

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ім. Ю.М. ПОТЕБНИ  
КАФЕДРА МІСЬКОГО БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

магістра

на тему: **«ЗАХОДИ ЩОДО ЗАХИСТУ УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ  
ВІД АКУСТИЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ»**

**Виконав:** магістрант 2 курсу, група 8.1922-мбг  
спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія  
освітньо-професійної програми «Міське будівництво та  
господарство»

**Купрієнко Василь Миколайович**

**Керівник:** доцент кафедри міського будівництва і  
архітектури, канд. техн. наук **О. М. Фостащенко**

**Рецензент:** професор кафедри промислового та  
цивільного будівництва, докт. техн. наук **В. А. Банах**

Запоріжжя

2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потебні

Кафедра \_\_\_\_\_ міського будівництва і архітектури \_\_\_\_\_  
Рівень вищої освіти \_\_\_\_\_ магістр \_\_\_\_\_  
Спеціальність \_\_\_\_\_ 192 Будівництво та цивільна інженерія \_\_\_\_\_  
Освітньо-професійна програма \_\_\_\_\_ міське будівництво та господарство \_\_\_\_\_

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_

« 01 » \_\_\_\_\_ 06 \_\_\_\_\_ 2023 року

ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРАНТУ

Купрієнко Василю Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема роботи (проекту) Заходи щодо захисту урбанізованих територій від акустичного забруднення
2. Строк подання роботи: 03.12.2023
3. Вихідні дані до роботи: Актуальність даної теми дослідження в нинішньому сьогоденні, ймовірність перспективного розвитку подальших теоретичних та практичних рішень, можливості впровадження майбутніх досягнень, мета роботи, завдання до виконання обраних досліджень, об'єкт досліджень, предмет досліджень, очікувані методи виконання досліджень
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що належить розробити): проаналізувати сучасний стан вулично-дорожньої мережі міст України. Проаналізувати нормативну базу та результати дослідження проблеми акустичного забруднення на міських територіях. Виявити фактори, що впливають на ступінь акустичного забруднення на урбанізованих територіях. Розробити конструкції захисних інженерних споруд. Навести приклади захисту урбанізованих територій від акустичного забруднення.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)  
 Від восьми графічних аркушів із результатами аналітичних обґрунтувань  
 наукового напрямку досліджень, результатами експериментальних  
 досліджень, доказами оптимальності запропонованих методик,  
 результатами числових розрахунків із застосуванням сучасних  
 інформаційних методів досліджень

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Фостащенко О.М., к.т.н., доцент		
2	Фостащенко О.М., к.т.н., доцент		
3	Фостащенко О.М., к.т.н., доцент		

7. Дата видачі завдання 07.06.2022

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Вступ	10 листопада	вик.
2.	Розділ 1 Дослідження проблеми акустичного забруднення на міських територіях	20 листопада	вик.
3.	Розділ 2 Методи оцінки акустичного забруднення на урбанізованих територіях	1 грудня	вик.
4.	Розділ 3 Конструктивні заходи для захисту урбанізованих територій від акустичного забруднення	5 грудня	вик.
5.	Попередній захист	10 грудня	вик.

Студент

(підпис)

В. М. Купрієнко

(ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проєкту)

(підпис)

О.М. Фостащенко

(ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер

(підпис)

І.В. Гребенюк

(ініціали та прізвище)

## АНОТАЦІЯ

Купрієнко В.М. Заходи щодо захисту урбанізованих територій від акустичного забруднення.

Кваліфікаційна робота для здобуття другого ступеня вищої освіти за спеціальністю 192 - Будівництво та цивільна інженерія, науковий керівник к.т.н., доцент О.М Фостащенко. Інженерний науково-навчальний інститут ім. Ю.М.Потебні Запорізького національного університету, кафедра міського будівництва і архітектури, 2023.

Досліджені проблеми акустичного забруднення на міських територіях. Доведено, що одним з найбільш перспективних напрямків захисту сельбищних зон, розташованих вздовж автомобільних доріг, є застосування захисних інженерних споруд, а саме шумозахисних панелей.

Наведені приклади впровадження інженерних конструкцій для захисту сельбищних територій від акустичного забруднення.

Відомості про публікації здобувача.

1. Оцінка впливу основних чинників забруднення урбанізованих територій – тези доповіді на III Всеукраїнська науково-практична конференція за участю молодих науковців «Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України». Запоріжжя : ЗНУ, 2023.

2. Сертифікація систем якості сфери послуг – тези доповіді у збірник наукових праць студентів, аспірантів, докторантів і молодих вчених «Молода наука-2023»: у 5 т. / Запорізький національний університет. Запоріжжя : ЗНУ, 2023. Т.5. 429 с. С. 164-165.

Ключові слова: АКУСТИЧНЕ ЗАБРУДНЕННЯ, ЗАХИСТ УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ, ЗАХИСНІ ІНЖЕНЕРНІ СПОРУДИ, ШУМОЗАХИСНІ ЕКРАНИ

## ABSTRACT

Kupriienko V. Tools of protection of urban areas from noise pollution.

Qualifying thesis for obtaining a master's degree of higher education, majoring in urban construction and economy, scientific supervisor is Fostashchenko H. Zaporizhzhia National University. Engineering Educational and Scientific Institute named after Yu. M. Potebnia, Department of Urban Construction and Architecture, 2023.

The problems of acoustic pollution in urban areas have been studied. It has been proven that one of the most promising areas for protecting areas located along highways is the use of protective engineering structures, namely noise protection panels.

Examples of the implementation of engineering structures to protect rural areas from acoustic pollution are given.

List of publications of a student:

1. Оцінка впливу основних чинників забруднення урбанізованих територій – тези доповіді на III Всеукраїнська науково-практична конференція за участю молодих науковців «Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України». Запоріжжя : ЗНУ, 2023.

2. Сертифікація систем якості сфери послуг – тези доповіді у збірник наукових праць студентів, аспірантів, докторантів і молодих вчених «Молода наука-2023»: у 5 т. / Запорізький національний університет. Запоріжжя : ЗНУ, 2023. Т.5. 429 с. С. 164-165.

Key words: ACOUSTIC POLLUTION, PROTECTION OF URBANIZED TERRITORIES, PROTECTIVE ENGINEERING BUILDINGS, NOISE PROTECTION SCREENS

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОБЛЕМИ АКУСТИЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ НА МІСЬКИХ ТЕРИТОРІЯХ .....	10
1.1 Теоретичні аспекти акустичного забруднення .....	10
1.2 Параметричне забруднення від впливу транспорту та зони впливу автомобільної дороги.....	19
1.3 Аналіз чинного законодавства України щодо оцінки рівнів шуму на урбанізованих територіях.....	27
РОЗДІЛ 2 МЕТОДИ ОЦІНКИ АКУСТИЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ НА УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЯХ.....	31
2.1 Чинники, які впливають на рівень акустичного забруднення, спричиненого рухом транспортних потоків у навколишньому середовищі .....	31
2.2 Дослідження акустичного забруднення на урбанізованих територіях.....	36
2.3 Аналіз використання зелених насаджень в якості протишумового фільтру .....	43
РОЗДІЛ 3 КОНСТРУКТИВНІ ЗАХОДИ ДЛЯ ЗАХИСТУ УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЇ ВІД АКУСТИЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ.....	56
3.1 Захисні інженерні споруди від акустичного забруднення .....	56
3.2 Конструкції захисних інженерних споруд .....	67
3.3 Оцінка акустичної ефективності захисного екрану .....	75
3.4 Оцінка ризику виникнення аварійних ситуацій на відрізках автодоріг із застосуванням захисних інженерних конструкцій .....	86
3.5 Зниження рівнів шуму смугами зелених насаджень .....	89
ВИСНОВКИ .....	95
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	97

## ВСТУП

*Актуальність проблеми.* В умовах техногенного розвитку суспільства пріоритетним напрямом залишається створення сприятливого клімату для роботи і відпочинку населення, складовим елементом якого є досягнення акустичного комфорту в мегаполісах, містах і інших населених пунктах.

Міський шум має тенденцію росту. Збільшення щільності руху на вулицях, також потужностей двигунів різних видів транспорту привело до того, що середній рівень шуму на вулицях великих міст, що становлять в недавньому минулому 60-80дБА, нині досягає 75-95дБА, що перевищує санітарну норму в середньому на 25дБА.

Реалізація еколого-містобудівних вимог передбачає ліквідацію зон шумового дискомфорту на селітебної території міської забудови. Це досягається застосуванням сучасних методів будівництва, благоустрою і озеленення, організації дорожнього руху, зведення інженерних споруд, шумозахисних будинків і захисних екранів уздовж основних магістралей міста і залізничних колій. Частенько інженерно-технічні споруди погіршують архітектурний вигляд сучасного міста, а так само вимагають значних витрат.

В той же час найважливішим елементом міського середовища є зелені насадження. Ефективність застосування зелених насаджень визначається комплексним характером їх захисних властивостей: захист від шуму, вихлопних газів автотранспорту, адсорбуючою дією від пилу і забруднення повітря, поліпшенням санітарно-гігієнічних і мікрокліматичних показників середовища, психологічною і естетичною дією.

Проте ландшафтно-естетичні принципи проектування не забезпечують мінімальний акустичний комфорт функціональних зон, найуразливіших в екологічному відношенні. Це вимагає від містобудівної теорії глибших досліджень закономірностей реалізації шумозахисту просторами, що озеленюють, і розробки основ їх планувальної організації в повній

відповідності з динамікою процесів урбанізації і тенденціями деградації середовища.

Сучасні умови життєдіяльності людини в мегаполісі характеризуються збільшенням впливу шкідливих факторів зовнішнього середовища, які утворюються в зоні впливу автомобільної дороги. Це негативно позначається на стані здоров'я мешканців, підвищує загальний рівень захворюваності та погіршує якість життя в цілому.

В теперішній час спостерігається стійка тенденція до збільшення кількості транспортних засобів, які рухаються по вулицях міст України. Збільшення рівня автомобілізації викликає підвищення шкідливого впливу автомобільної дороги на навколишнє середовище. Сумарне екологічне забруднення, яке здійснюється колісними транспортними засобами, в загальному вигляді формується інгредієнтним забрудненням повітря, що утворюється з викидів відпрацьованих газів автотранспортних засобів, а також параметричним (віброакустичним) забрудненням, що полягає в акустичному випромінюванні на примагістральну територію.

Виходячи з вищевикладеного, актуальність роботи пов'язана з необхідністю зниження акустичного забруднення на міських територіях.

*Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.* Випускна робота виконана відповідно з планами науково-дослідних робіт кафедри міського будівництва і архітектури Запорізького національного університету. В основу роботи покладено теоретичні дослідження та практичні розробки інженерних конструкцій для захисту сельбищних територій.

*Метою роботи є* розробка заходів щодо захисту урбанізованих територій від акустичного забруднення.

Для досягнення поставленої мети в роботі передбачене рішення наступних задач:

- проаналізувати та узагальнити методичні підходи спрямовані на підвищення надійності функціонування автомобільних доріг;



- проаналізувати нормативну базу та результати досліджень показників функціонування автомобільної дороги та складу транспортного потоку;
- навести залежність акустичного забруднення від параметрів транспортного потоку та навколишнього середовища;
- навести приклади впровадження інженерних конструкцій для захисту сельбищних територій від акустичного забруднення.

*Об'єкт дослідження* – методи міського планування для захисту житлових зон, будівель та інфраструктури від впливу шуму.

*Предметом дослідження* є заходи щодо зменшення шумового впливу в планувальній структурі міста.

*Методи дослідження.* В процесі опрацювання роботи застосовано метод аналізу та узагальнення; теоретичних досліджень, заснованими на сучасних досягненнях в області теорії та практики підвищення надійності конструкцій автомобільних доріг згідно сучасних нормативних документів; визначено залежність рівнів шуму на приміагістральній території від інтенсивності руху автотранспортних засобів в потоці та його якісного складу.

*Джерела дослідження.* Під час дослідження теми були використані наукові статті в періодичних виданнях, монографії, дисертаційні рукописи, збірки тез доповідей науково-практичних конференцій, інтернет-ресурси наукових електронних бібліотек.

*Наукова новизна* одержаних результатів полягає в наступному:

- досліджені та узагальнені методичні підходи спрямовані на підвищення надійності функціонування автомобільних доріг;
- проаналізована нормативна база та результати досліджень показників функціонування автомобільної дороги та складу транспортного потоку;
- наведена залежність акустичного забруднення від параметрів транспортного потоку та навколишнього середовища;
- наведені приклади впровадження інженерних конструкцій для захисту сельбищних територій від інгредієнтного та параметричного забруднення.

*Практичне значення одержаних результатів:*

- обґрунтуванні параметрів інженерних конструкцій для захисту сельбищних територій від інгредієнтного та параметричного забруднення;
- обґрунтуванні вимог до захисних конструкцій з урахуванням психофізіології водіїв та естетичних критеріїв.
- розроблені вимоги до конструкційних та естетичних характеристик захисних споруд.

*Особистий внесок автора.* Наведені методичні підходи спрямовані на підвищення надійності функціонування автомобільних доріг, обґрунтуванні параметрів інженерних конструкцій для захисту сельбищних територій від інгредієнтного та параметричного забруднення.

*Відомості про апробацію результатів роботи.* Апробація роботи – за результатами досліджень опубліковано тези доповіді на III Всеукраїнська науково-практична конференція за участю молодих науковців «Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України». Та тези доповіді у збірник наукових праць студентів, аспірантів, докторантів і молодих вчених «Молода наука-2023»

*Відомості про публікації здобувача.*

1. Оцінка впливу основних чинників забруднення урбанізованих територій – тези доповіді на III Всеукраїнська науково-практична конференція за участю молодих науковців «Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України». Запоріжжя : ЗНУ, 2023.

2. Сертифікація систем якості сфери послуг – тези доповіді у збірник наукових праць студентів, аспірантів, докторантів і молодих вчених «Молода наука-2023»: у 5 т. / Запорізький національний університет. Запоріжжя : ЗНУ, 2023. Т.5. 429 с. С. 164-165.

*Структура та обсяг магістерської роботи.* Робота складається з вступу, трьох основних розділів, висновків, списку використаних джерел. Робота

викладена на 102 сторінках, 11 таблиць, 13 рисунків. Для написання даної роботи використано 49 літературних джерела.

## РОЗДІЛ 1 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОБЛЕМИ АКУСТИЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ НА МІСЬКИХ ТЕРИТОРІЯХ

### 1.1 Теоретичні аспекти акустичного забруднення

В умовах техногенного розвитку суспільства пріоритетним напрямом залишається створення сприятливого клімату для роботи і відпочинку населення, складовим елементом якого є досягнення акустичного комфорту в мегаполісах, містах і інших населених пунктах.

Міський шум на жаль продовжує збільшуватися. Зростання інтенсивності руху на вулицях та використання потужних двигунів різних видів транспорту призвели до того, що середній рівень звукового тиску на вулицях великих міст, який раніше коливався від 60 до 80 децибелів, зараз досягає від 75 до 95 децибелів. Це перевищує санітарні норми в середньому на 25 децибелів.

Житель сучасного великого міста практично постійно піддається інтенсивній акустичній дії: на робочому місці, по дорозі з роботи і на роботу, під час прогулянок та у будинку. Акустичним дискомфортом є умови, що викликають в людському організмі негативну реакцію. Житлове (квартира) або нежитлове приміщення (офіс), що мають певні акустично дискомфортні умови в змозі значною мірою посилити згубну дію шуму на людину. Акустичний дискомфорт квартири або офісу складається з декількох основних елементів: шум, проникаючий з вулиці; шум, проникаючий через внутрішні захищаючі конструкції; шум від інженерного устаткування і шум, що створюється мешканцями приміщення.

Рівень шуму, що проникає з вулиці, залежить від розташування будівлі відносно транспортних магістралей, промислових підприємств, наявності дитячих садків, шкіл, дитячих ігрових майданчиків та інших джерел міського шуму.

Зменшення рівня шуму в квартирах можливе завдяки архітектурним і планувальним рішенням на етапі проектування житлового будівництва, використанню засобів шумозахисту та покращенню акустичних властивостей захищаючих конструкцій будівлі, коли альтернативні рішення відсутні.

Шум, який проникає в середину квартир (наприклад, від сусідів), сильно залежить від планування будівлі, розташування приміщень та їхнього функціонального розташування. Наявність суміжних приміщень з різними функціями значно погіршує акустичний комфорт в житлових просторах або офісах. Важливу роль грають також акустичні характеристики внутрішніх стін та перегородок, а також звукоізоляція дверних отворів. Недоліки в монтажі систем газопостачання, водопостачання, каналізації та вентиляції в квартирі можуть суттєво погіршити звукоізоляцію внутрішніх конструкцій.

Ще одним шляхом передачі шуму є його поширення через самі захищаючі конструкції, що називається "непрямою передачею". Рівень такого шуму в квартирі залежить від жорсткості каркаса будівлі, наявності захисних акустичних заходів на стадії проектування та їхньої реалізації під час будівництва. Шуми від обладнання, які проникають в квартиру, зазвичай мають як повітряну, так і структурну компоненти. Рівень цих компонентів значною мірою залежить від якості виготовлення самого обладнання та його технічного стану. Правильне розташування технічних приміщень відносно житлових кімнат, в поєднанні з акустичною ізоляцією самих приміщень і ізоляцією шляхів поширення структурного шуму, дозволяє суттєво знизити дискомфортний вплив цього фактора на мешканців.

Основними джерелами техногенного шуму у будівлях різного призначення є технологічне та інженерне обладнання. Зовнішнім техногенним шумом найчастіше викликаються автомобільний, рейковий, водний, повітряний

транспорт, а також промислові підприємства, комунально-складські та транспортні підприємства, трансформаторні та газорозподільні підстанції, центральні теплові пункти, насосні та компресорні станції, буд майданчики, гаражі, автостоянки і інше. Зовнішнім біогенним шумом є шум від стадіонів, базарів, майданів для мітингів, танцмайданчиків, відкритих майданчиків для культурно-масового відпочинку, спортивних майданчиків, дискотек, зоопарків, тваринницьких ферм і т.д.

Щодо характеру спектра шуму, його поділяють на широкосмугові та тональні. За часовими характеристиками виділяють постійні та непостійні шуми, останні включають коливні, переривчасті та імпульсні.

Параметри обладнання із постійним шумом включають рівні звукової потужності  $L_w$  (дБ) в октавних смугах на частотах 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц (октавні рівні звукової потужності), коригований рівень звукової потужності  $L_{WA}$  (дБА) та коефіцієнт спрямованості випромінювання шуму.

Характеристики шуму для обладнання з непостійним звуком включають в себе ряд параметрів, які визначають його вплив на навколишнє середовище. Основними шумовими характеристиками є:

1. Еквівалентний коригований рівень звукової потужності ( $L_{WA_{екв}}$ ), дБА:  
- Представляє собою середню величину рівнів звукової потужності для періоду часу, визначений для обраного типу звукового інтервалу.

2. Максимальний коригований рівень звукової потужності ( $L_{WA_{макс}}$ ), дБА:

- Вказує на максимальний рівень звукової потужності, який може бути досягнутий обладнанням.

3. Еквівалентні рівні звукової потужності ( $L_w_{екв}$ ), дБ, і максимальні рівні звукової потужності ( $L_w_{макс}$ ) в октавних смугах:

- Надають інформацію про спектральний склад шуму в різних октавних смугах частот від 31,5 Гц до 8000 Гц.

4. Коефіцієнт спрямованості випромінювання шуму:

- Вказує на те, наскільки шум, створений обладнанням, спрямований у конкретному напрямку.

Шумові характеристики можуть залежати від режиму роботи обладнання та виду операції, яку воно виконує. У випадку відсутності даних у технічній документації, шумові характеристики визначаються на основі результатів акустичних вимірювань.

Характеристики шуму для транспортних потоків і локальних внутрішньо кварталних джерел включають наступні параметри:

1. Для автотранспортних потоків:

- Еквівалентний рівень LA екв і максимальний рівень LA макс в дБА на відстані 7,5 м від осі найближчої до розрахункової точки смуги руху транспорту.

2. Для потоків трамваїв:

- Еквівалентний рівень LA екв і максимальний рівень LA макс в дБА на відстані 7,5 м від осі колії, найближчої до розрахункової точки.

3. Для потоків поїздів залізниць і наземного метро:

- Еквівалентний рівень LA екв і максимальний рівень LA макс в дБА на відстані 25 м від осі колії, найближчої до розрахункової точки.

4. Для водного транспорту:

- Еквівалентний рівень LA екв і максимальний рівень LA макс в дБА на відстані 25 м від лінії суднового ходу.

5. Для повітряного транспорту:

- Еквівалентний рівень LA екв і максимальний рівень LA макс в дБА в розрахунковій точці.

6. Для локальних внутрішньо кварталних джерел з непостійним шумом:

- Еквівалентний рівень LA екв і максимальний рівень LA макс в дБА на відстані 7,5 м від меж джерел шуму.

Шумові характеристики цих джерел є важливими вихідними даними для подальших розрахунків очікуваних рівнів шуму в конкретних розрахункових

точках приміщень і територій. Оцінка та управління рівнем шуму можуть бути виконані на основі цих параметрів для забезпечення комфортних умов для мешканців та користувачів приміщень і міських територій.

Стандартизовані параметри для оцінки постійного та непостійного шуму включають рівні звукового тиску  $L$ , дБ, в октавних смугах з середньо геометричними частотами 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц. Постійний широкосмуговий шум може бути оцінений за рівнями звуку  $L_A$ , ба.

Щодо непостійного шуму, його характеризують еквівалентний рівень звуку  $L_A$  екв, дБА, та максимальний рівень звуку  $L_A$  макс, дБА. Також використовують еквівалентні рівні звукового тиску  $L_{екв}$ , дБ, та максимальні рівні звукового тиску  $L_{макс}$ , дБ, в октавних смугах з середньо геометричними частотами 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц.

Для допустимих рівнів шуму визначаються допустимі рівні звукового тиску  $L_{доп}$ , дБ (еквівалентні рівні звукового тиску  $L_{екв доп}$ , дБ), в октавних смугах нормованого діапазону частот. Крім того, враховуються допустимі рівні звуку  $L_A доп$ , дБА, еквівалентні  $L_A$  екв доп, дБА, та максимальні  $L_{Амакс доп}$ , дБА, які є важливими для оцінки шумового впливу в приміщеннях житлових і громадських будинків, а також на прилеглих територіях. Ці параметри визначаються відповідно до таблиці 1.1, з урахуванням коригувань згідно з таблицею 1.2.

Важливо враховувати, що допустимі рівні шуму в приміщеннях стосуються лише шуму, який проникає через зовнішні та внутрішні огорожувальні конструкції, повітропроводи систем вентиляції та кондиціонування повітря тощо.

Допустимі норми для рівнів шуму визначаються відповідно до встановлених стандартів та нормативів:

1. Виробничий шум:

- Для визначення допустимих рівнів виробничого шуму слід користуватися вимогами ДСН 3.3.6.037.

2. Шум на робочих місцях транспортних засобів та будівельної техніки:

- ДСН 3.3.6.037 також визначає допустимі рівні шуму на робочих місцях транспортних засобів та будівельної техніки.

### 3. Авіаційний шум:

- Допустимі рівні авіаційного шуму на території житлової забудови, розташованої біля аеропортів, слід визначати відповідно до вимог ГОСТ 22283.

### 4. Інфразвук:

- Для допустимих рівнів інфразвуку на території житлової забудови слід дотримуватися вимог СанПіН 42-128-4948.

### 5. Шумове навантаження на робочих місцях:

- Оцінку шумового навантаження працівників на робочих місцях слід проводити відповідно до вимог ДСТУ 2867.

Згідно з усіма цими стандартами та нормативами, шум вважається прийнятним, якщо рівні звукового тиску (еквівалентні рівні звукового тиску) в октавних смугах частот  $L$  (Лекв), рівень звуку  $LA$ , еквівалентний  $LA$  екв і максимальний  $LA$  макс рівні звуку не перевищують встановлених допустимих значень для конкретного об'єкта.

Допустимі рівні шуму наведені у таблиці 1.1



Таблиця 1.1 – Допустимі рівні шуму

Ч.ч.	Призначення приміщення або території	Час доби	Рівні звукового тиску $L_{\text{доп}}$ , дБ (еквівалентні рівні звукового тиску $L_{\text{екв доп}}$ , дБ) в октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц									Рівень звуку $L_A$ доп (еквівалентний рівень звуку $L_{A\text{екв доп}}$ ), ДБА	Максимальний рівень звуку $L_A$ макс доп, ДБА
			31,5	63	125	250	500	1000	2000	400	8000		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Операційні приміщення в лікарнях	-	72	55	44	35	29	25	22	20	18	30	45
2	Палати лікарень і санаторіїв	Денний	76	59	48	40	34	30	27	25	23	35	50
		Нічний	69	51	39	31	24	20	17	14	13	25	40
3	Кабінети лікарів поліклінік, амбулаторій, диспансерів, лікарень, санаторіїв, масажні та косметологічні кабінети, аптеки	-	76	59	48	40	34	30	27	25	23	35	50
4	Житлові приміщення будинків відпочинку, пансіонатів, будинків-інтернатів для людей похилого віку і інвалідів	Денний	79	63	52	45	39	35	32	30	28	40	55
		Нічний	72	55	44	35	29	25	22	20	18	30	45
5	Спальні приміщення в дитячих дошкільних закладах і школах-інтернатах	Денний	79	63	52	45	39	35	32	30	28	40	55
		Нічний	72	55	44	35	29	25	22	20	18	30	45
6	Житлові приміщення квартир	Денний	79	63	52	45	39	35	32	30	28	40	55
		Нічний	72	55	44	35	29	25	22	20	18	30	45
7	Житлові кімнати в будинках гуртожитків	Денний	83	67	57	49	44	40	37	35	33	45	60
		Нічний	76	59	48	40	34	30	27	25	23	35	50
8	Житлові номери готелів: - категорії 4 зірки і 5 зірок <sup>1)</sup>	Денний	76	59	48	40	34	30	27	25	23	35	50
		Нічний	72	55	44	35	29	25	22	20	18	30	45
	- категорії 3 зірки <sup>1)</sup>	Денний	79	63	52	45	39	35	32	30	28	40	55
		Нічний	72	55	44	35	29	25	22	20	18	30	45
- категорії менше ніж 3 зірки	Денний	83	67	57	49	44	40	37	35	33	45	60	
	Нічний	76	59	48	40	34	30	27	25	23	35	50	

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
9	Приміщення класів, навчальні кабінети, кімнати викладачів, аудиторії шкіл і інших навчальних закладів	-	79	63	52	45	39	35	32	30	28	40	55
10	Музичні класи <sup>1)</sup>	-	76	59	48	40	34	30	27	25	23	35	50
11	Робочі приміщення офісів, банків, кабінети і робочі приміщення в адміністративних будинках <sup>1)</sup>	-	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50	65
12	Робочі приміщення і кабінети науково-дослідних і проектно-конструкторських організацій <sup>1)</sup>	-	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50	65
13	Конференц-зали, читальні зали бібліотек	-	79	63	52	45	39	35	32	30	28	40	55
14	Зали для глядачів у клубах, кінотеатрах, дозвіллевих закладах, зали засідань і судових нарад <sup>1)</sup>	-	79	63	52	45	39	35	32	30	28	40	55
15	Фойє кінотеатрів, клубів, багатоцільових залів, дозвіллевих закладів <sup>1)</sup>	-	89	75	66	59	54						
16	Зали театрів і концертні зали <sup>1)</sup>	-	72	55	44	35	29	25	22	20	18	30	45
17	Зали багатоцільового призначення <sup>1)</sup>	-	76	59	48	40	34	30	27	25	23	35	50
18	Фойє театрів і концертних залів <sup>1)</sup>	-	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50	65
19	Музеї, храми <sup>1)</sup>	-	79	63	52	45	39	35	32	30	28	40	55
20	Спортивні зали, плавальні басейни <sup>1)</sup>	-	89	75	66	59	54	50	47	45	43	55	70
21	Зали кафе, їдалень, барів, ресторанів	-	89	75	66	59	54	50	47	45	43	55	70
22	Торговельні зали магазинів, пасажирські зали аеропортів і вокзалів, приймальні пункти підприємств побутового обслуговування	-	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60	75
23	Території, які безпосередньо прилягають до будинків лікарень і санаторіїв	Денний	83	67	57	49	44	40	37	35	33	45	60
		Нічний	76	59	48	40	34	30	27	25	23	35	50

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
24	Території, які безпосередньо прилягають до будинків відпочинку, пансіонатів, диспансерів, будинків-інтернатів для людей похилого віку і інвалідів	Денний	89	75	66	59	54	50	47	45	43	55	70
		Нічний	83	67	57	49	44	40	37	35	33	45	60
25	Території, які безпосередньо прилягають до житлових будинків	Денний	89	75	66	59	54	50	47	45	43	55	70
		Нічний	83	67	57	49	44	40	37	35	33	45	60
26	Території, які безпосередньо прилягають до будинків поліклінік, амбулаторій, дитячих дошкільних установ, шкіл і інших навчальних закладів, бібліотек, музеїв, храмів	-	89	75	66	59	54	50	47	45	43	55	70
27	Території, які безпосередньо прилягають до готелів	Денний	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60	75
		Нічний	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50	65
28	Території, які безпосередньо прилягають до будинків гуртожитків	Денний	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60	75
		Нічний	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50	65
29	Майданчики відпочинку на території лікарень і санаторіїв	-	76	59	48	40	34	30	27	25	23	35	50
30	Майданчики відпочинку на території мікрорайонів і груп житлових будинків, будинків відпочинку, пансіонатів, будинків-інтернатів для людей похилого віку і інвалідів, майданчики дитячих дошкільних установ, шкіл і інших навчальних закладів	-	83	67	57	49	44	40	37	35	33	45	60

<sup>1)</sup> Об'єкти, відсутні у переліку СН 3077 (усі інші об'єкти, наведені в таблиці, і допустимі рівні шуму для них відповідають СН 3077).

**Примітка 1.** Допустимі рівні шуму від зовнішніх джерел у приміщеннях, наведених в позиціях 2-12, встановлені за умови забезпечення в них проектного повітрообміну. У разі відсутності примусової системи вентиляції або кондиціонування повітря вимоги до допустимих рівнів шуму у цих приміщеннях треба забезпечувати за умови відкритих кватирок або інших пристроїв, що забезпечують надходження повітря.

**Примітка 2.** Допустимі рівні шуму на територіях, які безпосередньо прилягають до будинків, наведених в позиціях 23 - 28, встановлені для точок, розташованих на відстані 2 м від огорожувальних конструкцій (фасадів) будинків.

## 1.2 Параметричне забруднення від впливу транспорту та зони впливу автомобільної дороги

Одним з негативних наслідків великого обсягу використання автотранспорту є транспортний шум, який може мати таку саму шкідливу дію, як і забруднення повітря чи води. Ця проблема особливо актуальна на дорогах, які проходять через житлові райони, або розташовані недалеко від лікарень, санаторіїв, готелів відпочинку, на курортних або паркових дорогах, а також на швидкісних трасах великих міст.

Рівень шумового впливу транспорту на природне середовище оцінюється в залежності від того, чи проходять дороги через населені пункти, чи через сільськогосподарські або промислові зони, розташовані в зонах масового відпочинку, санаторно-курортних місць, а також на територіях сільськогосподарського призначення, об'єктах природно-заповідного фонду, цінних природних ландшафтах та лісових масивах, а також пам'ятках історії та архітектури. Транспортний шум негативно впливає на якість навколишнього середовища на територіях, що прилягають до доріг, він має шкідливий вплив на нервову систему людини, призводить до зниження працездатності та сприяє ризику серцево-судинних захворювань.

На рисунку 1.1 ми можемо спостерігати структурну схему автомобільного транспорту. З точки зору системотехніки, автотранспортний процес може бути представлений як система, що базується на принципах системотехніки. Структурну схему роботи автомобільного транспорту можна узагальнено розділити на чотири блоки: водій - автомобіль - дорога - зовнішнє середовище (рис. 1.2). Ця система є досить складною, оскільки вона включає, окрім зазначених блоків, різні підпорядковані підсистеми. Параметри і характеристики цих підсистем змінюються в часі і у просторі. За потреби можна розглядати кожну підсистему окремо, представляючи її як окремі елементи.

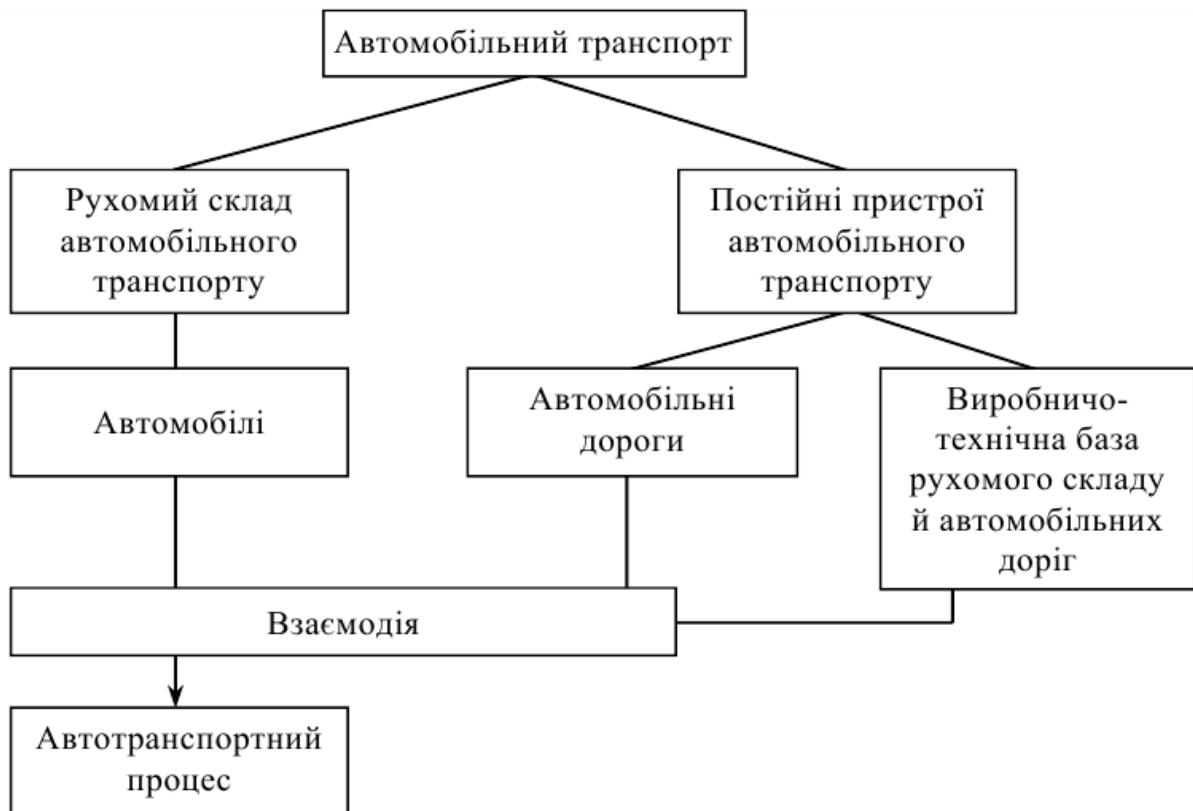


Рисунок 1.1 – Структурна схема автомобільного транспорту

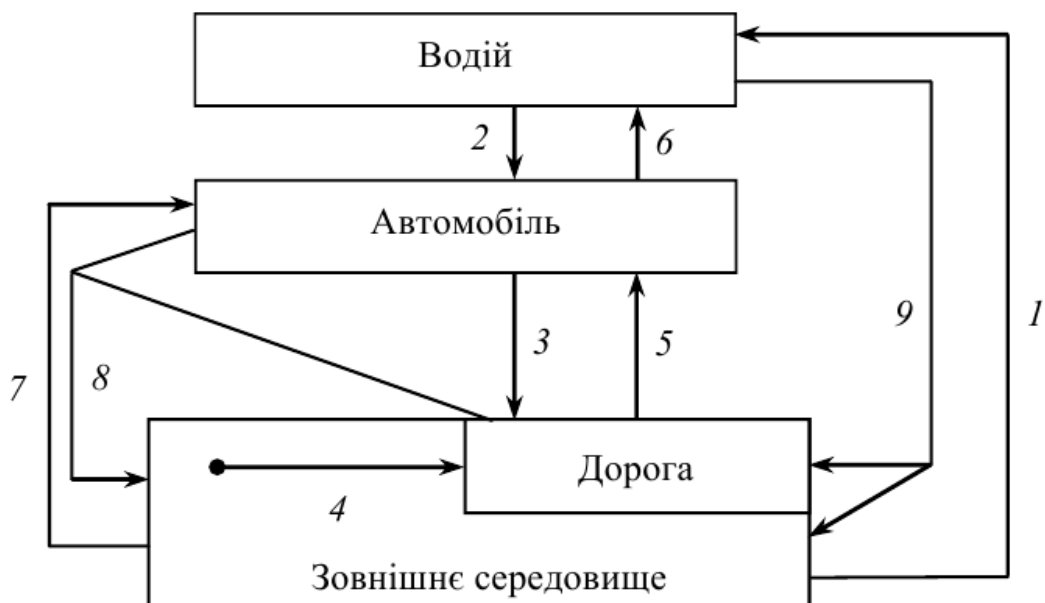


Рисунок 1.2 – Структурна схема системи автотранспортного процесу

Транспорт, що рухається по вулицях міста, відіграє критичну роль у житті міста, забезпечуючи пасажирські та вантажні перевезення та сприяючи розвитку інших галузей економіки. На даний момент в місті функціонують різні види транспорту, які використовують шляхи загального користування:

1. Пасажирський наземний транспорт загального користування:

- Автобуси
- Трамваї
- Тролейбуси

2. Автомобільний вантажний транспорт:

- Транспорт, призначений для вантажних перевезень на дорогах міста.

3. Транспорт власного користування:

- Автомобілі
- Мотоцикли
- Мопеди

4. Транспорт спеціального та спеціалізованого призначення:

- Різноманітні види транспорту, призначені для спеціальних завдань, таких як комунальний, будівельний, аварійний транспорт та інше.

Окремо варто виділити:

- Метрополітен: Транспортна система, що складається з поєднання підземних і наземних ліній для пасажирських перевезень.
- Залізничний транспорт: Рухається по залізничних коліях і забезпечує пасажирські та вантажні перевезення.
- Авіаційний транспорт: Організовує перевезення пасажирів і вантажів повітрям.

Ці види транспорту узгоджено працюють для забезпечення ефективного та безпечного руху в міському середовищі.

Сумарне забруднення навколишнього середовища, викликане колісними транспортними засобами, може бути узагальнено на два основних види:

1. Інгредиентне забруднення повітря:

- Створюється в результаті руху автотранспортних засобів.

- Включає утворення небезпечних речовин, що викидаються в атмосферу.

## 2. Параметричне забруднення, зокрема акустичне:

- Полягає у випромінюванні шкідливих акустичних коливань в звуковому та інфразвуковому діапазоні частот, а також вібраціях.

- Включає в себе вплив шуму та вібрацій, які виникають внаслідок руху транспорту.

Кожен вид транспорту вносить свій власний внесок у забруднення навколишнього середовища, і це формується з вищезазначених компонент. Значення навантаження залежить від характеристик транспортного засобу та його руху по автомобільних дорогах міста.

Порівняння викидів основних небезпечних речовин показує, що автомобільний транспорт є найбільшим джерелом інгредієнтного забруднення [1]. Дослідження свідчать, що автомобільний транспорт у більшості великих міст України вносить від 40% до 70% загального атмосферного та акустичного забруднення.

Транспортні засоби не лише викидають речовини, що забруднюють оточуюче середовище, але й створюють акустичне забруднення. Проблема шуму від автомобільних доріг є настільки актуальною, як і інгредієнтне забруднення, оскільки нові дослідження виявляють нові аспекти негативного акустичного впливу на здоров'я мешканців мегаполісів.

Зі зростанням кількості транспортних засобів та їх швидкості у великих промислових містах світова спільнота визнала шум як один із головних факторів, що погіршують якість життя у містах. Порівняно з Україною, міжнародне співтовариство веде багатофакторну боротьбу з транспортним шумом. Шумове забруднення стало актуальною проблемою для більшості країн Європейського союзу, які мають високо розвинуту інфраструктуру.

Країни Європейського союзу систематично підвищують вимоги до рівня шумовипромінювання транспортних засобів. Це свідчить про те, що у економічно розвинених країнах проблема зменшення транспортного шуму стає все більш актуальною.

У країнах Євросоюзу на основі даних, зібраних муніципалітетами різних міст, встановлено, що значна частина населення (приблизно 51%) стикається з впливом акустичних коливань, які перевищують рівень  $L_{den} > 55$  дБ. Зауважте, що для 13,1% населення розглянутих міст, таких як Берлін, Прага, Будапешт, Варшава, Краків та інші [13], вплив шуму виявляється на рівнях  $L_{den}$  від 55 до 59 дБ; для 29,84% мешканців цих міст акустичні коливання становлять від 60 до 69 дБ; і близько 8,1% населення стикається із шумом на рівнях, що перевищують 70 дБ.

З метою захисту навколишнього середовища та зменшення впливу негативних факторів на здоров'я людей, Європейська комісія створила Головне управління з питань навколишнього середовища (The Directorate-General for the Environment). У зв'язку з ростом важливості проблеми зниження шуму, DG Environment проводить активну політику з метою зменшення впливу негативного акустичного фактору на мешканців великих міст Європейського союзу. У 1996 році була розроблена програма "Зелений меморандум перспективної шумової політики" (The Green Paper on Future Noise Policy (COM(96) 540)), що стала першим кроком у створенні цілого напрямку боротьби з шумом у країнах ЄС. Принцип програми наводить, що жодна людина не повинна піддаватися впливу шуму, якщо їй загрожує здоров'ю і якості життя [14].

У документі вказано, що інформація щодо шумової обстановки в країнах-членах ЄС є неповною порівняно з іншими екологічними проблемами, і дані відзначаються значними розбіжностями через відмінності в методах їхнього отримання. Загалом орієнтовно вказується, що близько 80 мільйонів людей (приблизно 20% населення країн Євросоюзу) піддаються впливу шуму, рівні якого фахівці та експерти з охорони здоров'я вважають небезпечними для здоров'я. Ще 170 мільйонів жителів проживають у так званих «сірих областях», де рівні шуму викликають занепокоєння та роздратування людей протягом денного часу.



У межах програми в країнах-членах ЄС проводяться роботи зі створення стратегічних карт шуму (Strategic Noise Maps), які є основою для контролю за шумовою обстановкою біля джерел транспортного та промислового шуму. Створення шумових карт передбачає збір інформації щодо кількості людей, які піддаються впливу акустичних коливань різних рівнів, зумовлених дорожнім шумом  $L_{den}$  і  $L_{night}$ , залізничним шумом  $L_{den}$  і  $L_{night}$ , а також шумом промислових підприємств  $L_{den}$  і  $L_{night}$ . При цьому враховується наявність шумозахисних фасадів у будинках, які впливають на кількість людей, що входять до загальної чисельності тих, хто піддається впливу шуму. Наприклад, згідно з інформацією, представленою у стратегічній шумовій карті Австрії, дані щодо впливу шуму автотранспорту наведено у таблицях 1.2 -1.3 [15].

Таблиця 1.2 – Вплив шуму автомобільних доріг на населення Австрії протягом денного періоду. ( $L_{den}$ )

Показник	Рівні шуму $L_{den}$				
	55-59	60-64	65-69	70-74	> 75
Кількість мешканців	354029	166463	163779	34760	297
Кількість мешканців у будинках з фасадом, захищеним від дії шуму	6778	18820	75806	24115	214

Таблиця 1.3 – Кількість людей, що підлягають впливу шуму автомобільних доріг в Австрії в нічний час ( $L_{night}$ )

Показник	Рівні шуму $L_{night}$				
	55-59	60-64	65-69	70-74	> 75
Кількість мешканців	187261	170225	44292	1468	4
Кількість мешканців у будинках з фасадом, захищеним від дії шуму	17540	72411	29740	885	0

Документ [15] включає в себе посилання на відповідні законодавчі акти на рівні держави і місцевого самоврядування, що стосуються джерел

транспортного та промислового шуму, а також представляє схему розподілу повноважень між органами влади на різних рівнях щодо підготовки карт шуму.

Згідно з інформацією, 1 травня 2002 року була офіційно затверджена Директива Європейського Союзу з питань захисту навколишнього середовища від шуму. Ця Директива, позначена як 2002/49/ЕС, була прийнята Європейським Парламентом 25 червня 2002 року і має на меті вирішення питань, пов'язаних із оцінкою та управлінням шумом у навколишньому середовищі. Вона виступає ключовим документом для керівництва діяльністю держав-членів ЄС в цій сфері, визначаючи положення та стандарти для оцінки впливу шуму від транспортних і промислових джерел на населення та методи їх контролю. Цей закон є непрямим результатом стратегії Європейського союзу з питань захисту навколишнього середовища від шуму, розробленої в рамках програми "The Green Paper on Future Noise Policy" з 1996 року, і охоплює аспекти оцінки та захисту від транспортного та промислового шуму.

Директива вимагає створення карт шуму та стратегічних планів дій щодо боротьби з ним для таких об'єктів:

- міст і населених пунктів з населенням більше 100 000 чоловік;
- основних доріг з інтенсивністю руху більш ніж 3 млн. транспортних засобів у рік (приблизно 8 тис. транспортних засобів у день);
- основних залізничних доріг з інтенсивністю руху більш ніж 30 тис. поїздів у рік;
- основних цивільних аеропортів, де проводиться більш ніж 50 тис. транспортних операцій у рік (приблизно 135 у день).

Науково доведено, що шум негативно впливає на практично всі системи організму людини, викликаючи короточасні та тривалі функціональні зміни. Ці зміни можуть призводити до виникнення захворювань серцево-судинної, нервової та інших систем, а також до ослаблення імунної системи організму.

Надмірний шум може викликати нервові виснаження, психічну пригніченість, вегетативний невроз, виразкову хворобу, а також порушення ендокринної й серцево-судинної систем. Шум заважає людям працювати й

відпочивати, призводить до зниження продуктивності праці й збільшення травматизму на виробництві й у побуті.

Негативний вплив шуму обумовлений його фізичними параметрами, такими як рівень звукового тиску, частота, інтенсивність, тривалість впливу, постійний або непостійний характер шуму тощо. Вплив супутніх факторів, а також індивідуальні особливості людського організму (вік, стать, стан здоров'я і т.д.), можуть підсилити шкідливий вплив шуму.

Враховуючи аспекти впливу транспортного шуму на людину, можна виділити кілька категорій осіб, які особливо піддаються впливу шуму:

- Водії.
- Працівники адміністративних та офісних будівель, лікарень, шкіл та інших об'єктів з особливими вимогами до рівнів шуму, розташованих біля автомобільних доріг.
- Мешканці будинків, розташованих в безпосередній близькості до автомобільних шляхів із значною інтенсивністю руху.

Ці категорії людей довготривалий вплив шуму може виявитися особливо небезпечним.

В проведеному дослідженні [20], яке охоплювало вивчення впливу транспортного шуму на психофізіологічні процеси пам'яті людини, використовувались експериментальні методи у місті Тегеран, де досліджувані особи мали різну індивідуальну чутливість до звуків і шумів.

У рамках дослідження взаємодія двох опонентних психофізіологічних систем вважалася основою розумової працездатності людини. Одна з цих систем, за допомогою знаково-числових Х-програм, була пов'язана із функціональною активністю лівої півкулі головного мозку, а інша, за допомогою знаково-числових Y-програм, була пов'язана із функціональною активністю правої півкулі мозку.

Критерієм ефективності розумової діяльності в цьому дослідженні була можливість переключення з однієї знаково-числової програми на іншу. Це

слугувало індикатором стану адаптивної регуляції і критерієм розумової працездатності, а також поточного стану здоров'я досліджуваних осіб.

Результати дослідження впливу акустичного забруднення на опонентні психофізіологічні функції пам'яті підтвердили значні порушення у студентів, які тривалий час перебували в місцях з високим рівнем шуму. Ці порушення в розумовій діяльності були суттєвими, і в обстеженні було виявлено значну кількість хронічних захворювань, підтверджуючи тим самим шкідливий вплив шуму на здоров'я.

Загальний внесок транспортного шуму в акустичний фон сільських зон оцінюється на рівні 60–80% [21]. Встановлено, що транспортний шум впливає на мешканців сільських зон, розташованих поблизу автомобільних доріг, протягом 15-18 годин на добу. Особливу проблему становить низькочастотний шум, що генерується вантажними автомобілями та має високу проникну здатність.

Дослідження впливу шуму транспортних засобів на сільську зону при будівництві підземних паркінгів показало, що на швидкості 10 км/год на відстані 7,5 м випромінюється шум, максимальні рівні якого становлять: для мікроавтобусів – 62 дБА; для легкових автомобілів – 56-60 дБА. При порівнянні з нормативними значеннями для зони житлової забудови (70 дБА) виявлено перевищення шуму на відстані до 5 м. Таким чином, мешканці сільської зони, розташованої поруч, потрапляють під вплив шуму, яке перевищує гігієнічні норми.

### 1.3 Аналіз чинного законодавства України щодо оцінки рівнів шуму на урбанізованих територіях

Сучасне законодавство України визнає важливість спостереження за рівнями шуму в навколишньому середовищі та визначає конкретні заходи для

його контролю. Згідно із Законом України "Про внесення змін до Закону України «Про охорону атмосферного повітря», такі заходи можуть бути віднесені до моніторингу атмосферного середовища.

Згідно із Законом України "Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення", органи виконавчої влади або органи місцевого самоврядування мають зобов'язання здійснювати архітектурно-будівельні та інші заходи з метою зниження рівнів шуму до гранично допустимих норм.

Для територій, визначених як захищені об'єкти, включаючи прибудинкові території, Державними санітарними нормами встановлені конкретні нормативи для рівнів шуму. Відповідно до цих норм, вдень (з 8 ранку до 22:00) допустимий рівень шуму не повинен перевищувати 55 дБА, вночі (з 22:00 до 8:00) - 45 дБА. Це створені для забезпечення комфортних умов проживання та відпочинку мешканців та зменшення впливу шумового забруднення на їхнє здоров'я.

Відповідно до ДБН Б.2.2-12:2019 "Планування та забудова територій", допустимі рівні шуму на територіях різного господарського призначення не повинні перевищувати встановлені санітарні норми. Зважаючи на те, що звикання людини до шуму не відбувається з часом, обмеження щодо рівнів шуму мають на меті забезпечити комфорт і збереження здоров'я мешканців.

Шум, особливо той, що перевищує 80 дБА, визнається шкідливим для організму людини, і більш високі рівні, такі як поріг болю (120–130 дБА), є небезпечними для слуху. При цьому можуть сприйматися не тільки акустичні коливання, але і ультразвуковий та інфразвуковий діапазони.

Закон України "Про охорону навколишнього природного середовища" визначає обов'язкове проведення моніторингу навколишнього природного середовища центральними органами виконавчої влади або іншими державними органами, що уповноважені спостерігати за станом навколишнього середовища. Це включає і контроль за рівнями шуму для забезпечення дотримання санітарних норм та збереження екологічної стійкості.

Стандарти серії ISO 14000 є міжнародними стандартами, спрямованими на

системи екологічного менеджменту з метою зменшення впливу організаційної діяльності на навколишнє середовище. Ці стандарти включають у себе ряд документів, зокрема ISO 14004:2016, який розглядає шум як один із екологічних аспектів діяльності організацій.

Український національний стандарт ДСТУ ISO 14001-97 вказує на моніторинг як сприяння міжнародній гармонізації методів опису, вимірювання та оцінки екологічного шуму з усіх джерел.

Додатково, стандарти серії ISO 1996 надають методологію для опису та оцінки шуму в громадських середовищах та на місцевості. Органи виконавчої влади можуть використовувати ці стандарти для розробки національних нормативів, правил та встановлення допустимих меж рівня шуму. Принципи, описані в стандартах серії ISO 1996, можуть бути використані для визначення стандартів та нормативів, що стосуються впливу шуму від різних джерел, зокрема автотранспорту.

Стандарт ISO 1996-2:2017 є основою для розробки більш конкретних стандартів, призначених для вимірювання рівнів звукового тиску від різних джерел шуму. Документ описує методики визначення рівнів звукового тиску, засновані на оцінці меж шуму навколишнього середовища або порівнянні сценаріїв просторових досліджень.

Стандарт ISO 1996-1:2016 визначає коригування для звуків із різними характеристиками. Також вводиться термін "рейтинговий рівень", який використовується для опису прогнозів фізичного звуку або вимірювань, і може бути скоригований додаванням одного або кількох коригувань. За допомогою цих рівнів рейтингу можна оцінити довгострокову реакцію населення на перевищення рівнів шуму.

Спостереження за рівнями шуму на територіях населених пунктів, відповідно до рекомендацій Директиви 2002/49/ЄС, повинні включати еквівалентні рівні шуму вдень і ввечері протягом 15–30 хвилин, а також вночі протягом 15 хвилин, а також максимальні рівні шуму на кожний час доби. Допустимі рівні шуму на різних територіях населених пунктів та в

приміщеннях різного значення можуть встановлюватися національним законодавством відповідно до рекомендацій Директиви 2002/49/ЄС. Основною метою цієї Директиви є впровадження картографування рівнів шумового забруднення населених міст з подальшим оприлюдненням карт шуму.

Регулювання та контроль рівнів шуму у населених пунктах – важливий аспект сучасної екологічної політики, оскільки вплив транспортного та промислового шуму на здоров'я людини та навколишнє середовище є значущим. Стандарти та директиви, зокрема ISO 1996-2:2017 та Директива 2002/49/ЄС, визначають методики вимірювання та оцінки рівнів шуму, зокрема враховуючи різні характеристики шумових джерел.

Встановлені обов'язкові параметри для спостереження за рівнями шуму, такі як еквівалентні рівні вдень, ввечері та вночі, а також максимальні рівні на кожний час доби, сприяють якісній оцінці впливу шуму на життя населення та навколишнє середовище. Держави, включаючи Україну, призначають допустимі рівні шуму, а законодавство передбачає заходи для зниження рівнів шуму до встановлених норм.

Застосування стандартів та виконання моніторингу рівнів шуму відповідає вимогам міжнародних та національних нормативів з охорони навколишнього середовища та забезпечення санітарного благополуччя населення. Заходи, вжиті для зменшення впливу транспортного та промислового шуму, сприяють покращенню якості життя та забезпечують екологічну безпеку у населених пунктах.

## РОЗДІЛ 2 МЕТОДИ ОЦІНКИ АКУСТИЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ НА УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЯХ

2.1 Чинники, які впливають на рівень акустичного забруднення, спричиненого рухом транспортних потоків у навколишньому середовищі

У процесі проектування міської забудови розглядаються як рухомі джерела шуму такі елементи, як потоки всіх видів наземного транспорту, зокрема автомобільного та залізничного, що функціонують на вулично-дорожній мережі міст і позаміських магістралях; водний і залізничний транспорт, авіаційний, так і стаціонарні джерела шуму, такі як: промислові підприємства; підприємства по обслуговуванню усіх видів транспорту, великі трансформаторні підстанції; відкриті спортивні споруди.

Переважаючим за часом звучання і інтенсивності шуму являється міський автотранспорт.

Одним з основних, найбільш поширених джерел зовнішнього шуму на селітебних територіях міст є потоки легкових і вантажних автомобілів і громадського транспорту на вулично-дорожній мережі житлової забудови.

Початковим шумовим параметром автотранспортного потоку, необхідним для проведення різних акустичних розрахунків, є його шумова характеристика.

Для проведення дослідження впливу транспортного шуму на зону впливу автомобільної дороги важливо враховувати різноманітні характеристики транспортного потоку та навколишнього середовища. Ось деякі ключові параметри для аналізу.

Характеристики транспортного потоку:

1. Якісний склад транспортного потоку:



- Розподіл різних видів транспортних засобів у потоці, таких як легкові автомобілі, вантажівки, автобуси, мікроавтобуси, тролейбуси, автопоїзди, мотоцикли, мопеди, трамваї.

- Рівень технічної готовності транспортних засобів, оскільки стан техніки може впливати на рівень шуму.

## 2. Кількісний склад транспортного потоку:

- Співвідношення кількості різних видів транспортних засобів у потоці.

## 3. Інтенсивність руху:

- Кількість транспортних засобів, що проходять через досліджувану ділянку за одиницю часу.

## 4. Середня швидкість руху:

- Середня швидкість руху транспортного потоку на визначеній ділянці автомобільної дороги.

## Характеристики навколишнього середовища:

### 1. Місцевість:

- Характер та властивості місцевості, яка може впливати на поширення звукових хвиль.

### 2. Забудова та ландшафт:

- Густина забудови і природна ландшафтна структура, що можуть впливати на рефлексію та поглиблення звукових хвиль.

### 3. Відстань до населених пунктів:

- Відстань від автомобільної дороги до житлових та робочих зон.

### 4. Заходи зі зменшення шуму:

- Наявність або відсутність шумозахисних споруд чи альтернативних маршрутів.

Ці параметри важливі для визначення загального впливу транспортного шуму та розробки ефективних заходів зменшення шумового навантаження на навколишнє середовище.

Класифікація характеристик навколишнього середовища відображає різноманітні аспекти, які можуть впливати на рівень шуму та загальний комфорт в даній зоні. Розглянемо кожен підгрупу більш детально:

1. Характеристики дорожнього покриття та елементів доріг:

- Стан автомобільної дороги:

- Рівень зносу, якість покриття, наявність ям та інших пошкоджень.

- Поздовжній профіль:

- Конфігурація поверхні дороги, яка може впливати на швидкість та рівень шуму.

- Висота бордюрів:

- Висота обмежувальних елементів, які можуть впливати на розподіл звукових хвиль.

2. Характеристики території, що прилягає до автомобільної дороги:

- Наявність дерев та кущів:

- Рослинність може служити як бар'єр для звуку та впливати на його поширення.

- Кількісний та якісний склад рослинності:

- Різноманіття та здоров'я рослин впливає на їх здатність поглиблювати шум.

- Відстань між дорогою та об'єктом:

- Відстань може визначати, наскільки сильно шум буде відчуватися в околицях.

- Природні чи штучні елементи, що перешкоджають розповсюдженню звуку.

- Будь-які перешкоджання, такі як паркани, бар'єри або інші структури, можуть впливати на шлях поширення шуму.

3. Характеристики навколишнього середовища:

- Температура, вологість, швидкість руху та тиск повітря:

- Кліматичні умови можуть впливати на розповсюдження звуку.

4. Рух транспортних засобів у потоці:

- Детермінований та безперервний процес.
- Враховуючи транспортний потік як детермінований та безперервний процес, дослідження може бути спрощено, щоб врахувати різні аспекти впливу транспорту на довкілля.

Ці характеристики дозволяють комплексно оцінювати вплив транспортного потоку на навколишнє середовище та визначати можливі шляхи зменшення його негативного впливу.

Фактори зовнішнього середовища, зокрема швидкість вітру, виявляють більший вплив порівняно з часткою вантажних автомобілів і автобусів у складі автотранспортного потоку. Важливо відзначити, що великі міста часто не враховують розу вітрів при будівництві житлової забудови. Таким чином, при виборі захисних заходів від шкідливого впливу автомобільної дороги необхідно враховувати потребу в ефективних технічних рішеннях для тих ділянок сельбищної зони, які розташовані з підвітряного боку від дороги.

Для більшості вулиць міста загального призначення домінуючими видами дорожніх транспортних засобів є автомобіль (пасажирський та вантажний), автобус (незалежно від призначення), мікроавтобус, тролейбус, мотоцикл, мопед і автопоїзд. Причепи та напівпричепи не мають значущого внеску в загальне шумовиділення транспортного потоку, оскільки не є джерелами енергії в їх конструкції. Крім того, при проведенні дослідження впливу транспортного потоку на робочі місця та сельбищну зону необхідно враховувати наявність трамваю, який може рухатися як на відособленому шляху, так і разом з іншими учасниками дорожнього руху.

Отже, у процесі вивчення викидів шуму від транспортних потоків доцільно класифікувати транспортні засоби, щоб оцінити їх кількість у потоці. Деякі дослідники наводять орієнтовані значення шуму, який транспортні засоби виробляють у навколишнє середовище (див. Таблицю 2.1). Важливо зауважити, що ці дані є лише наближеними, оскільки рівень шуму, що виникає від транспортного засобу, залежить від його технічного стану, умов руху і

характеристик дорожнього покриття. Таким чином, для дослідження викидів шуму транспортного потоку важливі такі групи транспортних засобів:

1. Легкові автомобілі та мікроавтобуси.
2. Вантажні автомобілі та автопоїзди.
3. Автобуси та тролейбуси.
4. Мотоцикли та мопеди.

Окремо розглядається трамвай як джерело транспортного шуму. Загальний шум транспортного потоку залежить від наявності та кількості транспортних засобів, які є найбільш активними у генерації акустичних коливань: вантажних автомобілів, автобусів, трамваїв та мопедів.

Додатково, важливо враховувати, що навіть легкові автомобілі можуть бути джерелом підвищеного шуму, порівняно з мопедом, наприклад, якщо їхні глушники обладнані системою прямого викиду відпрацьованих газів (так званий "прямотік"). Ця тенденція в поширенні таких систем серйозно погіршує загальний акустичний фон навколо автомобільних доріг.

Таблиця 2.1 - Орієнтовні значення шуму транспортних засобів

Тип транспортного засобу	Рівень шуму, дБА
Легкові автомобілі	75 – 85
Вантажні дизельні автомобілі	92 – 100
Вантажні автомобілі з карбюраторним двигуном	82 – 86
Автобуси дизельні	90 – 96
Автобуси з карбюраторним двигуном	80 – 86
Тролейбуси	76 – 90
Трамваї	76 – 96
Мотоцикли	88 – 98
Мопеди	84 – 102

## 2.2 Дослідження акустичного забруднення на урбанізованих територіях

Оцінка шуму, викликаного транспортними потоками, здійснювалася відповідно до стандарту [48], який визначає, що ключовою характеристикою шуму транспортних потоків є еквівалентний рівень звуку  $L_{Aeq}$ , вимірюваний в децибелах.

Цей стандарт надає конкретні вказівки щодо умов проведення вимірювань шуму транспортних потоків. Зокрема, місце вимірювань повинно бути розташоване на відстані не менше 50 метрів від перехресть, зупинок громадського транспорту або в областях зі сталою швидкістю руху. Умови також включають відсутність вологи чи бруду на поверхні доріг, де проводяться вимірювання, а також обрання часу вимірювань, який співпадає з максимальною інтенсивністю руху транспортного потоку. Для випадків, коли швидкість вітру перевищує 5 м/с, але не перевищує 1-5 м/с, рекомендується використовувати захисний ковпак на мікрофоні.

Дифракція транспортного шуму в акустичній «тіні» житлової забудови.

Метою цих досліджень є отримання картини дифракції звукових хвиль від джерела, розташованого близько до створу обріза будівлі-екрану, в зоні його акустичної «тіні».

За умовами проведення експерименту [14]: де акустична обстановка відтворювала реальну обстановку проникнення шуму автомобіля, що знаходиться близько до створу короткої сторони будівлі-екрану, в зону акустичної «тіні» будівлі;

Та зона вимірів знаходилася в зоні «тіні» будівлі-екрану через верх, тобто в зоні тільки горизонтально діфрагуючих хвиль;

Для отримання картини дифракції звукових хвиль зона акустичної тіні розбивалася на квадрати із стороною 2м (рисунок 2.1). Вимірювальний майданчик мав розміри 18 x 18м, тобто містила 100 вимірювальних точок.

Крайній ряд точок (1.1-10.1) знаходилися на осі випромінювання джерела шуму і виступали за габарити будинку на 1 м. Призначення цього ряду – реєстрація рівнів недифрагованого шуму. Відстань крайніх точок до найближчих стін не менше 2м. Відстань від джерела шуму до найближчого кута будівлі 17 м, що відповідає середній відстані від осі крайньої ближньої смуги руху до будівлі в житловій забудові [39]. Вплив шуму, що обігнув будівлю через дах, на реєстровані на майданчику рівні із-за втрат в повітрі трохи  $L > 10$ ДБ, тобто корекція 0-0,5дБ для реєстрованих рівнів.

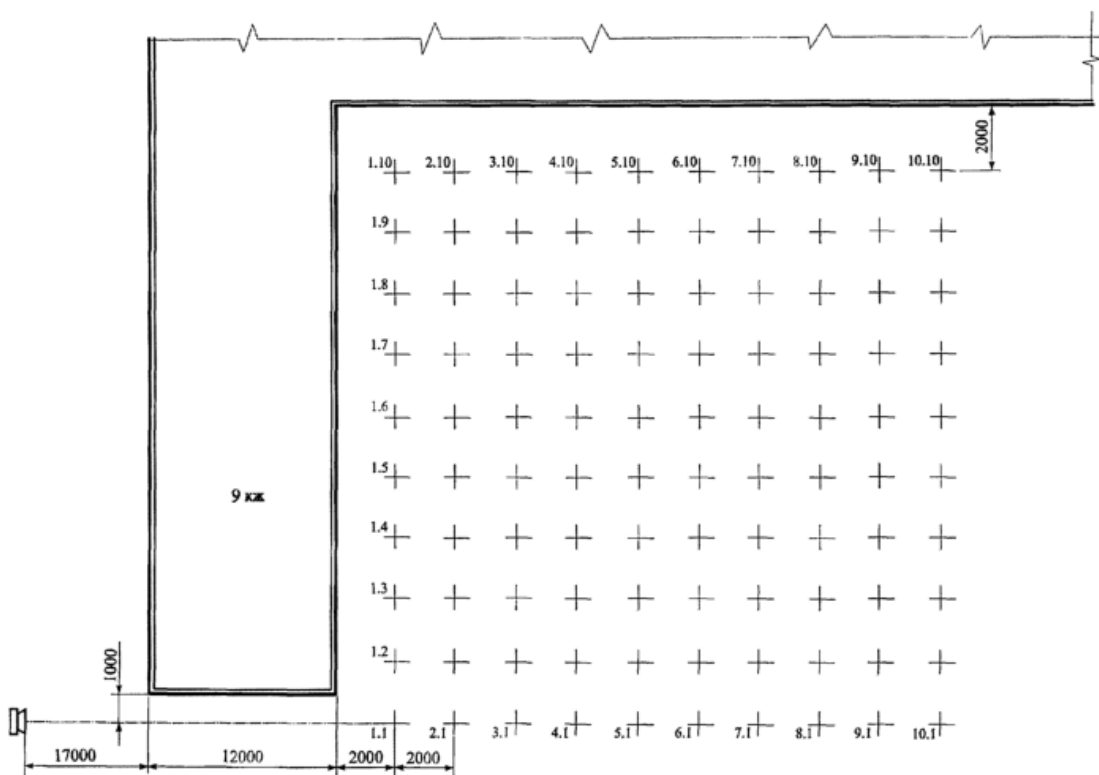


Рисунок 2.1 - Дослідження акустичного забруднення – дифракційної картини в акустичній «тіні» житлового будинку

Для проведення вимірів був вибраний майданчик за знову побудованим Г-подібним 9-ти поверховим житловим будинком. Розміщення джерела шуму і вимірювальних точок відповідало як показано на рис. 2.1 висоті установки акустичної системи і висоті мікрофонів 1,5м над поверхнею землі. Піщаний

грунт і відсутність асфальту дозволив звести до мінімуму вплив на виміри інтерференційних явищ.

Застосований в ході досліджень тракт джерела шуму був повністю ідентичний показаному на рисунку 2.2 (а). АС тракту встановлювалися вертикально близько один до одного, щоб відтворити точкове джерело звуку. Мікрофон-коректор встановлювався в 7,5м від площини колонок. Як вимірювальний тракт використовувався двоканальний вимірник рівня звуку 00025 фірм «RFT» з блоком терц-октавного фільтру 01018 і штатними мікрофонами МК102. Перед вимірами тракт калібрувався. У кожній точці проводилися по три виміри в кожній октавній смузі. Результати вимірів в кожній точці усереднювалися по стандартній формулі.

За усередненими результатами методом інтерполяції будувалися ізофони на вимірювальному майданчику.

В ході побудови шумової карти при проведенні акустичних досліджень проникаючого в житлову забудову шуму, був виявлений ефект, випадний із загальної картини дифракційного поширення транспортного шуму. На рис. 2.6. показана схема вимірів і отримана в результаті апроксимації залежність рівня шуму від положення джерела.

Проте на ділянці Б-В спад рівня шуму відбувається набагато повільніше, ніж можна було чекати. Відбувається це у момент проходження джерелом шуму (автомобілем) створу стіни екрануючої будівлі ( $\alpha = 0$ ).

Об'єктом досліджень були акустична обстановка в області акустичної «тіні» у момент положення джерела шуму в створі торцевої стіни будинку Г-подібної форми (рис. 2.3). Базовий вимірювальний рівень джерела шуму на відстані 7,5м дорівнював 83дБ по усіх октавним смугам вимірюваного звукового спектру. У кожній вимірювальній точці робилися 3 спектральні виміри рівнів шуму, усереднені значення яких зводилися в таблицю.

Для спрощення, в таблиці Б-2 Застосування починаючи з четвертого вимірювального ряду дані приведені для парних точок в непарних рядах.

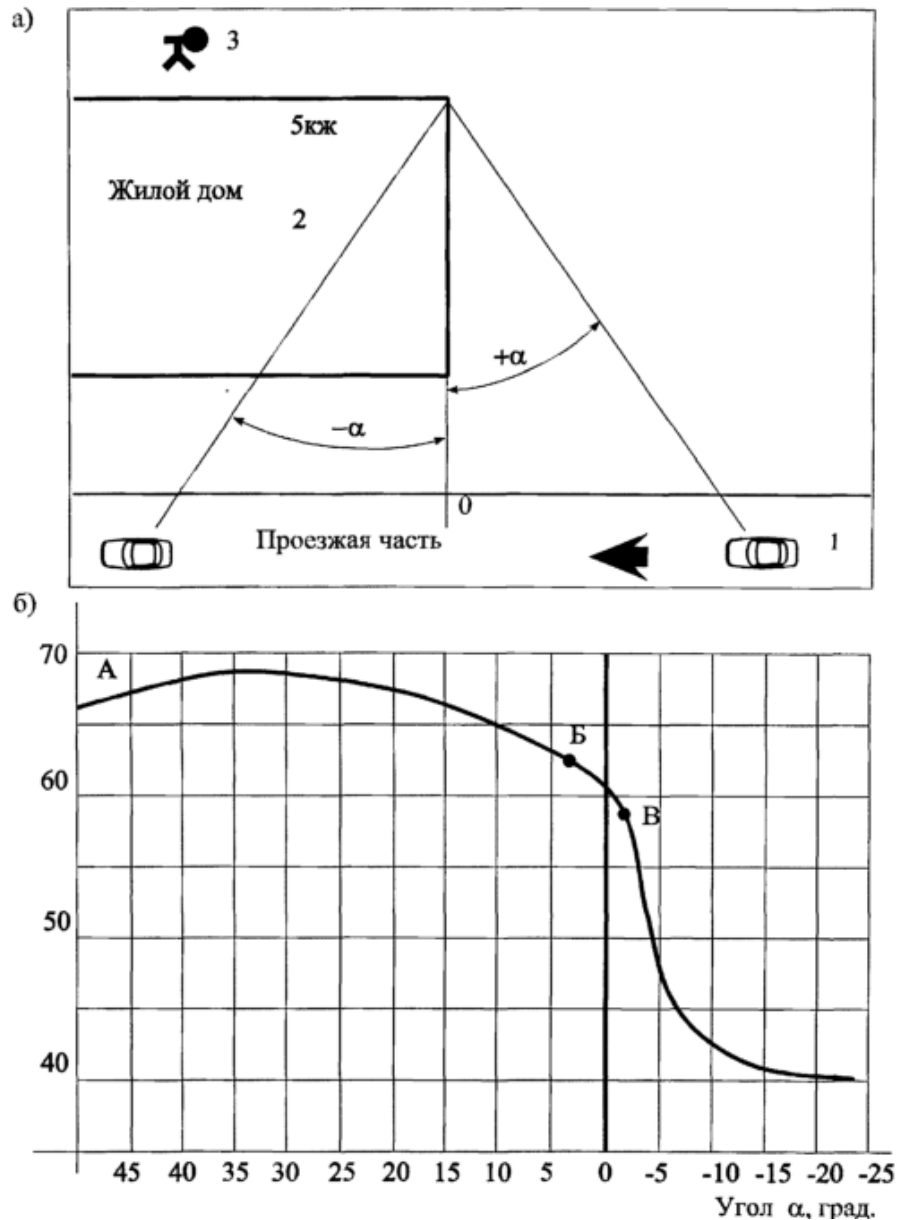


Рисунок 2.2 – Зміна рівня звуку в області акустичної «тіні»

За даними таблиці для частотних смуг з середнегеометричними частотами 125 Гц і 1000 Гц побудовані криві рівних рівнів звукового тиску (ізофони).

Аналіз отриманих результатів показує, що при такому розташуванні джерела шуму відносно кромки будинку-екрану інтерференція хвиль з нижчою частотою відбувається «активніше», ніж високочастотних, що узгоджується з хвилевою теорією. Проте, картина ізофон відрізняється від тієї, що



спостерігається при кутах більше  $15^\circ$ . На рисунку 2.3 представлена дифракція звуку в акустичній «тіні» будівлі.

Спостерігається картина, ідентична випромінюванню лінійного циліндричного джерела шуму, розташованого уздовж осі випромінювання реального джерела. Причому рівень випромінювання знижується у міру видалення по залежностях, близьких до загасання звуку у вільному полі. Викривлення форми ізофон пов'язане з інтерференцією діфрагованого відбитого звуку. Повна картина розподілу рівнів звукового тиску на вимірювальному майданчику приведена в таблиці 2.3.

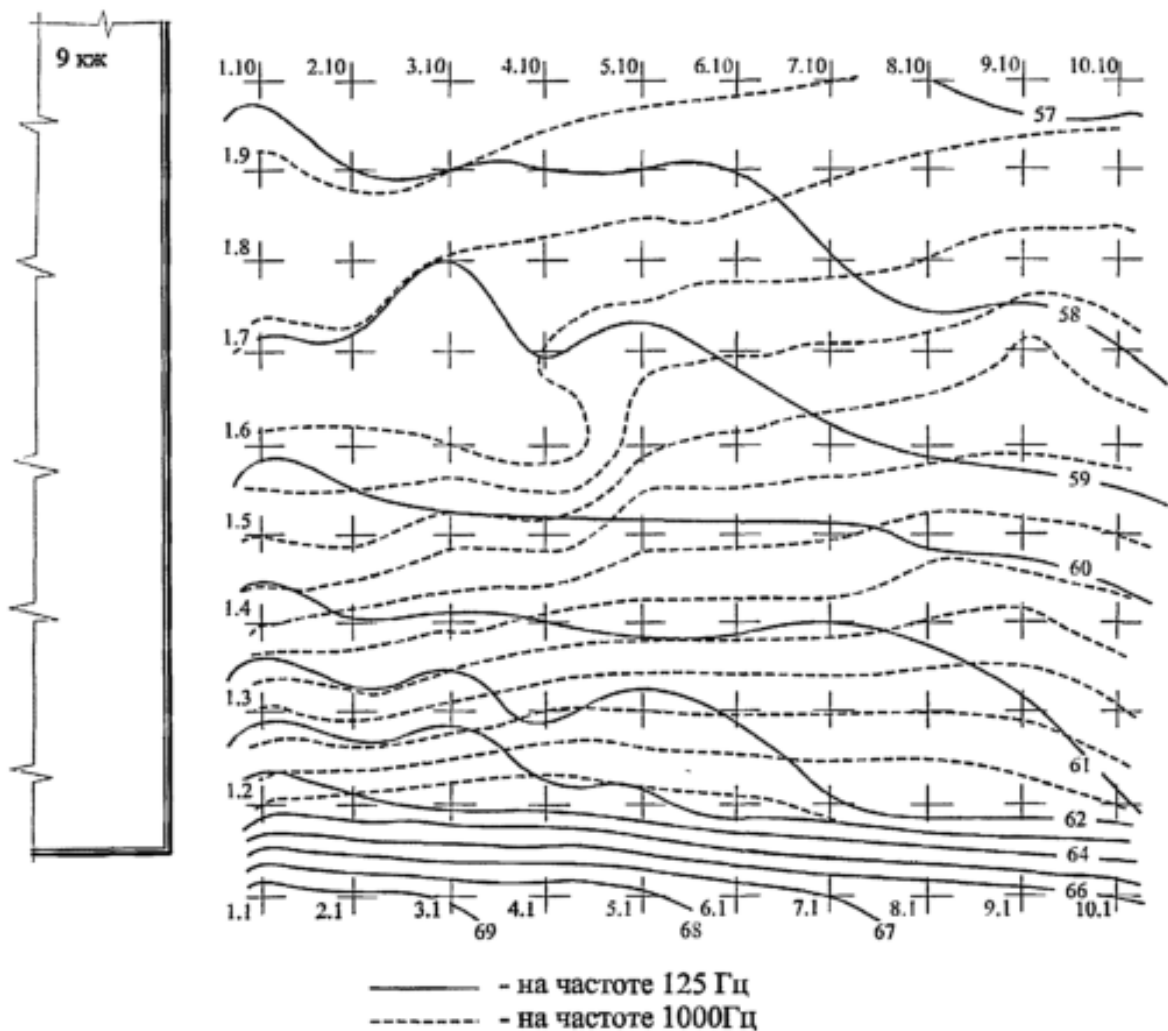


Рисунок 2.3 – Дифракція звуку в акустичній «тіні» будівлі

Слід також відмітити, що, незважаючи на різницю в рівнях 8-10дБ для різних октавних смуг, повноцінної акустичної «тіні» не виходить: відбувається майже рівномірне заповнення простору звуком, особливо в області низьких частот.

Таблиця 2.2 – Рівні звукового тиску при дифракції звуку

№ точок	Рівні звукового тиску, дБ, в октавних смугах з середнегеометричeskими частотами, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.1	70	70	70	70	70	70	70	70
1.2	64,6	64,5	63,7	62,8	62,0	66,7	59,5	57,3
1.3	64,0	62,8	62,1	60,9	59,2	57,3	54,3	51,5
1.4	62,5	61,5	60,5	58,5	55,9	54,1	50,2	47,3
1.5	61,6	60,5	58,9	56,6	54,0	50,8	48,8	44,6
1.6	61,0	59,9	57,9	55,3	52,2	49,2	46,2	43,4
1.7	60,7	59,1	57,3	54,2	51,2	48,3	45,3	42,4
1.8	60,5	58,6	56,0	53,9	50,7	47,6	44,6	41,6
1.9	60,3	58,3	55,7	53,0	50,2	47,0	44,0	41,0
1.10	59,3	57,9	55,5	52,3	49,3	46,4	43,4	34,6
2.1	69,4	69,4	69,4	69,3	69,3	69,3	69,3	69,3
2.2	64,2	64,1	64,0	63,5	62,4	61,5	60,4	59,3
2.3	63,4	62,3	61,5	60,2	58,6	56,7	53,4	50,7
2.4	61,9	61,0	60,0	58,2	56,3	52,7	49,9	46,9
2.5	61,5	60,1	58,9	56,7	53,7	50,9	47,9	44,7
2.6	60,8	59,9	57,8	55,3	52,3	49,4	46,4	43,3
2.7	60,4	59,1	57,1	54,5	51,2	48,1	45,2	42,5
2.8	60,1	58,5	56,6	53,4	50,5	47,3	44,4	41,6
2.9	59,8	58,0	56,3	52,5	49,8	46,4	43,9	40,8
2.10	59,6	57,7	55,4	52,4	48,3	46,4	43,3	40,3
3.1	68,9	68,9	68,9	68,8	68,8	68,8	68,8	68,7
3.2	63,9	63,8	63,7	63,4	63,0	61,8	61,0	59,8
3.3	63,1	62,9	61,5	60,3	59,3	57,4	55,2	52,1
3.4	61,9	61,1	59,9	58,6	56,7	54,1	50,9	48,0
3.5	61,1	60,2	59,0	57,9	54,7	51,7	48,8	45,8
3.6	60,6	59,5	57,8	55,8	52,3	49,6	46,0	43,3
3.7	60,2	59,1	57,2	54,6	51,8	49,0	45,9	42,6
3.8	60,1	59,0	57,0	54,2	51,1	48,1	45,8	42,3

3.9	59,6	58,0	56,2	53,1	50,0	47,9	44,0	41,0
3 10	59,5	57,7	55,9	52,21	49,3	46,4	43,2	40,4
4.1	68,4	68,4	68,3	68,3	68,3	68,3	68,2	68,2
4.2	63,4	63,3	63,1	62,9	62,7	61,8	60,7	59,8
4.4	61,9	61,0	60,0	58,4	57,3	55,2	51,7	48,9
4.6	60,6	59,4	58,0	56,1	57,4	50,5	47,3	44,4
4.8	59,8	58,5	56,6	54,2	51,2	48,0	45,2	42,0
4.10	59,1	57,5	55,5	52,5	49,5	47,5	43,5	40,4
5.1	68,0	68,1	68,0	68,0	67,9	67,9	67,8	67,8
5.2	63,0	63,1	62,9	62,8	62,5	62,1	60,8	60,0
5.4	62,1	60,7	60,1	59,0	57,5	55,5	52,5	49,5
5.6	60,3	59,6	58,2	56,3	53,9	50,9	47,9	45,0
5.8	59,7	58,7	57,0	55,0	51,4	48,6	45,2	42,3
5.10	59,0	57,8	55,6	53,2	49,8	46,6	43,8	40,2
7.1	67,1	67,0	67,1	67,0	67,0	66,9	66,9	66,8
7.2	62,1	62,0	62,0	61,9	61,8	61,5	61,1	59,8
7.4	61,3	61,0	59,7	58,6	57,6	55,7	53,7	50,4
7.6	59,6	59,1	58,1	56,5	54,5	51,6	48,5	45,4
7.8	59,1	58,0	56,8	54,5	51,7	48,5	49,5	42,5
7.10	58,6	57,2	55,2	52,9	50,0	47,0	44,0	40,8
9.1	66,4	66,4	66,3	66,4	66,3	66,2	66,2	66,1
9.2	61,4	61,4	61,3	61,3	61,1	60,8	60,4	59,1
9.4	60,9	60,7	60,3	58,6	58,4	56,1	54,2	51,4
9.6	59,5	58,7	57,8	56,7	54,9	52,2	49,2	46,3
9.8	58,7	57,8	56,5	54,7	52,3	49,2	46,4	43,2
9.10	58,2	56,8	55,3	53,6	50,4	47,3	44,2	41,3
10.1	66,0	66,0	66,0	65,9	65,9	65,8	65,8	65,7
10.2	66,0	66,0	66,0	65,9	65,9	65,8	65,8	65,7
10.2	61,0	61,0	61,0	60,9	60,9	60,7	60,6	60,4
10.4	60,6	60,3	59,4	58,4	57,4	56,2	54,1	51,8
10.6	59,5	58,6	57,7	56,4	54,6	52,6	49,3	46,2
10.8	58,4	57,4	56,2	54,2	52,2	48,8	45,9	42,8
10.10	58,0	56,9	55,3	53,4	50,5	47,3	44,4	41,0

При проектуванні внутрішньоквартальних просторів міста приймаються такі планувальні рішення, що ВО уїзд до простору з боку основних автомагістралей переходить у внутрішньоквартальний проїзд, який є його прямолінійним продовженням. Таким чином, проникаючий у внутрішньоквартальний простір транспортний шум поширюється над звуковідбивною поверхнею прямолінійно і, в основному, безперешкодно.

### 2.3 Аналіз використання зелених насаджень в якості протишумового фільтру

Сучасні методи контролю за шумовим навантаженням ставлять завдання вибору спеціальних шумозахисних заходів для зменшення шуму від джерел або його утримання в межах цих джерел, щоб захистити території від надмірного шуму.

На сьогоднішній день розроблено широкий спектр різних методів, включаючи структурні, планувальні та організаційні рішення, що відповідають цим завданням і можуть бути застосовані на різних рівнях. Зокрема, для зниження шумового навантаження від автомобільних доріг на сільські та промислові території рекомендується приділяти увагу матеріалам, які використовуються для будівництва дорожнього покриття. Основним фактором, який впливає на зниження рівня шуму, є вибір матеріалів для дорожнього покриття. Особливий акцент робиться на використанні низькозвучних дорожніх покриттів, які можуть ефективно регулювати шумовий режим на територіях, де розташовані автомобільні дороги. При цьому важливо враховувати інтенсивність руху та склад транспортного потоку при виборі таких матеріалів.

Наведені рекомендації визнаються ефективними, проте цей метод спрямований виключно на зниження рівнів шуму і не враховує інших додаткових аспектів для поліпшення екологічної безпеки урбосистеми. Одночасно, реконструкція та модернізація автомобільних доріг може призвести до появи додаткового шуму, ускладнити рух автотранспорту в місті і вимагати значних фінансових витрат для держави.

Зелені насадження в населених пунктах служать різнобічним цілям, таким як покращення якості повітря, формування сприятливого мікроклімату, зменшення шуму, створення умов для відпочинку та здобуття декоративно-планувальних переваг. Вони допомагають у вирішенні завдань оздоровлення атмосферного середовища та утворенні приємної обстановки для мешканців.

Зелені насадження впливають на мікроклімат, змінюючи радіаційно-теплові умови, вітровий режим та вологість повітря. Вони сприяють комфортній атмосфері для людини, особливо тих, хто перебуває в зелених зонах. Крім того, рослини впливають на рівень шуму, але їх вплив на навколишнє середовище менше в порівнянні зі шкідливим впливом шуму на здоров'я людей.

Використання рослин для створення захисних смуг є ефективним, оскільки рослини виявляють більшу стійкість до шумового забруднення, ніж люди. Створення спеціальних шумозахисних смуг зелених насаджень шириною 10-15 метрів із відстанню між деревами не більше 4 метрів та висотою дерев не менше 5-8 метрів може забезпечити додатковий шумозахисний ефект. При цьому важливо, щоб акустичний центр транспортного потоку був нижче захисної смуги на 1,5-2 метри, щоб максимально ефективно зменшити поширення шуму в урбосистемі. Посадка дерев може бути рядовою або шаховою, причому обвішай простір під крону має бути повністю заповнений кустарниками без просвітів. На кожній ділянці території може бути влаштовані одна або декілька паралельних таких смуг, розділених повітрям проміжками шириною 3 - 5 м. У загальному випадку зниження шуму шумозахисними смугами зелених насаджень залежить від ширини і кількості смуг, щільності посадки дерев і кущів, дендрологічного складу та інших чинників і повинне розраховуватися по формулі:

$$\Delta L_{A,зел} = \alpha_{зел} \cdot B; \text{ дБА}, \quad (2.1)$$

де  $B$  - ширина шумозахисної смуги зелених насаджень, м,

$\alpha_{зел}$  - постійна загасання звуку в зелених насадженнях, дБ/м

У якості ширини смуги зелених насаджень  $B$  слід приймати торбу далини  $d_{и.ш.}$  смуги на ділянці поблизу джерела шуму (транспортного потоку) і довжини  $d_{р.т.}$  смуги на ділянці поблизу розрахункової точки ( $B = d_{и.ш.} + d_{р.т.}$ ). При підрахуванні довжин  $d_{и.ш.}$  і  $d_{р.т.}$  радіус кривої, уздовж якої визначаються ці довжини, складає 5 км. Для спрощення розрахунків допускається визначати

довжини ди.ш. і др.т. уздовж променів, що виходять з акустичного центру джерела шуму і з розрахункової точки під кутом  $15^\circ$  до поверхні території. За відсутності точних даних приймають величину  $\alpha_{зел} = 0,08$  дБА/м. Формула (1.1) справедлива при ширині смуги зелених насаджень не більше 100 м. При більшій ширині смуги чимдалі збільшення  $\Delta L_{A,зел}$  значно сповільнюється і ускладнено для прогнозування. При проектуванні шумозахисної смуги зелених насаджень слід враховувати швидкість росту, можливу їх висоту, довговічність, форму і щільність крони, стійкість по відношенню до вихлопних газів.

Рекомендуються до застосування наступні породи дерев:

- береза пухнаста, дуб, клен гостролистий, модрина сибірська, ялиця сибірська, ялина, сосна, тополі, осика, липа крупнолиста, верба срібляста (висота понад 20 м, діаметр крони 10-15 м);

- клен польовий, вільха сіра, верба ламка, каштан кінський (висота 10-20 м, діаметр крони 5 - 8 м);

- клен татарський, горобина звичайна (висота 5-10 м, діаметр крони 3-5 м);

- горобина лучниста, глід звичайний, черемха віргінська, туя західна (висота 2-5 м, діаметр крони 1-3 м).

У якості чагарникового заповнення рекомендуються :

- великі кущі: акація жовта, бирючина, жимолость, бузок, калина, лох, бересклет (висота 4-9 м, діаметр 2-5 м);

- середні кущі: смородина золотиста, кизильник, бузок, таволга (висота 1- 3 м, діаметр 2-5 м).

Ґрунт в районі зеленої смуги має бути покритий густою травою. Це сприятиме додатковому поглинанню звуку в приземному шарі.

Важливо враховувати, що взимку листяні дерева втрачають своє листя, що призводить до повної відсутності їхнього шумозахисного впливу. Посадки хвойних порід дерев ефективно знижують шум впродовж усього року. Тому рекомендується включати хвойні породи дерев у шумозахисні смуги. Однак,

важливо враховувати, що в міських умовах соснові породи часто демонструють обмежений ріст, тому їх використання в міських середовищах може бути обмеженим. У умовах міської забудови, що склалася, шумозахисні смуги зелених насаджень практично непридатні, а звичайні міські посадки з дерев, що окремо стоять, шумозахисного ефекту не мають.

Проте при проектуванні або реконструкції транспортних доріг, особливо в заміській зоні, такі посадки можуть широко застосовуватися. При необхідності організації проходів в смугах зелених насаджень, ці проходи повинні проектуватися під гострим кутом до транспортної магістралі для зменшення проникнення шуму в забудову. При проектуванні смуг зелених насаджень слід також враховувати, що сморід частково поглинають шкідливі вихлопні гази автомобілів і окрім фізичного зниження шуму, створюють додатковий психологічний ефект приглушення шуму.

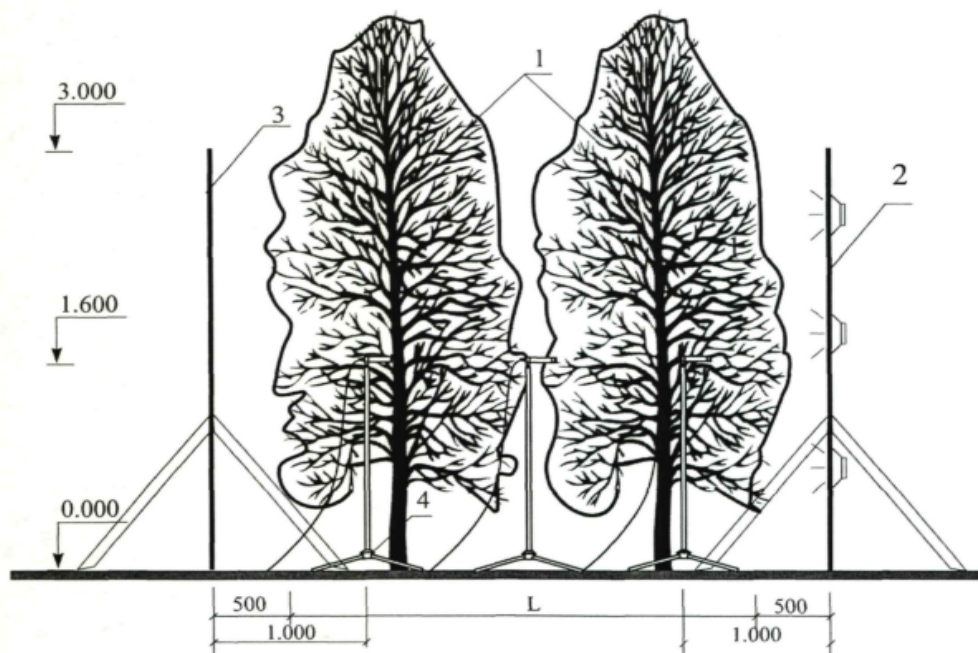


Рисунок 2.4 – Схема досліджень звукоізоляції посадок з подовжнім міжрядовим розривом

1,2 - точки розташування вимірювальних мікrofонів; 3 - активний щит (джерело шуму); 4 - щит з ДСП; 5 - шумозахисні посадки

Дослідження деревних посадок від акустичного забруднення проводять таким чином:

- на полігоні встановлювався вимірювальний об'єм з поперечним розміром, рівним розміру досліджуваного перерізу посадки плюс 1м;
- використовують акустичні тракти та знімають показники часу реверберації порожнього об'єму на кожній досліджуваній частоті;
- вимірювальний об'єм, зберігаючи настановні розміри, переносився і встановлювався так, щоб досліджуваний переріз ШЗН виявився усередині;
- у тих же самих точках, що і в порожньому об'ємі, знімалися показники часу реверберації заповненого зразком об'єму;
- за допомогою мотузяних відтяжок створювався подовжній розрив між рядами дерев в посадці. Величина розриву 500-800мм з градацією 100мм;
- за допомогою тих же вимірювально-акустичних трактів реєструвався час реверберації при кожному розмірі розриву. Реєстрація часу реверберації велася в тих же точках, розташованих так само, як і при знятті початкових характеристик;
- при проведенні вимірів витримувалися наступні умови: виміри робилися впродовж двох найближчих тижнів; час проведення вимірів з 12.00 до 18.00; температура повітря  $22 \pm 2$ град.; відносна вологість 40-70%; швидкість вітру до 3м/сiк, при швидкості вище 1м/сiк на мікрофони одягався вітрозахист;
- по різниці часу реверберації порожнього вимірювального об'єму і із зразком, визначалася величина додаткового звукопоглинання, що вноситься зразком.

Перший рядок в таблиці показує довжину 1/4 хвили. Зірочками відмічені величини наявних або отримуваних розривів. Як видно з результатів таблиці, величини наявних розривів можуть брати участь в налагодженому звукопоглинанні на частотах до 1000Гц, тобто на низьких і нижніх середніх частотах.

У таблиці 2.3 приведені величини частот налагодженого звукопоглинання з розмірами розривів, що відповідають їм, в ШЗН.



Таблиця 2.3 – Величини частот налагодженого звукопоглинання, що відповідають їм розмірами розривів в посадках ШЗН

Найменування	Середньгеометричні частоти октавних смуг, Гц						
	125.	250.	500.	1000.	2000.	4000.	8000.
Подовжній розрив між кронами рядів ШЗН (мм)	*688	344	172	86	43	21,5	10,7
	2.060	* 1.030	*516	430	473	408	462
	3.438	* 1.720	*860	*602	*569	451	483
	4.813	2.410	* 1.203	*774	*645	*494	*505
	6.192	3.090	*1.550	*945	*731	*537	*526
					*817	*580	*548

З натурних посадок смуги підбиралися шириною 4 - 6м, протяжністю 50 -80 м, висотою не менше 4-8м, добре сформовані з урахуванням особливостей деревних порід в місцевих умовах, що мають певний порідний склад, конструкцію посадок, які можуть бути використані в озелененні міст. Досліджені фрагменти полезахисних смуг розташовані на сільгоспугіддях і призначені для захисту від вітру, утримання снігу і тому подібне цілей. Проте, з точки зору звукозахисту їх стан і конструкція найбільш задовольняють умовам експерименту і є оптимально близькими до шумозахисних вимог, що пред'являються. Вибір натурних об'єктів робився також відповідно до вимог методики вимірів і з вимогами до акустичних вимірів в натурних умовах: низький акустичний фон порядку 30-40дБ, рівний рельєф місцевості, відсутність екрануючих предметів, об'єктів додаткового шуму, однорідний ґрунтовий покрив.

Для кожної досліджуваної смуги зелених насаджень виконується зйомка місцевості з урахуванням нерівностей рельєфу, здібних вплинути на результати вимірів. Складається схема конструкції смуги з точним виміром її параметрів : висота, ширина, відстань між рядами дерев, між деревами в ряду, ширина крон

досліджуваних порід і їх смикаємість, висота штамбу, протяжність крони у вертикальному напрямі. Визначався вік і стан порід, що становлять смугу. Бралися проби для визначення щільності крон дерев.

Кожному досліджуваному перерізу привласнювався порядковий номер. Результати вимірів заносять у польовий журнал.

Після закінчення вимірів здійснювалася математична і статистична обробка результатів, по дочитувалися середні значення питомих коефіцієнтів звукопоглинання для кожної октавної смуги кожної породи, для кожного значення подовжнього розриву.

Кількість досліджуваних перерізів, однакових по дендрологічному складу і геометричній формі розрахункового перерізу, вибиралася так, щоб було можливим отримати результат досліджень з достатньою мірою достовірності, уникнути грубих помилок і визначити характерну залежність акустичних властивостей по частотному діапазону від ряду вище перелічених чинників. Результати вимірів піддавалися комп'ютерній статистичній обробці.

В результаті розрахунків отримують відповідні апроксимовані частотні криві залежності об'ємних коефіцієнтів звукопоглинання різних порід зелених насаджень від ширини подовжнього розриву між кронами.

Розміри ефективного перерізу визначаються тією частиною крон дерев, яка має досить щільну, таку, що не переглядається, структуру з постійною з точки зору акустики щільністю. За цією методикою процес визначення приведенного перерізу полягав в наступному: робилися виміри геометричних параметрів крон дерев, наявних у складі досліджуваних смуг зелених насаджень. Визначалися розміри приведенного перерізу крон досліджуваних порід дерев. Виміри часу реверберації порожнього вимірювального об'єму необхідного розміру проводилися на рівній ділянці місцевості з трав'яним покриттям безпосередньо перед проведенням досліджень на смугах зелених насаджень. Активний і пасивний щити встановлювалися паралельно один одному на відстані на 1м що перевищує розмір поперечного перерізу досліджуваної посадки. Час реверберації замірявся в трьох точках, розташованих на осі

поперечного перерізу об'єму. Кількість вимірів - мінімально по три в кожній октавній смузі в кожній вимірювальній точці.

Спочатку замірялася ширина досліджуваного перерізу смуги ШЗН. На вільній ділянці полігону паралельно один одному встановлювалися щити. Відстань між ними дорівнювала ширині перерізу плюс 1м (по 0,5м на обслуговуючі проходи). У просторі, що утворився, замірявся час реверберації. У кожній вимірювальній точці робилися три виміри в кожній октавній смузі. Потім вимірювальний об'єм переносився і встановлювався так, щоб досліджуваний переріз ШЗН виявився між щитами (рисунок 2.4) і процес виміру часу реверберації повторювався, але вже з об'єктом усередині вимірювального об'єму.

При поривчастому вітрі виміри не робилися, оскільки із-за імпульсного фонового шуму, що важко враховується, розкид результатів вимірів доходив до 25%.

Особливо яскраво це було виражено в об'ємах шириною більше 5 метрів. Після виміру часу реверберації порожнього вимірювального об'єму щити переносилися і встановлювалися так само паралельно і на тій же відстані, але із смугою зелених насаджень усередині. Розташування вимірювальних точок відповідало їх положенню усередині порожнього об'єму. Процес вимірів повторювався.

Додаткове звукопоглинання  $\Delta A$ , що вноситься зеленими насадженнями в порожній вимірювальний об'єм, за умови, що метеорологічні умови, що впливають на постійну загасання звукової енергії, істотно не змінилися:

$$\Delta A = 55,3 V/C (1/T_2 - 1/T_1); \quad (2.2)$$

де  $V$  - об'єм вимірювального об'єму, куб.м.;

$C$  - швидкість звуку в повітрі, при м.у. 343,8м/с;к;

$T_1$  - час реверберації порожнього об'єму, с;

$T_2$  - те ж із зеленими насадженнями, с.

Для забезпечення додаткового шумозахисного ефекту необхідно влаштувати спеціальні шумозахисні смуги зелених насаджень шириною 10 - 15 м. Відстань між деревами в захисній смузі від шуму повинна становити не більше 4 метрів, висота дерев повинна бути в межах 5-8 метрів, і їх розташування має забезпечувати те, щоб уявна лінія, яка з'єднує акустичний центр транспортного потоку з розрахунковою точкою, розташованою на рівні середини вікон останнього поверху будівель, що захищаються від шуму, проходила на 1,5-2 метри нижче висоти дерев. Посадка дерев може бути рядовою або шаховою, причому обвішай простір під крону має бути повністю заповнений чагарниками без просвітів. На кожній ділянці території може бути влаштовані одна або декілька паралельних таких смуг, розділених повітрям проміжками шириною 3 - 5 м. У загальному випадку зниження шуму шумозахисними смугами зелених насаджень залежить від ширини і кількості смуг, щільності посадки дерев і кущів, дендрологічного складу та інших чинників і повинне розраховуватися по формулі:

$$\Delta L_{A,зел} = \alpha_{зел} \cdot B; \text{ дБА}, \quad (2.3)$$

де  $B$  - ширина шумозахисної смуги зелених насаджень, м,

$\alpha_{зел}$  - постійна загасання звуку в зелених насадженнях, дБ/м

У якості ширини смуги зелених насаджень  $B$  слід приймати торбу довжини  $ди.ш.$  смуги на ділянці поблизу джерела шуму (транспортного потоку) і довжини  $др.т.$  смуги на ділянці поблизу розрахункової точки ( $B = ди.ш. + др.т.$ ). При підрахуванні довжин  $ди.ш.$  і  $др.т.$  радіус кривої, уздовж якої визначаються ці довжини, складає 5 км. Для спрощення розрахунків допускається визначати довжини  $ди.ш.$  і  $др.т.$  уздовж променів, що виходять з акустичного центру джерела шуму і з розрахункової точки під кутом  $15^\circ$  до поверхні території. За відсутності точних даних приймають величину  $\alpha_{зел} = 0,08$  дБА/м. Формула (3.7) справедлива при ширині смуги зелених насаджень не більше 100 м. При більшій ширині смуги чимдалі збільшення  $\Delta L_{A,зел}$  значно сповільнюється і ускладнено для прогнозування. При проектуванні шумозахисної смуги зелених

насаджень слід враховувати швидкість росту, можливу їх висоту, довговічність, форму і щільність крони, стійкість по відношенню до вихлопних газів.

У таблиці 2.4 приведені розраховані на основі експериментальних даних питомі об'ємні коефіцієнти звукопоглинання досліджених порід у складі посадок з різною величиною розриву між кронами в між рядовому просторі.

Аналізуючи результати, приведені в таблиці 2.4 можна відмітити наступні закономірності:

- найбільші значення питомих коефіцієнтів звукопоглинання мають широколистяні породи. Причому максимальні значення  $\alpha_v$  має каштан кінський, що має широку а також гнучку листову пластину, близьку до довжини сприйнятої звукової хвилі. Менші значення має клен гостролистий, що має меншу і жорсткішу листову пластинку. Тобто звукопоглинальні властивості порід, що становлять шумозахисні зелені насадження пропорційні розмірам і гнучкості їх листових пластинок;

- максимальне звукопоглинання в області низьких частот мають хвойні породи. Проте у них з ростом частоти ріст звукопоглинання набагато менший, ніж у листяних порід;

- наявність і розміри подовжніх розривів в смузі ШЗН між рядами крон робить вплив на величину коефіцієнта звукопоглинання, збільшуючи або зменшуючи його. Пов'язано це з внутрішньою реверберацією звуку в розриві. Зміна спектру обумовлена резонансними явищами;

- збільшення кількості подовжніх розривів в смузі ШЗН збільшує її звукопоглинальні властивості.

Таким чином, ефективність застосування посадок зелених насаджень дозволяє виконати якісну оцінку планування і забудови міських територій із містобудівних, соціальних і економічних позицій затвердити доцільність і ефективність заходів по поліпшенню акустичної обстановки.

Рекомендуються до застосування наступні породи дерев: береза пухнаста, дуб, клен гостролистий, модрина сибірська, ялиця сибірська, ялина, сосна, тополі

Таблиця 2.4 - Спектр питомих об'ємних коефіцієнтів звукопоглинання ( $\alpha_v$ )  
посадок ШЗН

Найменування	Розрив		СГМ частоти октавних смуг, f, Гц						
	Розмір (м)	К-ть	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Каштан	0	0	0,12	0,17	0,67	0,79	1,04	2,15	3,07
	0,5	1	0,13	0,22	1,13	0,88	1,4	2,34	3,53
	0,6	1	0,13	0,2	0,75	1,24	1,44	3,03	4,24
	0,7	1	0,17	0,19	0,82	1,04	1,7	3,4	4,33
	0,8	1	0,12	0,19	1,02	2,54	1,62	3,08	4,21
	0,5	2	0,13	0,27	1,58	0,98	1,77	2,92	3,99
	0,6	2	0,14	0,23	0,83	1,69	1,83	3,91	5,1
	0,7	2	0,23	0,22	0,96	1,28	2,35	4,64	5,59
	0,8	2	0,11	0,21	1,37	1,85	2,2	4,00	5,34
	0,5	3	0,14	0,32	2,04	1,07	2,13	3,31	4,45
	0,6	3	0,16	0,26	0,91	2,14	2,23	4,79	6,11
	0,7	3	0,28	0,24	1Д1	1,52	3,01	5,89	6,85
	0,8	3	0,11	0,23	1,72	2,38	2,79	4,92	6,48
Липа	0	0	0,05	0,07	0,24	0,32	0,47	0,74	1,03
	0,5	1	0,05	0,09	0,40	0,36	0,63	0,87	1,18
	0,6	1	0,06	0,08	0,27	0,52	0,65	1,04	1,42
	0,7	1	0,07	0,08	0,29	0,42	0,77	1,17	1,45
	0,8	1	0,08	0,08	0,36	0,49	0,73	1,06	1,41
	0,5	2	0,06	0,11	0,57	0,40	0,80	1,01	1,34
	0,6	2	0,16	0,10	0,30	0,68	0,83	1,35	1,71
	0,7	2	0,10	0,09	0,35	0,52	1,06	1,60	1,88
	0,8	2	0,05	0,09	0,49	0,75	1,00	1,38	1,79
	0,5	3	0,06	0,13	0,73	0,44	0,96	1Д4	1,49
	0,6	3	0,07	0,11	0,33	0,87	1,01	1,65	2,05
	0,7	3	0,12	0,10	0,40	0,62	1,36	2,03	2,30
	0,8	3	0,14	0,10	0,61	0,96	1,26	1,69	2,17
Береза	0	0	0,08	0,16	0,2	0,4	0,59	0,74	0,91
	0,5		0,09	0,21	0,34	0,45	0,8	0,86	1,05
	0,6		0,08	0,19	0,22	0,63	0,81	1,03	1,26
	0,7		0,11	0,18	0,24	0,52	0,96	1,16	1,28
	0,8		0,07	0,18	0,3	0,61	0,92	1,06	1,25
Клен	0	0	0,08	0,1	0,46	0,52	0,67	1,84	2,72
	0,5		0,085	0,13	0,77	0,58	0,9	2,17	3,13
	0,6		0,09	0,12	0,52	0,82	0,92	2,59	3,75

	0,7		0,12	0,11	0,56	0,68	1,09	2,91	3,84
	0,8		0,08	0,11	0,7	0,79	1,05	2,63	3,73
Ясен звичайний	0	0	0,06	0,08	0,29	0,44	0,57	0,77	1,03
	0,5		0,06	од	0,49	0,49	0,77	0,9	1,2
	0,6		0,07	0,09	0,33	0,69	0,79	1,09	1,43
	0,7		0,09	0,09	0,35	0,58	0,93	1,24	1,44
	0,8		0,06	0,09	0,44	0,67	0,89	1,12	1,42
Тополя	0	0	0,07	од	0,38	0,49	0,63	0,79	1,05
	0,5		0,07	0,125	0,64	0,55	0,85	0,93	1,21
	0,6		0,08	0,12	0,43	0,77	0,87	1,11	1,45
	0,7		од	0,12	0,46	0,64	1,03	1Д7	1,48
	0,8		0,07	0,11	0,58	0,74	0,98	1,13	1,44
Ялина	0	0	0,14	0,24	0,27	0,5	0,72	0,77	0,88
	0,5		0,15	0,31	0,45	0,56	0,97	0,92	1,01
	0,6		0,15	0,28	0,3	0,75	0,99	1,09	1,21
	0,7		0,2	0,27	0,33	0,66	1,17-	1,22	1,24
	0,8		0,13	0,27	0,41	0,76	1,12	1Д	1,21
Туя	0	0	0,16	0,3	0,37	0,53	0,67	0,84	1Д9
	0,5		0,17	0,39	0,62	0,59	0,91	0,99	1,37
	0,6		0,18	0,35	0,41	0,93	0,92	1,18	1,64
	0,7		0,23	0,34	0,45	0,69	1Д	1,33	1,68
	0,8		0,15	0,34	0,56	0,81	1,05	1,2	1,63

висота понад 20 м, діаметр крони 10-15 м;

- клен польовий, вільха сіра, верба ламка, каштан кінський (висота 10-20 м, діаметр крони 5 - 8 м);

- клен татарський, горобина звичайна (висота 5-10 м, діаметр крони 3-5 м);

- горобина промениста, глід звичайний, черемха віргінська, туя західна (висота 2-5 м, діаметр крони 1-3 м).

У якості чагарникового заповнення рекомендуються :

- великі кущі: акація жовта, бирючина, жимолость, бузок, калина, лох, бересклет (висота 4-9 м, діаметр 2-5 м);

- середні кущі: смородина золотиста, кизильник, бузок, таволга (висота 1- 3 м, діаметр 2-5 м).

Ґрунт в районі зеленої смуги має бути покритий густою травою. Це сприятиме додатковому поглинанню звуку в приземному шарі.

Важливо враховувати, що в холодний період року листяні дерева втрачають своє листя, що призводить до повного зниження їхнього шумозахисного ефекту. Висадка хвойних порід дерев є ефективним засобом зниження шуму протягом всього року. Тому рекомендується включати хвойні породи дерев у шумозахисні смуги. Однак важливо враховувати, що в міських умовах смороду часто не добре росте, і тому їхнє застосування в умовах міста може бути обмеженим. У умовах міської забудови, що склалася, шумозахисні смуги зелених насаджень практично непридатні, а звичайні міські посадки з дерев, що окремо стоять, шумозахисного ефекту не мають. Проте при проектуванні або реконструкції транспортних доріг, особливо в замиській зоні, такі посадки можуть широко застосовуватися. При необхідності створення проходів через зелені насадження, ці проходи повинні бути спроектовані під гострим кутом до транспортної магістралі з метою зменшення проникнення шуму в забудову. При проектуванні смуг зелених насаджень слід також враховувати, що сморід частково поглинають шкідливі вихлопні гази автомобілів і окрім фізичного зниження шуму, створюють додатковий психологічний ефект приглушення шуму.

Використання зелених насаджень в міському плануванні і забудові дозволяє оцінити якість та ефективність цих заходів з позицій містобудівних, соціальних та економічних аспектів, і підтвердити доцільність і результативність ініціатив з покращення акустичного середовища.

Застосування зелених насаджень у житловому будівництві для боротьби з внутрішньо кварталними шумами, враховуючи особливості поширення шуму та акустичні характеристики різних видів рослин, дозволяє надати оцінку акустичної ефективності запропонованих зелених насаджень з високою ступенем достовірності. Це також дозволяє розрахувати обґрунтовані містобудівні та будівельні заходи для зниження шуму на територіях з житловою забудовою та у внутрішньо кварталних просторах.

Запропоновано містобудівні рішення у вигляді зелених насаджень алейного типу з розривами між кронами, які також мають властивість поглинати звук.



## РОЗДІЛ 3 КОНСТРУКТИВНІ ЗАХОДИ ДЛЯ ЗАХИСТУ УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ ВІД АКУСТИЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ

### 3.1 Захисні інженерні споруди від акустичного забруднення

В умовах вже існуючої архітектурної забудови в містах, найбільш перспективним та ефективним заходом для обмеження негативного впливу транспортного шуму на селищну зону є впровадження захисних інженерних споруд. При розповсюдженні акустичних коливань від транспортного потоку в оточуюче середовище кінцевий рівень звуку на об'єкті, який захищається, залежить від ряду фізичних (хвильових) явищ, таких як інтерференція акустичних коливань, їх поглинання, дифракційні явища та інші. Врахування цих аспектів є важливим при оцінці ефективності захисних екранів.

Ефективність шумозахисних екранів залежить від ряду факторів, не пов'язаних з хвильовою природою, основними з яких є:

- Геометричні параметри, форма та матеріал, з якого виготовлено екран.
- Наявність звукопоглинаючої обробки на робочій поверхні захисного екрану.
- Екрануючі пристрої, розташовані з протилежного боку автомобільної дороги.
- Площа отворів та нещільностей в конструкції.
- Розташування та розміри об'єкту, який захищається, та інші.

Геометричні параметри та форма великою мірою впливають на ступінь ослаблення шуму, так як вони визначають розміри зони акустичної тіні, що утворюється за захисною спорудою. Наявність дифракційних явищ може зменшити ефективність екрануючої конструкції та обмежити зону акустичної тіні. Тому сучасні проекти шумозахисних екранів виконують складної геометричної форми з козирками та загнутими краями. Це дозволяє одночасно

перешкоджати потраплянню акустичних хвиль за екран та підвищувати ефективність відносно невеликих по висоті конструкцій.

Наявність акустично поглинаючого матеріалу на робочій поверхні захисного екрану дозволяє зменшити відбиття звукових хвиль від нього. Це запобігає збільшенню рівнів шуму з протилежного боку у випадку однобічного розміщення шумозахисної споруди.

У випадку розміщення захисних інженерних конструкцій по обидва боки від автомобільної дороги може виникнути посилення рівнів шуму через багаторазове відбиття звукових хвиль від поверхні конструкції. Тому цей факт треба враховувати при проектуванні двобічного шумозахисту від транспортного шуму.

Наявність нещільностей в конструкції захисних екранів значно зменшує їх ефективність, оскільки це дозволяє звуковим хвилям проникати у зону, що захищається. При цьому важливо враховувати, що отвір розміром до 20 см може знизити ефективність екрану на 1 дБА.

У випадку, коли довжина чи висота захисної інженерної споруди недостатні для створення ефективного захисту прилеглої території та об'єктів, які на ній розташовані, доцільним є влаштування екрану Т-Г-V- або Y-образного профілю. Конструкція таких екранів дозволяє знизити рівень шуму, аналогічний плоскому екрану, за менших розмірів.

Для теоретичних розрахунків орієнтовної шумозахисної ефективності захисних інженерних споруд використовуються різні методи, серед яких:

1. Геометричний метод: ґрунтується на визначенні розмірів акустичної тіні за напівбезкінечною перешкодою. Цей метод базується на представленні хвильового поля у вигляді суми полів від променів, які не залежать від довжини хвилі. Орієнтовне зниження шуму рекомендується визначати відповідно до різниці довжини шляху проходження звукового променя  $\delta$  (м) при визначеній висоті екрану.

2. Строгі методи: отримані Зоммерфельдом та Макдональдом, засновані на визначенні дифракції звуку на екрані.

3. Метод часткових областей та інші: використовуються для більш точних розрахунків.

Орієнтовна шумозахисна ефективність визначається в залежності від параметрів, таких як розміри та форма екрану, характеристики дифракції та інші фактори, які враховують різницю довжини шляху проходження звуку.

Отже, в умовах великих промислових міст із забудовою, що складалася роками, та значними рівнями шуму транспортних потоків найбільш раціональним є використання захисних інженерних конструкцій. Ці конструкції мають різноманітні характеристики та можуть включати такі елементи, як фундамент, несучі елементи каркасу (стійки, опорні профілі та ін.), елементи кріплення, шумопоглинальні панелі та прозорі звуковідбивні панелі.

За функціональністю захисні екрани можна поділити на три типи: шумопоглинальні, шумовідбивні та комбіновані. Комбіновані конструкції виявилися найбільш ефективними, оскільки, окрім звукоізоляції, вони також мають здатність поглиблювати звук, що збільшує їхню ефективність. Захисні екрани можуть бути як непрозорими, складаючись тільки з суцільних акустичних панелей, так і світлопрозорими, з панелями з органічного скла.

У випадку світлопрозорих екранів, які виготовлені з панелей з органічного скла, екран добре вписується в пришляховий пейзаж, не викликаючи неприємних відчуттів та стомлення у водіїв, пішоходів та мешканців пришляхових районів. Це можливість використання різних конструкцій захисних екранів в залежності від потреб оточуючого середовища робить їх оптимальним рішенням для боротьби з транспортним шумом.

У контексті поширення акустичних коливань від транспортного джерела шуму в навколишнє середовище з урахуванням наявності захисної інженерної конструкції розглядаються чотири шляхи розповсюдження хвиль:

1. Хвилі, які проходять поверх екрану у напрямку видимості джерела шуму.
2. Хвилі, які проходять завдяки дифракції.
3. Хвилі, які відбиваються від поверхні захисного екрану.

4. Хвилі, які безпосередньо проходять крізь екран та впливають на об'єкти, які підлягають захисту.

Для досягнення ефективного захисту прилеглої території від транспортного шуму за допомогою захисних інженерних конструкцій особливо важливі дифракційні хвилі та хвилі, які проходять крізь захисний екран. З цією метою застосовують різноманітні конструкції захисних екранів, спрямовані на збільшення втрат енергії при проходженні акустичних хвиль через захисну інженерну споруду.

Система захисного екрану має таку конструкцію: у каркас вбудовані перфоровані пласти, різної довжини й ширини, які закріплені кріпильними елементами. Поверхня, спрямована до джерела шуму, має синусоїдальний рельєф. Акустичний ефект полягає в поглинанні звукових хвиль в щілинах за рахунок тертя в шарах матеріалу. Захисний екран подовжує акустичну тінь за рахунок затягування хвиль синусоїдальним рельєфом, спрямованим до джерела шуму. Ефективність шумопоглинання цієї конструкції становить 5 - 7 дБ у широкому діапазоні частот.

Натомість, звукоізоляційна панель складається з пневматичних елементів з металевим чарунковим каркасом. Елементи закриті металевою захисною сіткою з одного боку і перфорованим екраном з іншого. Пневматичні елементи мають гофровані зовнішні поверхні з шаром звуковбирного матеріалу. Наявність гофри на порожніх елементах і їхнє розташування в різних напрямках усуває резонанси між протилежними поверхнями, покращуючи звукоізоляцію. Звукоізоляційна панель також має шар звуковбирного матеріалу на обох зовнішніх поверхнях гофрованих елементів.

Використання чарункового металевого звареного каркасу має вигоди у зменшенні витрат матеріалу на елементи кріплення. Застосування порожніх замкнених елементів, натомість суцільного шару, призводить до покращення звукоізоляції.

Щодо захисту сельбищної зони від транспортного шуму, можна використовувати екран, що складається з залізобетонних опорних елементів з

розширеннями в нижній частині і плоскими плитами. Плити уставляються в похилі пази на звернених до них площинах опорних елементів з кутом нахилу, що збільшується знизу нагору від  $0^\circ$  до  $30^\circ$ . Простір між плитами заповнено ґрунтом, де можна висаджувати рослини для збільшення акустичного ефекту та поліпшення зовнішнього вигляду.

Ще однією конструкцією є шумозахисне огороження, що складається з кутових відбивачів, вершини яких спрямовані у бік, протилежний звуковій хвилі. Ці відбивачі лежать в одній площині. Звукові хвилі, надходячи до екрану, відбиваються від нього. Кожен кутовий відбивач працює за принципом кутового відбивача, направляючи відбиту хвилю в напрямку джерела звуку. При зменшенні довжини хвилі збільшується акустична ефективність, оскільки зростає площа розсіювання і можлива інтерференція падаючих і відбитих звукових хвиль.

Для підвищення надійності захисту звуковбирного матеріалу від атмосферних впливів та оптимізації ефективності його використання розроблено захисну інженерну конструкцію. У цій конструкції горизонтальні панелі із звуковбирним матеріалом виконані у вигляді сектору із зовнішньою поверхнею з водонепроникного матеріалу. Внутрішня поверхня панелей має перфорацію, а на відкритій стороні встановлена захисна сітка. Панелі фіксуються на осях, які розташовані в корпусі з можливістю повороту. У робочому положенні панелі утворюють між собою зазори, які виконують функції горловин резонаторів для поглинання шуму. Застосування таких екранів, розміщених впритул один до одного, дозволяє створити захисну стіну навколо транспортних джерел шуму.

Оригінальна конструкція захисної інженерної споруди передбачає використання поточного середовища. Корпус такого захисного екрану може бути виготовлений із двох герметичних полотен гнучкого матеріалу, такого як прогумована тканина, які розділені на секції вертикальними швами. Секції мають отвори у вигляді горловин із кришками для заливання рідини. Секції з'єднані між собою з встановленням чотирьохпозиційних кранів для з'єднання й

роз'єднання секцій і зливання рідини. Екран кріпиться рухливо за допомогою троса. Рідина заливається у найбільш доступні горловини і, при правильному положенні кранів, заповнює порожнини інших секцій. Така конструкція забезпечує мобільність і зручність зміни конфігурації захисного екрану.

Розглянута захисна інженерна конструкція відрізняється від попередніх тим, що вона розташована на будівлях, що оточують, зокрема на вікнах і балконах житлових та офісних будинків, які знаходяться неподалік джерел акустичного дискомфорту. Ця конструкція виготовлена з підвіконними плитами, які з'єднані з огороженням балкона за допомогою кронштейнів.

Кожна плита має пластину із звуковбирним матеріалом, закріплену на зовнішній стороні і з'єднану з плитою гнучкими підвісками. У сукупності така конструкція утворює панельний поглинач. Частота настроювання поглиначів визначається відстанню між плитою і пластинами. Настроювання на резонансну частоту здійснюється за допомогою гнучких підвісок. В якості звуковбирного матеріалу використовується матеріал "Пемзоліт". Для стоку дощових вод і танення снігу плити встановлюються з нахилом так, щоб стік води направлявся по ринвах.

У випадках, коли необхідно спростити монтаж і знизити вартість шумозахисних огорожень, можна використовувати опорні елементи у вигляді стійок прямокутного перетину. Ці стійки мають похилі пази на площинах, звернених до плит, під кутом  $45^\circ$  до ребер стійок і  $90^\circ$  один до одного. Вертикальний паз виконується по центру стійки, при цьому акустичні плити вбудовані в пази стійок.

Наприклад, захисний екран від транспортних шумів може мати конструкцію, що складається з несучої рами зі звареного трубчастого каркасу з телескопічно з'єднаними елементами та прутковими поперечками. На цей каркас нанесено матеріал з високими активними втратами, таким як поліетиленова або тканинна стрічка, оброблена звукоізоляційним матеріалом. Шум, який поширюється від джерела, взаємодіє з елементами екрану.

У процесі взаємодії з елементами екрану низькочастотні коливання гасяться при дисипації в процесі коливань ребер, що згинаються. Середні й високочастотні коливання загасають у щілинах між ребрами екрану за рахунок активних втрат. Профіль екрану може бути обраний в залежності від характеру шуму та естетичних вимог.

Пластинчасті елементи екрану вигнуті з певним радіусом кривизни, що збільшується в напрямку від центру екрану. Вони з'єднані у віялообразну форму з утворенням вхідного каналу. Звукові хвилі входять у канал і згасають від тертя об стінки каналу. Значна частина звукової енергії поглинається при багаторазовому відбитті від поверхонь пластин. Регулюючи кривизну пластин, можна досягти необхідного звукопоглинання на певних частотах. Для додаткового поглинання звукової енергії поверхні пластин можна покрити звуковбирним матеріалом.

З метою економії матеріалів та коштів, а також для поліпшення технологічності й міцності захисних екранів, рекомендується використовувати просторові модулі у формі тристінників. Такий модуль має середню стінку та симетрично розташовані бічні стінки, обмежені збіжними рівно похилими торцевими гранями. Така конфігурація модульних елементів дозволяє збирати з них захисні інженерні конструкції різної форми в плані, будь то прямолінійна або складна форма. Стовщення середньої частини та зігнутість форми забезпечують стійкість конструкції без необхідності використання фундаментів.

Загалом, захисна інженерна конструкція представляє собою вертикальну стінку певної висоти, виконану з різних матеріалів, таких як залізобетонні панелі, дерево, цегла, метал, пластик та інші. Вибір матеріалу залежить від його властивостей і експлуатаційних умов. Геометричний розмір та форма конструкції впливають на її шумозахисну ефективність. Ураховуючи обмеження висоти екрану з естетичних і економічних міркувань, застосування конструкцій складної геометрії дозволяє компенсувати зменшення її геометричних розмірів.

Враховуючи дифракційні явища, що виникають на гранях екрану, особливо в області низьких частот, важливо передбачити додаткові заходи для зменшення розповсюдження вторинних (дифракційних) акустичних хвиль. Одним із рішень є використання захисної інженерної конструкції у формі Y-образного профілю з звукопоглинальною поверхнею.

Обрана форма екрану має кілька переваг, таких як:

1. Зменшення дифракції на його кромці.
2. Запобігання утворенню фронту відбитої звукової хвилі, що дозволяє уникнути встановлення захисного екрану з протилежного боку автомобільної дороги.
3. Можливість підбору модулів екрану під заданий спектр транспортного шуму.
4. Простота монтажу та експлуатації.

Загальний вигляд запропонованої захисної інженерної конструкції зображено на рисунку 3.1. Проект реалізується у Львові (вулиця Джерельна) в межах будівництва житлового комплексу "Бельгійське містечко". Цей проект є унікальним для України і став можливим завдяки інвестиціям з Бельгії та підтримці від Міністерства інфраструктури, Укрзалізниці, Львівської магістралі та міської влади.

З вікон вагонів потягів, які прибувають на головний вокзал Львова зі східної сторони, добре видно, як будується містечко. Адже залізнична колія у цьому місці пролягає на висоті понад 10 м. На площі 3 га вже зведено шість будинків. Трохи більше, ніж через рік будівництво завершать. Загалом тут зведуть дев'ять житлових будинків і три дитячих майданчики, а також озеленять територію. Основний акцент у концепції житла в «Бельгійському містечку» зроблено на зручність, доступність, енергозбереження та якість. У цю концепцію входить і будівництво шумозахисного екрану, що зводитиме до нормативного шум від руху потягів. Проекти шумозахисного екрану забудовник розробив, спираючись на світову практику. У світі такі об'єкти вздовж колії є нормою.



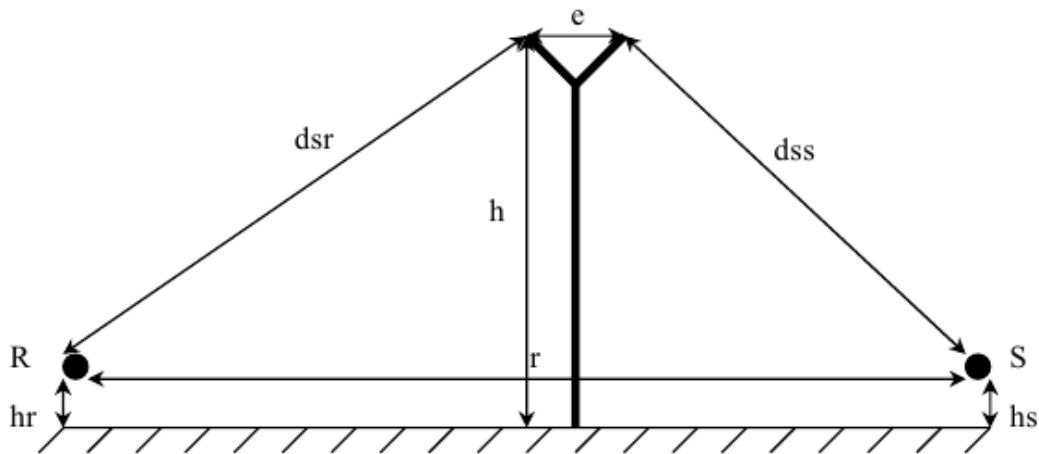


Рисунок 3.1 – Захисної інженерна конструкція, схематичне зображення:

$S$  – джерело шуму;  $R$  – об’єкт, що захищається;  $h$  – висота екрану;  
 $r$  – відстань від джерела шуму до об’єкту, що захищається;  $e$  – відстань між акустичними кромками екрану;  $dss$  – відстань від джерела до першої дифракційної кромки екрану;  $dsr$  – відстань від джерела до другої акустичної кромки екрану;  $hr$  – висота приймача шуму,  $hs$  – висота умовного акустичного центру джерела шуму.

Перший в Україні шумозахисний екран — це спеціальна конструкція висотою 5 м. Її встановлять на відстані 5 м від колії та довжиною понад 500 м. У такий спосіб вона захищатиме від шуму не лише мешканців «Бельгійського містечка», а й усього житлового мікрорайону.

Виготовлятися шумозахисний екран, таким чином, може з різних матеріалів. Висота таких конструкцій зазвичай не перевищує восьми метрів. Дуже часто при установці огорож цього типу саме на автомобільних магістралях використовуються прозорі матеріали. Це дозволяє підвищити рівень безпеки дорожнього руху.

Крім цього, вважається, що такі матеріали дають можливість збирати більш привабливі в плані естетики екрани. Автомобільні дороги можуть захищатися як повністю прозорими екранами, так і конструкціями, що мають

світлопроникні вставки. Крім полікарбонату для складання таких огорож часто використовується також оргскло. В цьому випадку вставки бувають як повністю прозорими, так і з тонованими.

Як звукоізолятором в таких конструкціях найчастіше використовується дешева мінеральна вата (базальтова або скляна). Іноді замість неї застосовується також пінополістирол. Максимально допустимою відстанню між опорами такого паркану вважається п'ять метрів. Перед установкою кожна металева деталь такої конструкції обробляється спеціальними антикорозійними складами. Монтаж шумозахисних екранів може проводитися з облаштуванням воріт для транспорту або хвіртки для пішоходів. Внизу такі паркани часто захищаються різного роду елементами дуже високої механічної міцності, здатними без шкоди для себе витримувати удари відлітають з-під коліс автомобілів каміння.

Крім власне крім шумопоглинаючою, такі конструкції можуть виконувати й інші функції. Як вже згадувалося, при використанні для їх складання жароміцних матеріалів, вони можуть виступати в якості непоганий захисту від пожеж. Шумозахисні конструкції здатні стати відмінною перепорою для житлових будівель від пилу і різного роду шкідливих газів, що летять з доріг.

Але, зрозуміло, є у конструкції цього типу і певні недоліки. Так, наприклад, в тому випадку, якщо при їх виготовленні не були використані прозорі матеріали, вони можуть значно знижувати видимість і навіть створювати у водіїв неприємне відчуття обмеженості простору, а отже, і підвищеної небезпеки. Ще одним мінусом конструкцій цього типу вважається їх дорожнеча.

Навіть при використанні дешевих матеріалів, їх складання зазвичай вимагає великих фінансових витрат. Тому встановлювати шумозахисний екран на дорогах слід тільки в тому випадку, якщо в цьому дійсно є серйозна необхідність. Приміром, якщо траса міжнародного або обласного значення проходить прямо через місто або інший населений пункт. Приклад монтажу полікарбонатної захисної стіни на вулиці Липинського в м. Львів -

встановлення полікарбонатного екрану висотою 3,5 м. й довжиною до 160 м. Два навчальні заклади для дітей виявили потребу в цьому проекті захисного екрану. У приміщеннях цих шкіл рівень шуму, який генерується автодорогою, перевищує норми, встановлені санітарними вимогами.



Рисунок 3.2 – Шумозахисний екран



Рисунок 3.3 – Шумопоглинаючий екран



Рисунок 3.4 – Полікарбонатна захисна стіна

### 3.2 Конструкції захисних інженерних споруд

Конструкція захисної інженерної споруди повинна відповідати ряду обов'язкових вимог:

- Забезпечувати максимальну акустичну ефективність при мінімальних геометричних розмірах.
- Бути надійною, довговічною та мати високі показники пожежостійкості та антивандальності.
- Естетично вписуватися в навколишнє середовище.
- Не створювати додаткових джерел небезпеки, зокрема, не обмежувати оглядовість ділянок доріг біля перехресть.
- Не збільшувати інтенсивність акустичних коливань на протилежному боці автомобільної дороги при однобічному розташуванні захисних екранів поруч із зонами постійного перебування людей.
- Витримувати значне вітрове навантаження та інші впливи навколишнього середовища.
- Складатися з матеріалів, що мають конкурентні вартісні характеристики для використання на значних відстанях.

Розгляд цих вимог у конструкції захисних екранів сприятиме їхній зручності, а також зробить їх невід'ємною частиною міської інфраструктури. З метою забезпечення зорового комфорту мешканців та видимості для водіїв, призначені для захисту, може бути розроблена комбінована конструкція, яка поєднує світлопрозорі та звукопоглинальні модулі.

Ця конструкція захисної інженерної споруди не лише ефективно захищає селищну зону, що прилягає до автомобільної дороги, від інгредієнтного та параметричного забруднення, але й забезпечує збереження достатньої видимості шляху, не вносячи негативних змін у загальний вигляд вулиці. З урахуванням цього, її можна використовувати для захисту житлових будинків, лікарень, дитячих майданчиків та інших об'єктів з особливими вимогами до якості повітря, що знаходяться в безпосередньою близькості від автомобільних

доріг. Універсальність запропонованої конструкції захисного екрану підтверджується тим, що вона може бути використана для розміщення світильників вуличного освітлення, де джерелом живлення є сонячні батареї, розташовані в верхній частині екрану. Таке поєднання є економічно доцільним як з точки зору капітальних витрат на будівництво системи зовнішнього освітлення, так і з точки зору її енергоефективності.

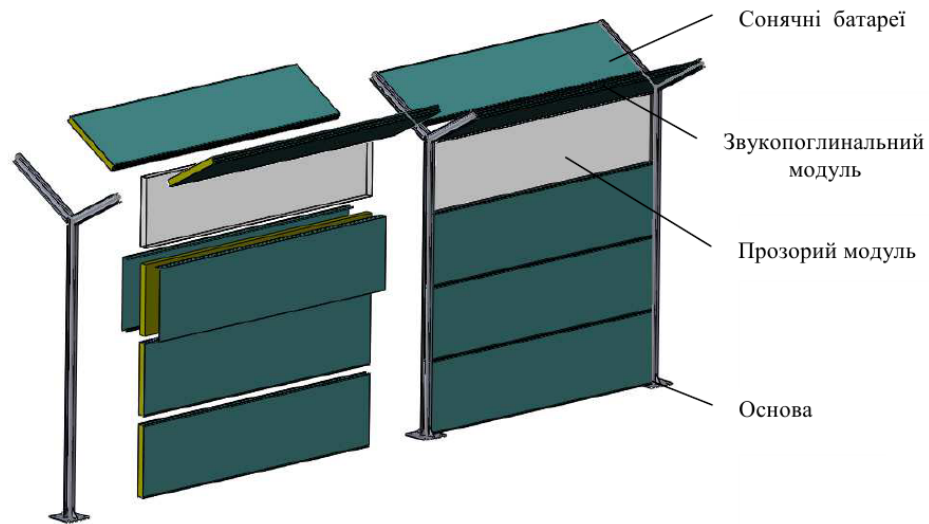


Рисунок 3.5 – Зовнішній вид та елементи конструкції захисного екрану

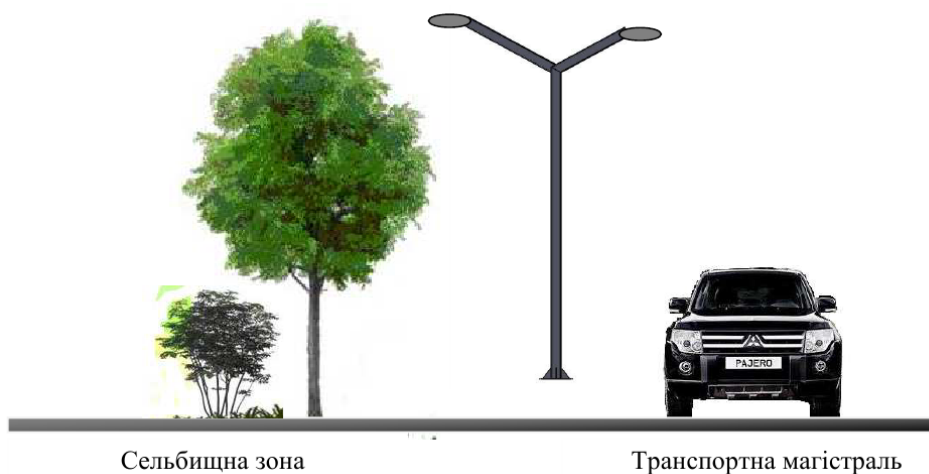


Рисунок 3.6 – Захисний екран (вид у розрізі)

Шумозахисний екран, з точки зору конструкції, може включати наступні елементи:

- елементи кріплення;
- фундамент;
- несучі елементи каркасу (стійки, опорні профілі тощо);
- шумопоглинальні панелі;
- прозорі звуковідбивні панелі.

За функціональністю захисні екрани можна класифікувати на три типи:

- 1) Комбіновані;
- 2) Шумовідбивальні;
- 3) Шумопоглинальні..

Вивчення провідних виробників захисних екранів вказує на те, що найбільш ефективними є комбіновані конструкції. Такі екрани, крім звукоізолюючих властивостей, включають звукопоглинальні елементи, що підвищує їхню ефективність.

Шумозахисні екрани можуть бути як непрозорими, складаючись з суцільних акустичних панелей, так і світлопрозорими, включаючи панелі з органічного скла. У випадку світлопрозорих варіантів, екран може гармонійно вписуватися в природний ландшафт, не викликаючи дискомфорту для водіїв, пішоходів та мешканців місцевих населених пунктів, розташованих уздовж автомобільної дороги. Різноманітність конструкцій шумозахисних екранів, яка враховує потреби навколишнього середовища, свідчить про те, що екрани представляють собою оптимальний підхід до боротьби з транспортним шумом.

Шумозахисний екран представляє собою вертикальну стінку певної висоти, виготовлену з різних матеріалів, таких як залізобетонні панелі, дерево, цегла, метал, пластик та інші. Вибір конкретного матеріалу для будівництва екрану залежить від його властивостей і характеристик. Кожен з цих матеріалів має свої переваги та недоліки, проте важливим фактором для загальної шумозахисної ефективності екранів є їхні геометричні розміри та форма.

Зважаючи на обмеження щодо висоти акустичного екрану з естетичних і економічних міркувань, екрани виготовляють у складних геометричних формах, що компенсує зменшення їхніх розмірів. Дифракційні явища, що виникають на гранях екрану, можуть значно впливати на його ефективність, особливо в області низьких частот. З цієї причини в захисних інженерних конструкціях необхідно передбачити додаткові заходи, спрямовані на зменшення розповсюдження вторинних акустичних хвиль, які обходять екран та потрапляють в область захисту.

Запропонована для вирішення цієї задачі шумозахисна панель "Керамічна стрічка" відповідає вказаним вимогам, надаючи додатковий захист від дифракційних ефектів та сприяючи загальній акустичній ефективності конструкції.

Вибір форми захисного екрану обумовлений декількома факторами, серед яких важливими є:

1. Можливість зменшення дифракції: форма екрану обрана так, щоб зменшити дифракцію на його кромці, що сприяє ефективному зниженню рівня шуму.

2. Запобігання утворенню фронту відбитої звукової хвилі: правильна форма екрану дозволяє уникнути утворення фронту відбитої звукової хвилі, що може дозволити не встановлювати захисний екран з протилежного боку автомобільної дороги.

3. Можливість підбору модулів для заданого спектру транспортного шуму: конструкція екрану повинна допускати варіативність у виборі модулів для оптимального підгону під конкретний спектр транспортного шуму.

4. Простота монтажу та експлуатації: ефективність екрану повинна поєднуватися з легкістю в монтажі та управлінні під час експлуатації.

Щодо конструкції, важливим є використання звукопоглинаючих матеріалів з метою зниження вторинних акустичних проявів транспортного потоку. Звукопоглинаючі матеріали призначені для зменшення інтенсивності відбитих звукових хвиль, перетворюючи їх на теплову енергію.

Відсутність засобів звукопоглинання може призвести або до збільшення рівня шуму на при магістральній території з протилежного боку екрану (у випадку однобічного розташування), або до створення умов для багаторазового відбиття акустичних хвиль, що може підвищити рівні шуму на верхніх поверхах будинків (у випадку розташування екранів по обидва боки від автомобільної дороги).

Впровадження звукопоглинальних елементів в конструкцію захисного екрану визнається важливою вимогою для забезпечення його ефективності у зниженні рівнів шуму на території, прилеглій до автомобільної дороги.

При виборі типу звукопоглинального матеріалу враховуються конкретні вимоги до його експлуатації, такі як:

1. Низька гігроскопічність та біологічна стійкість: матеріал повинен бути стійким до впливу вологості та біологічного знехтування.
2. Негорючість: важливо, щоб матеріал був негорючим для забезпечення високого рівня безпеки.
3. Достатня звукопоглинальна ефективність: матеріал повинен виявляти високу здатність до поглинання звукових хвиль.
4. Стабільність акустичних характеристик: важливо, щоб матеріал зберігав стабільні акустичні властивості протягом тривалого часу.

Різні види звукопоглинальних матеріалів включають в себе структури із волокнистою, пористою, пористо-губчастою, зернистою та змішаною структурою. Використовуються різні сировини, такі як полімери органічного походження, композитні матеріали, мінеральні волокна тощо.

Урахування функціональності захисного екрану, спрямованої не тільки на зниження акустичної складової транспортного шуму, але і на зменшення інгредієнтного забруднення, вимагає вибору наповнювачів звукопоглинальних модулів з урахуванням їхніх абсорбційних властивостей. Це дозволяє знизити рівні загазованості не тільки на при магістральних територіях, але й у зоні руху автотранспортних потоків.



Вимогам, описаним вище, відповідають вуглецеві матеріали, які можуть бути отримані з різних джерел сировини, що містять вуглець, таких як целюлоза, торф, кам'яне вугілля, синтетичні полімерні матеріали, різні органічні відходи і інші.

У зв'язку з різноманітністю варіантів отримання вуглецевих матеріалів та великою ресурсною базою, ці матеріали широко застосовуються, і світове виробництво досягає майже одного мільйона тон щорічно.

Технологічний процес виготовлення вуглецевих матеріалів за допомогою піролізу з твердої органічної сировини при різних швидкостях нагріву дозволяє отримувати матеріал із різним розміром чарунок. Це впливає на його звукопоглинальні та абсорбційні властивості, роблячи його ефективним для використання у шумозахисних конструкціях.

Вуглецеві матеріали виготовляються у різних формах: гранульованими, волокнистими, пористими, плівковими. Це обумовлюється широким спектром застосування матеріалів у різних галузях промисловості.

Для ефективного використання вуглецевих матеріалів у звукопоглинальних модулях захисних інженерних конструкцій, необхідно визначити найбільш ефективну форму їх виготовлення з точки зору гасіння акустичних хвиль. Оскільки шум транспортного потоку є непостійним, матеріал повинен бути ефективним в широкому діапазоні частот.

Ефективність звукопоглинального матеріалу значною мірою визначається його характеристиками, такими як товщина, питома площа поверхні пор, загальний обсяг наскрізних каналів, щільність та інші. Для зручності монтажу та експлуатації вуглецеві матеріали можуть бути використані у вигляді рулонних матеріалів із волокнистою структурою або у вигляді пористих плит.

Для фіксації звукопоглинального матеріалу в модулі та запобігання його висипанню з конструкції захисного екрану можуть бути використані тканинні оболонки, виготовлені, наприклад, зі скляного або капронового волокна. У таблиці 3.1 наведені деякі характеристики волокнистих матеріалів, які можуть

бути придатними для використання в якості наповнювачів звукопоглинальних модулів захисних екранів.

Таблиця 3.1 – Характеристики активованих вуглецевих волокнистих матеріалів

Назва матеріалу*	Питома площа, м <sup>2</sup> /г	Розмір чарунок, нм	Тип розподілення чарунок	Сумарний об'єм мікропор, см <sup>3</sup> /г
Carbosieve	1179	0,3 – 0,7	Вузьке	0,43
LF 005	889	0,3 – 0,7	Вузьке	0,35
LF 143	1408	0,3 – 2,0	Відносно вузьке	0,55
LF 518	1793	0,3 – 3,0	Найширше	0,98
AX 21	3393	0,3 – 2,0	Широке	1,52

\* Примітка: матеріал LF отримано з целюлози, AX – з пеку, Carbosieve – з синтетичного полімеру.

З метою підвищення рівня пожежної безпеки конструкції можлива обробка тканинних оболонок антипіренами. Порівнюючи звукопоглинальну ефективність волокнистих рулонних матеріалів та пористих плит, можна зазначити, що матеріали з більшою площиною пористості, при однакових інших фізико-хімічних властивостях, мають більший коефіцієнт звукопоглинання, оскільки вони не містять наскрізних каналів.

Звукопоглинальний матеріал зазвичай розміщується в перфорованому металевому модулі, що забезпечує необхідну жорсткість конструкції. Однак ефективність шумозахисних екранів залежить від ряду факторів, таких як геометричні параметри, форма та матеріал екрану, наявність звукопоглинаючої обробки на його робочій поверхні, наявність екрануючих пристроїв з протилежного боку дороги, площа отворів та щільність в конструкції, а також розташування та розміри об'єкта, який потребує акустичний захист.

Геометричні параметри та форма шумозахисних конструкцій суттєво впливають на ступінь ослаблення шуму. Розміри зони акустичної тіні, яку утворює шумозахисна споруда, залежать від геометричних характеристик

конструкції. Дифракційні явища можуть призводити до зниження ефективності екрануючої конструкції та зменшення розмірів зони акустичної тіні.

Важливою також є наявність звукопоглинаючого матеріалу на робочій поверхні шумозахисного екрану. Це допомагає зменшити відбиття звукових хвиль від конструкції, запобігаючи збільшенню рівнів шуму на протилежному боці, особливо при однобічному розміщенні шумозахисної споруди.

При розміщенні шумозахисних екранів по обидва боки від автомобільної дороги може виникнути багаторазове відбиття звукових хвиль від поверхні конструкції, що може призвести до підвищення рівнів шуму. Наявність нещільностей в конструкції може також знизити ефективність шумозахисних екранів, дозволяючи звуковим хвилям проникати у захищену зону. Отвори в конструкції, особливо розміром до 20 см, можуть значно зменшити ефективність екрану.

Так, у випадках, коли довжина чи висота стандартного плаского захисного екрану не є достатньою для забезпечення ефективного захисту прилеглої території та розташованих на ній об'єктів, можна використовувати екрани спеціальних форм, такі як Т-, Г-, V- чи Y-подібні профілі.

1. Т-подібний екран. Має форму літери "Т", де горизонтальна частина захищає від наземного рівня шуму, а вертикальна - від вищих рівнів.

2. Г-подібний екран. Має форму літери "Г", забезпечуючи ефективний захист від різних напрямків шуму.

3. V-подібний екран. Має форму літери "V", з вершиною, що спрямована до джерела шуму, що дозволяє ефективно направляти шум вгору.

4. Y-подібний екран. Має форму літери "Y" і також може бути ефективним у направленні шуму від джерела.

Ці спеціальні форми екранів дозволяють досягти ефективного акустичного захисту за рахунок їхньої геометричної конфігурації, забезпечуючи оптимальні умови для розсіювання, поглиблення та відбиття звукових хвиль у відповідних напрямках.

Варіанти шумозахисних панелей (ШЗП) наведені у таблиці 3.2.

### 3.3 Оцінка акустичної ефективності захисного екрану

В оцінці акустичної ефективності захисних інженерних конструкцій використовується формула (3.1), де розрахункова довжина звукової хвилі залежить від типу колісного транспортного засобу і для автомобілів, автобусів і тролейбусів становить 0,84 метра. При оцінці ефективності захисної інженерної споруди при відсутності дифракційних кромek враховується різниця між довжиною шляху звукової хвилі, яка пройшла крізь перешкоду (захисний екран), та акустичної хвилі, яка проходила б за відсутності екрану, визначається за формулою [54]:

$$\delta = a + b - c; \quad (3.1)$$

Для оцінки акустичної ефективності захисного екрану використовується розрахункова схема, де:

-  $a$  – найкоротша відстань між умовним акустичним центром джерела шуму та верхнім ребром екрану (для автотранспортного потоку умовний акустичний центр розташовується на осі найдовшій від розрахункової точки смуги руху на висоті 1 м від поверхні проїзної частини вулиці), м;

-  $b$  – найкоротша відстань між розрахунковою точкою і верхнім ребром екрану, м;

-  $c$  – найкоротша відстань між умовним акустичним центром джерела шуму та розрахунковою точкою, м.

Розрахункова схема для оцінки акустичної ефективності захисного екрану подана на рис. 3.7.

Відстань за формулою 3.2 визначається як:

$$a = \sqrt{l_1^2 + (h - h_{\text{ау}})^2}, \quad (3.2)$$

де  $l_1$  – відстань по горизонталі від умовного акустичного центру автомобільної дороги до захисного екрану, м;

$h$  – робоча висота акустичного екрану, м;

$h_{\text{ду}}$  – висота умовного акустичного центру транспортного потоку, м;

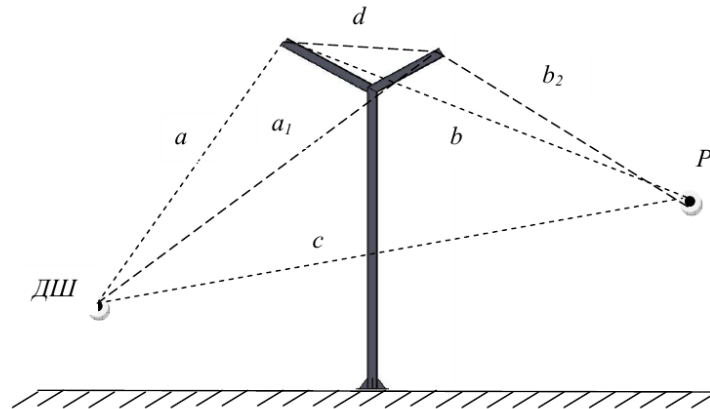


Рисунок 3.7 – Схема для оцінки акустичної ефективності захисного екрану

$$b = \sqrt{l_2^2 + (h - h_{pm})^2}, \quad (3.3)$$

де  $l_2$  – відстань від захисного екрану до об'єкту, що захищається, м;

$h_{pm}$  – висота розрахункової точки на об'єкті, що захищається, м.

$$c = \sqrt{(l_1 + l_2)^2 + (h_{pm} - h_{\text{ду}})^2}, \quad (3.4)$$

Якщо враховувати наявність дифракційних крамок, то різниця у довжині шляху акустичних хвиль визначається:

$$\delta = a_1 + d + b_2 - c; \quad (3.5)$$


Таблиця 3.2 – Варіанти шумозахисних панелей (ШЗП)

№	Назва фірми	Назва ШЗП	Фото ШЗП	Опис ШЗП	Шумопогл., дБА	Технічні умови (ТУ)
1	ТОВ «АТ «Механіка»	ЕШ – 1-1- АЦ0,5 – 4000x975		<p>Тришарова конструкція, що складається з тонколистових металевих профілів – листів облицювання і середнього шару між ними – звукопоглинаючого матеріалу (мінеральна вата Технолайт Екстра 100 та Ізолон) з захисним шаром для запобігання випаданню волокон крізь отвори перфорації і захисту волокон від зовнішніх атмосферних впливів (Вітробар'єр)</p> <p>Геометричні розміри: 300 – 400 см x 97,5 - 98,5 см x 11,5 см</p>	30	ТУ У В.2.6-28.1-23721759-020:2010

Продовження табл. 3.2 – Варіанти шумозахисних панелей (ШЗП)

№	Назва фірми	Назва ШЗП	Фото ШЗП	Опис ШЗП	Шумопогл., дБА	Технічні умови (ТУ)
2	ТОВ «Експериментальний завод будівельних конструкцій»	Шумозахисні панелі поглинаючого принципу дії		Панелі представляють собою тришарову конструкцію, що складається з тонколистових металевих профілів – листів облицювання з рельєфною поверхнею та перфорацією з одного боку панелей і середнього шару між ними – мінеральна вата. Геометричні розміри: 400 см x 100 см x 12 см.	30	ТУ У В.2.6-28.1-36980265-001:2011
3	ПП «Техноізол»	Шумозахисні панелі комбіновані		Тришарова конструкція, що складається з тонколистових металевих профілів. Мінеральні плити на основі базального волокна марки «IZOVAT», щільністю не менше 45 кг/м <sup>3</sup> . В якості прозорої вставки використовується лист з безкольорового монолітного полікарбонату. В якості гідроізоляційного шару	28	ТУ У В.2.6-24.3-31521061-001:2012

Продовження табл. 3.2 – Варіанти шумозахисних панелей (ШЗП)


№	Назва фірми	Назва ШЗП	Фото ШЗП	Опис ШЗП	Шумопогл., дБА	Технічні умови (ТУ)
				використовується гідроізоляційна мембрана. Геометричні розміри: 300 см x 300 – 600 см x 15,8		
4		Green Line		<p>Панель Green Line складається з двох рам, у яких горизонтальними та вертикальними елементами є кутові профілі з прокатної або холодногнутої сталі.</p> <p>Панелі наповнені:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- поліетиленовою сіткою з клітками 5 мм x 6 мм з товщиною 3 мм;</li> <li>- плитою з товщиною 50 мм з мінеральної вовни ROCKWOOL зі щільністю 80 кг/м<sup>3</sup> зі склополотном;</li> <li>- скломагнієвий лист з товщиною 10 мм з середньою щільністю 1300 кг/м<sup>3</sup>;</li> <li>- плитою з товщиною 50 мм з мінеральної вовни ROCKWOOL зі</li> </ul>	33	ТУ в розробці до липня






Продовження табл. 3.2 – Варіанти шумозахисних панелей (ШЗП)

№	Назва фірми	Назва ШЗП	Фото ШЗП	Опис ШЗП	Шумопогл., дБА	Технічні умови (ТУ)	Ціна, грн.
				<p>щільністю 80 кг/м<sup>3</sup> зі склополотном;  - поліетиленовою сіткою з клітками 5 мм х 6 мм з товщиною 3 мм;  Всі сталеві елементи панелей вкриті антикорозійним покриттям у вигляді цинкового покриття з товщиною у середньому 90 мкм, що наноситься методом занурення.  Геометричні розміри: 300 см х 100 см х 14 см</p>			



Продовження табл. 3.2 – Варіанти шумозахисних панелей (ШЗП)

№	Назва фірми	Назва ШЗП	Фото ШЗП	Опис ШЗП	Шумопогл., дБА	Технічні умови (ТУ)	Ціна, грн.
5		CERAMIC LINE		<p>Шар кольорової полімерно-цементної суміші з інертним наповнювачем із керамзиту фракції 5-10 товщиною 70 мм, хвилястою формою для збільшення площі шумопоглинаючої поверхні, а також шар залізобетону товщиною 80 мм. Геометричні розміри: 300 см x 100 см x 15 см</p>	41	ТУ в розробці до липня	<p>ШЗЕ встановлений на з/б дорожньому огороженні типу «New Jersey» з розрахунку за 1 метр погонний на 4 метри висотою складає 7304 грн. без ПДВ.</p> <p>Або ШЗЕ встановлений на з/б ростверку з розрахунку за 1 метр погонний на 4 метри висотою складає 6258 грн. без ПДВ.</p>

Продовження табл. 3.2 – Варіанти шумозахисних панелей (ШЗП)

№	Назва фірми	Назва ШЗП	Фото ШЗП	Опис ШЗП	Шумопогл., дБА	Технічні умови (ТУ)
6	ТОВ «ЗФС»	МО1/П		Корпус металевий, гаряча оцинковка, порошкова фарба Геометричні розміри: 300 – 400 см x 97,5 - 98,5 см x 11,5 см	30	
7		УШУ		Пластиковий корпус, ПВХ (полівінілхлорид)	30	ТУ в липні
8		УЗС «Зелена стіна»		Сітка, пластиковий корпус, ПВХ	30	ТУ в липні

Продовження табл. 3.2 – Варіанти шумозахисних панелей (ШЗП)

№	Назва фірми	Назва ШЗП	Фото ШЗП	Опис ШЗП	Шумопогл., дБА	Технічні умови (ТУ)
9	ТОВ «Завод ЄВРОФОРМАТ»	ЕЗст		Матеріали панелі: сталевий оцинкований, пофарбований лист товщиною 1,0 мм; тип наповнювача: мінеральна плита з щільністю – 80 кг/м <sup>3</sup> ; захисна оболонка: паропропускна мембрана Gore-Tech з щільністю до 0,3 кг/м <sup>2</sup> .	30	ТУ У 28.1-32453930-005:2009
10	ТОВ «Ефектбуд»	DIN EN 1793-2: Клас В3		Панелі виготовлені на основі модифікованого полегшеного бетону з внутрішнім армуванням. Геометричні розміри: 300 см x 50 см x 12 см, питома вага: 130 кг/м <sup>2</sup>	39	ТУ у вересні

Продовження табл. 3.2 – Варіанти шумозахисних панелей (ШЗП)

№	Назва фірми	Назва ШЗП	Фото ШЗП	Опис ШЗП	Шумопогл., дБА	Технічні умови (ТУ)
11	ТОВ «Ектоком»	Тип «Зелена стіна»		Панелі наповнені: - прижимна решітка. - ПВХ сітка. - гідроізоляційна мембрана, яка не допускає потрапляння вологи в середину, водночас, випускаючи вологу назовні. - звукоізолюючий мінеральний матеріал. - вологостійка ДВП. Геометричні розміри: 200 – 600 см x 50 – 200 см x 10 – 16 см.	30	ТУ в липні
12		Шумозахисні панелі відбиваючого принципу дії		Дані шумозахисні панелі складаються з прозорого листового акрилового матеріалу товщиною 16 мм. Листи обрамляються алюмінієвим спецементом та монтується в системі несучої конструкції з металевих стійок необхідної висоти	25	ТУ в липні

Продовження табл. 3.2 – Варіанти шумозахисних панелей (ШЗП)

№	Назва фірми	Назва ШЗП	Фото ШЗП	Опис ШЗП	Шумопогл., дБА	Технічні умови (ТУ)	Ціна, грн.
13		Шумозахисні панелі поглинаючого принципу дії		Корпус металевий, гаряча оцинковка, порошкова покраска Геометричні розміри: 300 – 400 см x 97,5 - 98,5 см x 11,5 см	30	ТУ в липні	Вартість повного комплексу робіт по спорудженню екрану даного типу висотою 4 м, становить 14 502 грн. за метр погонний

Для дороги з двома полосами в одному напрямку та відстані від захисного екрану до об'єкту забудови чи території, що захищається, розрахункова висота екрану становить 4 метри і параметри  $\delta=0,2$  та  $\delta'=0,51$ . У таких умовах ефективність екрану у вигляді прямої стінки складає 11 дБА. За умови наявності цих параметрів ефективність екрану збільшується до 15,4 дБА, що підтверджує доцільність використання цієї конструкції.

3.4 Оцінка ризику виникнення аварійних ситуацій на відрізках автодоріг із застосуванням захисних інженерних конструкцій.

Використання захисних інженерних споруд є оптимальним для захисту об'єктів і територій з високими стандартами якості повітряного середовища. Однак експлуатація цих споруд може призвести до аварійних ситуацій на автомобільних дорогах. Застосовуючи теорію ризиків, проведемо аналіз можливого ризику аварійних ситуацій на дорогах, де встановлені захисні інженерні конструкції.

Оцінка ризику включає наступні етапи:

- 1) Визначення небезпечних факторів.
- 2) Визначення можливих сценаріїв небажаних подій.
- 3) Оцінка ризиків, враховуючи частоту можливих аварій та їх можливі наслідки.
- 4) Порівняння рівнів ризику для визначення пріоритетних напрямків забезпечення безпеки ділянок автодоріг з захисними екранами.
- 5) Розробка заходів для попередження аварійних ситуацій на ділянці автодороги із захисним екраном.

Ідентифікація небезпечних факторів передбачає визначення переліку та причин виникнення джерел небезпеки, що є основою для розробки сценаріїв

аварійних ситуацій. Результати ідентифікації небезпеки наведено у таблиці 3.3..

Таблиця 3.3 – Результати ідентифікації небезпечних факторів встановлення захисної інженерної конструкції уздовж автомобільної дороги

№ п/п	Найменування небезпечного фактору	Джерело виникнення	Причина виникнення
1	Падіння захисного екрану чи його окремих елементів на проїжджу частину	Захисний екран	1. Неналежне закріплення елементів конструкції 2. Конструктивний недолік на етапі проектування
		Погодні умови	Надмірне вітрове чи снігове навантаження
		Сторонні об'єкти	Дії людей, інших транспортних засобів та ін., що призвели до руйнування конструкції захисного екрану з подальшим падінням на проїжджу частину
2	Обмеження видимості водія	Захисний екран	Неврахування геометрії розташування штучної споруди уздовж автомобільної дороги
3	Ослаблення уваги водія	Психофізіологічні властивості водія	1. Одноманітність вигляду захисного екрану 2. Частота мелькання опорних конструкцій

На підставі проведеної ідентифікації було побудовано "дерево відмов", яке відображає причини виникнення аварійної ситуації на автомобільній дорозі з участю захисного екрану. Результати аналізу показали, що джерелом небезпеки є як сам захисний екран, так і зовнішні фактори (наприклад, погодні умови) та психофізіологічні властивості водія.

Враховуючи це, нижче наведено можливі сценарії виникнення та розвитку аварійної ситуації в системі "автомобільна дорога – автомобіль – захисний екран":



### 1. Зіткнення:

- Якщо водій, намагаючись об'їхати перешкоду на проїжджій частині, різко змінює траєкторію руху, потрапляючи на іншу смугу руху та зіштовхуючись з іншим автомобілем.

- Якщо водій втрачає увагу та не реагує вчасно на появу інших транспортних засобів на перехресті.

### 2. Наїзд на перешкоду:

- Коли транспортний засіб наїжджає на елемент захисного екрану, що випав на проїжджу частину з будь-якої причини.

- Коли водій втрачає керування, і автомобіль наїжджає на захисний екран, розташований на узбіччі.

Для досягнення максимальної ефективності захисту при магістральній території важливо, щоб захисні інженерні конструкції були достатньо високими і простягалися на значну відстань уздовж сельбищної зони, забезпечуючи великий розмір зони акустичної тіні. Державні будівельні норми [81] визначають, що встановлення захисних інженерних споруд має бути якомога ближче до автомобільної дороги, забезпечуючи при цьому безпеку дорожнього руху. Згідно з [112], захисні екрани повинні бути встановлені на відстані не більше 5-6 м від осі крайньої смуги проїзної частини.

У відповідності до вимог [113] на перехрестях важлива видимість, і вона повинна бути забезпечена з врахуванням відстані між сторонами трикутника видимості, яка складає 150x150 м.

При влаштуванні захисної інженерної споруди важливо досягти щільності елементів для створення акустично непрозорої монолітної конструкції.

З метою попередження ДТП на ділянці автомобільної дороги, де встановлено захисний екран, необхідно забезпечити належну міцність конструкції з урахуванням можливих навантажень та впливів.

Щоб запобігти падінню захисного екрану, його слід встановлювати на самостійний фундамент і розраховувати на вітрові, снігові та сейсмічні навантаження.

### 3.5 Зниження рівнів шуму смугами зелених насаджень

Для забезпечення додаткового шумозахисного ефекту необхідно влаштувати спеціальні шумозахисні смуги зелених насаджень шириною 10 - 15 м. Для ефективного зменшення шуму в шумозахисній смузі, рекомендується дотримуватися таких параметрів розміщення дерев:

1. Відстань між деревами: не більше 4 метрів. Це дозволяє створити щільну рослинність, яка ефективно абсорбує звукові хвилі.
2. Висота дерев: мінімум 5-8 метрів. Високі дерева допомагають створити бар'єр для шуму, особливо на висоті автомобільного потоку.
3. Лінія розташування дерев: щоб отримати оптимальну ефективність, уявна лінія, яка сполучає акустичний центр транспортного потоку і розрахункову точку на рівні середини вікон останнього зверху будівель, що захищаються від шуму, повинна проходити на відстані 1,5 - 2 метри нижче дерев. Це забезпечить кращу абсорбцію шуму та захист від негативного впливу.

Ці параметри сприяють створенню ефективного бар'єру для звуку в межах шумозахисної смуги, допомагаючи зменшити шумове навантаження на прилеглі території та будівлі. Посадка дерев може бути рядовою або шаховою, причому обвішай простір під крону має бути повністю заповнений чагарниками без просвітів. На кожній ділянці території може бути влаштовані одна або декілька паралельних таких смуг, розділених повітрям проміжками шириною 3 - 5 м. У загальному випадку зниження шуму шумозахисними смугами зелених насаджень залежить від ширини і кількості смуг, щільності посадки дерев і кущів, дендрологічного складу та інших чинників і повинне розраховуватися по формулі:

$$\Delta L_{д,зел} = \alpha_{зел} \cdot B; \text{ дБА}, \quad (3.5)$$

де  $B$  - ширина шумозахисної смуги зелених насаджень, м,

$\alpha_{зел}$  - постійна загасання звуку в зелених насадженнях, дБ/м

У якості ширини смуги зелених насаджень  $B$  слід приймати торбу довжини  $di.ш.$  смуги на ділянці поблизу джерела шуму (транспортного потоку) і довжини  $dp.т.$  смуги на ділянці поблизу розрахункової точки ( $B = di.ш. + dp.т.$ ). При підрахуванні довжин  $di.ш.$  і  $dp.т.$  радіус кривої, уздовж якої визначаються ці довжини, складає 5 км. Для спрощення розрахунків допускається визначати довжини  $di.ш.$  і  $dp.т.$  уздовж променів, що виходять з акустичного центру джерела шуму і з розрахункової точки під кутом  $15^\circ$  до поверхні території.

За відсутності точних даних приймають величину  $\alpha_{зел} = 0,08$  дБА/м. Формула (3.5) справедлива при ширині смуги зелених насаджень не більше 100 м. При більшій ширині смуги чимдалі збільшення  $\Delta L_{A,зел}$  значно сповільнюється і ускладнено для прогнозування. При проектуванні шумозахисної смуги зелених насаджень слід враховувати швидкість росту, можливу їх висоту, довговічність, форму і щільність крони, стійкість по відношенню до вихлопних газів.

Рекомендуються до застосування наступні породи дерев:

- береза пухнаста, дуб, клен гостролистий, модрина сибірська, ялиця сибірська, ялина, сосна, тополі, осика, липа крупно листа, верба срібляста (висота понад 20 м, діаметр крони 10-15 м);

- клен польовий, вільха сіра, верба ламка, каштан кінський (висота 10-20 м, діаметр крони 5 - 8 м);

- клен татарський, горобина звичайна (висота 5-10 м, діаметр крони 3-5 м);

- горобина лучниста, глід звичайний, черемха віргінська, туя західна (висота 2-5 м, діаметр крони 1-3 м).

У якості чагарникового заповнення рекомендуються :

- великі кущі: акація жовта, бирючина, жимолость, бузок, калина, лох, бересклет (висота 4-9 м, діаметр 2-5 м);

- середні кущі: смородина золотиста, кизильник, бузок, таволга (висота 1- 3 м, діаметр 2-5 м).

Ґрунт в районі зеленої смуги має бути покритий густою травою. Це

сприятиме додатковому поглинанню звуку в приземному шарі.

У міських умовах, де є велика забудованість, зелені насадження у формі шумозахисних смуг майже неефективні, а окремі дерева також не забезпечують шумозахисного ефекту. Тим не менше, при плануванні або реконструкції транспортних магістралей, особливо в пригороді, можна широко застосовувати такі насадження. У випадку потреби в організації проходів у зелених смугах, ці проходи повинні бути спроектовані під гострим кутом до транспортної магістралі для мінімізації проникнення шуму до забудови. При проектуванні смуг зелених насаджень слід також враховувати, що сморід частково поглинають шкідливі вихлопні гази автомобілів і окрім фізичного зниження шуму, створюють додатковий психологічний ефект приглушення шуму.

Вплив дендрологічного складу на зниження рівня звуку у своїх дослідженнях розглянув Є. П. Самойлюк. Асортимент деревно-чагарникових порід не можна встановлювати довільно. При його виборі необхідно враховувати безліч чинників, що впливають на умови зростання зелених насаджень і, отже, на їх шумозахисну ефективність. Це вказує на велику складність у вирішенні цього питання. Для спеціальних шумозахисних смуг слід підбирати 1 - 2 породи дерев: швидкорослих, димогазостійких, з масивною кроною, з великою питомою вагою "Зеленої маси".

У центрі уваги Є. П. Самойлюка [117], питання найбільш ефективного використання смуг зелених насаджень шириною 25 - 30 м, які складаються з відособлених лав (5 - 6 рядів) з хорошим підліском і кущами. Кожен ряд такої смуги дає ефект зниження близько 1,8 дБА. Бажано в плані таку смугу розташовувати по зигзагоподібній лінії, яка збільшить площу відображення звукової енергії.

М. М. Болховітіной була запропонована розрахункова формула, що враховує дендрологічний склад і конструкцію смуги. По цій формулі шуканий рівень шуму за смугою зелених насаджень на відстані " $n$ " від джерела шуму визначається таким чином:

$$L_n = \frac{L_7 \cdot n \cdot b_{розр}}{k_g \cdot k_k \cdot L_7 (n - n_7) + n_7}; \quad (3.6)$$

Де  $L_7$  - початковий рівень шуму на відстані 7 м від джерела шуму;

$n$  - відстань від джерела шуму до шуканої точки за смугою зелених насаджень;

$b_{розр}$  - коефіцієнт, що характеризує ефективність смуги зелених насаджень по зниженню рівня шуму і визначуваний по таблиці 3.3, залежить від початкового рівня шуму;

$k_g$  - коефіцієнт, що враховує дендрологічний склад (незалежно від конструкції посадок, для листяних порід  $k_g = 1$ , для хвойних порід  $k_g = 1,2$ );

$k_k$  - коефіцієнт, що характеризує конструкцію посадок в смузі зелених насаджень (для рядової посадки незалежно від дендрологічного складу

$k_k = 1$ , для шахової посадки  $k_k = 1,05$ );

$n_7$  - відстань від джерела шуму дорівнює 7 м.

Таблиця 3.4 - Коефіцієнт ефективності смуги зелених насаджень

Початковий рівень шуму на магістралі, дБ	60	65	70	75	80	85	90
Значення розпарного коефіцієнта	0,02	0,0188	0,0175	0,0163	0,015	0,014	0,013

Для додаткового захисту від шуму можна використовувати спеціальні шумозахисні смуги зелених насаджень. Ці смуги формуються декількома рядами з розривами між ними, рівними висоті дерев. Ширина смуги повинна бути не менше 5 метрів, а висота дерев - не менше 5-8 метрів. Крони дерев на шумозахисних смугах мають щільно змикатися між собою, а під кронами розміщують густі кущі в шаховому порядку. Важливо висаджувати

швидкорослі та стійкі породи дерев і кущів. Зазначено, що навіть у спеціальних шумозахисних смугах зелених насаджень ефективність зменшення шуму невисока (5-8 дБА).

У випадках, коли будівлі розташовані вздовж міських та районних магістральних вулиць чи швидкісних доріг, можуть будувати спеціальні шумозахисні будівлі з підвищеною звукоізоляцією для зовнішніх обгороджень всіх приміщень, які виходять на "шумний фасад". У таких шумозахисних будівлях, що використовуються як екран для обмеження зони поширення шуму углиб селітебної території, передбачають спеціальне планування приміщень, при якому спальні кімнати, операційні, палати орієнтовані на фасад, протилежний до магістральної вулиці.

На етапі розробки генерального плану міста рекомендується складати шумові карти для вулично-дорожньої мережі та основних джерел промислового шуму. Ці карти можна створювати на основі результатів натурних вимірювань інструментами в реальних умовах або за допомогою розрахунків.

Необхідність та доцільність використання територіальних розривів, екрануючих споруд і шумозахисних смуг зелених насаджень визначають за допомогою розрахунку рівня звуку в розрахунковій точці на території об'єкту, який потрібно захистити від шуму.

Такий підхід дозволяє ефективно аналізувати та управляти шумовим середовищем міста, враховуючи конкретні умови та потреби. Шумові карти стають важливим інструментом для прийняття рішень щодо планування і розвитку міської інфраструктури з метою зменшення впливу шуму на мешканців та оточуюче середовище.

В умовах сучасних міст з масовою забудовою при магістральних територіях багатопверховими протяжними будинками для захисту населення від транспортного шуму найдоцільніше розміщувати уздовж магістральних вулиць і доріг спеціальні житлові будівлі, які прийнято називати шумозахисними або шумозахищеними. Шумозахисними житловими будівлями є:

- будівлі із спеціальними архітектурно-планувальною структурою і об'ємно-просторовим рішенням, що передбачають орієнтацію у бік джерел шуму вікон підсобних приміщень квартир і приміщень поза квартирних комунікацій, а також не більше за одну кімнату загального користування в квартирах з трьох і більше житловими кімнатами;

- будівлі, балконні двері і вікна яких мають високу звукоізоляцію і забезпечені спеціальними вентиляційними пристроями, поєднаними з глушниками шуму;

- будівлі комбінованого типу, в яких застосовані принципи захисту від шуму, характерні для перших двох типів будівель. Проекти шумозахисних житлових будівель рекомендується розробляти переважно на основі найбільш перспективних діючих серій типових проектів багатосекційних, коридорних і коридорно-секційних житлових будинків. Багатосекційні житлові будинки є найбільш масовими у вітчизняному житловому будівництві. Вони дозволяють komponувати різні типи квартир по плануванню і числу кімнат, мають високу містобудівну варіабельність. Тому розробка шумозахисних блок-секцій для багатосекційних житлових будинків у складі діючих серій типових проектів повинна стати одним з основних напрямів масового впровадження шумозахисних будівель в практику житлового будівництва. Архітектурно-планувальна структура багатосекційних житлових будинків характеризується наявністю тільки вертикальних поза квартирних зв'язків. Кожна блок-секція має сходово-ліфтовий вузол, з яким безпосередньо пов'язана квартира. При проектуванні шумозахисних блок - секцій необхідно домагатися збільшення числа квартир і їх сумарної корисної площі, що доводиться на один сходово-ліфтовий вузол, з метою скорочення кількості і найбільш ефективного використання сходово - ліфтових вузлів у будинку. При плануванні шумозахисних блок-секцій слід прагнути до максимально можливого збільшення ширини корпусу, що має велике економічне значення з точки зору питомих витрат будівельних матеріалів і тепла на одиницю корисної площі.

## ВИСНОВКИ

1. Використання захисних інженерних споруд, зокрема шумозахисних панелей, є одним з перспективних напрямків захисту зон, що оточують автомобільні дороги. Під час експлуатації ці споруди проявляють значні переваги, забезпечуючи сталий ефект від моменту їх встановлення.

2. Шумозахисні бар'єри можуть класифікуватися на два типи: непрозорими, що складаються лише з акустичних панелей, та світлопрозорими, які включають у себе панелі з органічного скла. У випадку світлопрозорих бар'єрів, вони можуть гармонійно вписуватися в місцевий ландшафт, не створюючи незручностей та втоми для водіїв, пішоходів та мешканців прилеглих населених пунктів, розташованих поблизу автомагістралі. Можливість вибору різних конструкцій шумозахисних бар'єрів в залежності від потреб навколишнього середовища, що оточує автодорогу, робить ці бар'єри оптимальним рішенням для боротьби з транспортним шумом.

3. Шумозахисний екран представляє собою вертикальну стіну різної висоти, яка може бути виготовлена з різних матеріалів, таких як залізобетонні панелі, дерево, цегла, метал, пластик і інші. Кожен із наведених матеріалів має свої переваги і недоліки, але загальний акустичний захисний ефект захисних бар'єрів визначається їхніми геометричними розмірами та формою. Оскільки реальний акустичний бар'єр не може бути дуже високим з огляду на естетичні та економічні обмеження, його виготовляють у складних геометричних формах, що дозволяє компенсувати зменшення габаритів.

4. Для забезпечення захисту навколишнього середовища, зокрема зони, що оточують автомобільну дорогу, та об'єктів з особливими вимогами до якості атмосферного повітря, висунута ідея використовувати захисну інженерну споруду у формі Y-образного профілю. Ця конструкція включає в себе прозорі та звукопоглинальні модулі, спрямовані на оптимальне поєднання функцій захисту від забруднення повітря та поглиблення шуму.



5. Запропоновану конструкцію захисної інженерної споруди можна розширити за допомогою світильників зовнішнього освітлення, які живляться від сонячних батарей, що розташовані у верхній частині захисної споруди. Це не лише дозволить захистити при магістральну територію від акустичного забруднення, але й впровадити енергоефективну систему зовнішнього освітлення, що працює на сонячній енергії.

6. Оцінено ризик виникнення аварійних ситуацій на ділянках автомобільних доріг, обладнаних захисними інженерними спорудами. Для попередження ДТП на ділянці автодороги, де встановлено захисний екран, необхідно забезпечити належну міцність конструкції з урахуванням можливих навантажень та впливів.

Щоб уникнути випадання захисного екрану, його слід встановлювати на самостійний фундамент та розраховувати на вітрові, снігові та сейсмічні впливи.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Автомобільні дороги. Споруди шумозахисні. Вимоги до проектування : ГБН В.2.3-37641918-556:2015 [Чинний від 2015-12-01]. Київ: Мінінфраструктури України, 2015. 30 с.
2. Basner M., Babisch W., Davis A., Brink M., Clark C., Janssen S., Stansfeld S. Auditory and non-auditory effects of noise on health. *The lancet*. 2014. Vol. 383(9925). P. 1325–1332.
3. Babisch W. Cardiovascular effects of noise. *Noise Health*. 2011. №13. P. 201–204.
4. Berglund B. Guidelines for community noise / B. Berglund, T.L. Dietrich, H. Schwela. Geneva : World Health Organization, 2011 y. 160 p.
5. Державні санітарні норми допустимих рівнів шуму в приміщеннях житлових та громадських будинків і на території житлової забудови. [Чинні від 2019-04-16]. Вид. офіц. Київ : Міністерство охорони здоров'я України, 2019. 8с. (Інформація та документація)
6. 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.
7. Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів : ДСП 173-96. [Чинний від 1996-06-19]. Київ : Мінохорони праці України, 1996. 25 с. (Національний стандарт України).
8. Деякі аспекти канцерогенної небезпеки забруднення повітря житлових приміщень [зб. наук. пр.] / І.О. Черниченко, Н.О. Зінченко, Н.В. Баленко, Л.С. Соверткова. Вип. 55. Київ: Державна установа «Інститут гігієни та медичної екології ім. О.М. Марзєєва АМН України», 2010. С. 145–150.
9. Ще раз про роль автотранспорту в забрудненні атмосферного повітря [зб. наук. пр.] / І.О. Черниченко, Я.В. Першегуба, Л.С. Соверткова, Н.В. Баленко.

Вип. 55. Київ: Державна установа «Інститут гігієни та медичної екології ім. О.М. Марзєєва АМН України», 2010. С. 150–157.

10. Екологія та автомобільний транспорт : навч. посібник / Ю.Ф. Гутаревич, Д.В.Зеркалов, А.Г. Говорун [та ін.]. Київ : Арістей, 2006. 292 с.

11. Захист територій, будинків і споруд від шуму : ДБН В.1.1-31:2013 [Чинний від 2014-06-01]. Київ: Мінрегіон України, 2014. 54 с.

12. Планування та забудова територій : ДБН Б.2.2-12:2019 [Чинні від 2019-10-01]. Київ: Мінрегіон України, 2019. 185 с.

13. Gergely Balazs Noise mapping – Good Practice Guide [Електронний ресурс] / Gergely Balazs // The European Information and Resource Center. 2009. Режим доступу: <http://www.xs4all.nl/~rigolett/ENGELS/eu/index.htm> Назва з екрану. Дата звернення: 12.10.2023.

14. Europa: Gateway to the European Union [Електронний ресурс] // Official website of the European Union 2013. Режим доступу: [http://europa.eu/index\\_en.htm](http://europa.eu/index_en.htm) Назва з екрану. Дата звернення: 04.09.2023.

15. Strategic Noise Mapping Austria [Електронний ресурс] // Abteilung Verkehr, Mobilität, Siedlungswesen und Lärm Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. 24.09.2023. Режим доступу: [http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/ed705\\_02.htm](http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/ed705_02.htm)

16. 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.

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

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

19. Environmental impact from different modes of transport – Method of comparison [Electronic resource]. Electronic data. [Stockholm : Swedish environmental protection agency report, 2009]. 65 p. Mode of access: World Wide Web: <http://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/620-5183-0.pdf> (viewed on 23.09, 2023). Title from screen.

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

21. 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.

22. Семашко П.В. Гігієнічна оцінка підземних паркінгів як потенційних джерел акустичного забруднення прилеглих до них територій житлової забудови / П.В. Семашко, С.В. Протас // Довкілля та здоров'я : наук. журн. / Інститут гігієни та мед. екол. ім. О.М. Марзеєва. 2010. Вип. 2 (53). С. 23–27.

23. Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів : ДСП 173-96. [Чинний від 1996-06-19]. Київ : Мінохорони праці України, 1996. 25 с. (Національний стандарт України).

24. Пляцук Л.Д. Оцінка викидів шкідливих речовин від автотранспортних засобів / Л.Д. Пляцук, Р.А. Васькін, В.О. Соляник [та ін.] // Екологічна безпека. – Вип. 2/2011 (12). Кременчук: КрНУ, 2011. С. 116–118.

25. Оцінка стану забруднення атмосферного повітря в Ужгороді та його вплив на поширеність хвороб органів дихання серед дітей [зб. наук. пр.] / В.П. Маркович, В.І. Петричко, В.В. Орел. – Вип. 59. – К.: Державна установа «Інститут гігієни та медичної екології ім. О.М. Марзеєва АМН України», 2012. – С. 57–62.

26. Transport & Environment [Електронний ресурс] : Режим доступу: <http://ec.europa.eu/environment/air/transport/road.htm> Назва з екрану. Дата звернення: 04.09.2023.

27. Сводная резолюция о конструкции транспортных средств : (СР.3) ECE/TRANS/WP.29/78/Rev.2 [Чинний від 2011–06–30]. Женева, 2011. 96 с.

28. Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними та біологічними речовинами) : ДСП-201–97 [Чинний від 1997–07–09]. К., 1997. 17 с.

29. 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.

30. Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження транспортних засобів категорій L2, L4 та L5 стосовно створюваними ними шуму (UN/ECE R 9–06:1997, IDT) : ДСТУ UN/ECE R 9–06:2004 [Чинний від 2005–10–01]. К., 2005. 28 с.

31. Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження мотоциклів, стосовно створюваного ними шуму (UN/ECE R 41–03:2000, IDT) : ДСТУ UN/ECE R 41–03:2005 [Чинний від 2007–07–01]. К., 2007. 55 с.

32. Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження автотранспортних засобів, що мають не менше ніж чотири колеса, стосовно створюваними ними шуму (UN/ECE R 51–02:1996, IDT) : ДСТУ UN/ECE R 51–02:2004 [Чинний від 2006–01–01]. К., 2004. 36 с.

33. Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження двоколісних мопедів стосовно створюваними ними шуму (UN/ECE R 63–01:1985, IDT) : ДСТУ UN/ECE R 63–01:2004 [Чинний від 2006–01–01]. – К., 2004. – 27 с.

34. Прищепов О.Ф., Левицька О.С. Методика дослідження процесів розсіювання забруднюючих речовин в повітрі, деформованому рухом транспорту / О.Ф. Прищепов, О.С. Левицька. Техногенна безпека. Наукові праці. Т. 73. Вип. 60. С. 62–65.

35. Внукова Н.В. Вибір екологічно значимих параметрів автотранспортних систем для оцінки екологічної небезпеки придорожнього простору / Н.В. Внукова, Г.М. Желновач // Екологічна безпека. Вип. 2/2011 (12). Кременчуг: КрНУ, 2011. С. 119–123.

36. Евгенъев Г.И. Применение шумозащитных экранов на автомобильных дорогах США [Электронный ресурс] : под ред. Евгенъева Г.И. // Автомобильные дороги и мосты. Режим доступа: <http://www.norm-load.ru/SNiP/Data1/56/56231/index.htm#i45589> Назва з екрану. Дата звернення: 12.09.2023.

37. Настанова з розрахунку та проектування захисту від шуму сельбищних територій : ДСТУ-Н Б В.1.1-33:2013 [Чинний від 2014-01-01]. Київ : Мінрегіонбуд України. 36 с.

38. Clark C., Stansfeld S. The effect of transportation noise on health and cognitive development: a review of recent evidence. *Int. J. Comp. Psychol.* 2007. № 20 (2). P. 145–158.

39. Петренко О.К. Вплив шуму автомобільного транспорту на організм людини. Україна у європейському просторі. Проблеми бізнесу, політики, права: мат. VI Міжнар. наук.-практ. конф., Львівський університет бізнесу та права. Львів, 2010. С. 46–48.

40. Skogstad M., Johannessen H. A., Tynes T., Mehlum I. S., Nordby K-C., Lie A. Systematic review of the cardiovascular effects of occupational noise. *Occupational Medicine.* 2016. №66. P. 10–16. URL: <https://academic.oup.com/ocmed/article/66/1/10/2750647>. (дата звернення: 10.11.2023).

41. Kempen E., Kruize H., Boshuizen H., Ameling C., Staatsen B., Hollander de A.E. The association between noise exposure and blood pressure and ischaemic heart disease: A meta-analysis. *Environmental Health Perspectives.* 2002. 110(3): 307–17.

42. Угненко Є.Б., Ужвієва О.М. Удосконалення методу обґрунтування будівництва обходів населених пунктів з урахуванням екологічних показників : монографія / Є.Б. Угненко, О.М. Ужвієва; Харків. нац. автомоб.-дорож. ун-т. - Харків : ХНАДУ, 2014. 135 с.

43. Малишева В.В. Захист сельбищної зони від шуму транспортної магістралі акустичними методами / М.В. Хворост, С.А. Грязнова, В.В. Малишева // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. Харків:

Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2014. № 4 (41). С. 79–81.

44. Рекомендації із забезпечення екологічної безпеки автомобільних доріг за напрямками міжнародних транспортних коридорів відповідно до європейських стандартів : РВ 2.3-218-02071168-525:2006 Київ, 2006. 25 с.

45. 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.

46. Abatement of traffic noise - the arguments for asphalt [Electronic resource]. – Electronic data. – [Belgium, European Asphalt Pavement Association, 2007] – 24 p. – Mode of access: world Wide Web: [http://www.eapa.org/usr\\_img/position\\_paper/abatement\\_traffic\\_noise2007.pdf](http://www.eapa.org/usr_img/position_paper/abatement_traffic_noise2007.pdf) (viewed on January, 18, 2014). Title from screen.

47. Ткач Н.О. Оцінка та прогнозування впливу автомобільного транспорту на стан шумового забруднення сельбищних територій: автореф. дис. канд. техн. наук : 21.06.01 / М-во освіти і науки України, Кременчуц. нац. ун-т ім. Михайла Остроградського. Кременчук, 2015. 22 с.

48. Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise // <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32002L0049>

49. EEA Report No 19/2020. Train or plane? // <https://www.eea.europa.eu/publications/transport-and-environment-report-2020>)

## ВІДГУК

керівника кваліфікаційної роботи  
другого (магістерського) рівня вищої освіти,  
виконаної на тему «Заходи щодо захисту урбанізованих територій від  
акустичного забруднення»  
здобувачем групи 8.1922-мбг  
Купрієнко Василем Миколайовичем

Актуальність дослідження. В умовах техногенного розвитку суспільства пріоритетним напрямом залишається створення сприятливого клімату для роботи і відпочинку населення, складовим елементом якого є досягнення акустичного комфорту в мегаполісах, містах і інших населених пунктах.

Міський шум має тенденцію росту. Збільшення щільності руху на вулицях, також потужностей двигунів різних видів транспорту привело до того, що середній рівень шуму на вулицях великих міст, що становлять в недавньому минулому 60-80дБА, нині досягає 75-95дБА, що перевищує санітарну норму в середньому на 25дБА. Шумові аспекти роблять тему захисту урбанізованих територій від акустичного забруднення надзвичайно актуальною, а впровадження відповідних заходів стає ключовим завданням для сучасних міст та їхніх мешканців.

Відповідність виконаної кваліфікаційної роботи завданню. Кваліфікаційна робота на тему: «Заходи щодо захисту урбанізованих територій від акустичного забруднення» повністю відповідає завданню.

Ефективність використаних методик. Запропоновані в кваліфікаційній роботі науково-практичні рішення мають глибоке обґрунтування, повнота розкриття теми та наявність багатоваріантності доводять ефективність використаних методик досліджень.

Рівень застосування здобутих у процесі навчання теоретичних знань та підготовки до виконання наукових досліджень. Коректно використані наукові методи для аналізу проблем та обґрунтування рішень з теми предмета професійної діяльності. Рівень застосування здобутих у процесі навчання теоретичних знань та підготовки здобувача другого рівня вищої освіти відповідає прийнятим вимогам.

Вміння логічно, послідовно та аргументовано викладати матеріал і робити висновки. Кваліфікаційна робота викладена послідовно, три розділи логічно взаємопов'язані між собою та підтверджені аргументованими матеріалами. Кожен розділ має чітко визначені завдання та допомагає досягти загальної мети дослідження. Висновки є послідовними та аргументованими, відображають основні дослідження та результати кваліфікаційної роботи.



Вміння самостійно вирішувати практичні та наукові задачі. Наукова робота виконана автором самостійно на достатньо професійному рівні, вирішує практичні та наукові задачі є творчою й оригінальною.

Не виявлення (виявлення) в роботі елементів плагіату та компіляції. Елементи плагіату у кваліфікаційній роботі не виявлені.

Недоліки в роботі (у разі необхідності). Корисно доповнити роботу розрахунковою частиною. Проте, слід зауважити, що це доповнення не впливає на загальну якість виконання роботи.

Загальні оцінки виконаної кваліфікаційної роботи, відповідності якості підготовки здобувача вищої освіти вимогам ОПП і можливості присвоєння йому відповідної кваліфікації; інші питання, які характеризують професійні якості здобувача вищої освіти.

Кваліфікаційна робота є практичним та вражаючим дослідженням, яке відзначається своєю важливістю та високим рівнем виконання. Цінність полягає в наведених методичних підходи спрямованих на підвищення надійності функціонування автомобільних доріг та обґрунтованих параметрах інженерних конструкцій для захисту сельбиц них територій від акустичного забруднення.

Кваліфікаційна робота здобувача за актуальністю, обсягом виконаних теоретичних та експериментальних досліджень, змістом, рівнем новизни та практичним значенням відповідає спеціальності 192 - Будівництво та цивільна інженерія (галузь знань 19 – Архітектура та будівництво) та вимогам ОПП «Міське будівництво та господарство»,

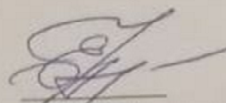
Елементи плагіату у кваліфікаційній роботі не виявлені.

Кваліфікаційна робота виконана у повному обсязі, відповідає встановленим вимогам і заслуговує позитивної оцінки, а її автору, Купрієнко Василю Миколайовичу, може бути присвоєна кваліфікація магістра з будівництва та цивільної інженерії.

Кількість балів за шкалою ECTS відмінно  
(1-2 – "задовільно", 3-4 – "добре", 5 – "відмінно")

Керівник кваліфікаційної роботи

Кандидат техн. наук, доцент  
(науковий ступінь, посада)

  
(підпис)

Фостащенко О.М.  
(ініціали, прізвище)

## РЕЦЕНЗІЯ

на кваліфікаційну роботу  
другого (магістерського) рівня вищої освіти,  
виконаної на тему «Заходи щодо захисту урбанізованих територій від  
акустичного забруднення»  
здобувачем групи 8.1922-мбг  
Купрієнко Василем Миколайовичем

Актуальність дослідження. В умовах технологічного прогресу головним завданням є створення сприятливого оточення для праці та відпочинку громадян. Важливою складовою цього завдання є досягнення акустичного комфорту в мегаполісах, містах та інших населених пунктах. Міський шум фіксує тенденцію до зростання. Збільшення інтенсивності руху на вулицях та потужностей двигунів різних видів транспорту призводить до того, що середній рівень шуму великих міст, який нещодавно становив 60-80 дБА, наразі досягає 75-95 дБА, що перевищує санітарні норми в середньому на 25 дБА. Аспекти, пов'язані із шумом, роблять тему захисту урбанізованих територій від акустичного забруднення надзвичайно актуальною, а впровадження відповідних заходів стає ключовим завданням для сучасних міст та їхніх мешканців.

Обґрунтованості висновків та пропозицій. Кваліфікаційна робота виконана на високому науковому рівні, вивчення даної проблеми є широко виваженою, застосовані загальнонаукові методи досліджень, наявні елементи наукової новизни. Висновки є обґрунтованими та послідовними, відображають основні результати кваліфікаційної роботи.

Використання наукових методів дослідження. Під час дослідження теми були використані наукові статті в періодичних виданнях, монографії, дисертаційні рукописи, збірки тез доповідей науково-практичних конференцій, інтернет-ресурси наукових електронних бібліотек.

Вміння студента чітко, грамотно і аргументовано викладати матеріал, правильно оформлювати його. Кваліфікаційна робота виконана послідовно, тема розкрита повністю, розділи пов'язані між собою, застосовані комп'ютерні технології, матеріал чіткий та має наукову стилістику, оформлення технічно грамотне.

Участі студента у проведених дослідженнях, теоретичній та аналітичній обробці отриманих результатів. Магістрат Купрієнко Василь Миколайович активно приймав участь у проведених дослідженнях, теоретичній та аналітичній обробці отриманих результатів. Запропоновані в кваліфікаційній роботі науково-практичні рішення мають глибоке обґрунтування, повнота розкриття теми доводять ефективність використаних методик досліджень.

Якість виконання. Кваліфікаційна робота викладена послідовно, три розділи логічно взаємопов'язані між собою та підтверджені аргументованими матеріалами. Кожен розділ має чітко визначені завдання та допомагає досягти загальної мети дослідження. Висновки є послідовними та аргументованими, відображають основні дослідження та результати кваліфікаційної роботи.

Не виявлені (виявлені) в роботі елементів плагіату та компіляції. Елементи плагіату у кваліфікаційній роботі не виявлені.

Можливості впровадження результатів роботи. Результати роботи мають практичну значимість, результати відповідають високому рівню реальності, пропозиції мають перспективний характер. За темою роботи опубліковані тези доповіді у науково-технічній конференції студентів, магістрантів, аспірантів та викладачів.

Недоліки роботи. Бажано було б розширити інформацію у третьому розділі щодо питання пов'язаного з техніко-економічним обґрунтуванням проєктних рішень конструкцій шумозахисних екранів. Приведене зауваження не впливає на якість виконання роботи.

Оцінки кваліфікаційної роботи і можливості присвоєння здобувачу вищої освіти відповідної кваліфікації.

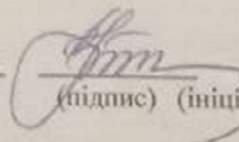
Кваліфікаційна робота здобувача другого рівня вищої освіти Купрієнко Василя Миколайовича на тему: «Заходи щодо захисту урбанізованих територій від акустичного забруднення» за актуальністю, обсягом виконаних теоретичних та експериментальних досліджень, змістом, рівнем новизни та практичним значенням відповідає спеціальності 192 - Будівництво та цивільна інженерія (галузь знань 19 – Архітектура та будівництво) та вимогам ОПП «Міське будівництво та господарство».

Кваліфікаційна робота виконана на високому рівні і заслуговує оцінки відмінно. Кваліфікаційна робота виконана у повному обсязі, відповідає встановленим вимогам і заслуговує позитивної оцінки, а її автору Купрієнко Василю Миколайовичу, може бути присвоєна кваліфікація магістра з будівництва та цивільної інженерії.

Елементи плагіату у кваліфікаційній роботі не виявлені.

Кількість балів за шкалою ECTS відмінно / 95/A

Рецензент кваліфікаційної роботи  
професор кафедри промислового  
та цивільного будівництва, докт. техн. наук  
(науковий ступінь, посада)

 В. А. Банах  
(підпис) (ініціали, прізвище)