.1 криві рівної гучності можна визначити рівень гучності звуку для будь-якої частоти, якщо відоме значення рівня його звукового тиску в децибелах.

Вся звукова енергія, яку випромінює джерело шуму, розподіляється за різними частотами. Тому потрібно знати частотний спектр, тобто конкретні значення рівнів звукового тиску різних частотах. Оригінальний спектр неперіодичних процесів, які характерні для основної кількості міських джерел шуму, є суцільним, тому він зазвичай представляється в смугах частот певної ширини (Δf), які відокремлюються граничними частотами - нижньою f_1 і верхньою f_2 , у звуковому діапазоні частот від 45 до 11 200 Гц. При проведенні практичних розрахунків за середню частоту смуги зазвичай беруть середньгеометричну частоту f :

$$f = \sqrt{f_1 f_2}$$

При проведенні практичних акустичних розрахунків шумів використовуються октавні смуги частот, якими називається така смуга частот, у якої відношення граничних частот $f_2/f_1=2$. октави.

Рівні звукового тиску (звукової потужності), віднесені до октавних смуг частот, називають октавними рівнями, а рівні, віднесені до всіх смуг частот - загальними рівнями.

Для того, щоб провести оцінку рівня шуму не співвідношенням, а одним числом, яке б враховувало власну оцінку шуму людиною, нині

застосовується термінологічне поняття «рівень звуку» (вимірюється в дБА) — загальний рівень звукового тиску, що вимірюється шумоміром на кривій частотній корекції *A*, яка приблизно характеризує частотну характеристику сприйняття шуму людським вухом (відповідає кривою рівної гучності з рівнем звукового тиску 40 дБ на частоті 1000 Гц). Відносна частотна характеристика кривої корекції *A* наведено у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 - Відносна частотна характеристика кривої корекції *A*

Частота, Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Значення	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0	+1,2	+1,0	-1,1

При проведенні боротьби з шумом зазвичай необхідно об'єднати рівні звукового тиску (рівні звуку) декількох джерел шуму, обчислити середній рівень або по октавних рівнях розрахувати загальний рівень звукового тиску.

Послідовне підсумовування рівнів звукового тиску (рівнів звуку) починають зазвичай із найбільшого рівня. Визначають різницю двох рівнів, що складаються, а потім із встановленої різниці знаходять потрібне збільшення (добавку), яку додають до більшого зі складених рівнів. Такі ж дію роблять з цією сумою двох рівнів і третім рівнем і т. д. Приклад такого розрахунку представлений в таблиці 1.3, за якою знаходять потрібне значення добавки для додавання до більшого з рівнів.

Шум більшості джерел, характерних для міського середовища, знаходиться в діапазоні практично всіх смуг частот, що сприймаються слухом, проте має різний розподіл рівнів тиску звуку по частотах, а також різний градієнт за часом. Класифікація видів шумів, що надають несприятливий вплив на людину, здійснюється із застосуванням спектральних та тимчасових характеристик.

Таблиця 1.3 - Порядок складання рівнів звукового тиску

Різниця двох рівнів, що складаються, дБ (дБА)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	15	20
Добавка до більшого рівня, дБ (дБА)	3	2,5	2,1	1,8	1,5	1,2	1	0,8	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0

За спектром шуми поділяються на:

- низькочастотні (максимум звукового тиску в області <300 Гц);
- середньочастотні (максимум звукового тиску в ділянці 300-800 Гц);
- високочастотні (максимум звукового тиску в області > 1000 Гц).

За часовими характеристиками шуми підрозділяються на:

- постійні (рівень звуку змінюється у часі менш як на 5 дБа);
- непостійні (рівень звуку змінюється у часі більш ніж 5 дБа).

Джерела постійних шумів, це, наприклад, постійно працюючі насоси, вентиляційні та компресорні установки, а також обладнання промислового підприємства (повітрорудки, кондиція, транспортери тощо).

Непостійні шуми у свою чергу поділяються на:

- мінливі у часі (рівень звуку безперервно змінюється у часі);
- переривчасті (рівень звуку кілька разів за час спостереження різко падає до рівня фонового шуму і знову наростає, тривалість інтервалів, протягом яких рівень звуку постійний і перевищує фоновий шум понад 1 сек.);
- імпульсні (один чи кілька послідовних імпульсів тривалістю менше 1 сек.).

Джерела непостійного шуму міського середовища, що коливається, - автотранспорт, переривчастого шуму - залізничний транспорт, холодильні промислові установки. Джерела імпульсного шуму - пневматичні молотки, ковальські преси, машини для забивання паль, інше подібне промислове обладнання.

Для оцінки параметрів шуму застосовуються різні способи, які

залежать в першу чергу від його тимчасової класифікації. Оцінка постійного шуму здійснюється за основним методом у рівнях звукового тиску L_v дБ, як правило, в октавних смугах частот (63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 та 8000 Гц). Для непостійних шумів (а також для наближеної оцінки постійних шумів) проводиться за рівнем звуку в дБА. Цей метод практично використовується найчастіше [1].

Основними глобальними джерелами шумового забруднення у світі (і особливо у міському середовищі) є транспортні засоби, промислові підприємства, ремонтні та будівельні роботи, масові заходи [16].

Частка, займана кожним із основних джерел шуму у формуванні загальної картини шумового забруднення, наведено на рисунку 1.2.

Приватними джерелами дратівливого шуму є офісна та побутова техніка, тварини, діти, галасливі сусіди тощо. З основних світових джерел більшість шумового впливу - від 54 до 80%, відносяться до шумового впливу, виробленого транспортними засобами (автотранспортом, авіацією, залізничним транспортом), оскільки його дії значно ширші, а фізичні параметри, що характеризують вплив шуму на організм людини, значно вищий.



Рисунок 1.2 - Доля джерел звуку в шумовому забрудненні міського середовища

У сучасних умовах, коли міські транспортні потоки постійно збільшуються, одночасно розширюються зони шумового впливу.

Якщо в 1997 році максимально допустимі рівні шумана на територіях житлової забудови в м. Київ досягали 73 дБА і перевищували гранично допустимий рівень (ПДУ) шуму в 1,37 раза, то вже в 2017 році вони перевищили ПДУ більш ніж у п'ять з половиною разів, за умови ПДУ вдень 55-60 дБ, і 40-45 дБ вночі.

На сайті «misto.lun.ua» представлена інтерактивна карта шумового забруднення Києва, створена компанією ЛУН Місто, що наводить подібні дані.

При створенні карти фахівці компанії провели аналіз поширення шуму від різних типів об'єктів. Отримані дані були уточнені в ході натурних вимірі за допомогою спеціально розроблених датчиків.

Карта представлена на рисунках 1.3 і 1.4 [3].

При аналізі представлених на карті даних підтверджується висновок про те, що головну частину шумового забруднення довкілля для міської забудови формують транспортні потоки. Додатковий вклад вноситься будівельними роботами.

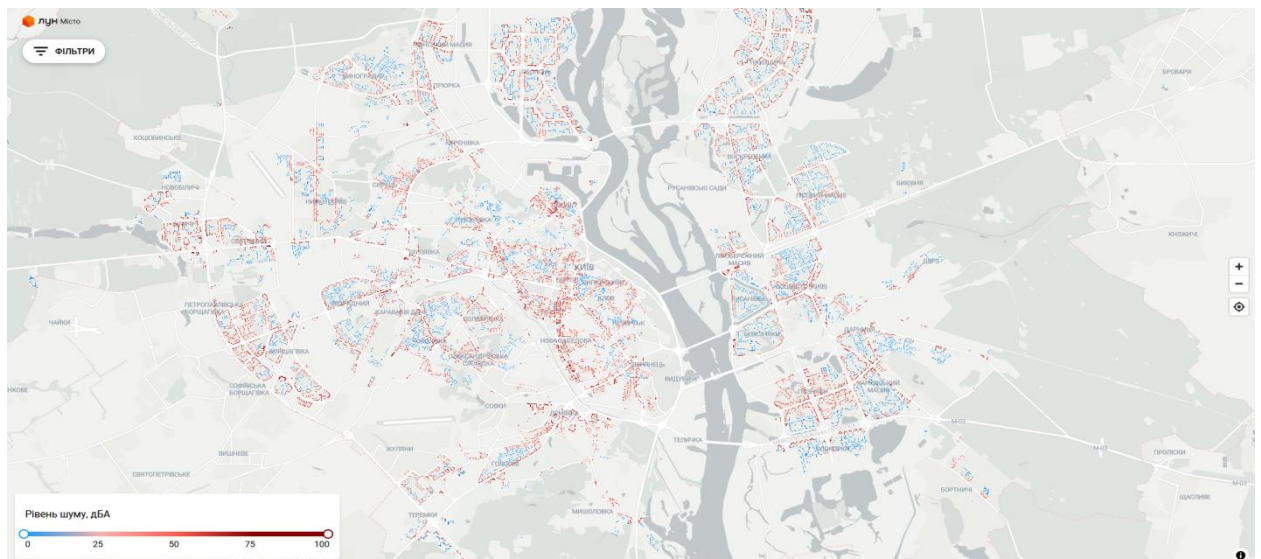


Рисунок 1.3 - Інтерактивна карта шумового забруднення м. Київ (з сайту <https://misto.lun.ua/>)

На жаль, для інших населених пунктів України така карта не розроблялася, хоча наявність такої інформаційної підтримки дозволила б перейти до більш виваженої та адресної боротьби з негативним впливом шуму на життєдіяльність людини.

Крім зазначених причин зростання шумового впливу, діє і т.зв. «людський» фактор, який проявляється в тому, що в даний час у великих сучасних мегаполісах рівень шумового забруднення в житлових районах найчастіше виявляється значно перевищеним, за рахунок помилок у проектуванні міської інфраструктури, помилок міського планування та помилок при прийнятті управлінських рішень.

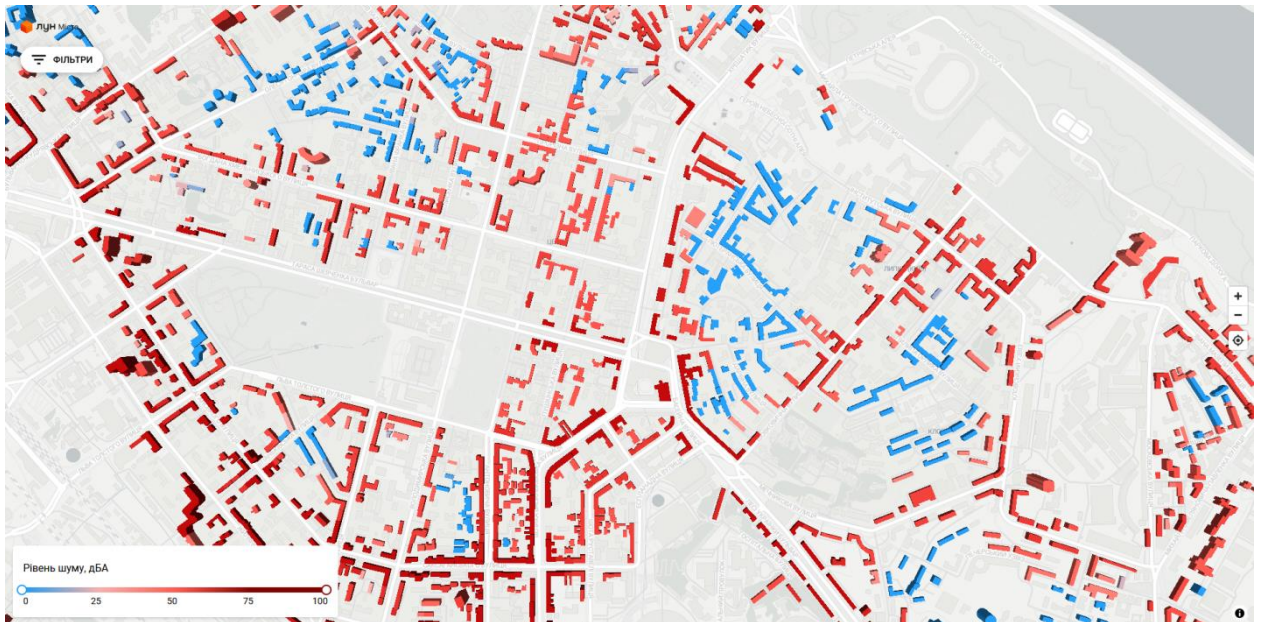


Рисунок 1.4 - Карта шумового забруднення центру м. Києва

Сюди відноситься, наприклад, розміщення великих підприємств у межах міста, забудова смуги безпеки аеропортів, придбання неякісних та недовговічних засобів протидії шумовому забрудненню навколишнього середовища, наприклад дешевих шумозахисних екранів, які швидко виходять з ладу і самі починають створювати потенційну небезпеку для жителів міста, та т.п.

1.2. Вплив підвищеного рівня шуму на людину

1.2.1. Загальна дія шуму на людину

На відміну від приватних джерел шуму, глобальні джерела шумового забруднення здатні в короткий час викликати суттєві порушення природного балансу в екологічних системах і перешкоджати природним процесам життєдіяльності людини та природних екосистем.

Так, наприклад, поряд вчених-гідробіологів відносять випадки втрати орієнтації в просторі морськими тваринами, та їх подальше викидання на берег, як результат впливу на морське середовище шуму від роботи гідролокаторів (сонарів) морських суден, оскільки підводне орієнтування багатьох морських тварин ґрунтується на використанні ультразвуку (рисунок 1.5), як і робота сонарів.

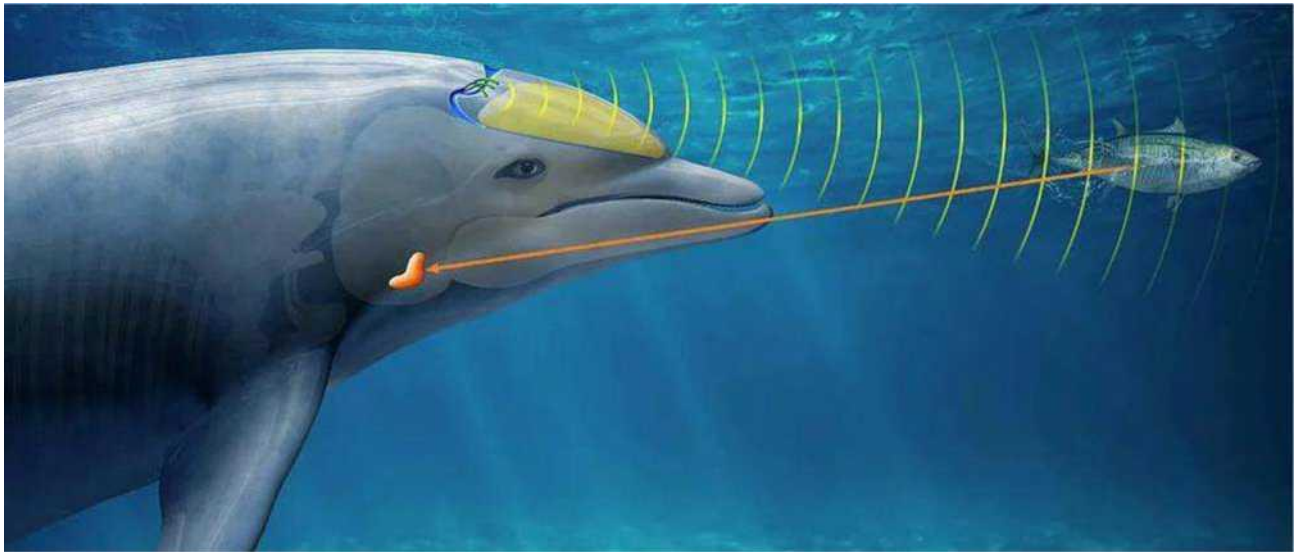


Рисунок 1.5 - Процес орієнтації морських тварин в просторі

Також достовірно відомо, що і у людини при тривалому впливі на неї інтенсивного шуму відбувається розлад нервової та ендокринної систем, розвивається судинна дистонія, порушується робота шлунково-кишкового тракту, розвивається глухота, порушується функція вестибулярного апарату. На виробництві перевищення гранично допустимого рівня шуму на робочих

місцях є підставою для віднесення умов праці до шкідливого чи небезпечного класу. Безпечний рівень звуку живих організмів оцінюється лише на рівні 45 дБ. Гучність, яка перевищує 80 дБ, вже дуже негативно впливає на здоров'я людини. При цьому, поступово накопичуючись, акустична дія веде до виникнення низки захворювань і нездужань:

- хронічна втома;
- неврози;
- безсоння;
- падіння слухової чутливості;
- атеросклероз;
- стенокардія;
- серцева недостатність.

Крім того, якщо постійно перебувати під впливом шумового забруднення 100 дБ і вище, гарантовано постійну втрату слуху. Ризик виникнення зазначених та інших захворювань високий, оскільки шумовий вплив має яскраво виражений накопичувальний характер. Тому реально оцінити ту шкоду, яку гучний звук надає на певний конкретний живий організм можна тільки після значного періоду часу (близько 6 - 10 років).

Якщо вплив гучного звуку характеризується постійністю, тобто в результаті постійного знаходження поблизу джерела гучного звуку, наприклад автотранспорту, або проживання поблизу промислового підприємства, самопочуття погіршується вже при гучності не вище 80 дБ.

За інтенсивністю всі звуки розподіляються на три великі області. Перша область включає досить обмежену кількість джерел шуму і розподіляється від слухового порога людини до рівня звукового тиску 40 дБ. Людський звуковий аналізатор слабо чутливий до сприйняття звуку такого рівня.

Друга область займає від 40 до 80 - 90 дБ звукового тиску і містить основну масу звуків навколишнього середовища; повсякденний вплив їх призводить до створення навичок сприйняття. У цю область потрапляє

людська мова (від шепоту до крику), побутовий та виробничий шум, музика, звукова сигналізація тощо. У цій галузі людина здатна до найбільш ретельного визначення та аналізу всіх особливостей звуку.

Третя область займає від 80 – 90 дБ звукового тиску до порога больового відчуття (110 – 130 дБ). Раніше практично не задіяний, в сучасних умовах повсякденної життєдіяльності людини, і за нинішнього рівня розвитку техніки, цей рівень займає все більше місця в навколишньої людини в ноосфері. Тут спостерігаються суттєві відмінності у діяльності звукового аналізатора порівняно з першою та другою областями.

Найважливіше значення у третій області набуває явище втоми і отже чинник тимчасового впливу джерела звуку.

Звукове роздратування людина приймає з допомогою органів слуху. Звуковий аналізатор людини є складним механізмом, який має досить високу чутливість, здатність виконувати тонкий вибірковий аналіз і синтез, і визначати з маси сприйнятих звуків корисні, а також можливість захищати мозок людини від небажаних шкідливих звуків (рисунок 1.6).

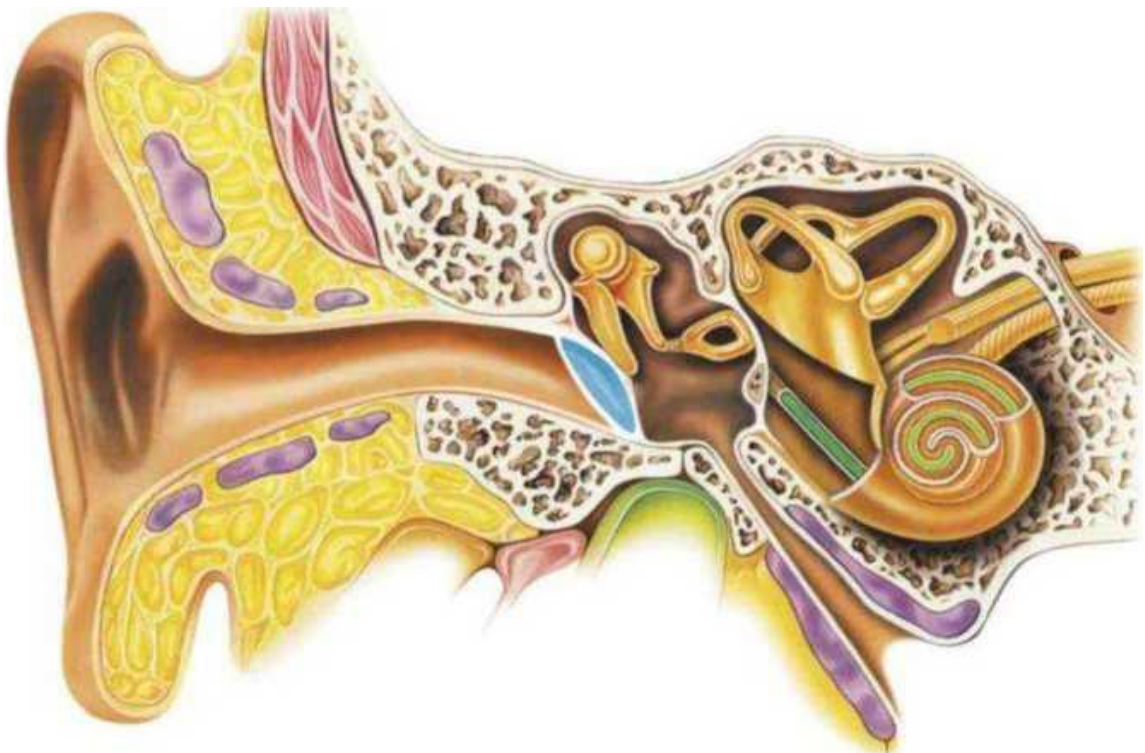


Рисунок 1.6 - Звуковий аналізатор (орган слуху) людини

Чутливість слуху людини змінюється під час шуму. У разі повної тиші

чутливість підвищується, під впливом шумового впливу - падає. Таке тимчасове переналаштування здатності звукового аналізатора, що виражається у зміні порога чутності, визначається як адаптація слуху.

Тимчасове незначне зниження порога чутності є корисною реакцією організму для адаптації його до умов зовнішнього середовища та виконує захисну функцію проти сильного та тривалого шуму. Але якщо вплив шуму здійснюється протягом тривалого часу, це веде до патології органу слуху, що характеризується його втомою і як сильнішим падінням порога чутності, а й більш тривалому зворотному відновленню.

Втома людини настає при надмірному подразненні звукового аналізатора, є тривалим процесом, і на відміну від адаптації, яка навпаки сприяє збереженню працездатності, завжди знижує працездатність аналізатора; при частих і довгих значних подразненнях і у разі малого відпочинку, настають явні явища падіння функціональних можливостей і вимальовується картина шумової (звукової) травми. Прикладом є вплив виробничого шуму на робітників.

Граничний рівень шуму, у якому орган слуху в людини не зазнає ушкоджень, визначається з виробництва в 85 - 90 дБ. Під впливом шуму високої інтенсивності, що перевищує цей рівень, в органі слуху з'являються явища втоми, а згодом ці явища можуть перейти в приглухуватість і глухоту, які проявляються через кілька років.

Людина схильна до дії шуму такого ж високого рівня і в повсякденному житті. Внаслідок постійної тривалої дії шуму в умовах міської забудови може виявлятися хронічний розлад функції слуху. Дія шуму на організм людини проявляється в цьому випадку в трьох основних напрямках:

- 1) вплив шуму на орган слуху;
- 2) вплив шуму на функції окремих органів та систем (серцево-судинна, травна, ендокринна, м'язова системи, вестибулярний апарат, обмінні процеси, кровотворення тощо);

3) вплив шуму на організм людини в цілому, зокрема на вищу нервову діяльність та вегетативну реактивність.

Загалом дратівлива дія шуму визначається його фізичними властивостями. Так, менш дратівливим та стомлюючим є шум із суцільним спектром, порівняно з шумом, що містить окремі тональні складові. У той же час шум з високочастотними компонентами більш дратівливий, ніж низькочастотними.

Найбільш неприємний шум, що змінюється за частотами та рівнями тиску. Щодо шумів малої інтенсивності (до 60 дБ) велике значення має психологічний бік проблеми. Так, наприклад, навіть значний шум, який з'являється в результаті дій самої людини, менш турбує його, ніж невеликий шум від будь-якого зовнішнього джерела.

Щодо шуму високого рівня, в ході низки досліджень [2] визначено, що найшвидше порушення під його впливом розвиваються з боку центральної нервової системи, а ураження органу слуху виникають значно пізніше (не раніше ніж через 6 – 7 років).

Дослідження показали [2], що в умовах виробництва, пов'язаного з шумом і вібрацією, у робітників виявляються різкі значні зрушення біоелектричної активності в корі головного мозку. Це знижує активність їх нервових процесів і гальмує збудливість з утворенням застійних вогнищ збудження в руховій та акустичній зонах кори. Виявлялися також порушення взаємозв'язку між підкіркою та корою головного мозку.

Швидкість реакції визначає стан центральної нервової системи. У відповідь на звукові та світлові сигнали при рівні шуму понад 80 дБ виявлено значне подовження умовної рухової реакції. Враховуючи, що для людини швидкість її реакції, що характеризується часом, який необхідно, щоб отримана та усвідомлена інформація викликала моторну дію, надзвичайно важлива (а на виробництві навіть життєво важлива), актуальність цієї проблеми не викликає сумніву.

Таким чином, питання зниження інтенсивності побутового та

промислового шуму безпосередньо пов'язане з продуктивністю праці та безпекою виробництва, і, отже, має надзвичайно велике економічне значення, що визначає актуальність даної роботи. Падіння продуктивності праці в ряді галузей промисловості, де технологічні процеси пов'язані з виникненням шуму, наголошується в роботах таких дослідників цього питання як Скворцов А.М., Суворов Г.А., Шубін І.Л. [4, 6, 8, 9]. Відбувається це через зниження уваги та підвищення часу реакцій на подію. У цьому продуктивність праці падає у кількісному, а й у якісному відношенні. За даними низки дослідників продуктивність праці під впливом шуму може знизитися до 60%. При зниженні шуму спостерігається зворотна реакція, загальна продуктивність праці підвищується, падають невиробничі витрати, і навіть знижується захворюваність співробітників.

Відомо, що з значної інтенсивності шум викликає зміна низки вегетативних реакцій організму, найважливішої у тому числі є функція кровообігу. Ці зміни виявляються вже при шумі в 60 - 70 дБ і стають тим сильнішими, чим вищий рівень шуму. У цьому важливе значення має ширина смуги шуму. У низці досліджень також відбито дію шуму на серцево-судинну систему навіть тоді, коли вимірювання частоти пульсу, електрокардіограми та кров'яного тиску не виявляли змін. Також дослідження впливу шуму на систему травлення, нирки, селезінку та інші органи показали значний несприятливий вплив шуму та на їх функціональний стан.

Звідси випливає, що шум викликає реакцію всього організму загалом. Порушення, що відбуваються в органах і системах людини під впливом шуму, залежать від його рівня, розподілу за частотами, тривалості впливу, а також від індивідуальних характеристик і особливостей організму конкретної людини або тварини. Інтенсивні високочастотні шуми призводять до швидкого розвитку патологічного стану. Цю патологічну картину, що проявляється під впливом шуму, визначають як "шумову хворобу" [1].

Починаючи з того моменту, коли вперше дослідники звернули

серйозну увагу на таке явище як шум та його вплив на живі організми, і донедавна, кожна галузь науки діяла щодо цього явища відокремлено. Так біологи досліджували біологічну дію звуку, орієнтуючись з його екологічне значення, фізіологи розглядали механізм звукового відтворення, лікарі займалися лікуванням патологій органів слуху. Однак із швидким зростанням потужності звукового впливу було виявлено комплексний характер дії шуму. Сьогодні людина опинилася під впливом звуку такої потужності, яка у багато разів перевищує ту, на тлі якої протікала вся попередня історія існування живого світу.

Це веде до глибоких патологічних процесів, майбутній результат яких на далеку перспективу практично неможливо передбачити у зв'язку зі слабкою вивченістю цього явища. Отже, виникла потреба більш глибокого дослідження механізму біологічної дії звукової енергії, насамперед змішаного спектра частот, як найнебезпечнішого. Ми говоримо про пряму дію звукових коливань на клітини і тканини організму, минаючи спеціалізований орган слуху, як і в тому випадку, коли досліджується явище вібрації. При цьому звукові коливання продовжують вплив на організм і в тому випадку, коли орган слуху не функціонує.

Відомості Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ) про кількість професійних захворювань робітників підприємств з підвищеною інтенсивністю шуму, на жаль, стосуються лише втрати слуху, скарг на головний біль, неврозів та ін. Це результат дії шуму на рецептори, але є і пряма дія звуку крім рецепторів .

У 2009 році Європейське регіональне бюро ВООЗ опублікувало брошуру «Night noi seguidelines for Europe» («Посібник з проблем нічного шуму для країн Європи») [4], в якій були представлені останні дані про ту шкоду для здоров'я людей, яка може бути пов'язана з впливом нічного шуму, а також рекомендації щодо його гранично допустимих рівнів.

Згідно з пропонованими стандартами, щорічний середній рівень нічного шуму не повинен перевищувати 40 децибел (дБ), що відповідає

рівню шуму на тихій вулиці в житлових кварталах. Навіть трохи вище рівні шуму здатні викликати легкі розлади здоров'я, наприклад у вигляді порушень сну.

Тривалий середній вплив шуму, що перевищує лише 55 дБ, що відповідає рівню шуму на жвавій міській вулиці, може стати причиною підвищення артеріального тиску та порушень діяльності серця. Наголошувалося, що кожен п'ятий житель Європи регулярно зазнає надто високого рівня шуму.

Серед інших досліджень, пов'язаних із впливом шуму на організм, чільне місце займають роботи з впливу звуку на кровообіг і центральну нервову систему.

Поки немає опублікованих зведень щодо досліджень прямого впливу механічних коливань інфра- та звукового діапазону частот на організм людини. Тому можна обмежитись лише посиланням на окремі дослідження, що ілюструють ефект біологічної дії цього виду енергії. Відомо, що вплив потужних звуків на організм може призвести до смерті. Дослідники, які займалися даним питанням, вважають, що загибель тварин, що зазнавали сильного звукового впливу (близько 160 дБ), викликана температурою, яка досягається в цьому випадку. Звукова енергія, поглинена поверхнею тіла живого організму, перетворюється на тепло, яке у разі перевищення деякого порогового значення і спричиняє летальний синдром [5]. Зазначається, що з досягненні частоти 3000 Гц смерть настає протягом 8-9 хв. Можна припустити, що ця частота є резонансною, і за її досягненні амплітуда і кавітація різко зростають.

Про пряму дію звуку свідчать досліди дослідження мікрофонного потенціалу внутрішнього вуха (кохлеарного нерва) на наркотизованих тварин. Було встановлено видову різницю чутливості гангліозних клітин до інтенсивності звуку. Оскільки піддослідні тварини були наркотизовані, то, як думалося, дія звуку сприймалася не рецепторами, а безпосередньо гангліозними клітинами.

Відомо, що звук інтенсивністю 94 дБ пригнічує експериментально викликаний лейкоцитоз тварин [6]. З результатів цього дослідження виходить, що звук проникає крізь усі тканини організму, викликаючи у них функціональні та структурні зміни. Якщо при цьому врахувати, що кожна клітинна структура (нерви, м'язи, шкіра), і кожна функціональна система (кровоносна, мозкова та ін.) мають виключно особливу чутливість до звукових впливів, стає очевидною причина того різноманітність форм патологій, які можуть викликати вплив на організм звук чи вібрація.

На жаль, ще не відомий ступінь чутливості клітин, не пов'язаних з органами слуху, до звуку та вібрації; таких досліджень просто не проводилося. Тим часом відсутність інформації з цього питання ускладнює повне розуміння механізму біологічного впливу звуку і вібрації, і отже ускладнюється процес вироблення рекомендації щодо ефективного протидії цьому явищу, усунення негативних наслідків, а в ідеалі - використання його на користь лікування низки захворювань, на сьогоднішній день невиліковних.

У ряді досліджень наголошується, що при тривалому знаходженні в приміщенні з монотонним рівномірним шумом, що не перевищує певного допустимого рівня, людина адаптується до нього і перестає його чути, доти, поки не відбувається зміна тону або рівня звуку.

Це явище добре знайоме людям, які працюють на об'єктах, де розміщується енергетичне обладнання, наприклад, морякам, які проходять службу на судах.

Шкідливий вплив на здоров'я людини, як показали дослідження, можуть мати також і нечутні звуки. Довжина інфразвукової хвилі дуже велика (на частоті 3,5 Гц дорівнює 100 метрів), проникнення тканини тіла також велике. Інакше кажучи, інфразвук впливає не тільки на органи слуху, а через них на мозок, а й одразу на все тіло людини.

Особливий вплив інфразвуку надають на психічну сферу людини: уражаються всі види мисленнєвої діяльності, псується настрій, часто виникає

відчуття тривоги та розгубленості, а за високої інтенсивності - почуття слабкості, як після сильного нервового потрясіння.

Звук малої інтенсивності викликає нудоту і дзвін у вухах, а також погіршення зору та несвідомий страх. Звук середньої інтенсивності впливає на органи травлення та мозок, викликаючи параліч кінцівок, загальну слабкість, а іноді навіть сліпоту. Потужний інфразвук може пошкодити і навіть повністю зупинити серце. Подібні випробування проводилися на початку 1950-х років, зокрема дослідник Володимир Гавро (Франція, Марсель), який вивчав вплив інфразвуку на організм людини, визначив, що при коливаннях порядку 6 Гц у піддослідних добровольців виникло відчуття втоми, потім занепокоєння, що переходить у несвідомий. Відкриття Гавро, по суті, дало поштовх розвитку того, що зараз називають звуковою (або інфразвуковою) зброєю. Ця тема перестав бути предметом розгляду запропонованої роботи, докладніше вона висвітлена в [7].

Навіть слабкі інфразвуки можуть впливати на людину, особливо, якщо вони мають тривалий характер. На думку вчених, саме інфразвуками, які безперешкодно проходять крізь стіни будинків, викликаються багато нервових і психічних захворювань жителів великих мегаполісів.

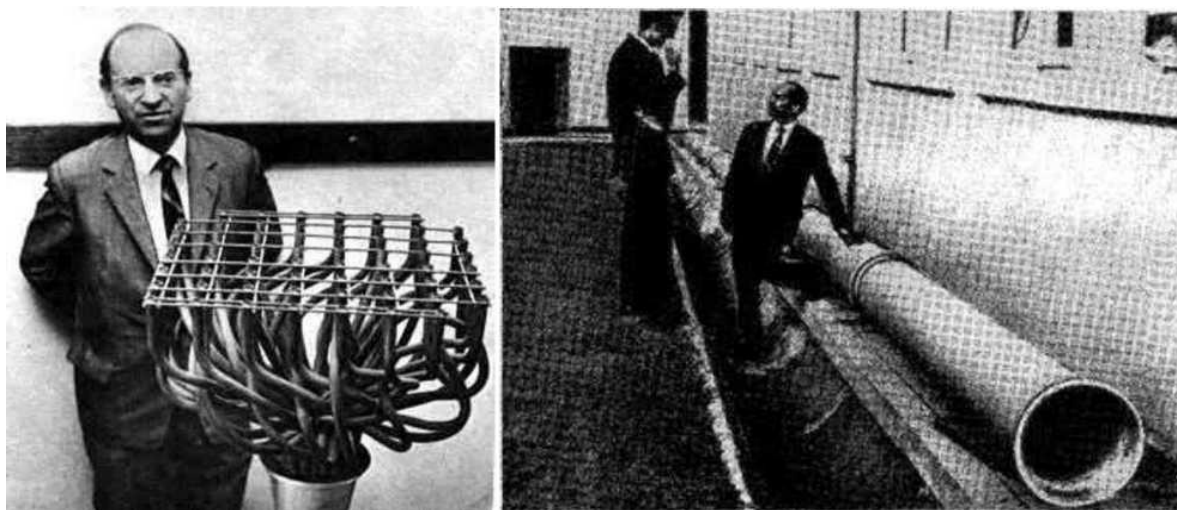


Рисунок 1.7 - Володимир Гавро і його звуковий випромінювач (Франція, м. Марсель)

З подібними явищами іноді стикаються пасажери літаків, відчуваючи

стан нездужання та занепокоєння, однією з причин яких є інфразвук. Крім того, інфразвуки можуть викликати в деяких людей напади морської хвороби.

Ультразвуки також займають досить помітне місце в групі виробничих шумів, а також небезпечні. Механізми їх на живі організми вкрай різноманітні. Особливо сильно їх негативного впливу схильні клітини нервової системи.

Таким чином, неконтрольований звуковий або шумовий вплив на організм людини, здатний призвести як до загального погіршення його стану і падіння працездатності, так і до серйозних патологій, аж до летального результату. Тим самим підтверджується актуальність завдання боротьби з шумом за умов міської забудови.

1.2.2. Нормування дії шуму на людину

Таким чином, вібрація та звук за певних умов є біологічно небезпечним фактором, що загрожує цілісності організму. Ця небезпека для людини стрімко зростає у зв'язку з розвитком техніки, тому що збільшується інтенсивність супутніх факторів, при дії яких і вібрація, шум стають особливо небезпечними. Йдеться про температуру навколишнього середовища, ступінь забруднення атмосфери, радіацію, магнітні поля та ін. матеріальні умови життя та ін. Саме через свою масовість, через ці супутні фактори нова нозологічна одиниця хвороби, породжена технічним прогресом, — вібраційна хвороба — тепер стала предметом досліджень медиків усіх країн світу, науковців різних галузей науки: фізіологів, біофізиків, математиків та , як ми вже наголошували, соціологів; ця проблема у наш час набула найважливішого соціального значення.

При встановленні нормативів шуму найчастіше доводиться орієнтуватися не так на оптимальні умови існування, але в допустимі, коли шкода від впливу шуму або проявляється, або проявляється незначно. У

цьому велике значення мають особливості сучасної економіки та промисловості.

Для захисту населення від шуму головне значення мають санітарно-гігієнічні нормативи допустимих рівнів шуму, оскільки вони визначають необхідність розробки тих чи інших заходів шумозахисту в містах. Мета гігієнічного нормування - профілактика функціональних розладів та захворювань, розвитку надмірної втоми та зниження працездатності населення при короткочасній або тривалій дії шуму у навколишньому середовищі. Залежно від свого призначення приміщення будинків та селищні території повинні бути відповідно захищені від шуму. Ступінь захисту від шуму, в першу чергу, визначається нормами допустимого шуму для приміщення або території даного призначення. Шум, що проникає в приміщення або на територію від будь-яких джерел, не повинен перевищувати нормативних величин.

Такі норми встановлюються у діючих ДБН, стандартах та санітарних нормах. Нормованими параметрами постійного шуму в розрахункових точках є рівні звукового тиску L , дБ, в октавних смугах частот із середньгеометричними частотами 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 та 8000 Гц. Для орієнтовних розрахунків можна використовувати рівні звуку L_A , дБА. Нормованими параметрами непостійного шуму в розрахункових точках є еквівалентні рівні звуку $L_{A \text{ екв.}}$, дБА, і максимальні рівні звуку $L_{A \text{ макс.}}$, дБА. [1,10].

Нормативи шуму в житлових будівлях представлені на рисунку 1.8.

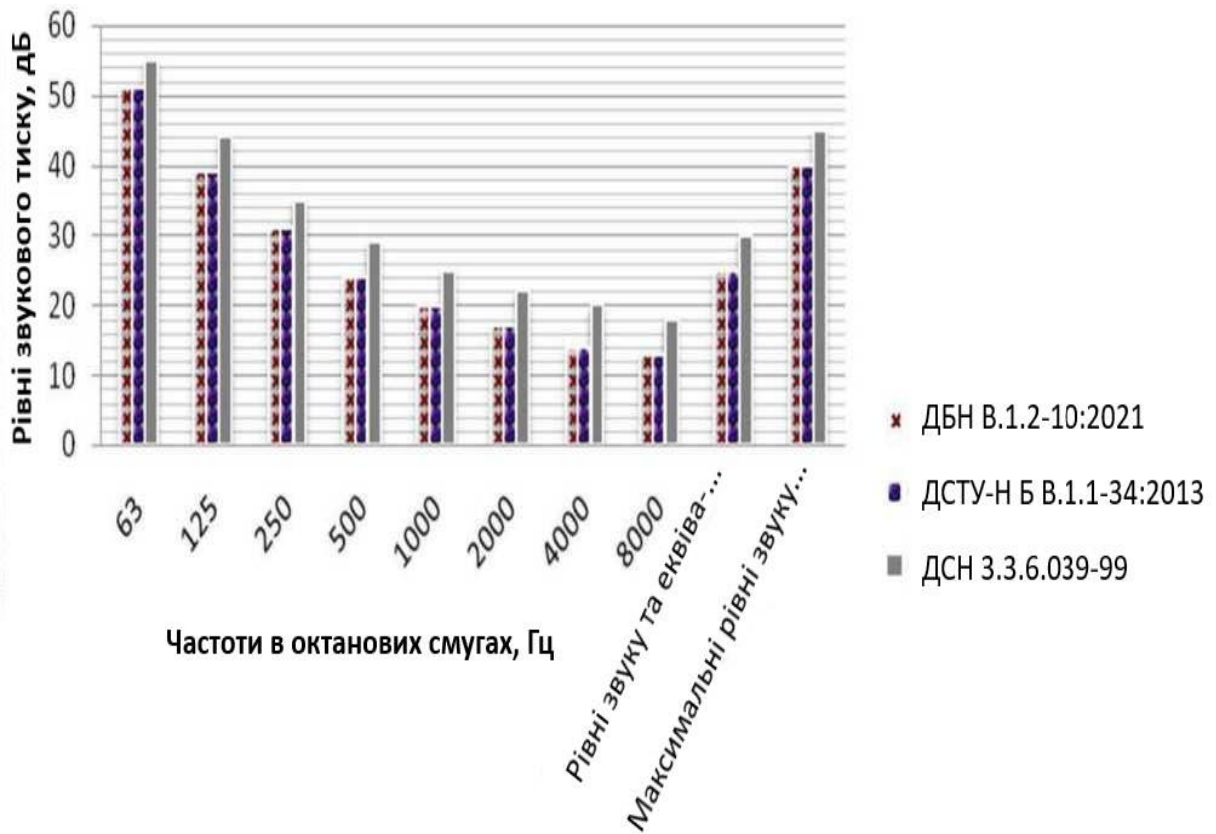


Рисунок 1.8 - Нормування шуму в житлових будівлях

Українське законодавство у сфері регулювання шумового забруднення довкілля сформоване на підставі наступного ряду документів :

- ДСП 173-96 Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів, затверджені наказом Міністерства охорони здоров'я України від 19 червня 1996 р. № 173, зареєстровані в Міністерстві юстиції України від 24 липня 1996 р. за N 379/1404;
- ДСН 3.3.6.039-99 Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації, затверджені постановою Головного державного санітарного лікаря України від 1 грудня 1999 р. № 39;
- ДСТУ 2300-93 Вібрація. Терміни та визначення;
- ДСТУ-Н Б В.1.1-32:2013 Настанова з проектування захисту від шуму в приміщеннях засобами звукопоглинання та екранування;
- ДСТУ ISO 3741:2004 Акустика. Визначення рівнів звукової потужності джерел шуму за тиском звуку. Точні методи для ревербераційних

камер (ISO 3741:1999, IDT);

- ДБН В.1.2-10:2021.Захист від шуму та вібрації .

Нормативи ультразвукової дії встановлені ДСН 3.3.6.037-99. Допустимі L на РМ дані для 1/3 октавних смуг в діапазоні f 1,25...100 кГц і складають 80. .110 дБ. При контактній дії ультразвуку його рівень не повинен перевищувати 110 дБ. Гостом також передбачені зміни ПДУ ультразвуку при сумарному скороченні часу його дії (на 6 дБ при часі дії 1...4 години в зміну і 24 дБ при часі дії 1...5 мін).

Зараз в Україні рівень шуму обмежують державні санітарні норми. Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 22 лютого 2019 р. № 463 «Про затвердження Державних санітарних норм допустимих рівнів шуму в приміщеннях житлових та громадських будинків і на території житлової забудови», зареєстрований в Міністерстві юстиції України від 20 березня 2019 р. за № 281/33252.

Цей нормативний документ є основним з ряду документів, що регламентують рівень шуму у виробничих і житлових приміщеннях. Він включає:

1. Область застосування та загальні положення;
2. Нормативні посилання;
3. Терміни та визначення;
4. Класифікацію шумів, що впливають на людину;
5. Нормовані параметри та гранично допустимі рівні шуму на робочих місцях;
6. Нормовані параметри та допустимі рівні шуму у приміщеннях житлових, громадських будівель та території житлової забудови.

Таблиця 1.4 - Допустимі рівні звуку в приміщеннях житлових і громадських будинків та на території житлової забудови

№ з/п	Призначення приміщень та територій	Час доби*	Рівні звуку LA або LA екв., дБА	Критерії шуму NC
1	2	3	4	5
1	Операційні приміщення в лікарнях та клініках	цілодобово	35	25
2	Палати на одного пацієнта	день	35	25
		ніч	25	15
3	Палати на двох пацієнтів і більше	день	40	30
		ніч	30	20
4	Кабінети лікарів поліклінік, амбулаторій, диспансерів, лікарень, санаторіїв, масажні та косметологічні кабінети, аптеки	цілодобово	35	25
5	Лабораторії лікувальних закладів	цілодобово	45	35
6	Місця загального користування лікувальних закладів		55	45
7	Спальні кімнати житла I категорії	день	35	25
		ніч	25	15
8	Житлові приміщення житла I категорії	день	40	30
		ніч	30	20
9	Спальні кімнати житла II категорії	день	40	30
		ніч	30	20
10	Житлові приміщення будинків відпочинку, пансіонатів, будинків-інтернатів для людей похилого віку та інвалідів	день	40	30
		ніч	30	20
11	Житлові кімнати в гуртожитках	день	45	35
		ніч	35	25
12	Житлові номери готелів категорії 4 зірки та 5 зірок	день	35	25
		ніч	30	20
13	Житлові номери готелів категорії 3 зірки	день	40	30

		ніч	30	20
14	Житлові номери готелів категорії менше ніж 3 зірки	день	45	35
		ніч	35	25
15	Конференц-зал або банкетний зал у готелях і мотелях	цілодобово	40	30
16	Зони сервісних служб у готелях і мотелях	цілодобово	55	45
17	Спальні приміщення в дитячих дошкільних закладах і школах-інтернатах	день	40	30
		ніч	30	20
18	Лекційні та класні приміщення, учбові кабінети, кімнати викладачів, конференц-зали, аудиторії	цілодобово	40	30
19	Музичні класи	цілодобово	35	25
20	Бібліотеки	цілодобово	45	35
21	Зали для глядачів у клубах, кінотеатрах, закладах дозвілля, зали засідань	цілодобово	40	30
22	Фойє кінотеатрів, клубів, багатоцільових залів, закладів дозвілля)	цілодобово	55	45
23	Зали театрів і концертні зали	цілодобово	30	20
24	Зали багатоцільового призначення	цілодобово	35	25
25	Фойє театрів і концертних залів	цілодобово	50	40
26	Музеї	цілодобово	40	30
27	Театри	цілодобово	30	20
28	Церкви	цілодобово	40	30
29	Спортивні зали, плавальні басейни	цілодобово	55	45
30	Торговельні зали магазинів, пасажирські зали аеропортів і вокзалів, приймальні пункти підприємств побутового обслуговування	цілодобово	60	50
31	Адміністративні приміщення	цілодобово	45	35
32	Офіси	цілодобово	50	40
33	Приміщення, обладнані персональними комп'ютерами та/або технікою для бізнесу	цілодобово	50	40
34	Приміщення для прийому громадян	цілодобово	55	45
35	Кімнати для конференцій	цілодобово	45	35
36	Робочі приміщення і кабінети науково-	цілодобово	50	40

	дослідних і проектно-конструкторських організацій			
37	Зали судових засідань	цілодобово	40	30
38	Зали кафе, їдалень, барів, ресторанів	цілодобово	55	45
39	Гаражі	цілодобово	60	50
40	Території, які безпосередньо прилягають до будівель лікарень і санаторіїв	день	45	35
		ніч	35	25
41	Території, які прилягають до житлових будинків підвищеної комфортності та котеджів	день	50	40
		ніч	40	30
42	Території, які безпосередньо прилягають до житлових будинків, поліклінік, амбулаторій, диспансерів, будинків відпочинку, пансіонатів, будинків-інтернатів для людей похилого віку та інвалідів, дитячих дошкільних закладів, шкіл та інших навчальних закладів, бібліотек, храмів, музеїв	день	55	45
		ніч	45	35
43	Територія житлової забудови, на яку впливає шум об'єктів будівництва та реконструкції	день	60	50
		ніч	50	40
44	Території, які безпосередньо прилягають до готелів та будівель гуртожитків	день	60	50
		ніч	50	40
45	Території, які безпосередньо прилягають до офісних будівель	день	65	55
46	Майданчики відпочинку на території лікарень і санаторіїв	цілодобово	35	25
47	Майданчики відпочинку на території мікрорайонів і груп житлових будинків, котеджів, будинків відпочинку, пансіонатів, будинків - інтернатів для людей похилого віку та інвалідів, майданчики дитячих дошкільних закладів, шкіл та інших навчальних закладів (незалежно від форм власності)	цілодобово	45	35
48	Території, які безпосередньо прилягають до магазинів, торгових центрів,	цілодобово	70	60

	пасажирських залів аеропортів, вокзалів, приймальних пунктів підприємств побутового обслуговування			
--	--	--	--	--

* День (08:00-22:00), ніч (22:00-08:00).

1.3. Висновки по розділу

На підставі сказаного можна відмітити:

1. В даний час людина стикається з таким рівнем звукового впливу на його організм, якого раніше не існувало.

2. Джерелом цього впливу є діяльність людини, тобто. аналізований як шумове забруднення звук має антропогенний характер виникнення.

3. Рівень даного впливу на людину продовжує постійно зростати, при цьому антропогенний характер шумового забруднення навколишнього середовища, що розглядається, ускладнює адаптацію до нього живих організмів (у тому числі і самої людини), оскільки звук досягає таких частот і рівнів, які не зустрічаються в живій природі .

4. Вплив підвищеного шуму на організм людини веде до появи таких проблем, як:

- втома;
- неврози;
- безсоння;
- зниження слухової чутливості;
- атеросклероз;
- стенокардія;
- серцева недостатність.

Різке зростання рівня шумового забруднення довкілля пов'язані з початком промислової революції, тобто. має нетривалу історію, тому заздалегідь неможливо передбачити якісь ще проблеми зі здоров'ям наступних поколінь викличе це явище.

5. У міському середовищі основним джерелом шумового забруднення є транспорт – 60-80%. Також значну небезпеку становить шум на робочому місці, що впливає на працюючих.

РОЗДІЛ 2

АРХІТЕКТУРНО-КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ ЩОДО ЗНИЖЕННЯ РІВНЯ ШУМУ

2.1 Дослідження та оптимальний вибір матеріалів для громадських приміщень

Для досягнення ефективної звукоізоляції важливо враховувати вибір матеріалів ще на етапі планування будівництва з метою досягнення найкращого результату при мінімізації фінансових витрат.

Для будівництва стін розглядаються два матеріали: газобетонні блоки та цегляна кладка. Проводиться детальний аналіз обох матеріалів з метою визначення оптимального вибору, який краще відповідає вимогам нашого завдання.

2.1.1 Порівняльна та цінова характеристика матеріалів

Один з ключових показників - маса стіни. Газобетон має масу, яка приблизно в 5 разів менше, ніж цегла. Це дозволяє обійтися легшими типами фундаментів, такими як "стрічковий полегшений" або "стовпчастий", на етапі будівництва. У випадку з цеглою, для неї потрібний "монолітний плитний" або "стрічковий заглиблений" фундамент, що в рази ускладнює будівництво з точки зору інженерії і фінансів.

У своєму застосуванні газобетон знову виявляється переможцем, завдяки унікальній конструкції, що виникає внаслідок майстерного підбору матеріалів та проходження численних термічних процесів обробки. Блоки газобетону легко адаптуються до потрібних розмірів і форми шляхом простого розпилювання або видалення зайвих частин. У відміну від газобетону, цегла не має властивості легкої обробки.

Також важливим аспектом є теплопровідність матеріалу, що потрібно враховувати з урахуванням погодних умов в холодний період року. За даними виробника газобетонних блоків "BauGut" надається наступна інформація:

Таблиця 2.1 - Характеристики матеріалів

Найменування	Розмір	Міцність	Морозостійкість	Коефіцієнт теплопровідності	Вага 1шт
Цегла рядова повнотіла	250x120x65	M-100	F25	0,65	3,3
Газобетонний блок BauGut гладкий	200x625x250	D-500	F35	0,14	20
Керамзитобетонний блок 2-пустотний	200x625x250	M-50	F30	0,41	14



Рисунок 2.1 - Газобетонний блок BauGut гладкий

Аналізуючи дані у таблиці, можна визначити, що газобетонні блоки від компанії BauGut виявляються більш вигідними в порівнянні з цеглою за такими параметрами, як морозостійкість і теплопровідність, що безперечно надає їм перевагу.

За рахунок меншої щільності, для побудови стіни з блоків достатньо всього 400 мм даного матеріалу в товщину без утеплювача, тоді як у випадку цегли потрібно використовувати не менше 2000 мм в товщину.

Важливою особливістю є те, що газобетонні блоки після монтажу вимагають обробки штукатуркою через їхню низьку водонепроникність.

Тепер перейдемо до ключових параметрів, які нас цікавлять: звукоізоляції та вартості.

Вартість вимірюється в 1м^3 виробу, по простому "кубометр". Ціна за "кубометр" газобетонних блоків, заявлена виробником "BauGut" складає - 3500 грн. Ціна конкурента-цегли – 4350 грн. Різниця цілком очевидна.

Щодо звукоізоляції, обидва матеріали мають приблизно однакові характеристики.

Враховуючи дану порівняльну характеристику, з точки зору оптимальності використання, пропоную продовжити розгляд матеріалу - газобетонних блоків від компанії "BauGut".

2.1.2 Визначення параметрів звукоізоляції газобетонних блоків

Розширений розвиток промислового та житлово-цивільного будівництва, що використовує нові технології монтажу, вимагає ефективних звукоізоляційних матеріалів. Економічно важливим є застосування будівельних матеріалів, які виготовляються з недорогої та доступної сировини, при цьому забезпечують високі характеристики звукоізоляції при їх використанні в захисних конструкціях.

Для розрахунку показників звукоізоляції газобетонних блоків було використано такі прилади:

Таблиця 2.2 - Характеристики приладів

№	Найменування	Тип	Виробник
1	Шумомір	GM1357	«Benetech» Китай
2	Генератор шуму	03004	«Robotron» Німеччина
3	Підсилювач потужності	УМ100/2	Польща
4	Випромінювач звуку	S90	Radiotekhnika
5	1/3 октавний фільтр	01024	«Robotron» Німеччина



Рисунок 2.2 - Вимірник рівня шуму (шумомір) Venetech GM1357

Якщо цементний камінь не піддається спеціальному різанню, пори в ньому присутні лише в заповнювачі. Введення повітровтягуючої або газоутворюючої добавки в цементне тісто дозволяє зменшити об'ємну масу легких бетонів з пористим заповнювачем.

Пори розділяються на макропори з діаметром 0,1-3 мм та мікропори з діаметром менше 0,1 мм. Макропори мають форму, близьку до сферичної, і зазвичай є замкнутими, утворюючись при газовиділенні або в результаті втягування повітря. Мікропори мають циліндричну або червоподібну форму, виникаючи при випаровуванні надлишкової води з суміші. Важливим є співвідношення між макро- і мікропорами, особливо для легких бетонів, зокрема пористих. Макропористість може бути втричі більшою, ніж мікропористість, і це значно впливає на фізико-механічні властивості конструкційного матеріалу.

Пористість значно покращує акустичні характеристики легких бетонів у порівнянні з початковими матеріалами. Використання легкобетонних матеріалів у стінових конструкціях, що мають відкриту або закриту пористість, дозволяє підвищити їх індекс ізоляції порівняно із стінами, виготовленими з щільних однорідних матеріалів, на 2-5 дБ.

Однак занадто значна пористість може призвести до крихкості виробів. Тому важливо налаштовувати технологічний режим виготовлення так, щоб отримати матеріал, який одночасно відповідає вимогам як щодо акустичних характеристик, так і стійкості, з приблизно невеликою об'ємною масою.

2.1.3 Результати вимірювань рівнів звукового тиску у приміщеннях

Далі будуть представлені результати, отримані в лабораторних умовах на зразках кладки з газобетонних блоків перегородок, які були виготовлені з відповідністю до технічних умов.

Дослідницькі акустичні приміщення склалися з двох суміжних

горизонтально розташованих приміщень, розділених перегородкою з відкриттям для монтажу зразків конструкцій, які підлягали випробуванню.

Об'єми випробувальних приміщень:

- приміщення високого рівня (ПВР) – 30,3 м³;
- приміщення низького рівня (ПНР) – 36,6 м³.

Площа кладки з газобетонних блоків у робочому отворі випробувальних приміщень становила 8 м². Кладка була виконана за затвердженою технологією, з фрагментом з газобетонних блоків, облицьованим шаром штукатурки на обох сторонах. Товщина шару штукатурки складала 3 мм. Витримка та сушіння кладки проводилися відповідно до програми випробувань. Під час випробувань фрагмент кладки був розташований вертикально.

Таблиця 2.3 - Результати вимірювань рівнів звукового тиску

	ПВР	ПНР	ПВР	ПНР	ПВР	ПНР	ПВР	ПНР	ПВР	ПНР	ПВР	ПНР
Частота , Гц	L1, дБ	L1, дБ	L2, дБ	L2, дБ	L3, дБ	L3, дБ	L4, дБ	L4, дБ	L5, дБ	L5, дБ	L6, дБ	L6, дБ
100	76,4	52,5	87,8	54,3	84,3	54,6	88,1	49,1	87,6	50,9	79,6	49,7
125	83,2	43,6	83,5	53,7	83,4	46,7	93,1	51,1	94,3	48,3	52,8	52,9
160	56,1	54,8	87,2	57,4	87,7	51,8	95,2	53,7	91,7	54,5	92,4	58,3
200	95,4	59,8	98,8	59,9	97,2	60,9	98,3	59,2	97,6	58,7	97,8	57,7
250	94,7	62,3	94,2	59,4	95,7	59,2	95,7	57,7	98,2	80,5	98,5	60,9
315	96,5	58,2	96,3	58,1	95,5	55,4	96,2	58,9	98,7	57,4	97,6	58,2
400	95,9	55,8	97,1	55,7	96,2	55,7	99,7	56,5	99,5	54,5	98,3	55,8
500	97,8	55,3	98,6	56,3	97,8	57,8	99,4	57,9	99,2	56,7	100,2	56,9
630	99,3	55,7	99,3	55,6	98,4	55,6	100,3	56,4	100,7	54,1	100,6	55,3
800	98,7	52,8	99,7	55,7	100,9	52,2	100,7	54,9	101,3	53,6	101,9	53,8
1000	100,9	51,2	99,3	53,8	100,3	52,5	100,3	53,3	100,7	52,3	101,2	52,2
1250	98,2	49,8	99,8	51,2	99,7	49,3	101,7	50,2	101,3	50,7	101,7	50,8
1600	100,7	50,3	100,7	51,4	100,3	50,8	100,6	50,7	100,5	50,8	100,2	50,8
2000	96,9	44,8	96,6	46,7	96,9	45,2	97,3	45,4	97,2	45,9	97,3	45,9
2500	95,4	42,9	95,6	44,9	95,5	43,5	95,4	43,3	95,7	43,2	96,4	43,8
3150	90,1	37,1	91,4	39,3	90,8	37,2	90,6	38,6	90,4	38,5	91,8	38,3

Таблиця 2.4 - Випробування фрагмента перегородки із блоків

	ПВР	ПНР	Час реверберації, Т, сек.	Площа, м ²	Факт. R, дБ	Норм.			Шум LA _{сер} , дБА	Шум L _i , дБА
						R _{вих} , дБ	R _{зміщ} , дБ	Δ, дБ		
Частота, Гц	L _{сер} , дБ	L _{сер} , дБ								
100	86,5	51,3	1,99	3,04	32,7	32	25	8,8	54	21,5
125	90,7	50,5	1,93	3,11	38,5	35	29	5,6	54	21,6
160	90,3	54,8	1,87	3,22	34,2	38	32	2,4	56	23,8
200	97,7	59,9	1,81	3,32	36,7	41	35	-1,1	58	26,4
250	95,8	60,2	1,72	3,42	33,4	44	38	-3,5	59	27,0
315	96,8	58,6	1,70	3,51	36,3	47	41	-5,4	60	26,0
400	97,9	55,6	1,63	3,64	40,1	50	42	-6,8	61	26,2
500	98,3	56,4	1,58	3,75	39,7	51	43	-4,3	62	24,4
630	99,5	55,2	1,54	3,87	42,2	52	44	-2,2	63	22,3
800	100,8	53,6	1,49	4,00	44,5	53	45	-0,7	65	21,2
1000	100,9	52,6	1,43	4,12	45,3	54	46	0,2	66	20,4
1250	100,3	50,2	1,40	4,25	47,4	55	47	-0,2	65	18,6
1600	100,9	50,1	1,32	4,41	47,2	55	47	0,8	64	16,8
2000	96,0	45,1	1,31	4,53	48,1	55	47	1,3	63	15,3
2500	95,0	43,2	1,27	4,67	48,7	55	47	1,6	63	12,9
3150	90,2	38,2	1,26	4,84	49,3	55	47	2,5	61	10,1

Стандартними параметрами звукоізоляції внутрішніх перегородок в будинках для житлового та громадського використання, а також для допоміжних будівель промислових об'єктів є індекси ізоляції повітряного шуму (R_w , дБ) та індекси наведеного рівня ударного шуму (L_{nw} , дБ) для перекриттів.

Стандартним параметром звукоізоляції для зовнішніх конструкцій, таких як вікна, вітрини та інші види скління, є звукоізоляція R_A тран, дБА. Цей показник вказує на здатність конструкцій захищати внутрішні приміщення від зовнішнього шуму, такого як шум, що виробляється міським транспортом.

Щоб визначити індекс ізоляції повітряного шуму (R_w), обчислюється сума невідхилених відхилень частотної характеристики від кривої оцінної (обчисленої або вимірної). Невідхилення вниз від кривої оцінної розглядаються як несприятливі.

За величину індексу R_w приймалася ордината зміщеною оцінною кривою в третино-октавній смузі з середньгеометричною частотою 500 Гц.

При розрахунковому визначенні звукоізоляції огорожувальною конструкцією з газобетону, ключовою акустичною характеристикою є коефіцієнт ефективності (K). Тут, K є коефіцієнтом, який враховує відносне збільшення жорсткості згинальної стіни з газобетону, поризованого бетону тощо, у порівнянні з конструкціями з важкого бетону при однаковій поверхневій щільності.

Для суцільних огорожувальних конструкцій із газобетону щільністю $\rho = 600 \dots 1000 \text{ кг / м}^3$ коефіцієнт $K = 1,5 - 1,7$.

2.2 Устаткування приміщення вікнами

Важливою складовою для оснащення приміщення є вибір вікна, яке ефективно знижує рівень звуку, що переходить за його межі. Оскільки звук у кімнаті відбивається від стін, стелі, підлоги і навіть проникає через закриті

вікна, важливо обирати вікна з підвищеним звукопоглинанням для ефективного зменшення шуму.

Основні фактори, що впливають на звукоізоляцію, такі:

- звукоізоляційний клас віконного профілю;
- заповнення камер інертними газами;
- якісна фурнітура та її регулювання.
- звукоізоляційний клас склопакету;
- ширина повітряних камер між стеклами;
- герметичність вікна у закритому стані;
- герметичність віконних стиків;
- якісна фурнітура та її регулювання.

Віконний профіль дійсно впливає на пропускання звуків через вікно, але його роль не є визначальною. Оскільки площа віконного профілю значно менша, ніж у склопакеті, основний потік звуку проникає через скло. Таким чином, ідея, що тільки металопластикові профілі ефективно ізолюють приміщення від зовнішніх звуків, є неточною. Матеріал профілю вікна має деякий вплив на звукоізоляційні властивості, але конструкція склопакетів виявляється значно важливішою в цьому контексті.

2.2.1 Класи вікон зі звукоізоляції

Рівень шуму у житловому приміщенні формується з різноманітних звуків, що виникають як всередині, так і ззовні. Віконна конструкція виступає ключовим елементом, що перешкоджає проникненню зовнішніх звуків у приміщення. Хоча звук частково поглинається, відбиваючись від меблів, стін, стелі та підлоги, проте вікно допускає проходження звукових коливань, які

виносяться на зовнішню сторону. З метою зменшення проникнення звуку існують різні типи вікон, призначених для різних цілей, які класифікуються згідно з ДСТУ EN 14351-1:2020:

Клас 1 – зниження повітряного шуму до 30 дБ.

Клас 2 – зниження повітряного шуму до 32 дБ.

Клас 3 – зниження повітряного шуму до 34 дБ.

Клас 4 – зниження повітряного шуму до 36 дБ.

Клас 5 – зниження повітряного шуму до 40 дБ.

Клас 5 – зниження повітряного шуму понад 40 дБ.

2.2.2 Технології для підвищення шумоізоляції вікон

У віконній індустрії застосовуються різноманітні конструктивні рішення та технології для підвищення шумоізоляції вікон. Деякі з цих рішень можуть мати обмежений вплив самостійно, але у поєднанні з іншими вони значно підвищують індекс звукоізоляції. Зокрема, ефективними та поширеними варіантами є:

1. Вибір якісних трьох- або двокамерних склопакетів є важливим аспектом для підвищення звукоізоляції вікон. Більш товсті скла та більша кількість камер сприяють надійнішій ізоляції від шуму. Особливо для міських квартир або будинків, розташованих близько до трас, рекомендується обирати трьохкамерні склопакети з товстими скельцями. Для замських будинків зазвичай достатньо стандартних двокамерних склопакетів.

2. Використання скла різної товщини у склопакетах може значно підвищити звукоізоляцію віконної конструкції. Вдалою комбінацією є використання скла товщиною 6 і 4 міліметри. Навіть у випадку однокамерного склопакета таке рішення може знизити рівень шуму до 32 децибел.

3. Використання склопакетів з асиметричними камерами (з різною відстанню між склами) сприяє високим показникам шумоізоляції. Наприклад,

двокамерний склопакет з відстанню між стеклами 10 і 6 мм може знизити рівень шуму на 32-34 децибел.

4. Використання триплексного скла, яке складається з двох шарів скла, з'єднаних спеціальною полімерною плівкою, може значно покращити шумоізоляційні характеристики. Особливо ефективним є склопакет з асиметричними камерами, до якого додано триплексне скло замість одного зі скель. Важливо враховувати, що така конструкція є важчою.

5. Використання шумопоглинаючих матеріалів для заповнення внутрішньої порожнини металопластикового профілю, таких як мінеральна вата, сприяє поглибленню шуму і дозволяє підвищити звукоізоляцію вікна.

6. Використання аргонового наповнення в камерах склопакетів поліпшує теплоізоляційні характеристики і збільшує звукоізоляцію на 30%.



Рисунок 2.3 – Технології для підвищення шумоізоляції вікон

2.2.3 Монтаж вікон

Основні правила правильного монтажу шумоізоляційної віконної конструкції:

- не допускати перекосу рами, так як незначне відхилення знижує щільність притвору і погіршує звукоізоляцію;
- використання монтажної піни з високими показниками поглинання шуму (приблизно до 60 дБ);
- обов'язкове заповнення швів з вулиці і всередині приміщення;
- монтажний зазор повинен бути не більше трьох сантиметрів;
- правильні відкоси з додатковою шумоізоляцією (прошарок пінополістиролу або мінеральної вати).

Встановлення звукоізоляційних вікон рекомендується доручати досвідченим фахівцям з відомих компаній, які гарантують професійне виконання робіт і надають гарантії на свої послуги. Вони мають необхідний досвід для покращення показників шумоізоляції та забезпечення довготривалої експлуатації віконних конструкцій, зберігаючи їх важливі експлуатаційні характеристики.

2.2.4 Додаткова звукоізоляція встановлених вікон

Часто, коли вже встановлені звукоізоляційні склопакети, але приміщення все ще отримує шум, можуть виникати проблеми через неправильний монтаж, знос або розрегулювання фурнітури. У таких випадках необов'язково проводити заміну скління; можна вдосконалити шумоізоляційні характеристики вже встановленого вікна, і це обійдеться значно дешевше. Це можна зробити за допомогою наступних методів:

- Регулювання або заміна фурнітури: Важливо, щоб стулка до рами прилягала щільно. Навіть невеликий зазор, наприклад, 1 мм, може знизити звукоізоляцію вдвічі. Регулювання фурнітури часто дозволяє повністю вирішити цю проблему. Проте існують ситуації, коли фурнітуру краще замінити.
- Заміна ущільнювача: Згодом віконний ущільнювач може зноситися, стискатися і втрачати свої властивості. Це може призводити до погіршення теплової та звукової ізоляції. Тому рекомендується замінювати ущільнювач для покращення цих характеристик.
- Герметизація монтажного шва: Іноді виникають ситуації, коли монтажний шов був неправильно зароблений внаслідок порушення технології або використання неякісної монтажної піни. Це може спричинити зниження звуко- і теплоізоляції вікна, тому важливо здійснити повторну герметизацію шва, дотримуючись правильної технології.
- Звукоізоляція відкосів: Важливо враховувати, що відкоси вікна з'єднують візуально вікно зі стіною, несучи при цьому не лише декоративну, але й захисну функцію. Вставка пінополістиролу або мінеральної вати під відкоси під час монтажу може значно підвищити звукоізоляцію вікна.

2.3 Звукоізоляційні двері

Встановлення звукоізоляційних дверей. У процесі облаштування будівель громадського призначення часто використовують спеціальні звукоізоляційні двері. Це дозволяє здійснити додаткову ізоляцію не лише для дверей, але й для стін, перекриттів та вікон, що значно посилює ефект шумоподавлення.

Шумоізоляція дверей. Процес звукоізоляції або шумоізоляції дверей спрямований на зменшення проникнення звуку ззовні. Це включає в себе використання відповідних звукопоглинаючих матеріалів у виробництві дверей,

а також застосування додаткових захисних елементів для підвищення їх звукозахисних характеристик.

Хоча звукові хвилі мають змогу розповсюджуватися в різних середовищах, для приміщень актуальні два типи шуму.

1. Повітряний – розмова людей, звуки домашніх тварин, хвилі від роботи різноманітних пристроїв, зокрема музичного центру, радіо, телевізора. Переважає в офісах, торгових центрах, місцях скупчення людей та в житлових приміщеннях.

2. Структурний – виникає під час певної побутової чи професійної роботи, зокрема й під час ремонтних робіт, перестановки меблів тощо. Такий тип шуму переважає на складах, виробничих підприємствах, а також в житлових будинках.

Дверні конструкції зі звукоізоляцією здатні чудово захищати від повітряних шумів та від деяких структурних, однак гарантувати захист від ударних звуків вони не можуть.

2.3.1 Конструктивні особливості шумоізоляційних дверей

Захист від сторонніх звуків стає можливим завдяки конструкції дверей. Складовою, на яку в першу чергу покупець повинен звернути увагу, є наповнення, тобто те, що вміщується всередину полотна і коробки. Звісно, не менш важливим є й матеріал конструкції.

Чим товстіша дверна конструкція, тим краще вона буде захищати від звуків. Хороший показник для дверного полотна – 80 см і більше.

Кращою буде звукоізоляція дверей, якщо використовувати додаткові елементи.

1. Ущільнювачі. Це неширокі гумові смужки, що приклеюються на полотні і на корбці.

2. Поріг. Доволі стандартний елемент, який, між тим, відрізняється хорошою ефективністю. Його основна функція – максимально щільно закрити щілину між дверним полотном та підлогою. Все частіше виробники пропонують моделі з магнітними поріжками.

3. Рейка-магніт. Малопомітний елемент, що монтується в підлогове покриття. Забезпечує більш щільне прилягання полотна до коробки та підлоги завдяки магнітному притягуванню.

Крім цього, не варто забувати і про відкоси. Хоча їх виконують задля естетичного вигляду, проте вони також попереджають проникнення звукових хвиль через щілину між коробкою та дверним отвором, а отже, покращують знешумлення дверей.



Рисунок 2.4 – Дверний поріг

2.3.2 Наповнення

Звукоізоляційні наповнювачі відрізняються не тільки за своїм виглядом і товщиною, але й ціною та ефективністю. Вкажемо найпопулярніші наповнювачі та їхні особливості.

Мінеральна вата. В металевих дверних конструкціях використовують найчастіше. Матеріал містить силікати та відноситься до екологічних. Не горить

та не виділяє токсичних речовин під час нагрівання. Завдяки волокнистій структурі добре поглинає звук.

Поліуренат. Технологія виробництва передбачає появу великої кількості комірок матеріалу. Усі вони заповнені повітрям. Це і є головний секрет хорошої шумоізоляції.

Гофрокартон. По суті, це тришаровий картон. Основними його перевагами є невелика вага та доступна ціна. Тому цей матеріал охоче використовується для бюджетних моделей. Оскільки матеріал легкий, шумка дверей (знешумлення) виконується дуже швидко.

Ізолон. Синтетичний матеріал, що виготовляється шляхом спінювання поліетилену. Матеріал продається з різними варіантами товщини, а тому може використовуватись для захисту різних дверних конструкцій.

Пінофол. Дуже схожий за своєю структурою на попередній матеріал, але з двох боків доповнюється фольгованим шаром. Завдяки цьому пропускати повітря ще важче.



Рисунок 2.5 – Конструкція дверей з наповнювачем з мінеральної вати

Найкращою буде шумоізоляція входних дверей, якщо поєднати кілька шарів різних наповнювачів. Наприклад, в одну конструкцію помістити пінобетон, фольгований шар, ізолон, пінополіуретан.

2.3.3 Двері з шумоізоляцією для різних приміщень

Для зручності вибору дверей відповідно до їхньої здатності протистояти звуку, їх поділяють на класи згідно ДСТУ EN 14351-1:2020:

- перший – здатен зменшувати сторонні звуки приблизно на 20-26 дБ, найчастіше встановлюються на складах;
- другий – зменшує звук на 26-32 дБ, чудово підходить для офісних приміщень;
- третій – здатні зменшити звук на 30-32 дБ, а тому найчастіше встановлюються в приватних будинках та квартирах.

Якщо цікавитесь як вибрати входні двері з шумоізоляцією, звертайте увагу і на літери на упаковці. Їх визначають та вказують самі виробни, щоб дати зрозуміти покупцю, який рівень звукоізоляції має конкретна модель.

- А – літера вказує на найвищий рівень захисту від шуму, такі дверні конструкції вважаються найбільш якісними та дорогими;
- В – звукоізоляційні якості доволі хороші, а тому не вагаючись ці двері можна встановлювати в будь-яку квартиру чи приватний будинок;
- С – показники середні, двері відносяться до бюджетних моделей;
- D – базовий звукоізоляційний захист відсутній, через двері буде проходити шум, однак, товсте полотно може заважати проходженню звукових хвиль;
- Е – конструкція зовсім немає ніякого захисту від сторонніх звуків, а тому встановлювати її в офісі чи в житлових приміщеннях не рекомендується.

2.4 Звукоізоляція приміщення

2.4.1 Звукопоглинання

Мета завдання звукопоглинання полягає в тому, щоб поглибити звук і не

допустити його відбиття від поверхні назад у приміщення. Матеріали, призначені для звукопоглинання, мають волокнисту, зернисту або пористу структуру. Ефективність звукопоглинання оцінюється коефіцієнтом звукопоглинання, який може змінюватися в межах від 0 до 1. При нульовому значенні коефіцієнта звук повністю відбивається, а при значенні 1 відбувається повне поглиблення звуку. Матеріали вважаються звукопоглинаючими, якщо їхній коефіцієнт звукопоглинання становить не менше 0,4.

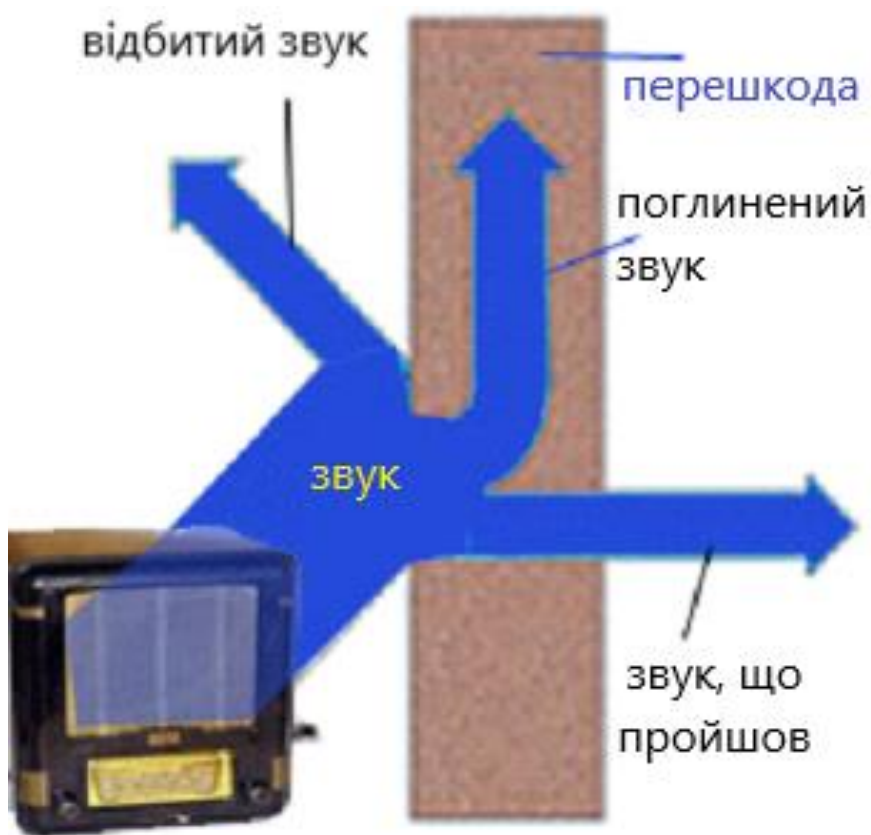


Рисунок 2.6 – Схема проходження звуку через перешкоду

Люди зазвичай відчувають спокій при рівні шуму на рівні 25 децибелів (дБ), і значення нижче цієї величини може викликати відчуття неприродної тиші, що може викликати дискомфорт. Зазвичай, при шумі до 60 дБ люди реагують досить терпимо, але при тривалому впливі шуму на рівні 90 дБ можуть виникнути серйозні нервові розлади, такі як безсоння і істерія. Рівень

звуку 100 дБ і вище представляє серйозну загрозу для слуху і може призвести до його втрати.

Для забезпечення захисту від шуму використовують різноманітні матеріали, які створюють бар'єр для його поширення. Вибір матеріалів для захисту від зовнішніх звуків залежить від поставленої задачі та конкретних вимог.

По степені жорсткості звукопоглощаючі матеріали бувають: твердые, мягкие, полужесткие.

- Тверді матеріали. Виготовляються на основі гранульованої або суспензованої мінеральної вати; матеріали, до складу яких входять пористі заповнювачі, такі як пемза, спучений перліт, вермикуліт. Коефіцієнт звукопоглинання: 0,5. Об'ємна маса: 300-400 кг/м³.

- М'які звукопоглинаючі матеріали виготовляються на основі мінеральної вати чи скловолокна; а також вати, повсті та ін. Коефіцієнт звукопоглинання: від 0,7 до 0,95. Об'ємна маса: до 70 кг/м³.

- Напівжорсткі матеріали – це мінераловатні або скловолокнисті плити, матеріали з пористою будовою – пінополіуретан тощо. Коефіцієнт звукопоглинання: від 0,5 до 0,75. Об'ємна маса: від 80 до 130 кг/м³.

У приватних будинках вигідніше застосовувати матеріали, що мають максимальний коефіцієнт звукопоглинання і меншу масу, тобто м'які.

Вибір матеріалу для створення комфортного звукового середовища в приміщенні також залежить від характеру самого звуку. Різні джерела звуку, такі як електроприлади, телевізор, гучні розмови, тварини, а також звуки від транспорту, можуть генерувати повітряний шум. У випадках, коли вплив відбувається безпосередньо на конструкцію, такий як свердління стін, забивання цвяхів, ходьба чи звуки від перестановки меблів, ми маємо справу з ударним шумом. Якщо несучі конструкції будинку жорстко з'єднані між собою і не використовуються звукоізоляційні пружинні прокладки, то шум будь-якого

типу може поширюватися через конструкції будинку і перетворюватися на структурний шум.

Для мінімізації ударного шуму використовують матеріали з пружною структурою, переважно з закритими комірками. У разі повітряного шуму використовують пористі або волокнисті матеріали з високим коефіцієнтом звукопоглинання. За допомогою матеріалів для прокладок, які застосовуються в стиках несучих елементів, можна контролювати структурний шум.

2.4.2 Шумоізоляція повітряних шумів

Ключовою характеристикою матеріалів для захисту від повітряного шуму є індекс звукоізоляції (R_w), виражений у децибелах (дБ). Для ефективного зниження рівня шуму, наприклад, для того, щоб не чути людську мову за стіною, необхідно, щоб індекс звукоізоляції був на рівні не менше 50 дБ. Ще однією важливою характеристикою є коефіцієнт звукопоглинання, який виражається від 0 до 1. Чим ближче значення коефіцієнта звукопоглинання до 1, тим вищі захисні властивості матеріалу.

Ефективний спосіб боротьби з повітряним шумом включає в себе створення багатошарової конструкції, яка включає різні шари - жорсткі, щільні та м'які будівельні матеріали, що чергуються.

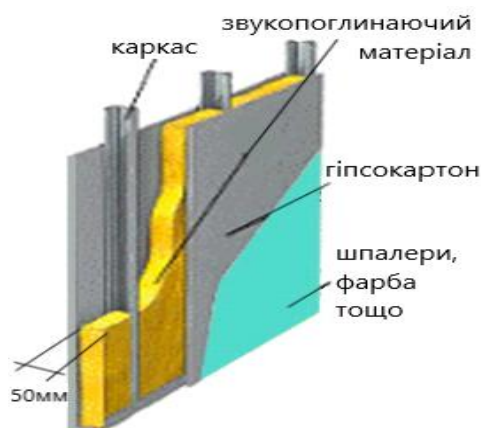


Рисунок 2.7 – Приклад багатошарової конструкції

В якості жорсткого шару можна використовувати щільні матеріали, такі як бетон, цегла, гіпсокартон і інші. Ці матеріали проявляють високі властивості звукоізоляції, і чим вища їх щільність, тим ефективніше вони утримують звук. М'який шар матеріалу виконує функцію звукопоглинання. Для цього застосовують матеріали з волокнистою структурою, такі як мінеральна вата, скловата, кремнеземні волокна. При цьому важлива товщина звукопоглинаючого матеріалу у конструкції, ефективна товщина якої починається з 50 мм. Товщина шару, який відповідає за поглинання звуку, повинна становити не менше 50% внутрішнього об'єму перегородки.

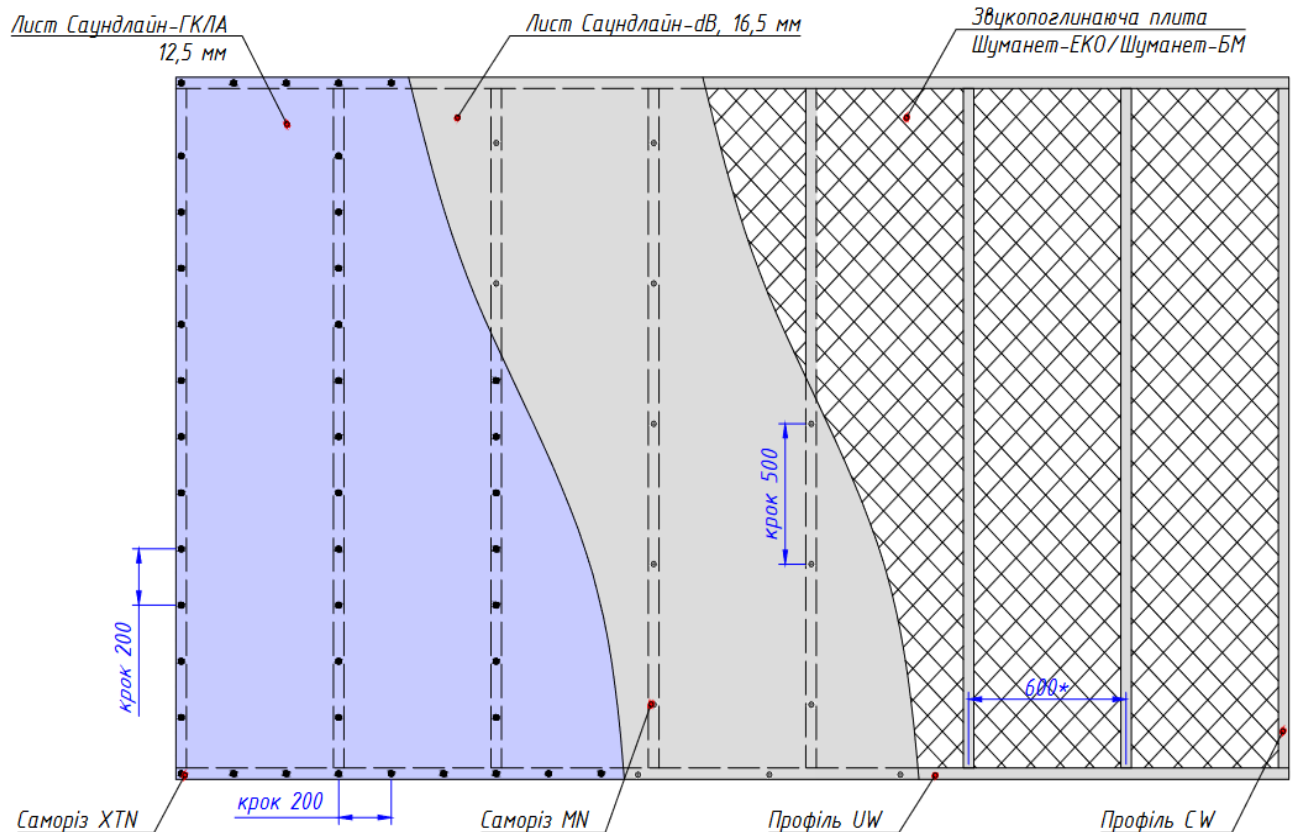


Рисунок 2.8 – Конструкція звукоізоляційної каркасної перегородки.

При зменшенні кроку встановлення профілів CW гранична висота конструкції може бути збільшена.

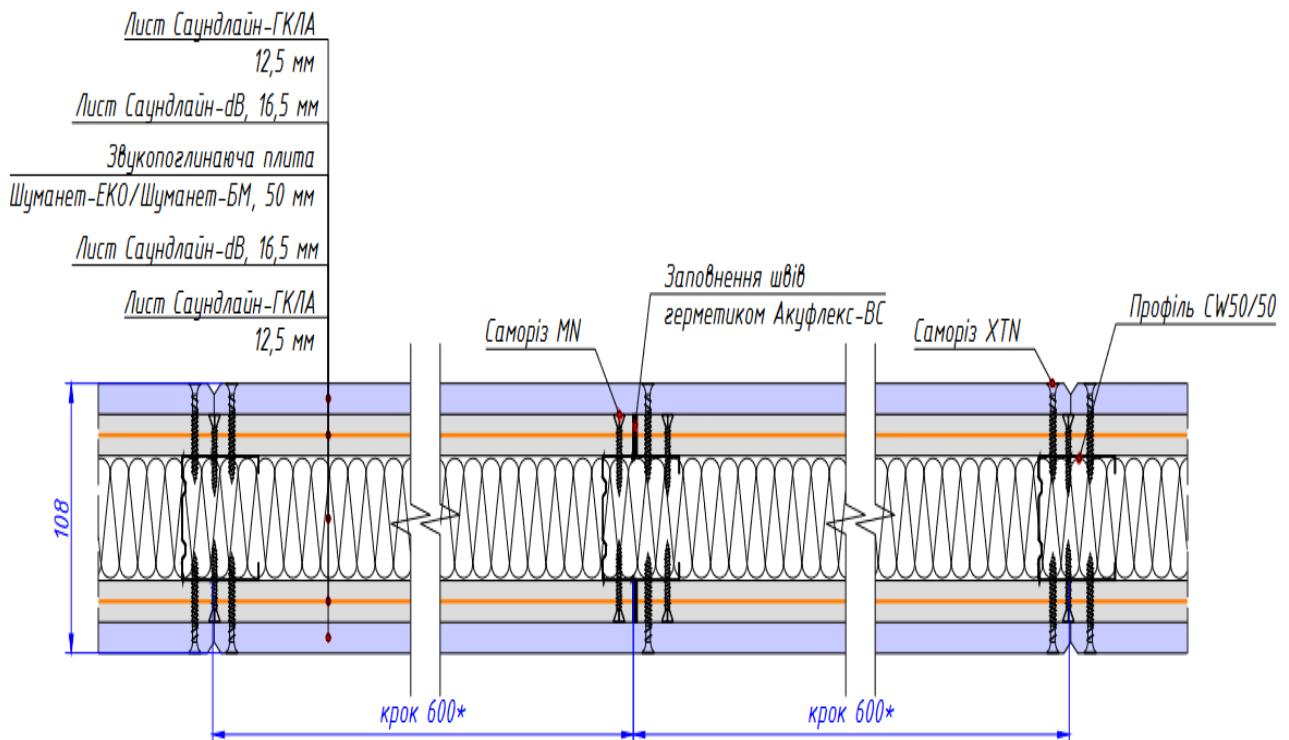


Рисунок 2.9 – Конструкція звукоізоляційної каркасної перегородки на профілі CW50/50

В даний час найбільш ефективними матеріалами, що мають високі значення коефіцієнта звукопоглинання, вважаються вироби з мінеральної вати та скловолкна.

Скловата:

Цей матеріал, заснований на скловолкні, відзначається підвищеною пружністю і міцністю, а також високою вібростійкістю. Його властивості забезпечують ефективне звукопоглинання завдяки значній кількості порожнин між волокнами, які наповнені повітрям. Серед позитивних характеристик можна відзначити пожежну безпеку (класифікація НГ - негорючий), невелику вагу, еластичність, негіроскопічність, високу паропроникність. Також важливо, що він є хімічно пасивним і не спричиняє корозію металевим матеріалам, які з ним контактують. Скловата використовується для виготовлення акустичних

перегородок у формі плит і рулонів, які використовуються для створення м'якого проміжного шару в багатошарових конструкціях для звукопоглинання.

Таблиця 2.5 - Порівняльна таблиця матеріалів на основі скловолокна

Виробник	Коеф. звукопоглинання при товщині матеріалу	Марка	Пожежна безпека	Паропроникиньність мг/(м·ч·Па)	Щільність кг/куб.м	Ціна \$/м ³
Кнауф Інсулейшн Кнауф	Товщ. 50мм-0.8 Товщ. 100м-1	Акустичні перегородки	НГ	0.55	13	45
Урса (URSA) концерн «PFLEIDERER» Німеччина	Товщ. 60мм-0.8	URSA GLASSWOOL перегородка	НГ	0.68	15	35
Ізовер (Isover) Концерн "Saint-Gobain-Isover" Фінляндія	Товщ. 50мм-0.85	Звукозахист	НГ	0.55	13	30



Рисунок 2.10 - ISOVER Звукозахист, скловата

Мінеральна вата:

Це волокнистий матеріал, який одержують із силікатних розплавів гірських порід, металургійних шлаків та їх сумішей.

Таблиця 2.6 - Порівняльна таблиця матеріалів на основі скловолокна

Виробник	Коef. звукопоглинання при товщині матеріалу	Марка	Пожежна безпека	Паропроникність мг/(м·ч·Па)	Щільність кг/куб.м	Ціна \$/м ²
ROCKWOOL компанія «RocwoolA/C» Данія	0.9	Akustic batts	НГ	0.55	40	15
PAROC «Paroc OY» Фінляндія	0.9	Linio	НГ	0.44	30	9
BauGut Україна	0.9	AKUSTIC	НГ	0.5	45	12



Рисунок 2.11 - Базальтова вата BauGut AKUSTIK 45 100 мм

Цей матеріал має ряд позитивних характеристик, включаючи негорючі властивості (класифікація НГ), що робить його безпечним у випадку пожежі. Також важливо відзначити, що він є хімічно пасивним і не спричиняє корозію металевим матеріалам, які з ним контактують. Ефективне звукопоглинання досягається завдяки тому, що волокна матеріалу розташовані хаотично в горизонтальному і вертикальному напрямках під різними кутами один до одного.

Примітка: Довжина волокон у мінеральної вати і скловати різна: середня довжина скловолокна становить 5 см, а довжина кам'яного волокна - 1,5 см. При цьому скловата - легший матеріал (див. табл. вище).

Підвищити звукоізоляцію перекриття можна пристроєм акустичної стелі – багатошарової конструкції, яка зменшить енергію відбитого звуку та поглине шум.

Таблиця 2.7 - Порівняльна таблиця акустичних стель

Акустична стеля	Марка	Звукопоглинаючий матеріал	Коеф. Звукового поглинання	Пожежна безпека	Ціна \$/м ²
ECORNO N Швеція	Harmony Opta HARMONY TAL-M	Скловолокнисті плити	0.65-1	Г1	без підвісної системи 20
WoodWay Україна	Експерт	Деревноволокниста плита	до 0.8	Г3	10
Illbruck Німеччина	Willtec	М'яка меломінова гумова маса	0.7	Г1	18
USG Німеччина та США	Sonaton	Мінеральна основа	0.7-0.9	Г1	14
Parafon Швеція	Classic Basic Wqll Panel	Базальтова вата	0.95	НГ	16



Рисунок 2.12 - Акустичні підвісні стелі Esophon (Швеція)

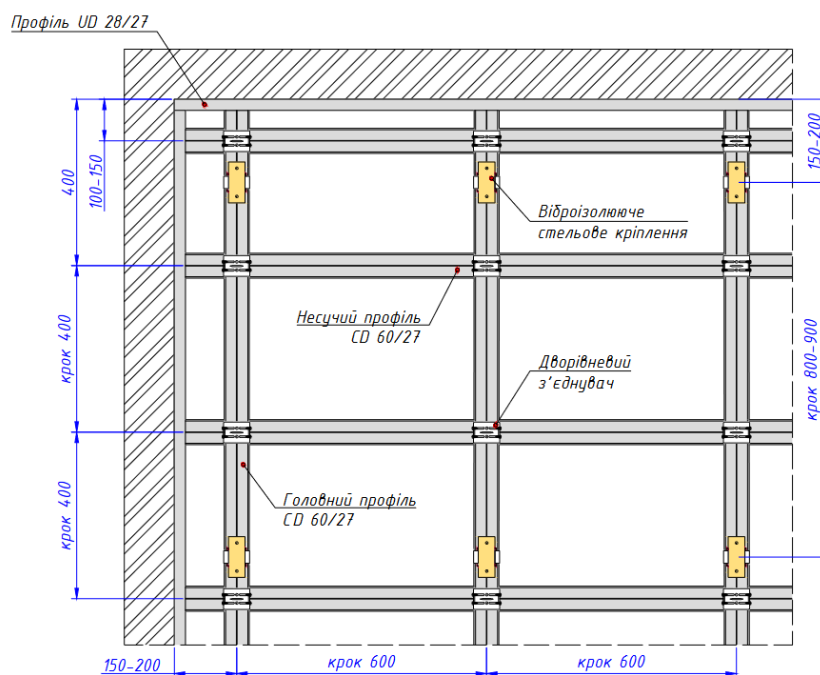


Рисунок 2.13 - Принципова схема монтажу каркасної підвісної стелі.

Для заповнення повітряного простору між перекриттям та площиною стелі використовують звукопоглинаючі матеріали, такі як спресовані плити тонкого мінераловолокна або скловолокна.

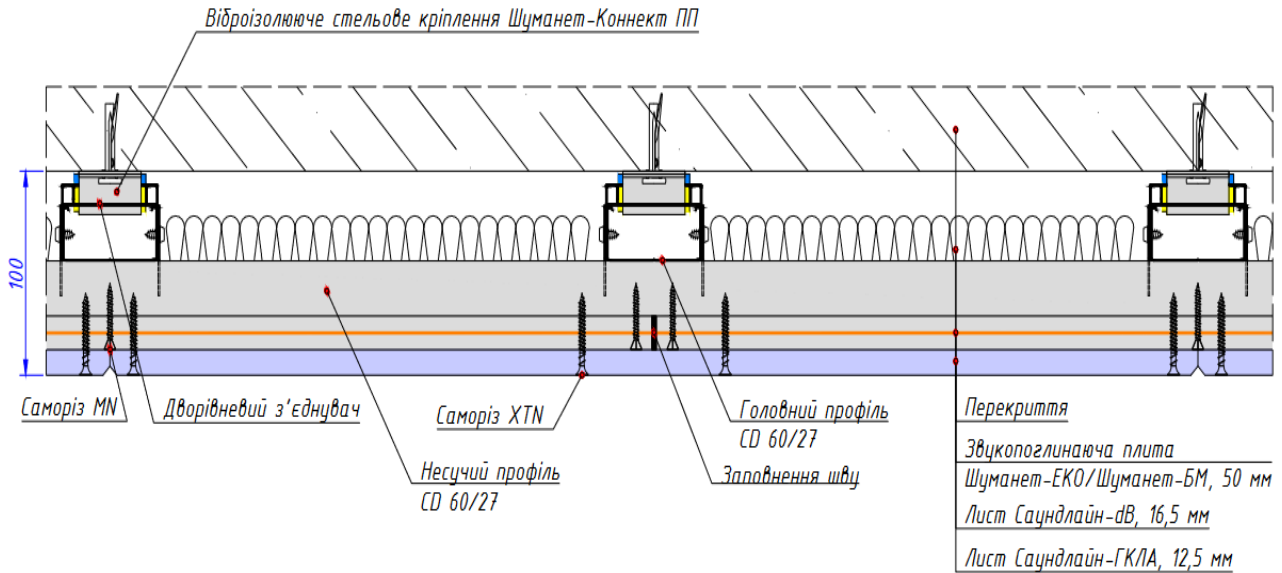


Рисунок 2.14 - Конструкція звукоізоляційної каркасної стелі товщиною 100 мм з використанням віброізолюючих стельових кріплень

Схема закріплення комунікації до перекриття за допомогою віброізолюючих підвісів Шуманет-коннект 2 М6

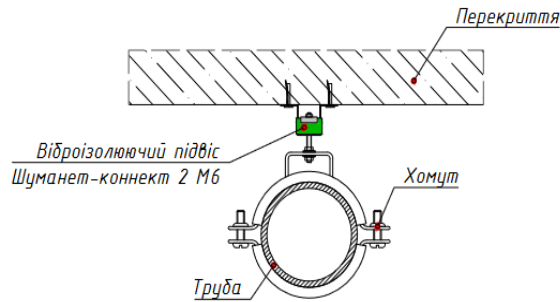


Схема закріплення комунікації до перекриття за допомогою траверси та віброізолюючого матеріалу Sylomer

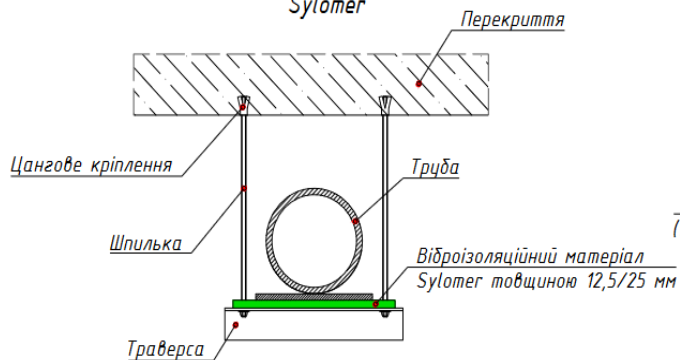


Схема закріплення комунікації до перекриття за допомогою віброізолюючих підвісів Шуманет-коннект 4 М8

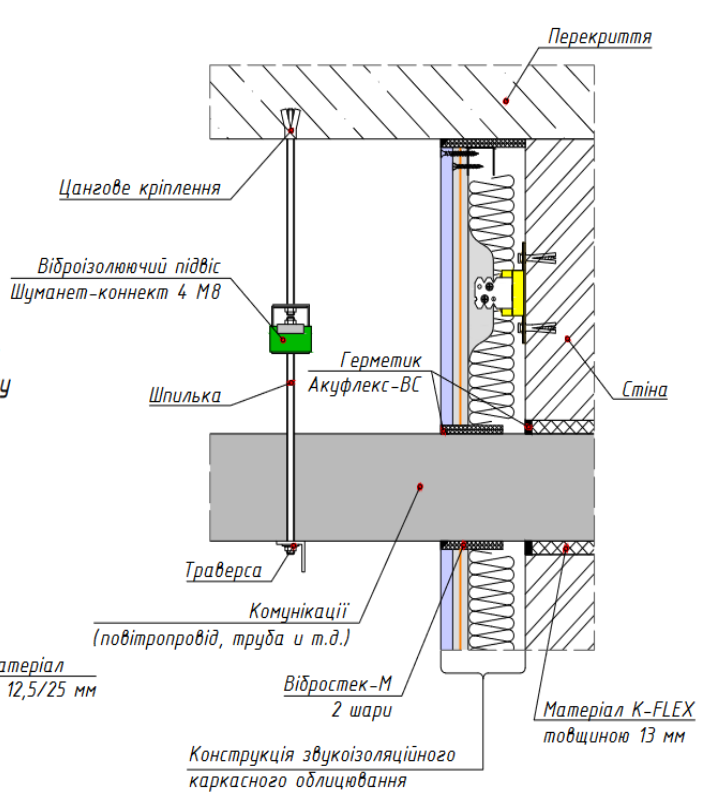


Рисунок 2.15 - Віброізоляція інженерного обладнання.

Примітка: Марка віброізолюючого підвісу/матеріалу Sylomer визначається виходячи з кількості точок кріплення комунікацій та їх маси.

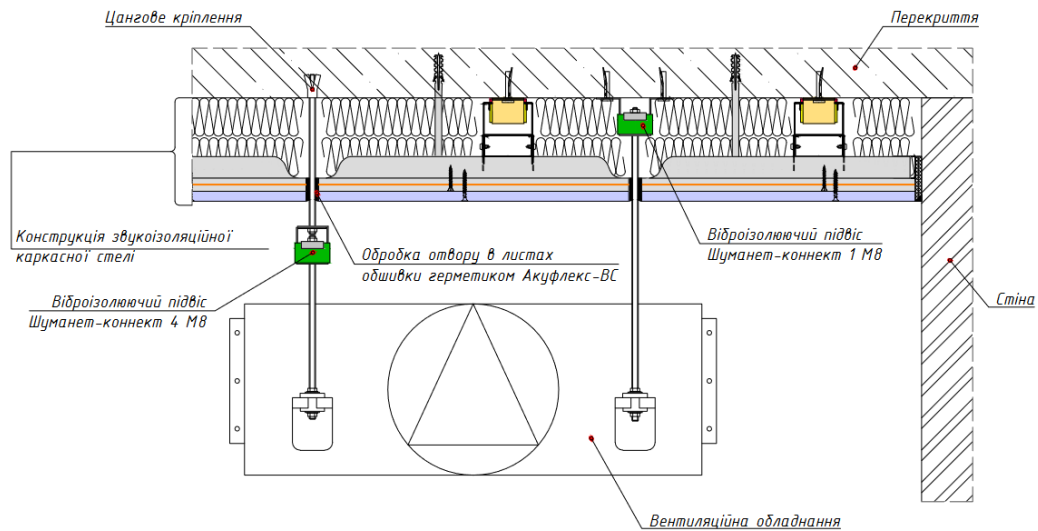


Рисунок 2.16 - Схема монтажу вентиляційного встановлення до перекрыття

Примітка: Марка віброізолюючого підвісу визначається виходячи з кількості точок кріплення обладнання та його маси.

Багатошарова панель:

Останнім часом для звукоізоляції все більше використовують готові системи ЗПС. Конструкції ЗПС є ефективним засобом для додаткової звукоізоляції одношарових перегородок, таких як цегляні чи бетонні стіни. ЗПС складається з сендвіч-панелей та фінішних облицювальних листів гіпсокартону товщиною 12,5 мм. Сендвіч-панель включає щільні шари (гіпсоволокно) і легкі шари (мінеральна вата або скловата) різної товщини, залежно від моделі. Крім того, важливим перевагою є відсутність металевого каркаса, а кріплення до стіни здійснюється за допомогою спеціальних вузлів, виготовлених в процесі виробництва панелей. Торці панельної системи ЗПС прилягають до бічних поверхонь (підлога, стіни, стеля) через віброізолюючі прокладки. Щодо пожежної безпеки, ЗПС відповідає класифікації Г1 (важкий матеріал).

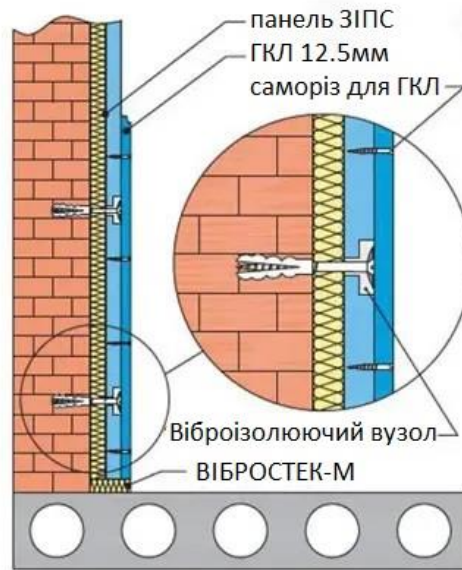


Рисунок 2.17 - Схема монтажу ЗПС панелей на стіну

Товщина ЗПС може коливатися від 40 до 130 мм, залежно від конкретної моделі. Збільшення індексу звукоізоляції залежить від товщини конструкції і може становити від 9 до 18 дБ. Наприклад, при використанні чотиришарової панелі ЗПС товщиною 70 мм загальний індекс звукоізоляції підвищується на 10 дБ. Таким чином, якщо індекс звукоізоляції стіни становить 47 дБ, загальний індекс звукоізоляції збільшиться до 57-58 дБ. У випадку товщини в 133 мм загальний індекс звукоізоляції може досягти 63-65 дБ.

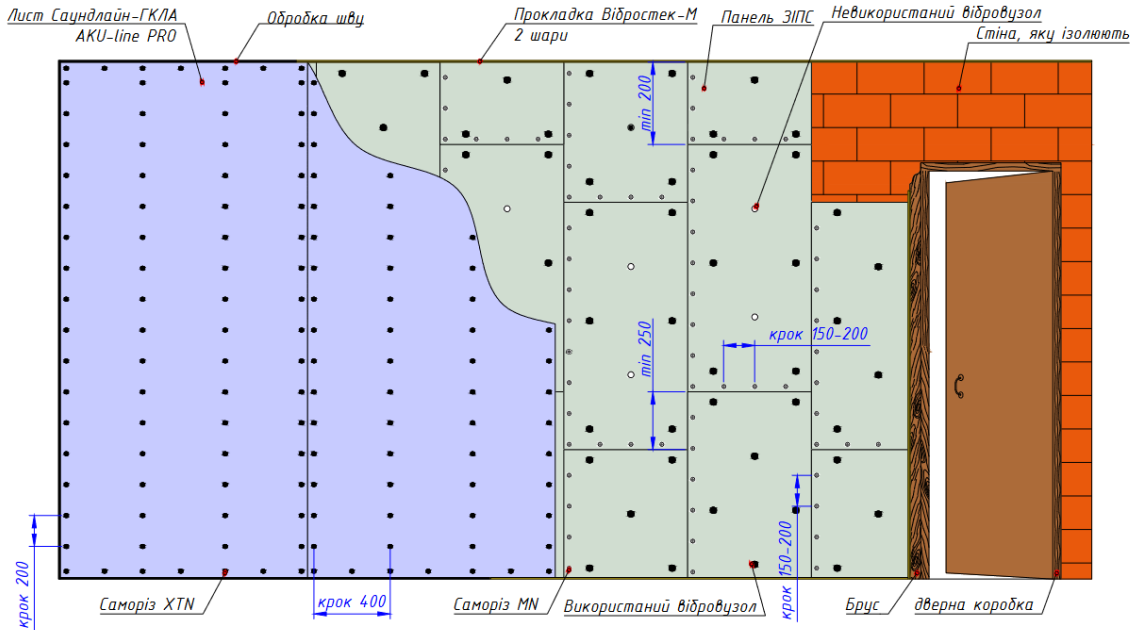


Рисунок 2.18 - Схема монтажу безкаркасної панельної системи ЗПС

Примітка: Умовою застосування конструкцій ЗПС є достатня несуча здатність вихідної перегородки, так як вага однієї панелі розміру 1500x500 мм становить від 18,5 до 21 кг в залежності від моделі.

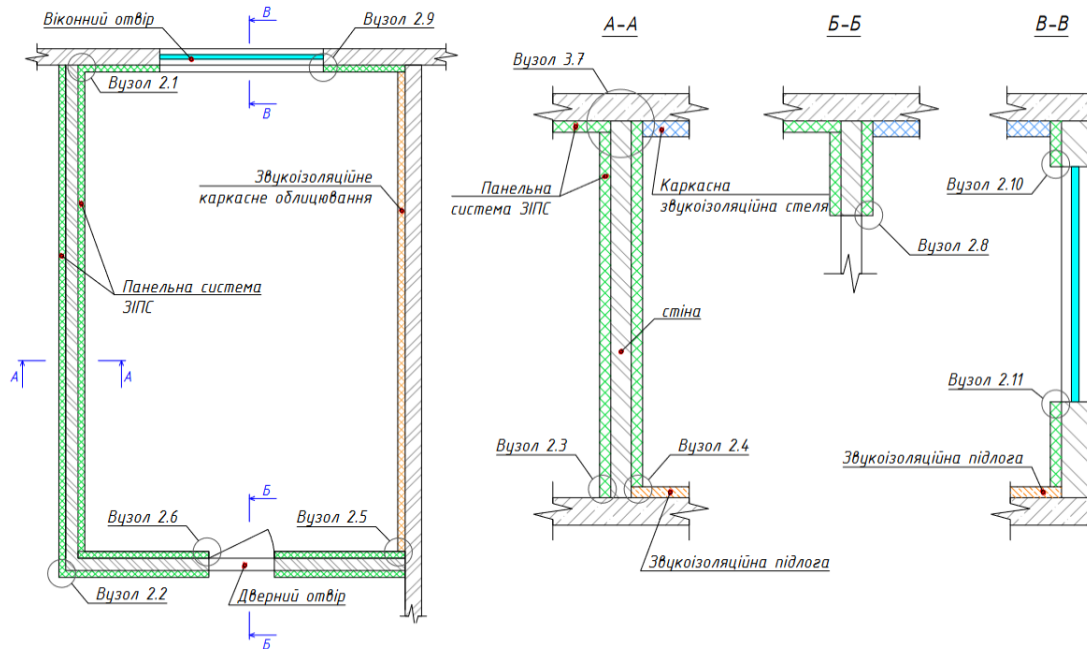


Рисунок 2.19 - Приклад розташування безкаркасної панельної системи ЗПС в

приміщенні

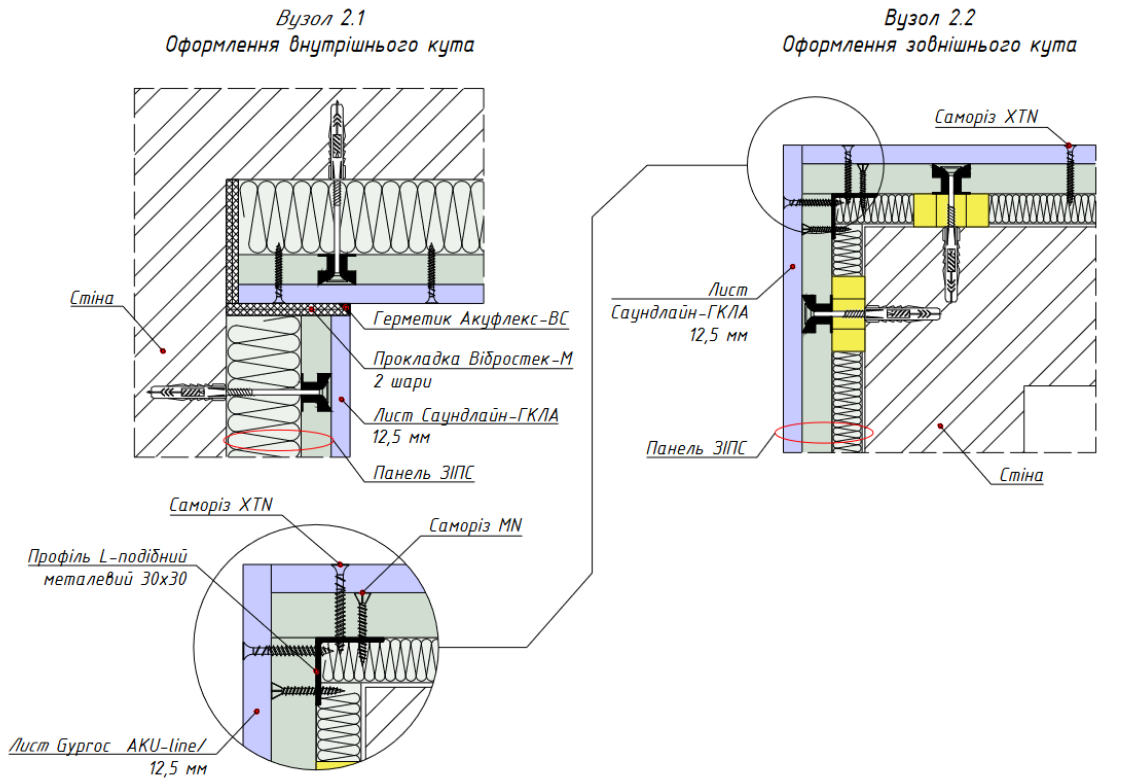


Рисунок 2.20 - Оформлення внутрішнього і зовнішнього кута

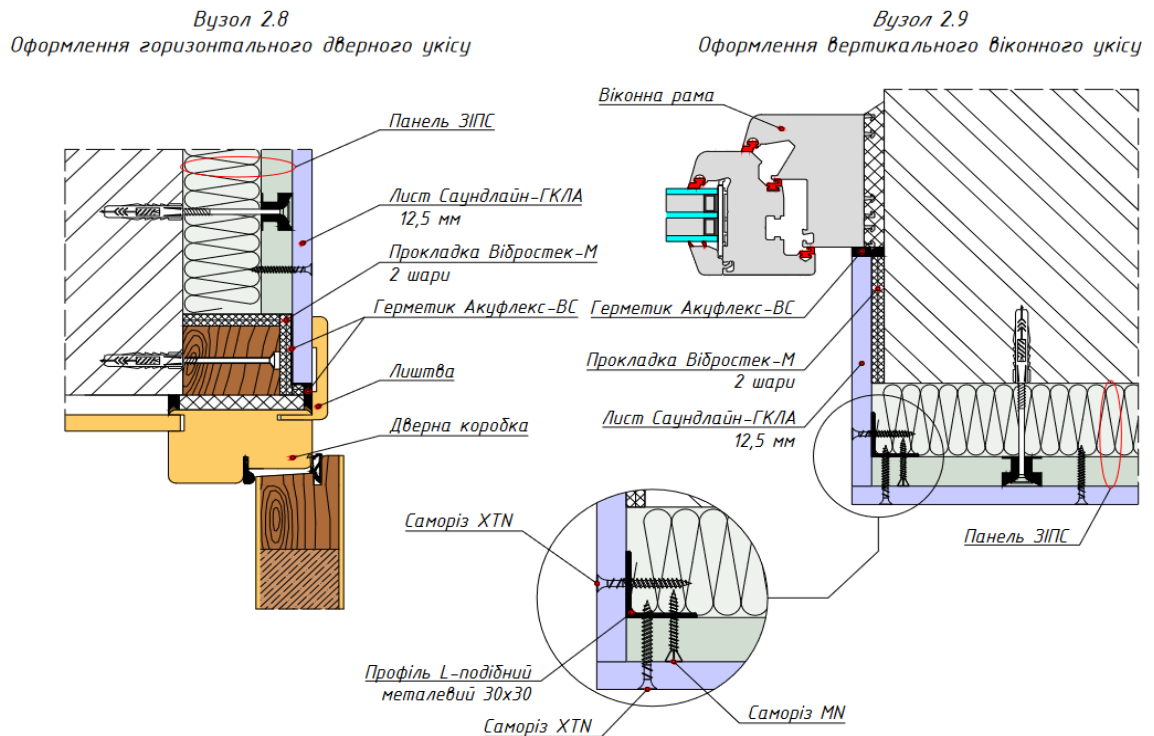


Рисунок 2.21 - Оформлення дверного та віконного укісу

2.4.3 Шумоізоляція ударних шумів

Матеріали, призначені для ізоляції ударного шуму, не поглинають звукову хвилю, але відштовхують її, примушуючи втрачати енергію. Для досягнення ефективної ізоляції від ударного шуму використовують матеріали з пористою структурою та низьким значенням динамічного модуля пружності. Зменшення звуку пояснюється тим, що звукова енергія витрачається на пружні деформації матеріалу.

Один із варіантів захисту від ударного шуму - укладання під «чистову підлогу» прокладок із звукоізоляційних матеріалів. Однією з важливих порівняльних характеристик матеріалів, що захищають від ударного шуму, індекс зниження наведеного рівня ударного шуму L_{nw} .

Пресований з натуральної коркової крихти лист:

Матеріал не схильний до гниття, впливу гризунів, паразитів і плісняви. По відношенню до активних хімічних речовин матеріал інертний. Довговічний – до 40 і більше років.

Приклади: пробкові рулони фірми "IPOCORK" (Португалія). Має товщину 2 і 4 мм, продається в листах розмірами 915 610 мм, і рулонах. Індекс зниження рівня ударного шуму - 12 дБ. Вартість пробки технічної рулонної товщиною 2 мм – 4 дол/м².

Інші приклади: пластини торгової марки CORKSRIBAS, рулонна пробка Cork Roll.

Пінополіетилен:

Часто виробники ламінатів пропонують його у комплекті зі своєю продукцією. У будівельній галузі переважно використовуються пінополіетилени (спінені поліетилени), що мають щільність від 20 до 80 кг/м³.

Різновиди матеріалу:

- незшитий спінений поліетилен, що має незв'язану молекулярну

структуру (молекули полімеру не пов'язані між собою хімічними зв'язками).

- фізично пошитий пінополіетилен. Має модифіковану молекулярну структуру, за рахунок чого підвищуються звукоізоляційні властивості.
- хімічно зшитий пінополіетилен. Метод хімічної зшивки пінополіетилену зміцнює міжмолекулярні зв'язки поліетилену і за рахунок цього збільшує звукоізоляційні властивості.

Поліетилен застосовується у конструкціях міжповерхових бетонних стяжок, плаваючих підлог, а також як підкладка під паркет, ламінат та інші покриття для підлоги, а також для ущільнення стиків. Він відмінно взаємодіє з цементом, бетоном та іншими матеріалами, стійкий до більшості розчинників, бензину та олив. Щодо пожежної безпеки, він відповідає класифікації Г2. Однак він нестійкий до ультрафіолетового випромінювання. При тривалих навантаженнях може втрачати до 76% своєї товщини, що з часом погіршує його ізоляційні властивості. Крім того, при впливі вологи в підпаркетному просторі можуть створюватися умови для поширення плісняви. Ціна за товщини 3 мм становить приблизно 10 доларів за квадратний метр.

Приклади поліетиленів: "Ізолон", "Ізонел", "Пленекс", "Теплофлекс", "Порилекс", "Енергофлекс", "Стизол", "Ізоком", "Джермафлекс", "Стейнофон", "Ізопенол" та ін.

Пробкогумова підкладка:

Цей матеріал представляє собою комбінацію гранульованої пробки та синтетичної гуми. Він ефективно зменшує шуми ударного характеру і поглиблює вібрацію електроприладів. Застосовується як прокладка під текстильні, еластичні та жорсткі покриття для підлоги, такі як ПВХ/ХВ покриття, лінолеум, паркет, готовий паркет, керамічна плитка, плити з натурального каменю, а також як підкладка для килимових покриттів на розтяжках. Щодо пожежної безпеки, він відповідає класифікації В2. Проте, для підкладок на основі цієї суміші рекомендується використовувати додатковий

захист у вигляді поліетиленової плівки, оскільки при великій вологості вони можуть стати сприятливим середовищем для розвитку цвілі.

Приклади: UZIN-RR 188. Товщина – від 3 до 5 мм. Індекс зниження рівня ударного шуму від 18 до 21 дБ. Ціна (3мм) - 20 дол/м². Інший приклад: матеріал Iboła (виробництво Німеччина). Це підкладка, що складається з пресованого коркового та гумового грануляту.



Рисунок 2.22 - Підкладка для ізоляції звуку та тепла Uzin RR 188 3 мм

Бітумно-пробкова підкладка:

Цей матеріал виготовляється на основі крафт-паперу, просоченого бітумом і обсипаного пробковою крихтою. Він укладається з корковим покриттям вниз, що дозволяє видаляти вологу з-під ламінату. Гідроізоляція для його застосування не є обов'язковою. З погляду пожежної безпеки, він відповідає класифікації Г1. Проте, бітумне просочення може залишати бруд при укладанні, пробкові крихти можуть відділятися від полотна, і при надмірній вологості підкладка може почати гнити.

Приклади: матеріал Parkolag фірми ICOPAL (Данія, Фінляндія).

Забезпечує найголовніше для покриття для підлоги - герметичну захист від вологості. Його бітумний шар запобігає проникненню вологості, що

надходить від конструкції, в паркетну або ламіновану підлогу. Коркова посипка з частинками однакового розміру, що є на нижній поверхні матеріалу, забезпечує видалення вологості через плінтус.

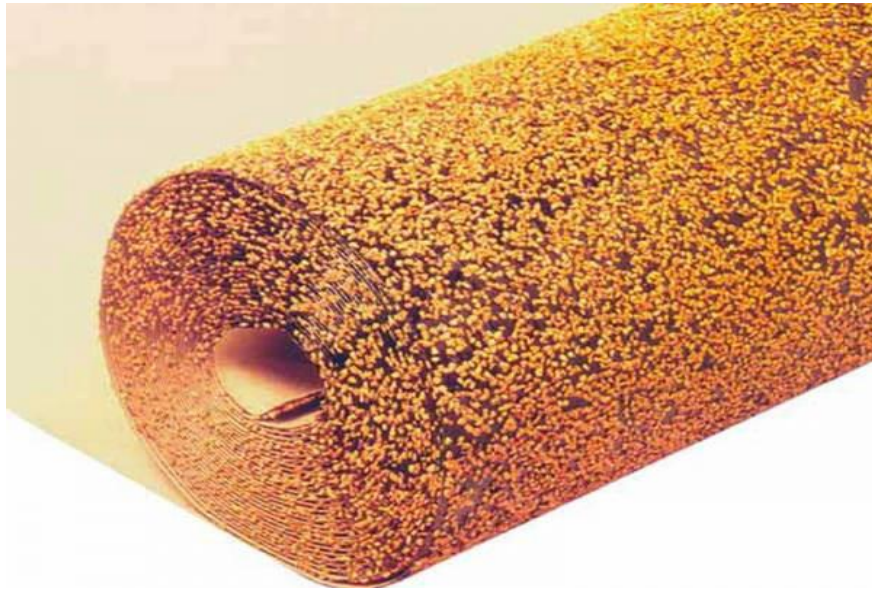


Рисунок 2.23 - Isoral Parkolag - волого і звукоізоляційний шар, що вирівнює під ламінат або паркетну дошку.

Згладжує нерівності підлоги, ефективно заглушує шум кроків та забезпечує комфортне пересування по підлозі. Parkolag, що застосовується з усіма традиційними конструкціями перекриттів, задовольняє вимогам, встановленим для заглушення шуму кроків у Збірнику будівельних норм та правил Фінляндії (58 дБ).

При укладанні під ламінат Parkolag збільшує вартість матеріалів всього на 2-6%, проте дає відчутний вигрaш у терміні служби ламінат або паркетної дошки.

Вага рулону трохи більше 10 кг. Товщина – 3 мм. Індекс зниження рівня ударного шуму - 18 дБ. Ціна – 18 дол/м².

Композиційний матеріал:

Композит - це матеріал, який складається з двох шарів поліетиленової

плівки, між якими розташовані гранули пінополістиролу. Верхня плівка, виготовлена з поліетилену, функціонує як захисний шар для підлогового покриття від вологи. Нижня плівка пропускає вологу в простір між шарами, звідки вона виводиться за межі приміщення через розширювальні шви, забезпечуючи вентиляцію простору. В процесі експлуатації композитна підкладка майже не деформується і має тривалий термін служби (20 років). Монтаж такої підкладки здійснюється методом вільного укладання без використання клейових складів. З точки зору пожежної безпеки, вона є негорючою.

Приклади: Turplex (Фінляндія). Це матеріал нового покоління, багато виробників підлогових покриттів використовують його разом зі своєю продукцією. Товщина 3 мм. Індекс зниження рівня ударного шуму - 18-20 дБ. Ціна – 9 дол/м².

Інші приклади: матеріал ТермоЗвукоІзол; композиціт "Віброфільтр" (синтетичний каучук та алюмінієва фольга). Як підкладки можуть використовуватися і такі матеріали, як екструдований пінополістирол і спеціальні звукоізоляційні плівки.

Екструдований пінополістирол:

Покриття має високу міцність на стиск (0,32 МПа) і низьке водопоглинання - 0,1%, а значить, не потрібний захист від вологи. Зручний у роботі: легкість різання, простота та швидкість укладання з невеликою кількістю відходів, вартість робіт мінімізується. Довговічність – 50 років. Пожежна безпека - Г1.

Застосовують також матеріали прокладки типу "Шуманет-100". При товщині 3 мм при укладанні під стяжку товщиною 60 мм індекс зниження рівня ударного шуму - 23 дБ. Матеріал "Шуманет -100С" при товщині 5 мм має індекс зниження наведеного ударного шуму 27 дБ. Ціна – 7 дол/м².

Матеріал «Шумостоп – С2» із штапельного скловолонна при товщині

20мм має індекс зниження ударного шуму – 42 дБ. При укладанні стін рекомендується залишати зазори 10-15 мм для забезпечення виведення вологи.

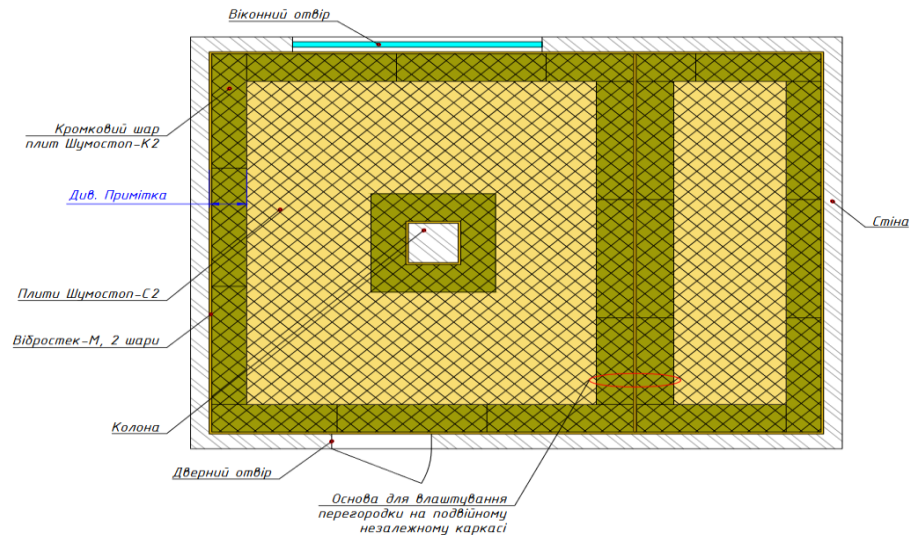


Рисунок 2.24 - Принципова схема розкладу плит Шумостоп С2/К2 в приміщенні.

Примітка: При влаштуванні підлоги одним шаром плит Шумостоп ширина кромки складає 300 мм. При влаштуванні підлоги двома шарами Шумостоп ширина кромки першого (нижнього) шару складає 300 мм. Другого - 250 мм.

Звукоізоляція підлоги з використанням плит Шумостоп-С2/К2 одним шаром під стяжкою

Примикання конструкції підлоги з використанням плит Шумостоп-С2/К2 одним шаром під стяжкою до стіни

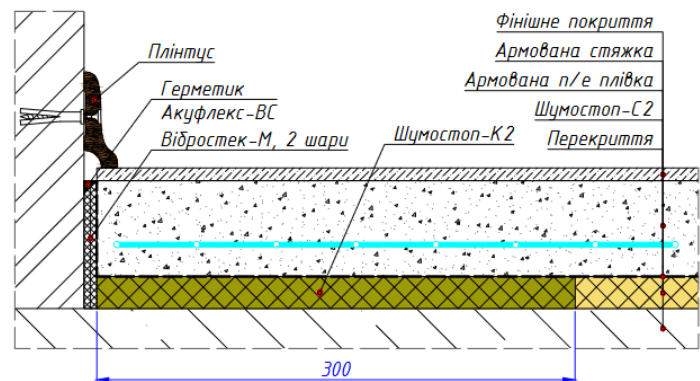
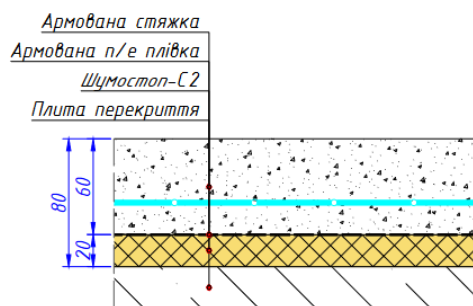


Рисунок 2.25 - Конструкції звукоізоляційних підлог

Примітка: При ізоляції ударного шуму слід враховувати товщину

перекриття. В елітному житлі норма показника індексу зниження наведеного ударного шуму – 55 дБ. Якщо плита переkritтя має товщину не менше 200 мм (індекс - 74 дБ), достатньо підкладки з показником індексу 20 дБ. Якщо переkritтя тонші, то звукоізоляція має бути посилена.

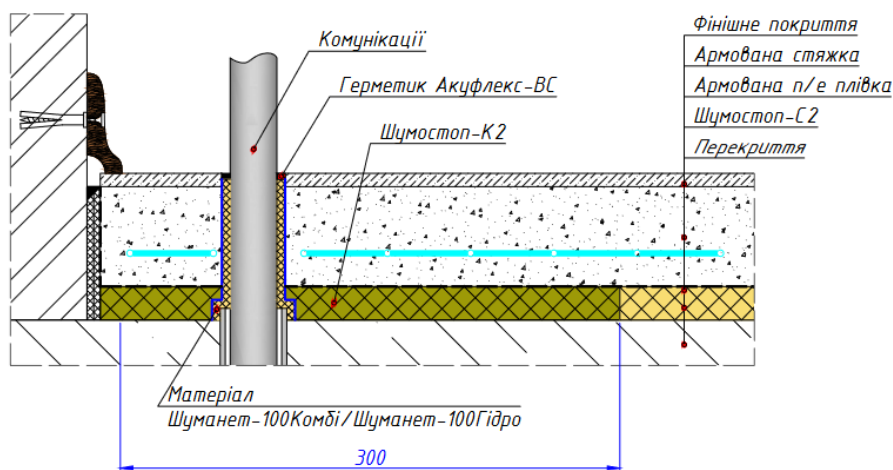


Рисунок 2.26 - Пропуск вертикальних комунікацій при влаштуванні звукоізоляції підлоги з використанням плит Шумостоп-С2/К2 одним шаром під стяжкою

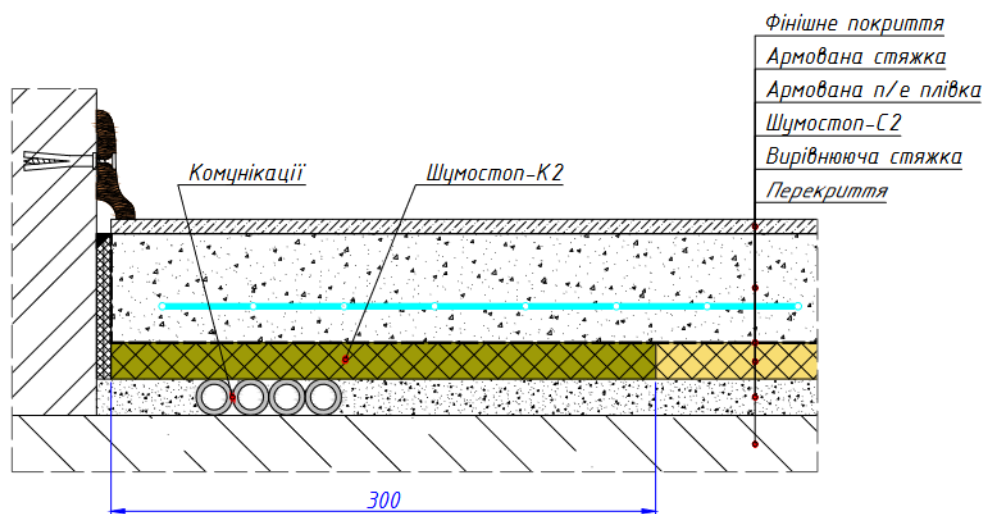


Рисунок 2.27 - Пропуск горизонтальних комунікацій при влаштуванні звукоізоляції підлоги з використанням плит Шумостоп-С2/К2 одним шаром під стяжкою

Варіант захисту від ударного шуму: створити багат шарову конструкцію -

плаваюча підлога.

Конструкція плаваючої підлоги є шаром звукопоглинаючого матеріалу, закритим бетонною стяжкою товщиною не менше 6 см; підкладку та фінішне покриття.

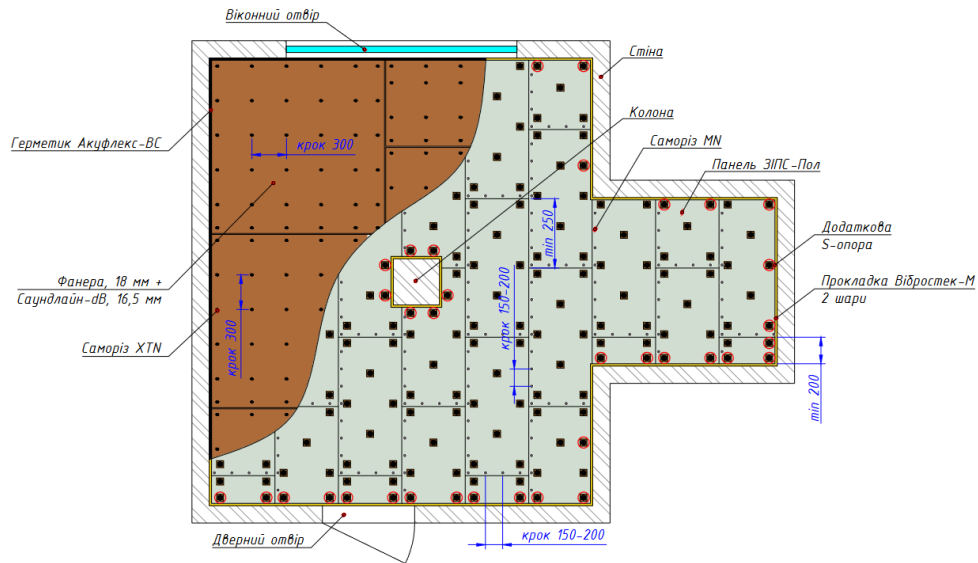


Рисунок 2.28 - Принципова схема влаштування плаваючої підлоги з використанням панелей ЗІПС-Пол.

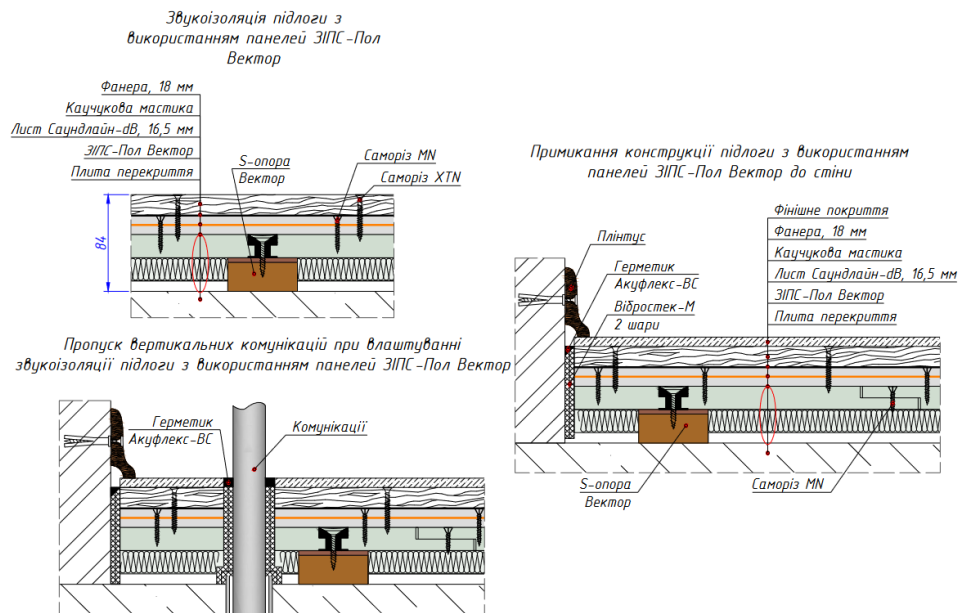


Рисунок 2.29 - Конструкції звукоізоляційних підлог

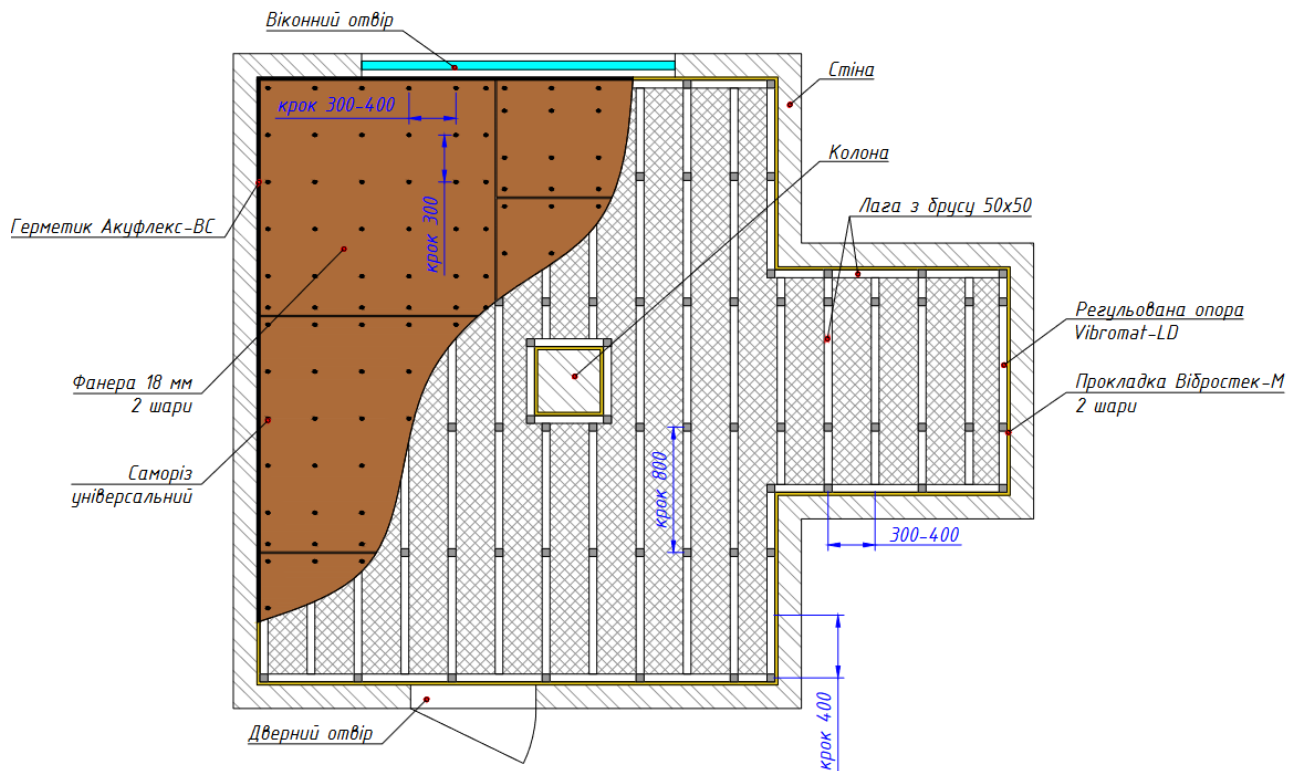


Рисунок 2.30 - Принципова схема влаштування плаваючої підлоги на лагах

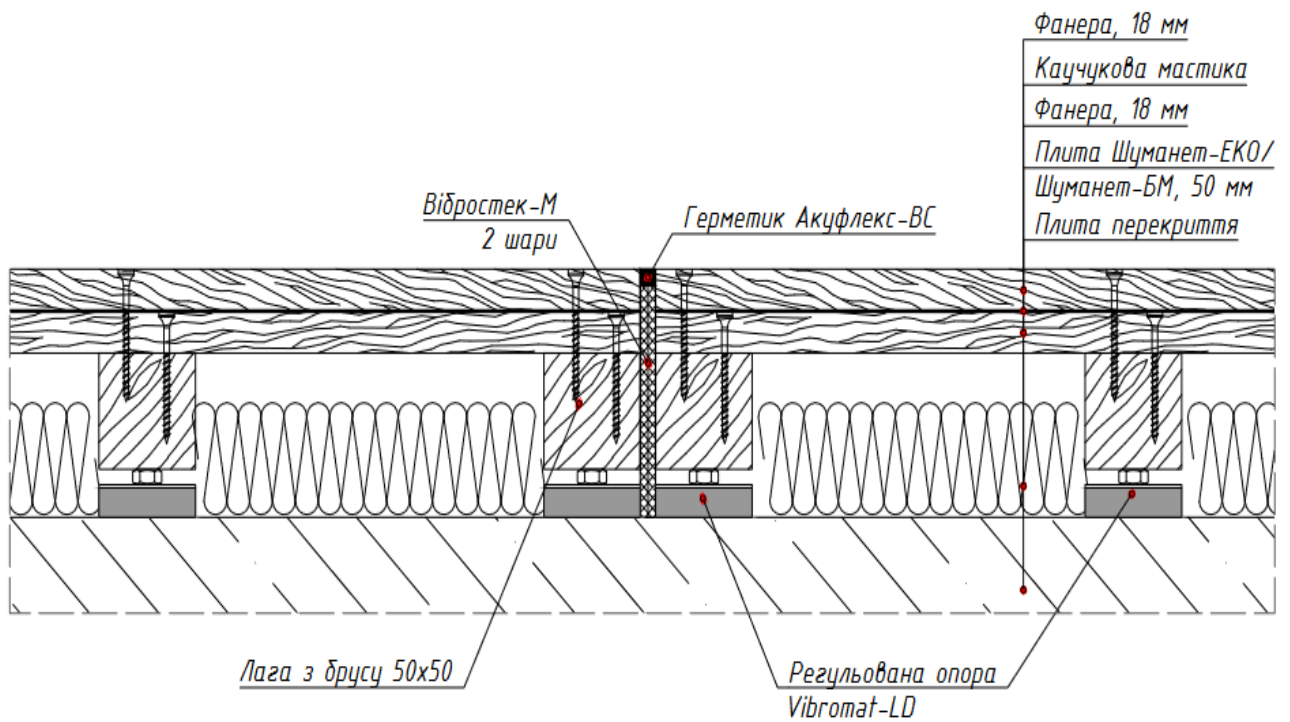


Рисунок 2.31 - Оформлення деформаційного шву в конструкції підлоги на лагах

Значення індексу зниження наведеного рівня ударного шуму L_{nw} досить високі і у тонких (3-4 мм) матеріалів прокладки підкладки. А щоб перекрити доступ повітряним шумам, необхідний шар звукопоглинаючого матеріалу (наприклад, з мінеральної вати) завтовшки не менше 50 мм.

Звукоізоляційна підкладка може бути з різних матеріалів.

Таблиця 2.8 - Підкладки для ізоляції ударного шуму

Марка, виробник	Матеріали	Індекс зниження рівня ударного шуму, дБ	Товщина, мм	Ціна, \$/м ²
Fonostop Duo – фірма Inde Італія	Полімерно-бітумна мембрана із звукоізоляційним шаром	38	8	12
Шуманет-100-рулонний матеріал	Пружне багатошарове склополотно	27	4	7
Шумостоп – С2 - плити	Штапельне скловолокно	43	20	13
Склополотно ТехноНІКОЛЬ	Склополотно	22	4,8	6

Існують також готові конструкції плаваючої підлоги, вони мають серед шарів лист полістиролу завтовшки 20-30 мм, їх індекс зниження рівня ударного шуму L_{nw} 20-30 дБ.

2.4.4 Шумоізоляція структурних шумів

Щоб уникнути передачі структурних шумів по конструкціях, що несуть, застосовують прокладочний матеріал для захисту стиків несучих елементів.

Склополотно:

Ізоляція структурного шуму досягається завдяки пружним

характеристикам пористо-волокнистої структури матеріалу. Прокладки використовуються в будівельних конструкціях при встановленні панельних систем ЗПС, каркасних звукоізоляційних перегородок, а також при облицюванні дерев'яних підлог та перекриттів. Під час монтажу сендвіч-панелей ЗПС прокладка розташовується в два шари в областях їхньої підтримки на підлозі, а також в зонах зіткнення панелей з бічними стінами та стелею. При встановленні каркасних перегородок та облицювань прокладки використовуються між профілями каркасу, кріпильними елементами та конструкціями, які несуть вантаж, у точках прилягання облицювальних аркушів перегородки або облицювання до інших будівельних конструкцій. При укладанні дерев'яних перекриттів та підлог матеріал розміщується під балками та брусами перекриттів у зонах їхньої підтримки на стінах. При цьому ширина смуги матеріалу з обох боків повинна перевищувати ширину балки або бруса на 10 мм. Торці балок, які опираються на стіни, повинні бути ізольовані від жорсткого контакту з іншими будівельними конструкціями за допомогою прокладок.

Приклади: стрічкова прокладка для ізоляції структурного шуму Вібростек М. Індекс зниження рівня ударного шуму - до 29 Дб. Вартість: 18 дол/м².

Інші приклади: звукоізолююча підкладка ППЕ 3002 застосовується як пружна звукоізолююча підкладка; Склополотно ArmaWall AW502, що використовується в індивідуальному будівництві. Мати PAROC Hvac Lamella Mat 35 AluCoat прошивні із супертонкого скловолна.

Віброакустичний герметик:

Надає високу віброізоляцію для з'єднань між будівельними конструкціями та мінімізує поширення структурного шуму через них. Використовується для заповнення щільності в конструкціях плавучих підлог, панельних систем ЗПС, каркасних звукоізолюючих перегородок та облицювань. Матеріал не спричиняє корозії металу, має відмінне зчеплення з багатьма будівельними матеріалами,

такими як бетон, цегла, штукатурка, скло, емаль, метали, кераміка, пластмаси, лакована або фарбована деревина. Відмінно переносить вплив УФ-випромінювання. Застоялий герметик без запаху і безпечний у використанні, проте під час роботи з ним слід уникати потрапляння в очі і на шкіру, а також працювати в добре провітрюваних приміщеннях.

Приклади: віброгерметик Акуфлекс-ВС призначений для герметизації стиків та з'єднань у звукоізолюючих конструкціях. Вартість картриджа 300 мл – 6.9 дол.



Рисунок 2.32 - Акуфлекс-ВС Силіконовий герметик. Картридж 300мл.

Другие примеры: Герметик Бостик 3070 из пробковой крошки (Schrot) и эластичного вяжущего вещества; Виброакустический герметик SYLOMER; мастика вибропоглощающая.

Еластомірні матеріали:

Еластомерні матеріали спроектовані для зменшення рівня шуму та вібрацій, які передаються від різних джерел на структурні елементи будівель, а також для захисту приміщень від структурного шуму, що проникає ззовні. Для ізоляції від структурного шуму по периметру дверей використовуються ущільнювачі з еластомерних матеріалів, які забезпечують високий рівень

поглиблення звуку. Ці прокладки надійно фіксуються на більшості поверхонь, таких як дерево, пластик, метал. Термін служби досягає 7 років, а індекс зниження рівня ударного шуму може становити до 22 дБ.

Приклади: прокладки з самоклеючою основою Varnamo (Швеція) із пористої гуми EPDM. Прокладки випускаються в розфасовках різної довжини: 6-ти, 16-ти та 24-метрові. Вартість стрічки 6 м – 3,2 дол.



Рисунок 2.33 - Прокладки з самоклеючою основою Varnamo (Швеція)

Інші приклади: Еластомірні вібродемпфуючі пластини (ВЕП); ArmaSound – еластомірний звукоізолятор виробництва компанії Armacell (Німеччина); SYLOMER® австрійської фірми Getzner Werkstoffe GmbH – мікропористі поліуретанові еластomersi зі змішаною комірчастою структурою.

Прокладний матеріал із кремнеземного волокна:

Використовується в звукопоглинаючих та звукоізолюючих конструкціях там, де висувають високі вимоги до пожежної безпеки. Вироби з кремнеземного волокна мають високі екологічні показники: вони не містять канцерогенних, азбестових і керамічних волокон, а також тонких волокон діаметром менше 6 мкм, що не становить небезпеки для дихання. Матеріал з кремнеземного волокна застосовується на з'єднаннях несучих елементів конструкції будівлі.

Приклади: рулонне кремнеземне волокно Supersil завтовшки 6 мм. Індекс зниження рівня ударного шуму L_{nw} 27 дБ. Вартість - 21 дол./метр.

Інші приклади: торгові марки Supersil, Supersilika; мати з кремнеземного

волокна Еkowoо.

2.5 Висновки по розділу

Після проведення лабораторних випробувань стіни, складені з газобетонних блоків і покриті штукатуркою товщиною 3 мм з обох сторін, показали, що вони мають здатність зменшити рівень шуму від транспортного руху на 40 дБ, а індекс звукової ізоляції становить 44 дБ.

З урахуванням вихідних даних, рекомендується використовувати вікна «Класу 1», виготовлені з ПВХ, оскільки вони виявляються значно більш економічними порівняно з конкурентами із сталевого та дерев'яного профілю.

Важливо пам'ятати, що наявність високоякісних звукоізоляційних матеріалів сама по собі ще не гарантує забезпечення звукового комфорту; важливо правильно їх використовувати в необхідних конструкціях.

РОЗДІЛ 3

ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА ОСНОВНИХ МЕТОДІВ ШУМОЗАХИСТУ

3.1 Зниження шуму у його джерелі

Детальне дослідження методів зниження шуму в джерелі, тобто безпосередньо того шуму, який виробляє автотранспорт, міська промислова зона та побутова техніка не входить до цієї роботи.

Можна відзначити такі методи, що застосовуються для вирішення цієї проблеми:

Технічні:

- використання глушників звуку різної конструкції;
- використання амортизації;
- використання шумопоглинаючих покриттів;

Організаційно-законодавчі:

- поступове виведення галасливих та забруднюючих навколишнє середовище підприємств та транспортних вузлів за межі міської забудови;
- продумана організація дорожнього руху, що максимально виключає появу транспортних пробок, використання звукової сигналізації, транзитного руху через житлову забудову великовантажного транспорту;
- використання у виробництві малошумних технологічних процесів (модернізація технології виробництва);
- використання малошумної техніки, зміна конструктивних елементів техніки, її складальних одиниць;
- модернізація технології ремонту та обслуговування техніки;
- використання раціональних режимів праці та відпочинку працівників;
- контроль за дотриманням фізичними та юридичними особами режиму тиші у вечірній та нічний час;
- Виділення для проведення галасливих суспільно-культурних заходів майданчиків, розташованих поза житловою забудовою.

Частка, яку займають методи зниження шуму в джерелі у формуванні загальної системи шумоподавлення, становить близько 20%.

3.2 Зниження шуму на об'єкті захисту

Даний напрямок передбачає використання у забудові проектів шумозахищених будівель, а також застосування спеціальних прийомів забудови. Що стосується самих будівель, чинні нормативні документи пропонують різні прийоми та методи зниження шуму на об'єктах захисту – у житлових будинках та громадських спорудах – за рахунок формування спеціальних планувальних захищених від шуму структур.

При проектуванні захищених від шуму житлових будинків (громадських будівель) зниження шуму на об'єкті захисту може бути досягнуто:

- шляхом застосування прийомів проектування будівель, що забезпечують орієнтацію на магістральні шляхопроводи максимально підсобних приміщень квартир, комунікацій будинків та нежитлових приміщень, а також обмежують напрямок в очікуваний бік поширення транспортного шуму житлових приміщень (залежно від типів квартир);

- застосування конструктивних засобів захисту з підвищеними звукоізолюючими властивостями огорожувальних конструкцій, особливо вікон та зовнішніх або балконних дверей, облицювання будівлі спеціальними покриттями;

- застосування технічних засобів захисту, у тому числі глушників та інших технічних захисних пристроїв для зниження рівня шуму при обслуговуванні технічних засобів, що знаходяться безпосередньо у самих квартирах.

Безпосередньо у будинках та приміщеннях боротьба з шумом включає:

- усунення шумового впливу у джерелі його виникнення;
- звукопоглинання та звукоізоляція;

- застосування архітектурно-планувальних рішень.

Під архітектурно-планувальними рішеннями розуміємо використання нежитлових і захищених будівель-екранів, використання зелених насаджень, конструктивне видалення приміщень, що захищаються від джерела шуму, застосування шумозахисних огорожуючих конструктивних елементів.

3.3 Зниження шуму шляху його поширення

Це рішення передбачає використання різного роду захисних екранів, зелених насаджень, а також розглянутих вище шумозахищених будівлі, що використовуються як екрани для захисту внутрішніх областей кварталу.

Шумозахисні екрани являють собою конструкції, що встановлюються в районі розташування джерел підвищеного шуму, наприклад, вздовж великих автомагістралей, залізничних колій, навколо стадіонів, аеродромів тощо. Зниження рівня шуму. Установка екранів дозволяє зменшити шумове забруднення довкілля на 22 - 26 дБА.

Частка, яку займають методи зниження шуму в джерелі у формуванні загальної системи шумоподавлення, становить близько 45%.

Шумозахисні екрани можна класифікувати:

1) За типом захисту від шуму:

- звукопоглинаючі;
- звуковідбивні;
- комбіновані;

2) За світлопроникністю:

- прозорі;
- тоновані;
- непрозорі;
- із прозорими вставками.

3.4 Порівняльна оцінка матеріалу екранів

Основний механізм роботи шумозахисного екрану пов'язаний із процесом відображення шумових хвиль. Хвиля відбивається під кутом відображення рівним куту її падіння, при цьому за екраном утворюється акустична тінь, яка дозволяє розмістити там будівлі житлової забудови, що захищається. Частина шумового поля обтікає межі екрана, при його протяжній конструкції обтікання відбувається через верхню кромку. Тим самим вищий екран ефективніший. Для роботи екрану характерні такі ефекти:

- Відображення падаючої звукової хвилі;
- перетікання звуку через вільні краї екрана;
- часткове проникнення звуку крізь екран, зважаючи на неповну звукоізоляцію.

Схема роботи шумозахисного екрану представлена на рисунку 3.1.

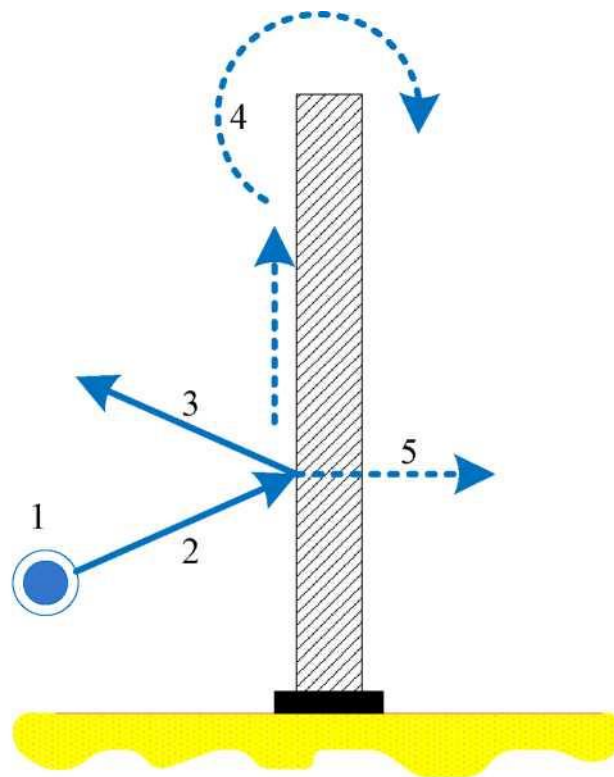


Рисунок 3.1 - Схема роботи шумозахисного екрану:

- 1 - джерело шуму, 2 - падаюча звукова хвиля, 3 - відбита звукова хвиля, 4 - обтічна звукова хвиля, 5 - проникаюча звукова хвиля

Зі схеми роботи екрану випливає, що перетікання звуку через верхню кромку екрана зменшується, а, отже, ефективність екрана збільшується при:

- збільшення висоти екрану;
- наближення екрана до джерела шуму.

Матеріал, з якого виготовлений екран впливає на його відбивну та поглинаючу здатність. Він може бути відбиваючим (бетон, склопластик) або поглинаюче-відбиваючим (звукопоглинаючі матеріали). Повністю поглинаючий екран в даний час не існує, проте надання екрану додаткових властивостей, що поглинають, значно підвищує його захисну ефективність.

Ступінь покращення властивостей екрану може бути оцінена, виходячи з такої характеристики як αE - коефіцієнт звукопоглинання, що залежить від частоти звуку в октавних смугах із середньгеометричними частотами. Поглинання або розсіювання енергії акустичних коливань у перешкоді супроводжується виділенням тепла та за теорією має таку природу:

- 1) через в'язкість повітря, що знаходиться в проміжках матеріалу, під впливом акустичної хвилі починається коливання його частинок у внутрішньому обсязі поглинача, при цьому виникає тертя;
- 2) є тертя повітря про матеріал поглинача;
- 3) під впливом акустичної хвилі відбувається тертя елементів (кристалів, волокон) поглинача один про одного.

Тому звукопоглинання найефективніше на середніх та високих частотах. Коефіцієнти звукопоглинання матеріалів αE знаходяться в межах 0,4...1,0. Обчислюється значення цієї величини як відношення не поглиненої енергії акустичного коливання до його повної енергії. Його значення для деяких матеріалів у октавній смузі із середньгеометричною частотою 1000 Гц наводиться в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Коефіцієнти звукопоглинання матеріалів αE при 1000 Гц

№	Матеріал	Коефіцієнти звукопоглинання
1.	Плита ДВП	0,6
2.	Лист перфорований акустичний	0,7
3.	Піноскло	0,4
4.	Скловолокно	0,78
5.	Фіброліт	0,48
6.	Стіна бетонна	0,015
7.	Стіна дерев'яна	0,08
8.	Стіна цегляна	0,032
9.	Базальтове волокно	0,94

В цьому випадку додатковий ефект від поглинання енергії акустичних коливань захисним екраном можна оцінити як :

$$\alpha E = 10 * \log(1 - \alpha E) \text{ дБ} \quad (3.1)$$

Тоді для різних матеріалів додаткова поглинаюча здатність екрану розкладається таким чином (рисунок 3.2).

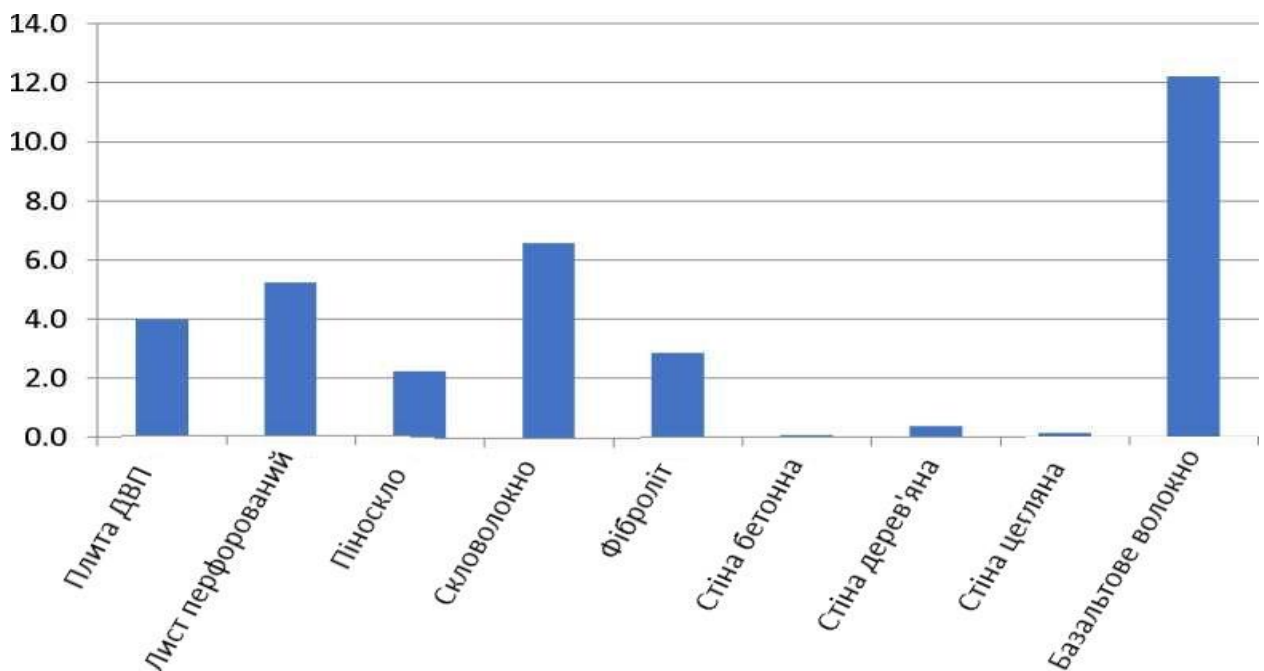


Рисунок 3.2 - Поглинаюча здатність матеріалу

Аналіз показує кращі поглинаючі властивості матеріалів, що мають волокнисту структуру. Враховуючи вартість, слід визнати, що як один з елементів звукозахисного екрану найбільш ефективно використовувати лист перфорований акустичний або склопластик.

Аналізуючи спеціальні звукопоглинаючі матеріали, наприклад плити марки ПА/С акустичні мінераловатні, слід зазначити, що всі зазначені матеріали найбільш ефективно працюють у октавній смузі частот 1000 Гц.

Зробимо розрахунок акустичного облицювання приміщення від підвищеного виділення шуму для приміщення, розміром 5x10x70 м. У приміщенні знаходиться 16 джерел шуму. Розрахункову точку віддалено від найближчого на $r = 2,0$ м. Об'єм приміщення складе, m^3

$$V = 5 * 10 * 70 = 3500 \quad (3.2)$$

Площа огорожувальних конструкцій приміщення буде, m^2

$$S = 2 * 5 * 70 + 2 * 10 * 70 + 2 * 5 * 10 = 2200 \quad (3.3)$$

Максимальне звукопоглинання досягається при облицюванні не менше 60% загальної площі огорожувальних поверхонь приміщення, m^2

$$S_{обл} = 0.6 * 2200 = 1320 \quad (3.4)$$

Визначимо граничний радіус зони відбитого звуку, м

$$r_{пр} = 0,2 \sqrt{\frac{1050}{16}} = 1,6 \quad (3.5)$$

де B_{8000} - постійна приміщення на частоті 8000 Гц, m^2

$$B_{8000} = B_{1000} * \mu_{8000} = 175 * 6 = 1050 \quad (3.6)$$

Тут значення B_{1000} і μ_{8000} отримані з [21]

$$B_{1000} = \frac{V}{20} = \frac{3500}{20} = 175 \quad (3.7)$$

B / S	0,03	0,034	0,044	0,056	0,080	0,127	0,239	0,477
$\frac{B}{S} + 1$	1,03	1,034	1,044	1,056	1,080	1,127	1,239	1,477
A, M^2	84,6	84,6	92,1	116,0	162,0	248,4	423,7	710,9
$\alpha = \frac{B}{B+S}$	0,03	0,038	0,042	0,053	0,074	0,113	0,193	0,323
$\alpha_{\text{обл}}$	0,02	0,05	0,21	0,66	0,91	0,95	0,89	0,70
$\Delta A = \alpha_{\text{обл}} * S_{\text{обл}} + A_{\text{сп}} * n_{\text{п}}, \text{M}^2$	26,4	66,0	277,2	871,2	1201,2	1254,0	1174,8	924,0
$A_I = \alpha(S - S_{\text{обл}}), \text{M}^2$	33,4	33,44	36,96	46,64	65,12	99,44	169,84	284,24
$A_I + \Delta A, \text{M}^2$	59,8	99,44	314,1	917,84	1266,3	1353,4	1344,6	1208,2
$\alpha_1 = \frac{A_I + \Delta A}{S}$	0,02	0,045	0,143	0,417	0,576	0,615	0,611	0,549
$1 - \alpha_1$	0,97	0,955	0,857	0,583	0,424	0,385	0,389	0,451
$B = \frac{A_I + \Delta A}{1 - \alpha_1}, \text{M}^2$	61,5	104,1	366,5	1574,3	2986,6	3515,4	3456,6	2679,02
$\frac{B'}{B}$	0,70	1,190	3,811	12,852	17,066	12,555	6,584	2,551
$\Delta L = 10 \lg \left(\frac{B'}{B} \right), \text{дБ}$	-	0,755	5,810	11,090	12,321	10,988	8,185	4,067

Результати розрахунку представлені на графіці (рисунок 3.3)

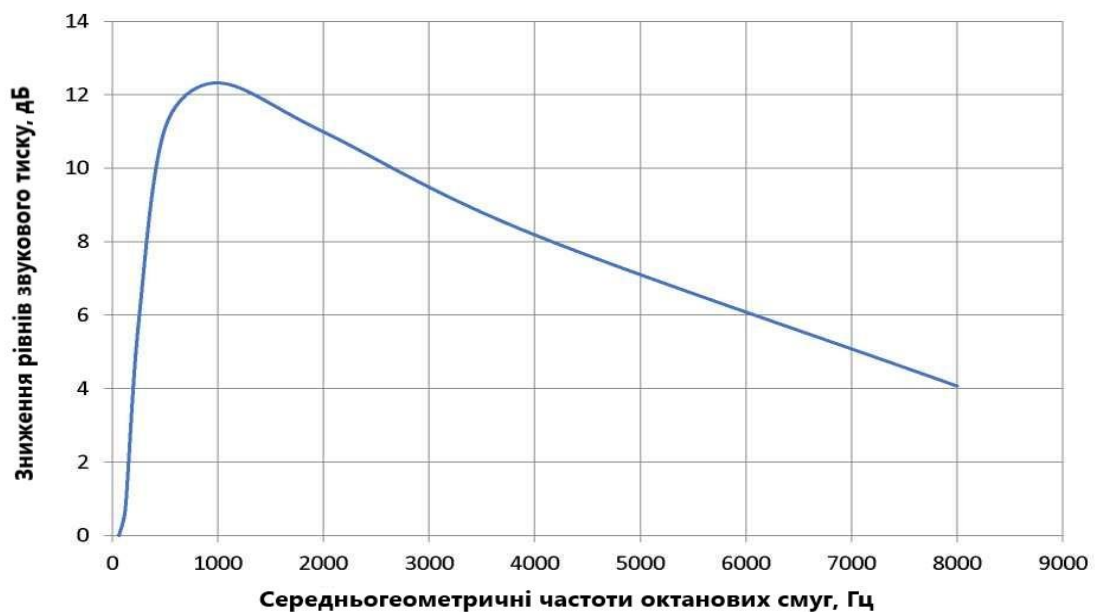


Рисунок 3.3 - Зниження рівня шуму залежно від частоти октавних смуг

З аналізу представленого графіка можна зробити висновок, що максимальний захист зниження рівня шуму при використанні екранів можна отримати при середньгеометричній частоті октавних смуг близько 1000 Гц. Захисні властивості екрану різко зростають ділянці від 63 до 1000 Гц, потім поступово знижуються до 8000 Гц. При проведенні практичних розрахунків за середню частоту смуги зазвичай приймають середньгеометричну частоту f :

$$f = \sqrt{f_1 f_2}$$

При проведенні практичних акустичних розрахунків шумів використовуються октавні смуги частот, якими називається така смуга частот, яка має відношення граничних частот $f_2/f_1 = 2$. У тому випадку, коли $f_2/f_1 = 2^{1/3} = 1,26$, то ширина смуги дорівнює 1/3 октави.

Облік цієї обставини при проектуванні та створенні екранного захисту на шляху розповсюдження шуму дозволить значно підвищити її ефективність.

3.5 Розрахунок ефективності шумозахисного екрану

На сьогоднішній день існують різноманітні методики визначення ефективності шумозахисних екранів (ШЕ). Одним з найбільш поширених є підхід, запропонований вченим З. Маскавой (Японія) в 1969 [26], що спирається на залежність ефективності шумозахисного екрану (ШЕ) від числа Френеля (N). Ефективність ШЕ, $\Delta L_{\text{екр}}$, згідно з виведеною Масковою формулою, визначається, як::

$$\Delta L_{\text{екр}} = 10 \lg 20N \text{ (дБА)} \quad (3.8)$$

де N - число Френеля, визначається виразом:

$$N = 2\delta/\lambda \quad (3.9)$$

де λ - довжина звукової хвилі, м;

δ - різниця довжин шляхів звукового променя, м.

Схема визначення довжин звукового променя представлена на рисунок 3.4.

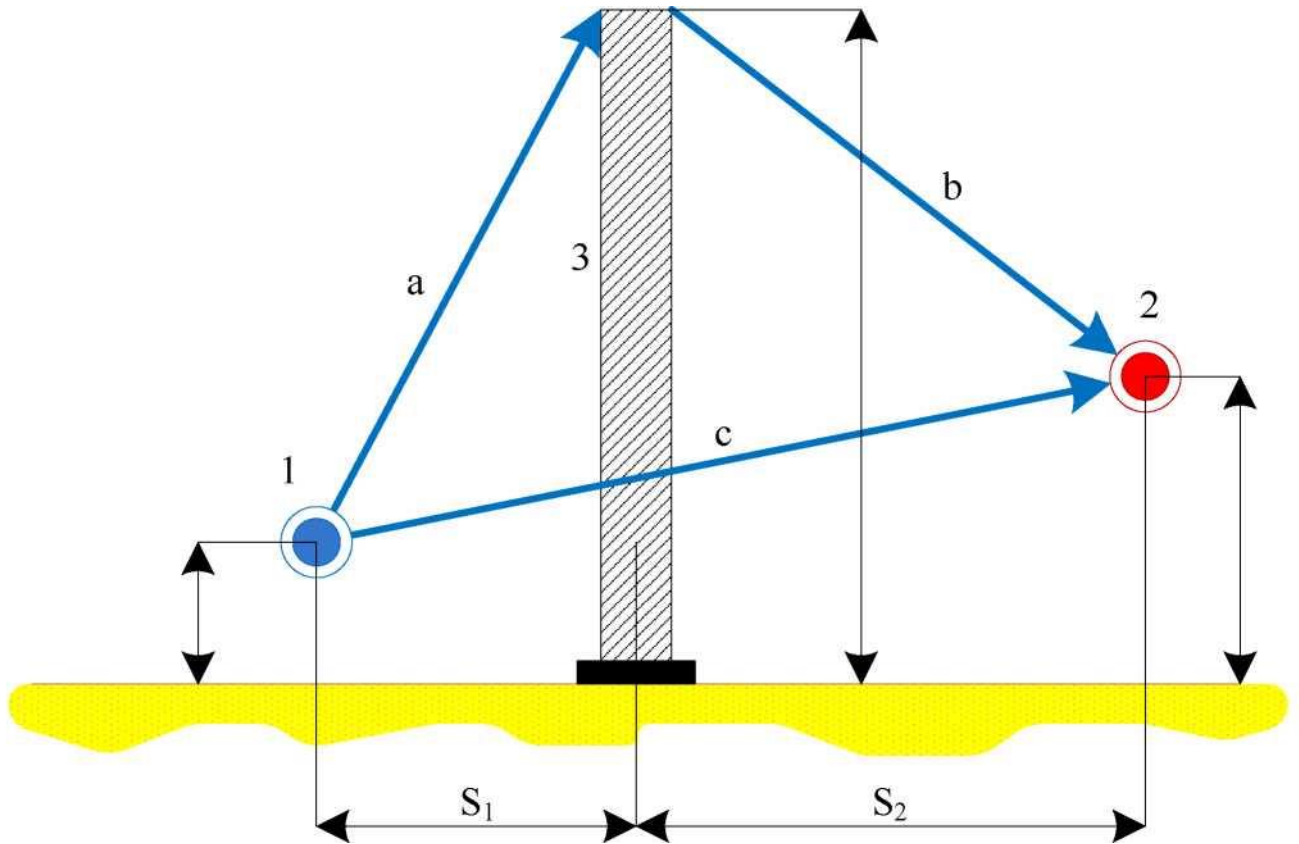


Рисунок 3.4 - Розрахункова схема визначення довжин звукового променя

1 - джерело шуму; 2 - розрахункова точка; 3 - шумозахисний екран;

Різниця довжин звукового променя δ визначається по формулі:

$$\delta = a + b - c \text{ (м)} \quad (3.10)$$

де a - мінімальна дистанція між джерелом шуму (ДШ) і верхнім краєм ШЕ, м;

b - мінімальна дистанція між верхнім краєм ШЕ до розрахункової точки, в якій визначається рівень шуму (РТ);

c - мінімальна дистанція від ДШ до РТ (м).

Відповідно до [24], відстані a , b і c визначають з точністю до сотих доль метра по наступних формулах:

$$a = \sqrt{S_1^2 + (h_{\text{ше}} - h_{\text{дш}})^2}$$

$$b = \sqrt{S_2^2 + (h_{ше} - h_{РТ})^2}$$

$$c = \sqrt{(S_1 + S_2)^2 + (h_{РТ} - h_{иш})^2}$$

ДЕ $h_{дш}$ - висота ДШ над рівнем проїжджої частини, м;

$h_{ше}$ - висота ШЕ, м;

S_1 - відстань від ІДШ до екрану, м;

S_2 - відстань від екрану до РТ, м.

Методичні рекомендації щодо проведення акустичного розрахунку для автомобільних доріг загального користування МР В.2.3- 03450778-865:2016 [27] також використовують число Френеля, пропонуючи наступну формулу оцінки ефективності екранування :

$$\Delta L_{екр2} = 18,2 + 7,8 \lg(5 + 0,02) \quad (\text{дБА}) \quad (3.11)$$

Аналіз документів МР В.2.3- 03450778-865:2016 [27] і ДБН В.1.2-10:2021 [24] показує, що принцип обчислення ефективності ШЄ і там і там один і той же, що спирається на число Френеля, проте формули, запропоновані для визначення ефективності ШЕ, різні. ДБН В.1.2-10:2021 [24], пропонує формулу (12) оцінки ефективності екранування спираючись на теорію Курце :

$$\Delta L_{екр3} = 20 \lg \frac{\sqrt{2\pi|N|}}{th\sqrt{2\pi|N|}} + 5 \quad \text{при } N \geq -0,2 \quad (3.12)$$

$$\Delta L_{екр3} = 0 \quad \text{при } N < -0,2$$

Згідно ДБН В.1.2-10:2021 [24], формула (3.12), запропонована для розрахунку, допустима до застосування для відстані від ДШ до РТ не більше 200 м. Для відстаней понад 200 метрів ефективність ШЕ згідно ДБН В.1.2-10:2021 [24] розраховується за методикою, викладеною в ДСТУ ГОСТ 31295.2:2007 [28].

Згідно ДБН В.1.2-10:2021 [24] розрахунки рівнів звуку проводяться для довжини хвилі $\lambda = 0,84$ м (для потоку аотранспорта).

Ще одним з найбільш вживаних на практиці способів розрахунку ефективності ШЕ є метод, представлений в ДСТУ ГОСТ 31295.2:2007 [28], відповідно до якого обчислення ефективності екрану, D_z , визначається по формулі:

$$D_z = 10 \lg \left[3 + \left(\frac{C_2}{\lambda} \right) C_3 z K_{met} \right] \quad (3.13)$$

Тут: C_2 - константа, що враховує ефект відбиття від землі (у звичайних умовах $C_2 = 20$, в особливих випадках - твердий ґрунт, скельні породи і т.п. - $C_2 = 40$);

C_3 - константа, що враховує дифракцію верхніх кромках екрану. При дифракції однією кромці $C_3 = 1$;

λ - довжина звукової хвилі з частотою, рівній середнегеометрической частоті октавної смуги, м;

z - різниця дистанцій шляхів поширення звуку через дифракційну кромку (кромки) і прямого звуку, що обчислюється за формулою (3.14), м;

K_{met} - коефіцієнт, що враховує вплив метеорологічних умов, що визначається згідно з ДСТУ ГОСТ 31295.2:2007;

$$Z = \sqrt{(d_{ss} - d_{sr})^2 + a^2} - d$$

де d_{ss} - відстань від джерела шуму до дифракційної кромки (до першої дифракційної кромки у разі дифракції на двох кромках), м :

d_{sr} - відстань від дифракційної кромки (від другої дифракційної кромки у разі дифракції на двох кромках) до приймача, м;

Відповідно до ДСТУ ГОСТ 31295.2:2007 дистанцій d_{ss} і d_{sr} вимірюють по перпендикулярах, опущених з джерела шуму і приймача на верхню кромку екрану.

Значення дорівнює відстані між основами цих перпендикулярів уздовж верхньої кромки. Крім того, якщо лінія, що з'єднує ДШ та приймач, проходить над верхньою кромкою ШЕ, то значенню приписують знак мінус. ДСТУ ГОСТ 31295.2:2007 розраховує ефективність ШЕ всього нормованого

частотного діапазону: від 31,5 до 8000 Гц.

Згідно з ДСТУ ГОСТ 31295.2:2007, загасання на екрані в будь-якій октавній смузі частот не слід приймати більше 20 дБ у разі дифракції на одній кромці (тонкі екрани) та 25 дБ у разі дифракції на двох кромках (товсті екрани, що екранують шумозахищені будівлі).

Розрахунок ефективності ШЕ різної висоти для розрахункових точок, розташованих на різних відстанях від ШЕ (РТ 1 - 25 м, РТ 2 - 50 м, РТ 3 100 м), були зроблені за трьома методиками для двосмугової дороги: для дальньої та ближньої смуг.

Відповідно до ДСТУ ГОСТ 31295.2:2007 ШЕ може бути встановлений не ближче ніж 2,5 м від автодороги, а ширина смуги (для двосмугової дороги) повинна бути не менше 3,75 м.

Таким чином, відстані від джерела шуму до ШЕ дорівнюватимуть 4,37 м і 8,12 м для ближньої і дальньої смуг відповідно. Розрахунок проводився для ШЕ заввишки 2 м, 3.5 м, 5 м.

Результати розрахунку ефективності ШЕ різної висоти за трьома описаними вище нормативно-технічними документами (НТД), представлені в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 - Ефективність шумозахисного екрану розрахована порізними методиками

РТ (відстань від ДШ)	НТД	Ефективність при різній висоті					
		2 метра		3,5 метра		5 метрів	
		1	2	1	2	1	2
РТ1 (25 м)	ДБН В.1.2-10:2021	10	7	15	13	19	17
	МР В.2.3- 03450778-865:2016	11	10	17	16	20	19
	ДСТУ ГОСТ 31295.2:2007	8	6	13	12	17	15
РТ2 (50 м)	ДБН В.1.2-10:2021	10	7	15	13	19	17
	МР В.2.3- 03450778-865:2016	11	10	17	15	20	18
	ДСТУ ГОСТ 31295.2:2007	8	6	13	11	16	14
РТ3 (100 м)	ДБН В.1.2-10:2021	10	7	15	13	19	17
	МР В.2.3- 03450778-865:2016	11	10	17	15	20	18
	ДСТУ ГОСТ 31295.2:2007	8	6	13	11	16	14

1 - ближня смуга; 2 - дальня смуга.

Аналіз отриманих розрахункових значенні ефективності ШЕ вчислених по різних методиках дозволяє зробити наступні висновки:

1. Різниця в ефективності для ближньої і далекої смуг складає:
 - 2-3 дБ, згідно ДБН В.1.2-10:2021;
 - 1-2 дБ, згідно МР В.2.3- 03450778-865:2016;
 - 2 дБ, згідно ДСТУ ГОСТ 31295.2:2007.
2. Ефективність ШЕ зростає зі збільшенням його висоти для усіх смуг і незалежно від розрахункової методики (рис. 3.5) :

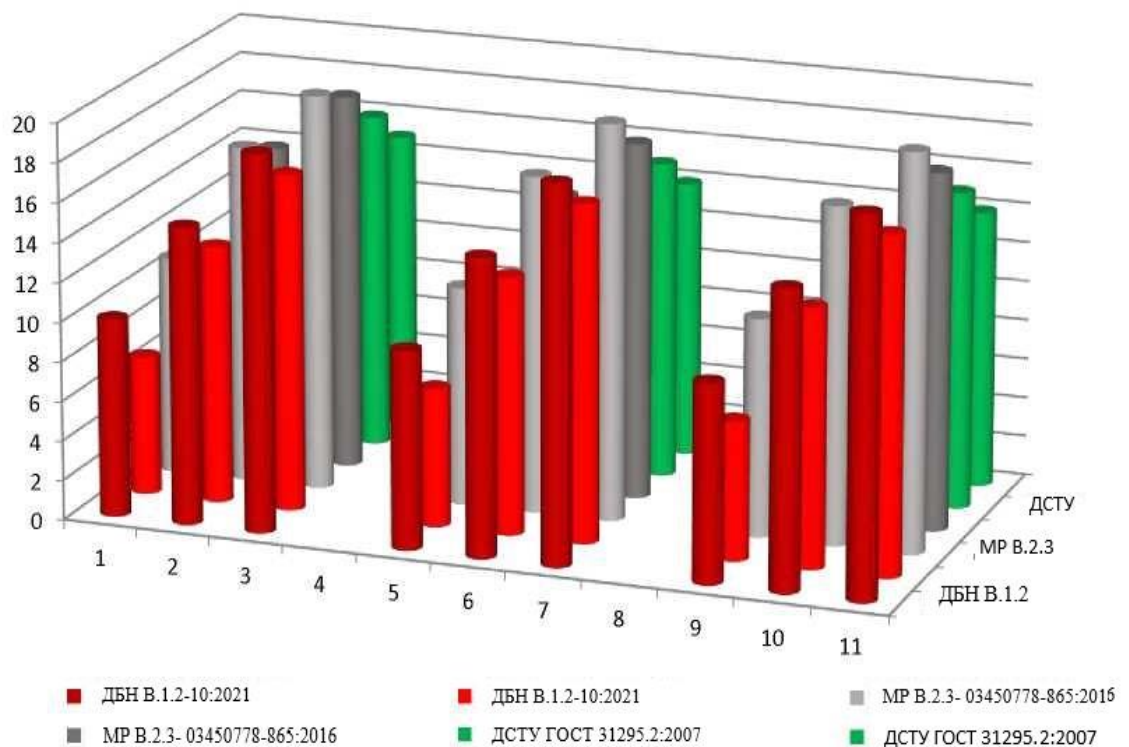


Рисунок 3.5 - Співвідношення ефективності залежно від висоти ШЕ

3. Аналіз представлених графіків показує, що ефективність ШЕ незалежно від висоти знижується при збільшенні відстані від ШЕ до РТ по всіх трьох розглянутих НТД лише на соті частки, що не відповідає дійсності, оскільки зі збільшенням відстані РТ до ШЕ, тим більше звуку дифрагує (у тому числі через бічні кромки) і говорить про недосконалість існуючих методів розрахунку.

Результати вимірювань ефективності ШЕ на двосмуговій автомобільній дорозі (для ближньої смуги) представлені в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 - Результати натурних випробувань ШЕ.

Відстань від осі (від краю проїжджої частини)	Ефективність		
	2 м	3,5 м	5 м
25 м	5-6	9-11	10-12

З урахуванням проведених вимірів та розрахунків можемо зробити висновок, що найбільш близькі до натурних вимірів розрахунки були отримані за методикою, представленою у ДСТУ ГОСТ 31295.2:2007.

4. Проведений аналіз отриманих натурних вимірювань і розрахунків показав, що діючі методики розрахунку але визначення ефективності шумозахисних екранів, а саме МР В.2.3- 03450778-865:2016, ДБН В.1.2-10:2021, ДСТУ ГОСТ 31295.2:2007 значення ефективності найбільш завищено. Отримані результати говорять про необхідність удосконалення методів розрахунку ефективності шумозахисних екранів та введення поправок, які дозволять набувати більш наближених до фактичних значень.

3.6 Оцінка додаткових чинників з допомогою багатокритеріальної методики інтегральної оцінки ефективності

Як було зазначено вище, необхідна коректура діючих методик розрахунку ефективності ШЕ, оскільки діючі нормативні документи нині дають різні між собою, завищені значення, у своїй по МР В.2.3- 03450778-865:2016 значення ефективності найбільш завищені. Для внесення зазначеної коректури до діючих методик необхідно проведення серії випробувань шумозахисних екранів у різних регіонах (і різних кліматичних умовах) країни.

Крім того, необхідно відзначити, що всі зазначені методики, що існують в даний час, зосереджують свою увагу виключно на захисних властивостях даного об'єкта, не вдаючись в економічну та технологічну галузі. У той же час керівництву міста та районів, необхідно при прийнятті рішення на встановлення шумозахисних конструкцій, оцінювати всю

проблему в цілому, починаючи від доступності та дешевизни матеріалів, з яких передбачається зводити шумозахисні конструкції, їх вандалозахисність, довговічність, естетичність та низку інших критеріїв, без яких керівництво міста не може приймати рішення не лише на закупівлю такого обладнання, а й навіть на оголошення конкурсу на такі закупівлі.

Тому, враховуючи наявність великої кількості методів (і відповідно характеристик), якими здійснюється оцінка стану виробничого травматизму, було б корисно розробити узагальнений критерій, що враховує велику частину зазначених методів, для того, щоб врахувати максимальну кількість критеріїв.

З цією метою можна запропонувати використання загальної методики інтегральної оцінки ефективності шумозахисних екранів. Для отримання узагальненого критерію ефективності застосуємо мультиплікативну згортку показників ефективності, яку називають принципом справедливого компромісу чи принципом вибору.

Вона може бути визначена як добуток ймовірностей послідовного ланцюжка подій:

$$Y(X) = \prod_{i=1}^n h_i(X)$$

де $Y(X)$ – функція пріоритетів;

$h_i(X)$ – задані показники ефективності.

В якості показників ефективності шумозахисного екрану пропонується використати критерії, визначувані при дослідженні проектування цього устаткування, розглянуті вище.

Один із окремих випадків такого підходу є побудова так званої узагальненої функції бажаності, яка дозволила б досягти бажаного для дослідника варіанта рішення.

В основі даного підходу лежить ідея перетворення натурних значень показників ефективності на функцію бажаності - тобто перетворення їх на якийсь безрозмірний коефіцієнт. Чисельні значення меж за шкалою функції

бажаності наведені в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 - Шкала функції бажаності

Бажані властивості	Межі за шкалою бажаності
дуже добре	1,00.0,80
добре	0,80.0,63
задовільно	0,63.0,37
погано	0,37.0,20
дуже погано	0,20.0,00

Провівши розрахунок узагальненої функції бажаності за критеріями ефективності шумозахисних конструкцій, ми отримуємо можливість порівняти між собою варіанти системи забезпечення боротьби з шумом у районі, на вулиці або на підприємстві, або оцінити зміну стану протидії шумовому забрудненню навколишнього середовища в даному районі (на даному підприємстві) з плином часу. При цьому, формуючи блок критеріїв, потрібно врахувати, що за наявності декількох показників ефективності узагальнений критерій повинен бути таким, щоб він робив неприйнятним рішення навіть за одного незадовільного показника. Цьому рішенню відповідає такий вираз:

$$D = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n h_i}$$

Для простоти розглянемо три критерії і три варіанти шумозахисних екранів, запропонованих до розміщення в місті. Позначимо:

h_1 - ефективність шумозахисного екрану, яка може бути визначена по найбільш точному нормативному документу, - ДСТУ ГОСТ 31295.2:2007. Критерій змінюється від 0 до 1, найбільш бажаним є максимальне значення;

h_2 - коефіцієнт вартості матеріалу, за критерій приймаємо вартість 1 м.кв.

h_3 - коефіцієнт довговічності конструкції шумозахисного екрану.

Тут треба ще раз відмітити, що в даному окремому випадку для спрощення розрахункової частини дослідження ми використовуємо тільки три критерії. У ідеалі число критеріїв має бути значно вище, і охоплювати усі

сторони перспективної експлуатації пропонованого до закупівлі і установки шумозахисного екрану. Конкретні пропозиції по формуванню переліку критеріїв і їх показників мають бути сформульовані групою експертів, що притягаються для цієї роботи. Таким чином, при формуванні переліку критеріїв оцінки ефективності роботи пропонується використати метод експертних оцінок.

Після того, як нами буде призначений перелік критеріїв і визначені по кожному з них граничні і оптимальні значення, складається матриця відповідності показників ефективності шкалі функції бажаності Харрінгтона, приведена в таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 - Матриця відповідності показників ефективності шкалі функції бажаності Харрінгтона

Показники ефективності	Межі за шкалою бажаності				
	1,00.0,80	0,80.0,63	0,63.0,37	0,37.0,20	0,20.0,00
	дуже добре	добре	середньо	погано	дуже
h_1 - ефективність шумозахисного екрану	1,00.0,80	0,80.0,63	0,63.0,37	0,37.0,20	0,20.0,00
h_2 - коефіцієнт вартості, грн / м ²	1000	2000	2500	3500	4500
h_3 - коефіцієнт довговічності конструкції шумозахисного екрану, років	50	40	30	20	10

Для прикладу:

Нехай у нас є 3 потенційні шумозахисні екрани, що мають наступні характеристики:

Екран №1 – ефективність $aE = 0,26$ дБ - Коефіцієнт вартості $k_1 = 1100$ грн/м.кв.; - Коефіцієнт довговічності $k_2 = 30$ років;

Екран №2 – ефективність $aE = 0,72$ дБ - Коефіцієнт вартості $k_1 = 3400$ грн/м.кв.; - Коефіцієнт довговічності $k_2 = 48$ років.;

Екран №3 – ефективність $aE = 0,4$ дБ - Коефіцієнт вартості $k_1 = 3350$ грн/м.кв.;- Коефіцієнт довговічності $k_2 = 30$ років;

Наведемо ці значення критеріїв у відповідність до показниками матриці. При складанні матриці значення показників ефективності приймаємо середнє значення відповідного елемента шкали функції бажаності. Виходячи з отриманої матриці відповідності показників ефективності шкалі функції бажаності Харрінгтона та даних таблиць 3.7 і 3.8 можна зробити розрахунок узагальнених критеріїв ефективності шумопоглинаючого екрану. Розрахунок узагальненої функції бажаності для трьох оцінюваних шумопоглинаючих екранів наводиться в таблиці 3.9, а узагальнений критерій функції бажаності, визначений використання інтегрального методу аналізу представлений на рисунку 3.6.

Таблиця 3.9 - Розрахунок узагальненого критерій функції бажаності

Підприємство	Характеристики			
	h_1	h_2	h_3	D
Екран 1	0,285	0,900	0,550	0,520
Екран 2	0,715	0,285	0,900	0,568
Екран 3	0,550	0,285	0,55	0,441
«Ідеальний» екран	1	1	1	1

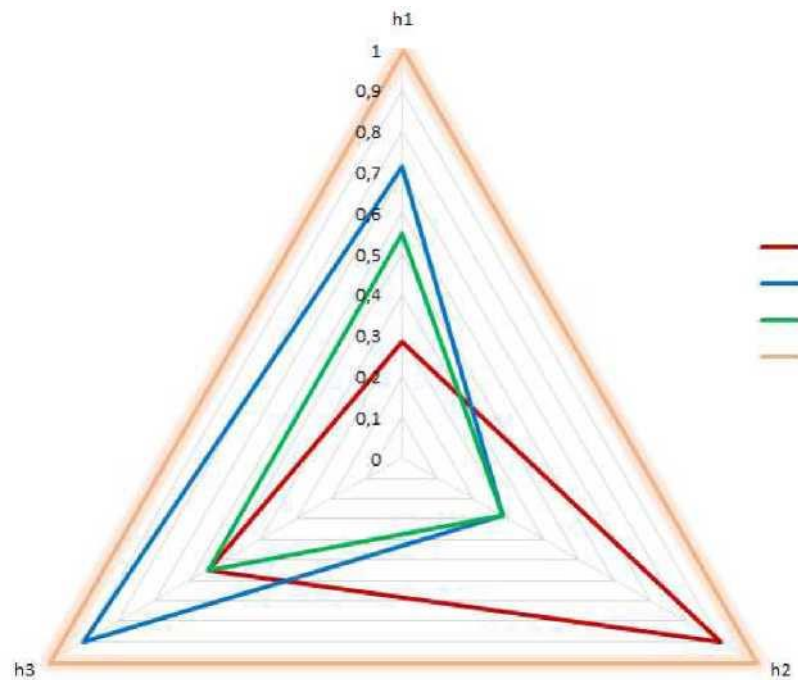


Рисунок 3.6 - Узагальнений критерій функції бажаності, визначений з використання інтегрального методу аналізу.

Оцінивши отримані площі фігур, визначаємо наступні значення функції бажаності :

- екран №1 - 0,39;
- екран №2 - 0,48;
- екран №3 - 0,27;
- «ідеальний» екран - 1,30.

На підставі розрахунку узагальненого критерію функції бажаності можна зробити висновок, що найбільш ефективним з представлених проектів екранів буде екран №2. Введене поняття «ідеального» екрану показує які можливості для поліпшення конструкції цього устаткування ще у нас є, тобто оцінюється резерв на вдосконалення.

3.7 Висновки по розділу

Пропонована методика інтегральної оцінки ефективності дозволяє зробити якісне порівняння існуючих систем зниження шуму в районі або на

підприємстві, або оцінити зміни стану системи боротьби з шумом на одному конкретному підприємстві з часом.

Розширивши матрицю функції бажаності шляхом визначення більшої кількості значущих показників, можна отримати більш точний значення ефективності.

Недоліком зазначеної методики є довільне призначення числа та насичення застосовуваних у ній показників ефективності. Передбачається використовувати для цього метод експертних оцінок, запрошуючи в якості експертів групу фахівців, проте при цьому виникає проблема оцінки самих експертів з точки зору адекватності запропонованих ними рішень.

ОСНОВНІ ВИСНОВКИ

За результатами роботи було зроблено такі висновки:

1. В даний час людина стикається з надзвичайно потужним рівнем звукового впливу на його організм, якого раніше в історії людства не існувало. Джерелом цього є діяльність людини, тобто. аналізований як шумове забруднення звук має антропогенний характер виникнення. Рівень даного впливу на людину продовжує постійно зростати, при цьому антропогенний характер шумового забруднення навколишнього середовища, що розглядається, ускладнює адаптацію до нього живих організмів (у тому числі і самої людини), так як звук досягає таких частот і рівнів, які не зустрічаються в живій природі.

2. Вплив підвищеного шуму на організм людини веде до появи таких проблем, як:

- втома;
- неврози;
- безсоння;
- зниження слухової чутливості;
- атеросклероз;
- стенокардія;
- серцева недостатність.

3. Дослідження показали, що в умовах виробництва пов'язаного з шумом та вібрацією, у робітників виявляються різкі значні зрушення біоелектричної активності в корі головного мозку. Це знижує активність їх нервових процесів і гальмує збудливість з утворенням застійних вогнищ збудження в руховій та акустичній зонах кори. Виявлялися також порушення взаємозв'язку між підкіркою та корою головного мозку. Швидкість реакції визначає стан центральної нервової системи. У відповідь на звукові та світлові сигнали при рівні шуму понад 80 дБ виявлено значне подовження умовної рухової реакції. Враховуючи, що для людини швидкість її реакції,

що характеризується часом, який необхідно, щоб отримана та усвідомлена інформація викликала моторну дію, надзвичайно важлива (а на виробництві навіть життєво важлива), актуальність цієї проблеми не викликає сумніву. Таким чином, питання зниження інтенсивності побутового та промислового шуму безпосередньо пов'язане з продуктивністю праці та безпекою виробництва, і, отже, має надзвичайно велике економічне значення, що визначає актуальність даної роботи.

4. Різке зростання рівня шумового забруднення довкілля пов'язані з початком промислової революції, тобто. має нетривалу історію, тому заздалегідь неможливо передбачити якісь ще проблеми зі здоров'ям наступних поколінь викличе це явище.

5. У міському середовищі основним джерелом шумового забруднення є транспорт, який вносить від 54 до 80%. Також значну частку шуму вносять промислові підприємства – 22% та побутова техніка – 21%.

6. Основними із засобів боротьби з шумом є засоби колективного захисту, що передбачаються на всіх стадіях виробничого процесу: починаючи від проектування та зведення житлової забудови та закінчуючи організаційними заходами щодо зниження рівня шуму.

7. З проведеного в роботі аналізу можна зробити висновок, що максимальний захист зі зниження рівня шуму при використанні шумозахисних екранів можна отримати при середньгеометричній частоті октавних смуг близько 1000 Гц. Захисні властивості екрану різко зростають ділянці від 63 до 1000 Гц, потім поступово знижуються до 8000 Гц. З точки зору проектування шумозахисних екранів потрібно пам'ятати, що найкращі властивості, що поглинають у матеріалів, що мають волокнисту структуру.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Захист від шуму в містобудуванні/Г. Л. Осіпов, В. Е. Коробок, А. А. Климухин та ін.; Під ред. Г. Л. Осіпова. - М.: Стройиздат, 1993. - 96 с.
2. Мироненко В. П. Проблеми шумозахисту у великих містах / Харківський національний університет будівництва і архітектури, м. Харків, 1993. 45 с.
3. Сайт ЛУН Місто [Електр.ресурс]. – Режим доступу: URL: <https://misto.lun.ua/map?l=kyiv-noise>;
4. Nightnoiseguidelines for Europe (Копенгаген, Європейське регіональне бюро ВООЗ, 2009 [Електр.ресурс]. – Режим доступу: URL: <http://www.who.int/docstore/peh/noise/guidelines 2.html>.
5. Директива 2002/49/ЄС Європейського парламенту і Європейської ради від 25 червня 2002 р., що відноситься до оцінки і вирішення проблеми шумового забруднення довкілля [Електр.ресурс]. – Режим доступу: URL: https://environment.ec.europa.eu/topics/noise/environmental-noise-directive_en
6. Залеський І.І., Клименко М.О. Екологія людини: Підручник. – К, : Академія, 2005. – 288 с.
7. Гавро, Володимир; «Звукова зброя Володимира Гавро» («The SonicWeapon of VladimirGavreau»); історія відкриття Володимиром Г авро впливи звукових хвиль у край низької частоти на людину і матерію : (автор статті - GerryVassilatos: [Електр.ресурс]. – Режим доступу: URL:<http://journal.borderlands.com/ 1996/the - sonic - weapon - of - vladimir - gavreau/>.
8. Суворов Г. А. Гігієнічне нормування виробничих шумів і вібрацій / Г. А. Суворов, Э. І. Денисов, Л. Н. Шкаринов - М.: Медицина, 1984. - 240 с.;
9. Суворов, Г. А. Шум і здоров'я (еколого-гигиенические проблеми) / Г. А. Суворов, Л.В. Прокопенко, Л. Д. Якимова - М: Союз, 1996. - 150 с.
10. Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 22 лютого 2019 р.

№ 463 «Про затвердження Державних санітарних норм допустимих рівнів шуму в приміщеннях житлових та громадських будинків і на території житлової забудови», зареєстрований в Міністерстві юстиції України від 20 березня 2019 р. за № 281/33252.

11. Закон України від 5 листопада 2009 року №1704-VI «Про будівельні норми».

12. ДСП 173-96 Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів, затверджені наказом Міністерства охорони здоров'я України від 19 червня 1996 р. № 173, зареєстровані в Міністерстві юстиції України від 24 липня 1996 р. за N 379/1404.

13. ДСН 3.3.6.039-99 Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації, затверджені постановою Головного державного санітарного лікаря України від 1 грудня 1999 р. № 39.

14. Шпаків Закон України від 3 червня 2004 року № 1745-IV «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо захисту населення від впливу шуму»

15. ДСТУ ISO 2041:2007 Вібрація та удар. Словник термінів (ISO 2041:1990, IDT).

16. ДСТУ 2300-93 Вібрація. Терміни та визначення.

17. Основи охорони праці: Підручник. 2-ге видання, доповнене та перероблене. / К.Н. Ткачук, М.О. Халімовський, В.В. Зацарний, Д.В. Зеркалов, Р.В. Сабарно, О.І. Полукаров, В.С. Коз'яков, Л.О. Мітюк. За ред. К.Н. Ткачука і М.О. Халімовського. – К.: Основа, 2006 – 448 с.

18. Шейкіна Ю.О. Акустичне забруднення селітебного середовища міста від транспортних потоків / Ю.О. Шейкіна, О.О. Мислюк // Вісник КДПУ імені Михайла Остроградського : зб. наук. пр. / Кременчуцький держ. політехн. ун-т ім. М. Остроградського. – Кременчук, 2007. – Вип. 5/2007 (46). Частина 1. – С. 144-147.

19. Поліщук В.П. Організація та регулювання дорожнього руху : підруч. [для студ. вищ. навч. закл.] / В.П. Поліщук, О.О. Бакуліч, О.П. Дзюба та ін. –

Київ : Знання, 2014. – 467 с.

20. Данова В.В. Вплив транспортного шуму на людину та шляхи його зниження / К.В. Данова, В.В. Данова // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2009. - № 55. – С. 270-273.

21. Методика досліджень та оцінки шумового навантаження : М 218-03449261-258-2004 [Чинний від 2004-04-23]. – К., 2004. – 18 с.

22. Іванов Н.И. Інженерна акустика. Теорія і практика боротьби з шумом: підручник/ Н.И. Іванов. - 3-е видавництво перераб. і доп. - М.: Логос, 2013. - 432 с.

23. Основи акустики : навч. посібник / [Грінченко В.Т., Вовк І.В., Мацапура В.Т.]. – К.: Науково-виробниче підприємство «Видавництво «Наукова думка» НАН України, 2007. – 640 с.

24. ДБН В.1.2-10:2021.Захист від шуму та вібрації.

25. Рекомендації із забезпечення екологічної безпеки автомобільних доріг за напрямками міжнародних транспортних коридорів відповідно до європейських стандартів : РВ 2.3-218.-02071168-525:2006 [Чинний від 2006-06-01]. – К., 2006. – 25 с.

26. Матеріали та вироби будівельні звукопоглинальні і звукоізоляційні. Класифікація й загальні технічні вимоги : ДСТУ Б В.2.7-183- 2009 [Чинний від 2010-08-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – 38 с.

27. Методичні рекомендації щодо проведення акустичного розрахунку для автомобільних доріг загального користування : МР В.2.3- 03450778-865:2016 [Чинний від 2016-05-01]. – К., 2016. – 30 с.

28. ДСТУ ГОСТ 31295.2:2007 Шум. Затухання звуку під час розповсюдження на місцевості. Частина 2. Загальний метод розрахування.

29. Настанова з розрахунку та проектування захисту від шуму сельбищних територій : ДСТУ-Н Б В.1.1-33:2013 [Чинний з 2014-01-01]. – К.: Мінрегіон України, 2014. – 46 с.

30. ДСТУ-Н Б В.1.1-32 "Настанова з проектування захисту від шуму в

приміщеннях.

31. ДСТУ-Н Б В.1.1-34 "Настанова з розрахунку та проектування звукоізоляції огорожувальних конструкцій житлових і громадських будинків".

32. ДСТУ-Н Б В.1.1-35 "Настанова з розрахунку рівнів шуму в приміщеннях і на територіях".

33. ДСТУ ГОСТ 31275:2006 (ИСО 3744:1994) Шум машин. Визначення рівнів звукової потужності джерел шуму по звуковому тиску. Технічний метод в істотно вільному звуковому полі над звуко-відбивною площиною (ГОСТ 31275-2002 (ИСО 3744:1994), IDT; ISO 3744:1994, MOD).

34. ДСТУ ISO 3741:2004 Акустика. Визначення рівнів звукової потужності джерел шуму за тиском звуку. Точні методи для ревербераційних камер (ISO 3741:1999, IDT).

35. ДСТУ-Н Б В.1.1-32:2013 Настанова з проектування захисту від шуму в приміщеннях засобами звукопоглинання та екранування

36. ДСТУ-Н Б В.1.1-34:2013 Настанова з розрахунку та проектування звукоізоляції огорожувальних конструкцій житлових і громадських будинків.

37. ДСТУ-Н Б В.1.1-35:2013 Настанова з розрахунку рівнів шуму в приміщеннях і на територіях. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2014. 58 с.

38. ДБН А.2.2-1-2003 Проектування. Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд. URL: <https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-242>

39. Решетченко, А.І. Рекомендації щодо впровадження моніторингу шуму вулично-дорожньої мережі населених міст / А.І. Решетченко // Комунальне господарство міст. Сер.: Технічні науки та архітектура. – 2020. – №154. – С. 16–23.

40. ДСТУ ГОСТ 31296.1:2007. Шум. Опис, вимірювання і оцінка шуму

на місцевості. Частина 1. Основні величини і процедура оцінювання (ГОСТ 31296.1-2005 (ISO 1996- 1:2003, IDT). [Чинний від 2007-10-17]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2009. 154 с.

41. Внукова, Н.В. Оцінка акустичного забруднення / Н.В. Внукова // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2011. – Вип. 4/6 (52). – С. 42–47.

42. Ecological safety of Ivano-Frankivsk urban system according to acoustical and electromagnetic load factors / Y. Adamenko, M. Coman, T. Kundelska // Scientific Bulletin Series D: Mining, Mineral Processing, Non-Ferrous Metallurgy, Geology and Environmental Engineering. – 2017. – Vol. 31 (2). – P. 27–33

43. Berglund B. Guidelines for community noise / B. Berglund, T.L. Dietrich, H. Schwela. – Geneva : World Health Organization, 2011 y. – 160 p.

44. James P. Chambers. Noise Pollution / Chambers James P. // Advanced Air and Noise Pollution Control. – 2005. – Volume 2. – pp 441-452.

45. Traffic and Environment / [D. Gruden, W. Berg, K. Bormann et al.]. – Luxemburg, Springer, 2011 y. – 294 p.

46. Murphy E. Environmental Noise Pollution, Noise Mapping, Public Health and Policy // Murphy E., King E. – University of Hartford, CT, Elsevier Inc., 2014 y. – 282 p.

47. DIN 18041-2016 Acoustic quality in rooms - Specifications and instructions for the room acoustic design.

48. Єгоров Ю.П., Ремезов Р.П., Гребенюк І.В. Сучасний стан проблеми шумозахисту // Матеріали III Всеукраїнської науково-практичної конференції за участю молодих науковців «Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України» - Запоріжжя : ЗНУ, 2023. - С.182-183.