

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
ФАКУЛЬТЕТ ЕЛЕКТРОНІКИ
КАФЕДРА АКУСТИКИ ТА АКУСТОЕЛЕКТРОНІКИ

«На правах рукопису»
УДК _____

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

(підпис) (ініціали, прізвище)

“ ” _____ 20__ р.

Магістерська дисертація

зі спеціальності (спеціалізації) 171 Електроніка

на тему: «Акустичний проект зниження шуму транспортних потоків на трасі
Київ – Харків в с. Красногорівка»

Виконала: студентка VI курсу, групи ДГ-71мп

_____ Сперкач Анна Ярославівна _____

(прізвище, ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

Керівник _____ доцент, к.т.н., доц. Заєць В.П. _____

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

_____ (підпис)

Консультант _____

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

_____ (підпис)

Рецензент _____

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

_____ (підпис)

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

Студент _____
(підпис)

Київ – 2018 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені І. Сікорського»

Факультет електроніки

Кафедра акустики та акустoeлектроніки

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

Спеціальність (спеціалізація) 171 Електроніка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

(підпис)

(ініціали, прізвище)

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Сперкач Анні Ярославівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації: «Акустичний проект зниження шуму транспортних потоків на трасі Київ – Харків в с. Красногорівка»

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

затверджена наказом по університету від «07» 11 2018р. №4114с

2. Строк подання студентом дисертації: 07.12.2018.

3. Об'єкт дослідження: шум транспортного потоку траси Київ-Харків в околі села Красногорівка.

4. Предмет дослідження: зниження рівнів шуму транспортного потоку траси Київ-Харків в околі села Красногорівка, шляхом встановлення шумозахисних екранів.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити: дослідження негативного впливу шуму транспортного потоку на людський організм, шляхом огляду літературних джерел; проведення патентного пошуку вже існуючих моделей шумозахисних екранів; вимірювання шумової характеристики в декількох вимірювальних точках околу с. Красногорівка; розрахунок шумової характеристики транспортного потоку; розрахунок шумового забруднення на сельбищній території; обрання розташування та геометричних розмірів шумозахисних екранів; картування прогнозованих розрахункових рівнів шуму при застосуванні шумозахисних екранів; обрання матеріалів шумозахисних екранів та розрахунок їх звукоізоляції.

6. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: презентація.

7. Перелік публікацій:

1. Сперкач А. Я., Заєць В.П., Данилюк В. О. Зниження шуму транспортних потоків шумовими екранами на трасі Київ – Харків в с. Красногорівка / А. Я. Сперкач, В.П. Заєць, В.О. Данилюк // Міжнародна наукова конференція "Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення" (випуск 33)" (м. Тернопіль, 13 листопада 2018 р.). – Частина 2. – Тернопіль. – 2018. – С. 122-123.

2. Сидоренко В. О, Заєць В.П., Сперкач А. Я. Зниження шуму створюваного відкритим майданчиком клубу «Park Residence» в м. Одеса– Харків в с. Красногорівка / В.О. Сидоренко, В.П. Заєць, А. Я. Сперкач // Міжнародна наукова конференція "Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення" (випуск 33)" (м. Тернопіль, 13 листопада 2018 р.). – Частина 2. – Тернопіль. – 2018. – С. 119-121.

8. Дата видачі завдання: 01.09.2017.

Календарний план

| № з/п | Назва етапів виконання дипломної роботи | Термін виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|--|--------------------------------|----------|
| 1. | Ознайомлення зі специфікою теми | 1.09.2017 – 1.02.2018 | |
| 2. | Огляд літератури | 2.02.2018 – 30.06.2018 | |
| 3. | Пошуки інформації щодо існуючих шумозахисних екранів | 1.07.2018 – 24.08.2018 | |
| 4. | Проведення експерименту | 25.08.2018 – 30.08.2018 | |
| 5. | Обробка експериментальних даних та розрахунків звукоізоляції | 1.09.2018 – 30.09.2018 | |
| 6. | Оформлення пояснювальної записки | 1.10.2018 – 03.12.2018 | |
| 7. | Підготовка презентації | 7.12.2018 – 16.12.2018 | |

Студент

(підпис)

А.Я. Сперкач

(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

(підпис)

В.П. Заєць

(ініціали, прізвище)

РЕФЕРАТ

Робота містить 92 сторінки, 15 рисунків, 38 таблиці та один додаток. Було використано 37 джерела.

З кожним роком, внаслідок урбанізації, гостро постає питання захисту навколишнього середовища та людського здоров'я від шуму, що розповсюджується від транспортних потоків. Тож розробка методів та способів захисту від такого роду шуму є актуальним на сьогоднішній день.

Мета роботи – зниження рівнів шуму транспортних потоків в околі с. Красногорівка за допомогою встановлення шумозахисних екранів.

Задачі дослідження:

1. Дослідження негативного впливу шуму транспортного потоку на людський організм, шляхом огляду літературних джерел.
2. Проведення патентного пошуку вже існуючих моделей шумозахисних екранів.
3. Вимірювання шумової характеристики в декількох вимірювальних точках околу с. Красногорівка.
4. Розрахунок шумової характеристики транспортного потоку.
5. Розрахунок шумового забруднення на сельбищній території.
6. Обрання розташування та геометричних розмірів шумозахисних екранів.
7. Картування прогнозованих розрахункових рівнів шуму при застосуванні шумозахисних екранів.
8. Обрання матеріалів, конструкції шумозахисних екранів та розрахунок їх звукоізоляції.

Об'єкт дослідження – шум транспортного потоку траси Київ-Харків в околі села Красногорівка.

Предмет дослідження - зниження рівнів шуму транспортного потоку траси Київ-Харків в околі села Красногорівка, шляхом встановлення шумозахисних екранів.

При написанні роботи використовувались наступні методи дослідження: аналітичний метод що базується на відомих розв'язках рівняння Гельмгольца; для побудови карт шуму використовувалися методи математичного моделювання в середовищі Matlab; для отримання вихідних величин рівнів звукового тиску використовувався метод вимірювання цих величин на місцевості.

Наукова новизна полягає у розвитку теорії зниження шуму шумозахисними екранами з кінцевою звукоізоляцією.

Дана робота виконувалася на замовлення ДП «УКРДІПРОДОР».

Результати дослідження, що включено до дисертації оприлюднено на міжнародній науковій конференції "Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення" (випуск 33)" та опубліковано в збірнику цієї ж конференції у вигляді двох тезисних публікацій: 1. Зниження шуму транспортних потоків шумовими екранами на трасі Київ – Харків в с. Красногорівка. 2. Зниження шуму створюваного відкритим майданчиком клубу «Park Residence» в м. Одеса.

Ключові слова: шум транспортного потоку, звукоізоляція, шумозахисні екрани, акустика, шумове забруднення.

ABSTRACT

The work contains 92 pages, 15 figures, 38 tables and 1 addition, 37 sources have been used.

As a result of urbanization, the issue of protecting the environment and human health from the noise spreading from traffic flows arises acutely every year. Therefore, the development of methods and ways of protection against this kind of noise is relevant today.

The purpose of the work is to reduce noise levels of traffic flows in the vicinity of selo Krasnogorivka by installing noise protection screens.

Research tasks:

1. Investigation of the negative influence of road traffic noise on the human body, by reviewing literary sources.

2. Patent search of existing models of noise protection screens.
3. Measurement of noise characteristics at several measuring points in the vicinity of selo Krasnogorivka.
4. Calculation of the noise characteristics of the traffic flow.
5. Calculation of noise pollution on the territory of the selo.
6. Selection of the location and geometric dimensions of noise protection screens.
7. Mapping of predicted noise levels when using noise protection screens.
8. Selection of materials, design of noise protection screens and calculation of their sound insulation.

The object of the study is the noise of the traffic flow of the Kiev-Kharkiv highway in the vicinity of selo Krasnogorivka.

The subject of the study is the reduction of noise levels of the traffic flow of the Kiev-Kharkiv highway in the vicinity of selo Krasnogorivka, by installing noise protection screens.

The following research methods were used in writing the work: an analytical method based on known solutions of the Helmholtz equation; methods for mathematical modeling in the Matlab environment were used to construct noise maps; to obtain the output values of the levels of sound pressure a method of measuring these values in the area was used.

The scientific novelty consists in the development of the noise reduction theory with noise protection screens with ultimate sound insulation.

This work was performed on request of DP "UKRDIPRODOR".

The results of the research included in the dissertation were published at the international scientific conference "Information Society: Technological, Economic and Technical Aspects of Formation" (Issue 33)" and published in the collection of the same conference in the form of two theses publications: 1. Reduction of noise levels of the traffic flow with noise protection screens of the Kiev-Kharkiv highway in the vicinity of selo Krasnogorivka. 2. Reduction the noise created by the open ground of the «Park Residence» club in Odessa.

Keywords: road traffic noise, soundproofing, noise protection screens, acoustics, noise pollution.

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І | |
| ТЕРМІНІВ | 10 |
| ВСТУП | 11 |
| 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ | 12 |
| 1.1 Шумове забруднення | 12 |
| 1.2 Не автомобільні шуми | 12 |
| 1.3 Автомобільні шуми | 14 |
| 1.4 Вплив шуму на здоров'я | 17 |
| 1.5 Способи захисту від шуму | 20 |
| 1.6 Шумозахисні екрани | 24 |
| 1.7 Приклади конструкцій екранів | 26 |
| 1.8 Висновок до розділу 1 | 29 |
| 2 ЕФЕКТИВНІСТЬ ШУМОЗАХИСНИХ ЕКРАНІВ | 31 |
| 2.1 Методика проведення вимірювань | 31 |
| 2.2 Використана апаратура | 35 |
| 2.3 Розрахунок шумової характеристики транспортного потоку | 36 |
| 2.4 Розрахунок шумового забруднення на сельбищній території | 39 |
| 2.5 Розрахунок шуму при застосуванні шумозахисних екранів | 42 |
| 2.6 Максимальна ефективність шумозахисних екранів | 43 |
| 2.7 Карти шуму | 43 |
| 2.8 Висновок до розділу 2 | 47 |
| 3 ЗВУКОІЗОЛЯЦІЯ ШУМОЗАХИСНИХ ЕКРАНІВ | 48 |
| 3.1 Розрахунок звукоізоляції шумозахисних екранів | 48 |
| 3.1.1 Розрахунок звукоізоляції екрану з полівінілхлориду | 48 |
| 3.1.2 Розрахунок звукоізоляції екрану з мінеральної вати між шарами алюмінію | 51 |
| 3.1.3 Розрахунок звукоізоляції екрану з мінеральної вати між шарами полівінілхлориду | 57 |
| 3.2 Обґрунтування доцільності вибору матеріалу | 62 |

| | |
|---|----|
| 3.3 Висновок до розділу 3 | 65 |
| 4 СТАРТАП ПРОЕКТ | 66 |
| 4.1 Опис ідеї проекту | 66 |
| 4.2 Технологічний аудит ідеї проекту | 68 |
| 4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту | 68 |
| 4.4 Розроблення ринкової стратегії проекту | 71 |
| 4.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту | 72 |
| 4.6. Висновок до розділу 4 | 74 |
| ВИСНОВОК..... | 75 |
| СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ..... | 77 |
| ДОДАТОК А..... | 81 |

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

1. L_A -середні за часом (безперервні еквівалентні) рівні звуку з частотною корекцією А;
2. L_{AS} - рівні звуку з тимчасової корекцією S (повільно) і частотною корекцією А;
3. L_{AI} - для імпульсного шуму - рівні звуку з тимчасової корекцією І (імпульс) і частотною корекцією А;
4. L_p - середні за часом (безперервні еквівалентні) рівні звукового тиску в октавних або 1/3-октавних смугах частот;
5. L_{EA} - рівні звукового впливу, кориговані по частотній характеристиці А шумоміра по ГОСТ 17187;
6. Шум – нестійкі або випадкові акустичні коливання, що характеризуються випадковою зміною амплітуди і частоти.
7. Ізоляція повітряного шуму - величина, що характеризує зниження рівня повітряного шуму при його проходженні через огороження і являє собою десять десяткових логарифмів відношення звукової потужності шуму, що падає на огорожувальну конструкцію, до звукової потужності шуму, що пройшов крізь цю конструкцію.
8. Карта шуму – карта території з джерелами шуму з нанесеними лініями однакових рівнів звуку на місцевості в дБА з певним інтервалом.

ВСТУП

Як відомо, світ довкола нас не стоїть на місці. Прагнення людства до ще не відкритих закутків Всесвіту, призводить до розвитку технологій у різних сферах нашого життя. Останні 30 років вчені та інженери пересуваються семимильними кроками у своїх дослідженнях та винаходах; кожен новий проект дає зелене світло на декілька більш досконаліх; наукові публікації та патентні бази зростають у геометричній прогресії. І, здавалося б, «що у даному випадку може піти не так?».

На жаль, погоня за науково-технічним прогресом затуманює розум людей. Це призводить до того, що розробники жертвують часом, витраченим на додаткові дослідження свого "дітища", з метою уникнення або мінімізування шкідливого впливу на навколишню природу і живі організми. Натомість головною ціллю стало залишити своє місце в історії та опинитись в авангарді інноваційної еліти.

Одним із суттєвих негативних наслідків такої погоні є шумове забруднення. Воно переслідує нас вдень і вночі, де б ми не були: від процесу будівництва, від найближчих фабрик та заводів, від аеропортів та залізничних доріг, від нічних клубів тощо. Проте, в умовах урбанізації, найбільший внесок у шумове забруднення вносить шум, що розповсюджується від доріг, по яким щоденно рухаються тисячі різнобарвних видів авто- та мототранспорту. Саме тому розробка методів та способів шумозахисту є надзвичайно важливою на сьогоднішній день.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1.1 Шумове забруднення

Акустичний шум є важливим екологічним фактором у навколишньому середовищі. В умовах міста акустичні шуми характеризуються великим різнобарв'ям джерел техногенного походження, що пов'язані з людською діяльністю. Найбільш розповсюдженими джерелами шуму є енергетичні підстанції, важка будівельна техніка та рух транспорту. Технологічний, промисловий та соціальний розвиток населених пунктів супроводжується зростанням шумового забруднення їх оточуючого середовища. За останнє десятиліття рівень шуму у великих містах зріс у 10-15 разів. Актуальність згаданої проблеми підтверджена величезною кількістю останніх дослідницьких робіт та публікацій [1-6].

1.2 Не автомобільні шуми

Найвагоміше джерело шумового забруднення є транспорт. Візьмемо для прикладу залізничний вид транспорту. Відомо, що у нашій країні ця сфера є досить старою та занедбаною. Раніше люди не задумувались щодо впливу на організм шуму від поїзду, що проїхав повз, через те, що основна маса населення проживала дуже далеко від прокладених залізничних колій. Оскільки на той момент досить низька кількість громадян потребувала захисту від шуму, а сфера шумового захисту ще навіть не почала розвиватись, на сьогоднішній день отримуємо щоденні проблеми внаслідок вібрацій, гулу та ін.. Боротися з проблемою завжди важче, ніж її уникати, але, безперечно, це можливо. Так, наприклад, у роботі [7] на етапі проектування житлового району міста Пангоди з чисельністю населення за даними результатами перепису населення 2014 року в 10 000 осіб, встановлено факт, що між лінією залізничної дороги та житлової зони (відстань між якими становить 100 м) немає ніякого захисту від шумового впливу поїздів. Здавалося, що на відстані 100 м такого роду шум ніяк не може вплинути на людський організм. Як

відомо, порогові норми рівню шуму регулюється такими документами як [8], у яких чітко прописано, що рівні звуку не мають перевищувати 70 дБА вдень та 60 дБА у нічний час. При вимірюванні цих рівнів у місті Пангоді, де планували забудову житлових будинків виявилось, що середній рівень звуку, що розповсюджувався від пасажирських, вантажних та електропоїздів становив 83 дБА. А скільки таких міст вже давно побудовано?

Наступним видом транспорту розглянемо літаки. Шум є дуже важливою проблемою авіації. Боротьба з ним займає друге місце по значущості після забезпечення безпеки польотів. До появи літаків з реактивними двигунами найбільші аеропорти приймали близько 10 літаків на добу. Сьогодні це число зросло до кількох сотень. Посадка і зліт повітряних суден здійснюється практично щохвилини. Цей фактор разом зі збільшенням щільності населення, числа аеропортів і їх розташування поблизу міст ще більше посилює проблеми боротьби з шумом. Пасажири літаків також страждають від шуму. Рівень шуму сучасного реактивного літака при зльоті дорівнює 130-140 децибел. Такий шум здатний викликати у людини больові відчуття, оскільки це величина порога витривалості людського вуха. А у кабіні сучасного літака шум іноді досягає 100 дБА, що порушує комфорт, заважає пасажирам відпочивати і розмовляти. Вимога до рівня шуму на сьогоднішній день є одним з основних критеріїв при створенні авіалайнерів. Міжнародний аеропорт ні за що не прийме сучасний літак, в разі якщо він не відповідає стандартам за рівнем шуму. Перед творцями перших пасажирських літаків ставилося головне завдання: зниження рівня шуму в кабіні. Поява перших реактивних двигунів сприяло зменшенню шуму, але він зріс на землі при посадці і зльоті літаків. Негативному впливу шуму від літаків на людський організм присвячено ряд робіт, наприклад, в [9] шляхом декілька тижневого дослідження у трьох містах різних країн суб'єктивним шляхом, виявилось, що шум аеропортів негативно впливає на психо-емоційний стан дітей та дорослих. Оскільки шум в основному створює двигун літака, найбільшу увагу в роботі приділяється саме йому. Вагома складова шуму виникає від

реактивного струменя газів. Тому сопла реактивних двигунів роблять гофрованими і створюють на них насадки. Другий варіант зменшення рівня шуму силових установок – установка спеціальних стрижнів і сіток. Навколо струменю, що виривається, пропонується створення звукоізолюючої оболонки, а також використовувати стороннє джерело шуму, що погашає основне. Багато сучасних авіадвигунів комплектуються звукопоглинаючим облицюванням внутрішніх каналів. Воно представлене перфорованими пластинами, які розміщені на невеликій відстані від жорсткої стінки. Простір між стінкою і пластинами заповнюють стільниковим заповнювачем. Щоб знизити рівень шуму в кабіні літака, застосовують звукоізолюючі і звукопоглинаючі матеріали. Їх укладають між внутрішніми панелями салонів і обшивкою в кілька шарів [10, 11].

1.3 Автомобільні шуми

За останні роки спостерігається тенденція до різкого зростання числа автотранспорту, що призводить до суттєвого збільшення рівня шуму у містах, який перевищує нормативні значення. Відомо, що автомобільний транспорт відноситься до головних джерел шумового забруднення середовища у місті [12]. Сьогодні шум є одним із найважливіших критеріїв вибору місця проживання. Дослідження вказують на високий вплив дорожньо-транспортного шуму на фасади передніх будівель, що знаходяться ближче до дороги, що робить ці частини будинків непридатними для житлових цілей. Згенерований рівень шуму сильно залежить від дорожнього покриття, рисунка протектору шини та конструкції. Для дорожньої поверхні є дві широкої категорії тротуару: гнучка (асфальтобетон - "асфальт") та жорстка (цементний бетон). Асфальтове покриття різниться залежно від розміру каменю (наприклад, "агрегатний розмір" або "розмір шліфування") та пористості; менший розмір каменю і висока пористість створюють тихі тротуари. Бетонні покриття можуть варіювати залежно від фактури поверхні; мілкі текстури створюють тихі тротуари. На рис.1.1 наведено приклад накладення "тихого" тротуару на поверхню гучної фундаментної дороги (поперечно заточений

бетон). Окрім підтримки належного опору стійкості для безпеки, однією з головних завдань є підтримка акустичної міцності на тихих тротуарах, особливо в зимову погоду. Також на ефективність тротуару щодо зменшення шуму впливає температура повітря.



Рис.1.1 Зображення накладання «тихого» тротуару [4]

Багато дослідників і практиків працюють над рекомендаціями та політикою, які дозволяють правомірно використовувати тихі тротуари, які є безпечними та міцними [4]. Що стосується шин, одним з головних впливових факторів є рисунок протектора. Шляхом експериментів дійшли висновку, що більш широка ширина канавки, кутова канавка, додавання периферійних канавок до поперечного рисунку та рандомізація протектору є характеристиками протектору, що дозволяють понизити рівні шуму автомобілю.

Рівні шуму та спектральні складові шуму шосейних доріг залежать від типу транспортного засобу, об'єму та швидкості, а також від типу дорожнього покриття. Спектральна складова для пасажирських транспортних засобів зазвичай досягає піку на частоті 1000 Гц. Спектральна складова для вантажних автомобілів зазвичай досягає піку на частотах від 500 Гц до 1000 Гц. Вантажівки є набагато гучнішими, ніж легкові автомобілі: одна вантажівка за рівнем гучності може бути на рівні десяти легкових машин. Відсоток вантажівок у транспортному потоці може дуже вплинути на шумову картину будь-якого придорожнього середовища.

Оскільки шум дорожнього руху поширюється від транспортних засобів до сусідніх будинків або інших шумочутливих рецепторів, наступні явища впливають на прийняті рівні звучання: геометричні розбіжності, наземні ефекти, атмосферні ефекти та захист та / або розсіювання природними та техногенними особливостями. Незважаючи на те, що окремі транспортні засоби розглядаються як точкові джерела зі сферичною дивергенцією, шум дорожнього руху трактується як лінійне джерело з циліндричною розбіжністю (багато рухомих точкових джерел вздовж лінії поводять себе як лінійне джерело). Таким чином, хоча звук від окремих транспортних засобів, що проходить, зменшується зі швидкістю близько 6 дБ на кожне подвоєння відстані, шум дорожнього руху зменшується при більш низькій швидкості приблизно 3 дБ на кожне подвоєння відстані. Враховуючи лише циліндричне явище дивергенції, це означає, що рівень шуму на дорозі 75 дБ при 50 футах знизиться до 72 дБА на 100 футів і 69 дБА на 200 футів, що є типовою відстанню для будинків, прилеглих до шосе. Звичайно, інші явища також вплинуть на прийнятий рівень звучання. Атмосферні параметри, які можуть впливати на поширення шуму від шосе, включають поглинання повітря, вологість та заломлення. Як і для наземних ефектів, атмосферні ефекти слід розглядати як для прогнозування шумів, так і для вимірювань. Поглинання повітря в основному впливає на частоти вище 2000 Гц, з більшим ефектом на великі відстані. Вологість впливає на рівень поширення шуму, але, як правило, в невеликій мірі. Рефракція, з іншого боку, може сильно впливати на отримані шумові рівні автомобільного руху. Рефракція може бути спричинена зсувом вітру, що є зміною швидкості вітру з збільшеною висотою над землею, а також швидкістю падіння температури, що обумовлено підвищеною висотою. У спокійний хмарний день спостерігається нейтральна атмосфера без рефракції. Для зсуву вітру в неблагополучних умовах (приймач знаходиться за вітром від шосе), рівні звуку стають тихішими поблизу землі, ніж у нейтральних умовах. У умовах низьких температур рівень звуку ближче до землі. Для температурного градієнту збільшення рефракції виникає в сонячні, спокійні

дні. У цих умовах тихіше біля землі, ніж у хмарний день. Заломлення вниз відбувається під час спокійних прохолодних ночей після сонячних днів, коли земля охолоджується швидше, і в цих умовах звук голосніше поблизу землі. Європейський Союз відзначив дорожній шум у навколишньому середовищі як одну з провідних екологічних проблем в Європі [13]. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), базовий рівень шумів дорожнього руху зростає на один дБА щороку. Близько 120 мільйонів людей мають проблеми зі слухом. У Євросоюзі приблизно 40% населення піддаються впливу навколишнього шуму, що має значення вище 55 дБА у денний час, а більше 30% піддаються такому ж рівню шуму вночі. Такий вплив може викликати серйозне роздратування та порушення сну. Тому шум представляє собою одну із провідних загроз у загальній цілісності здоров'я [14, 15].

1.4 Вплив шуму на здоров'я

Вплив шуму на здоров'я людини почали активно вивчати 30 років тому (1990 рік) [16]. На той момент в ході опитування виявилось, що відсоток людей у Британії, які мали проблеми зі сном склав 8%. А тепер подумки проведемо паралелі між транспортним потоком, який існував на той час, між тим, що ми маємо сьогодні. Не важко уявити як змінилась ситуація, і не в кращий бік.

Епідеміологічні дослідження показали ряд негативних наслідків для здоров'я, як прямих, так і непрямих, пов'язаних із впливом стійкого або високого рівня шуму. Зокрема, роздратування, порушення сну, артеріальний тиск, гіпертонія, ішемічна хвороба серця, включаючи смертельний інфаркт міокарда та цукровий діабет, були пов'язані з впливом дорожнього руху [17-20].

Більш тривалий вплив високого шуму може спричинити тимчасове або постійне психічне та фізичне пошкодження функцій організму людини. Індивідуальна чутливість до шуму є важливим фактором при оцінці впливу тривожного шуму. Результати довгострокового дослідження показали, що близько 10% населення чутливі до шуму, особливо діти, які молодше 6 років та дорослі, що старше 65 років. Якщо брати середній вік життя людини, то

доведено, що жінки більш чутливі до шумового подразника, ніж чоловіки середнього віку. Індивідуальна чутливість впливає на нейровегетативний стан і судинну систему, деякі вірусні інфекції, використання алкоголю та тютюну та професійний вплив на матеріали нейротоксинів.

Інтенсивність шуму в 35 дБ А збільшує час, необхідний для засинання, і це лише для неглибокого сну. Рівень шуму 45 дБА викликає спонтанне пробудження, а пробудження внаслідок такого зриву відбувається під час сну, тоді як сила 50 дБА або більше перешкоджає людині відпочити. Можна зробити висновок, що постійний ефект шуму зменшує тривалість життя людини на 8-10 років [21].

Важко мати зв'язок у шумному середовищі через ефект маскування голосового зв'язку. Частотний діапазон від 300 Гц до 3 кГц особливо важливий для розуміння своєї мови, і це є діапазоном переважної більшості звукової енергії шумового забруднення. Рівень шуму у навколишньому середовищі не є достатньо високим, щоб пошкодити слух, але це спричиняє цілий ряд звукових і додаткових аудіоефектів. Шум стає дуже серйозною проблемою через міський розвиток, де транспорт є необхідністю. Індустріальне суспільство залежить від механічного транспорту для ефективного розповсюдження людьми товарів для шкіл, магазинів, фабрик та багатьох інших підприємств. На підставі опитувальної роботи було встановлено, що в містах Німеччини, де проживає понад 5000 людей, 14-16% людей страждає від шуму дорожнього руху. У містах з 5 000 до 20 000 жителів цей відсоток становить 17-18%, в містах від 20 000 до 100 000 жителів це становить 19-25%, а в містах з понад 100 000 жителів 22-33% населення відчувають психофізичний тягар і тривогу. Основна увага у цій роботі - це шум дорожнього руху від автомобілів, фургонів, автобусів та мотоциклів. Кожна з них створює певну форму шуму. Причини проблеми - двигуни, внутрішні аудіосистеми, гальма та шини. Деяка відповідальність лягає на плечі водіїв, які повинні піклуватися про стан свого автомобіля. Наприклад, автомобільні гальма не повинні пищати. Водії також повинні бути в курсі, що їхні

автомобілі, безумовно, створюють шум, і ця думка має привести їх до усвідомлення того факту, що не потрібно створювати незручності іншим людям, наприклад, уникаючи "жорсткої" їзди в тихому житловому районі та уникаючи нічного водіння та ін.

У роботі [22] шляхом аудіологічного дослідження дійшли висновку, що прослуховування, проведене для дослідження впливу на повідомлену гучність, і повідомлення про неприємність щодо зміни частотного спектру зареєстрованих міських дорожньо-транспортних звуків, показав, що зміна вмісту НЧ була менш значною для зареєстрованого роздратування, ніж еквівалентні зміни вмісту СЧ та ВЧ. Цей результат узгоджується з припущенням, що для перевірки звуків фільтрованого дорожнього руху СЧ та ВЧ зміст був суб'єктивно домінуючим. Через важливість того, що знання про співвідношення між різним спектральним складом шумів дорожнього руху та обидва повідомлення про гучність і зареєстроване роздратування, а також знаходження суб'єктивно домінантних спектральних регіонів можуть мати значення для розуміння сприйняття звуків в відкритих громадських місцях, а також у розробці заходів щодо їх покращення звуку, це дослідження було проведено під зовнішніми умовами. Практичне значення полягає в тому, що важливо зрозуміти, які акустичні особливості будь-якого звуку суб'єктивно домінуються при розробці дії контролю шуму, щоб їх можна було в першу чергу вирішувати. Хоча, коли мова заходить про те: звук якої частоти є найбільш неприємним для людського слуху – думки вчених розходяться. Причиною цьому є база лише суб'єктивних досліджень, тобто індивідуальне сприйняття звуку кожним респондентом окремо.

Не дивлячись на індивідуальне сприйняття звуку, можна відмітити, що шум, який розповсюджується від шосе та доріг так чи інакше впливає на наш організм. У роботі [6] в одному з міст Швеції проводили опитування про наслідки зміни в шумовій картині після побудови автомобільного тунелю з метою зменшити рівня шуму, який доносився до житлових будинків, з метою

перевірки наслідків, які могли б виникнути в щоденній активності людей та їх психологічному благополуччі.

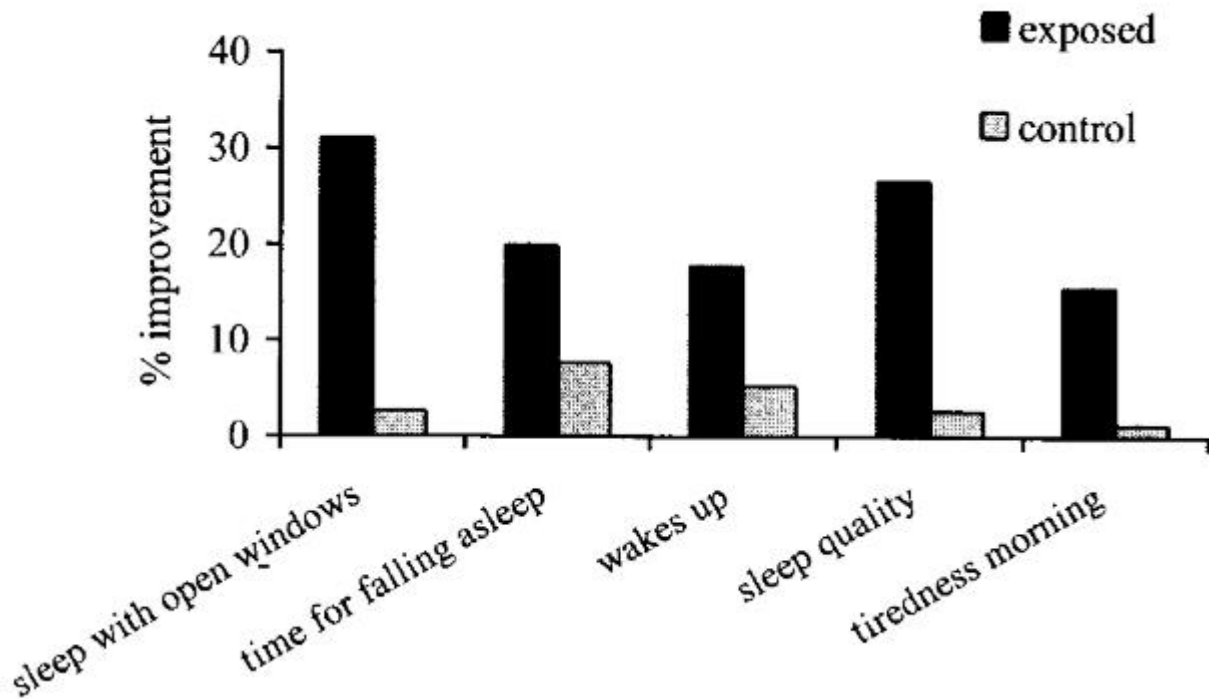


Рис.1.2 Результати покращення сну після зменшення транспортного шуму [6]

З рис.1.2 бачимо, що до виникнення тунелю люди, що проживали в околі шосе, не мали змогу відкривати вікна на провітрювання (оскільки шум відразу заважав щоденній роботі або ж відпочинку); час засинання скоротився; поліпшилась якість сну; через покращену якість сну прокидатись стало легше; і з тієї ж причини ранкове відчуття втоми минуло.

Тож, безсумнівно, на сьогоднішній день питання захисту від шумового забруднення є дуже актуальним.

1.5 Способи захисту від шуму

Управління системою екологічного шуму являє собою комплексний підхід: вимірювання, моніторинг, картографування та управління.

- Вимірювання - використання акустичних вимірювань, щоб точно охарактеризувати спостережувані джерела шуму в навколишньому середовищі.

- Моніторинг - використання неавторизованих методів акустичного вимірювання, щоб забезпечити більш точний моніторинг часової мінливості спостережуваних джерел шуму.

- Мапування - використання шумових мап та приладів та планів дій як початковий інструмент для створення системи управління шумами навколишнього середовища.

- Управління - використання всіх інструментів у єдиній цілій, живій, інтерактивній системі.

Захисні заходи можуть бути проведені трьома способами:

1. Запобігання шуму в джерелі.
2. Зменшення шуму шляхом дистанціювання від джерела (використання шумів, що розділяють дорожній транспорт).

3. Використання засобів індивідуального та колективного захисту від шуму.

Колективні засоби в залежності від способу реалізації підрозділяються на 3 групи: архітектурно-планувальні; організаційно-технічні; акустичні.

Архітектурно-планувальні методи захисту включають:

- раціональні акустичні вирішення планувань будівель та генеральних планів об'єктів;
- раціональне розміщення технологічного устаткування, машин і механізмів;
- раціональне розміщення робочих місць;
- раціональне акустичне планування зон і режиму руху транспортних засобів і транспортних потоків;
- створення шумозахищених зон в різних місцях знаходження людини.

Технічні поділяються на 2 групи:

- 1) Зниження в джерелі виникнення.
- 2) Зниження на шляху поширення.

Організаційні: обмеження транспортних потоків, раціональне розташування підприємств, раціональне розташування робочих місць.

До організаційно-технічних методів захисту відносять:

- застосування малошумних технологічних процесів (зміна технології виробництва, способу обробки і транспортування матеріалу і ін.);
- оснащення шумних машин засобами дистанційного керування і автоматичного контролю;
- застосування малошумних машин, зміна конструктивних елементів машин, їх складальних одиниць;
- вдосконалення технології і обслуговування машин;
- використання раціональних режимів праці та відпочинку працівників на підприємствах з високим рівнем шуму.

Акустичні засоби захисту від шуму в залежності від принципу дії класифікуються на:

- засоби звукоізоляції;
- засоби звукопоглинання;
- засоби віброізоляції;
- засоби демпфірування;
- глушники шуму.

Засоби індивідуального захисту людини від шуму в залежності від конструктивного виконання поділяються на:

- протишумні навушники, що закривають вушну раковину зовні;
- протишумні вкладиші, що перекривають зовнішній слуховий прохід або прилеглі до нього;
- протишумні шоломи і каски.

Найбільш ефективний метод зменшення шуму - зниження шуму в джерелі його виникнення. Залежно від характеру утворення шуму розрізняють:

- засоби, що знижують шум механічного (вібраційного) походження;
- засоби, що знижують шум аеродинамічного походження;
- засоби, що знижують шум електромагнітного походження;

- засоби, що знижують шум гідродинамічного походження.

Для зменшення механічного шуму необхідно своєчасно проводити ремонт обладнання, замінювати ударні процеси на ненаголошені зворотно-поступальні переміщення деталей на обертальні, ширше застосовувати примусове змазування тертьових поверхонь, застосовувати балансування обертових частин. Значне зниження шуму досягається при заміні підшипників кочення на підшипники ковзання, зубчастих і ланцюгових передач - клиноремінними і гідравлічними, металевих деталей - деталями з пластмас.

Зниження аеродинамічного шуму можна досягти зменшенням швидкості обтікання повітряними потоками перешкод; поліпшенням аеродинаміки конструкцій, що працюють в контакті з потоками; зниженням швидкості витікання газового струменя і зменшенням діаметра отвору, з якого цей струмінь закінчується. Однак, зменшити аеродинамічні шуми в джерелі їх виникнення часто не вдається і доводиться використовувати інші засоби боротьби з ними (застосування звукоізоляції джерела, установка глушників).

Гідродинамічні шуми знижують за рахунок вибору оптимальних режимів роботи насосів для перекачування рідин, правильного проектування і експлуатації гідросистем і ряду інших заходів.

Для боротьби з шумами електромагнітного походження рекомендується ретельно врівноважувати обертові деталі електромашин (ротор, підшипники), здійснювати ретельне притирання щіток електродвигунів, застосовувати щільне пресування пакетів трансформаторів, використовувати демпфіруючі матеріали і т.д.

Широке застосування отримали акустичні засоби захисту від шуму на шляху його поширення:

- засоби звукоізоляції;
- засоби звукопоглинання;
- глушники шуму [23].

1.6 Шумозахисні екрани

Шумозахисні екрани – конструкції і споруди, покликані зменшити негативний вплив шуму на навколишню забудову, в тому числі житлову, а також прилеглу територію.

Є основним способом захисту від підвищеного шумового впливу, що доноситься від транспорту на жвавих автомагістралях, залізничних коліях, а також від виробництв. Шумозахисні екрани захищають від звукових хвиль від будівельних ділянок, установок кондиціонування і вентиляції. У зв'язку зі своєю високою вартістю частіше встановлюються в крупних населених пунктах.

Конструктивно шумозахисні екрани являють собою панель з заповненням з шумопоглинального або шумовідбивного матеріалу висотою 2-6 метрів. Полотно закріплюється на металеві стійки і кріпиться до фундаменту, як правило, з бетону. Для поліпшення характеристик екрану надається нахил в сторону джерела шуму, або ж загинається його верхня частина. Таким чином, зменшується кут виходу шуму і відповідно рівень його впливу. Шумозахисні екрани встановлюються в безпосередній близькості від джерела шуму, тобто по краю проїжджої частини, залізничних колій, цехів і депо, будівельних ділянок. Достатня висота шумозахисних екранів визначається розрахунком.

Для досягнення необхідних характеристик важливо не допускати розривів і зазорів в конструкції. Шумозахисні екрани поділяються на три типи за способом захисту від шуму:

- шумопоглинаючі;
- шумовідбивні;
- комбіновані.

До шумопоглинаючих відносяться екрани, панелі яких заповнені звукопоглинаючим матеріалом, наприклад базальтовою ватою, пінопластом, а також плитами, різними за своїм складом і характеристиками. Як правило, з боку джерела шуму шумопоглинаючі екрани покриті перфорованим металевим листом або матеріалом, що має перфорацію, а також різного роду

отвори для поліпшення входження звуку в панель і подальшого поглинання його кінетичної енергії. Шумовідбивний екран являє собою панель з заповненням з полікарбонату, одинарного металевого листа або іншого жорсткого матеріалу. На відміну від інших типів він не поглинає звукову хвилю, а відбиває її більшу частину, повертаючи її до джерела шуму. З цієї причини, джерело шуму, і сторона, протилежна від об'єкта, що захищається отримує підвищене шумове навантаження. У зв'язку з цим область його застосування обмежена. Наприклад, при зведенні шумозахисних екранів вздовж залізниці або автостради, необхідно, щоб хвиля звуку не поверталася до поїздів або автомобілів, чого розглянутий тип екрану забезпечити не може. До переваг екранів даного типу можна віднести порівняно невисоку вартість.

Шумозахисні екрани комбінованого типу відрізняються наявністю двох або ж більше видів панелей в ньому. Найчастіше поєднання – це шумопоглинаючі панелі, зроблені на основі полікарбонату і перфоровані панелі.

Шумозахисні екрани поділяються на чотири типи за світлопроникності:

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

Для прозорих і тонованих екранів використовується в основному оргскло. Для непрозорих звукопоглинальних екранів використовується багат шарове скло або перфорований металевий лист з звукопоглинаючою задньою стінкою. Прозорі бар'єри дозволяють не порушувати вигляд міста, а також підвищити безпеку руху за рахунок більшого кута огляду, кращої освітленості траси; водії та пішоходи можуть візуально спостерігати відомі їм міські орієнтири. Комбіновані екрани з прозорими вставками дозволяють зменшити втому, так як однотонність траси негативно позначається на реакції водіїв, більш того, водій може заснути за кермом або не відчувати реальної швидкості руху.

Шумозахисні екрани створюють перешкоду на шляху звукових хвиль, не даючи їм поширюватися. Матеріали, з яких роблять шумозахисні екрани: акрил, різні види композитних матеріалів, монолітний полікарбонат. У великих містах і мегаполісах з цих матеріалів роблять вертикальні стінки, що будуються уздовж автодоріг, аеровокзалів, залізничних шляхів і різних виробництв в тих випадках, коли вони знаходяться в зонах проживання людей.

Шумозахисні екрани створює собою зону з акустичною тінню. Для того, щоб створити ефект бар'єру, що не дозволяє шумовим хвилям проникати всередину території, об'єкти, необхідні для захисту потрібно розміщувати нижче, ніж ця тінь, тобто у вертикальній проекції. Таким чином, якщо провести уявну лінію від вершини екрану до джерела шуму, то об'єкт захисту не повинен до неї доходити по висоті [24].

1.7 Приклади конструкцій екранів

Класичний приклад вібиваючого бар'єру описаний у патенті № UD 96/16230 - 30.05.1996 [25]. Випуклі дугоутворюючі відбиваючі профілі закріплені на вертикальних бетонних колонах, як показано на рис.1.3.

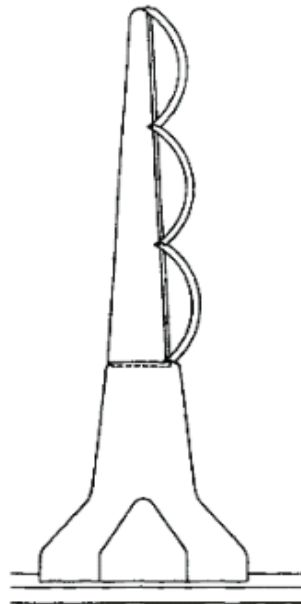


Рис.1.3 Кріплення опуклих дугових профілів до вертикального бетонного стовпа [25]

Частина звукових хвиль, що потрапляє на екран, відбивається і ці хвилі заважають початковим хвилям, що близькі до поверхні бар'єру, що виконують

подавлення шуму. Інша частина звукових хвиль від джерела поглинається бар'єром, а третя частина проходить через неї.

Деякими перевагами цього рішення є: широка область застосування, стабільна конструкція, що складається з одного типу відбиваючого елемента і відносно низької вартості виробництва. Основними недоліками є різні колони у випадку різної висоти бар'єру, дороге транспортування та складання. З акустичної точки зору ребра профільних з'єднань є концентраторами вихідної та відбитої енергії звуку, і в цій якості вони можуть розглядатися як вторинне джерело звуку. Таким чином рівень шуму поблизу бар'єру може бути досить значним.

Патенти №№ 6305492 В1 / 23.10.2001 [26] та US 7789193 В2 / 07.09.2010 [27] подібні до вищезгаданих, але їх відбивні поверхні мають увігнуті дугові профілі - рис.1.4 або гексагональний увігнутий профіль – рис.1.5.

Головною перевагою в обох випадках є зменшення через перешкоди джерела та відбитих хвиль поблизу бар'єрів. Недоліки - дороге виробництво, транспортування та високі витрати на складання, особливо для другого рішення.

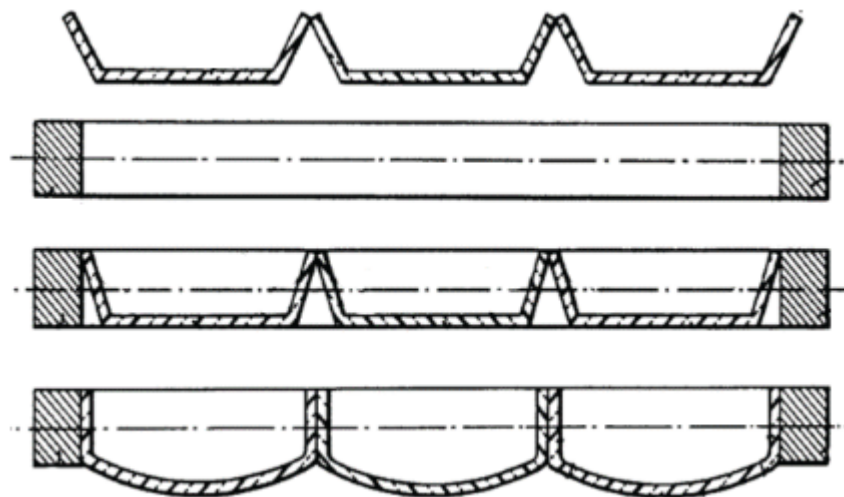


Рис.1.4 Відбиваючі поверхні з увігнутими та дуговими профілями [26]

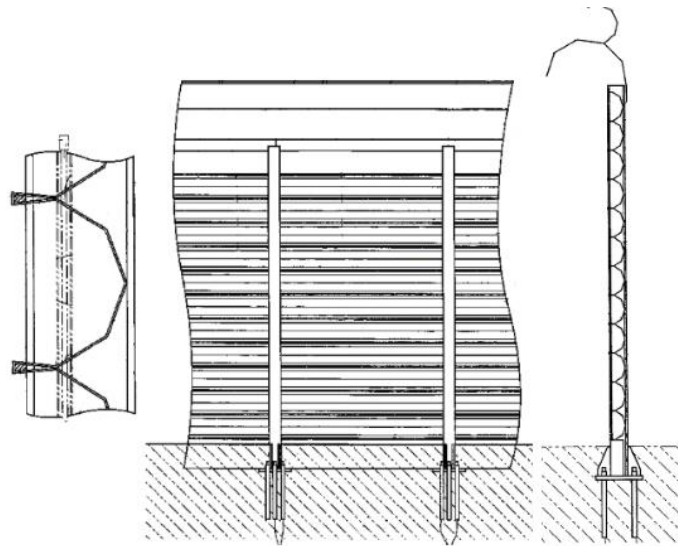


Рис.1.5 Світлові бар'єри з гексагональними увігнутими профілями [27]

Шумозахист під патент № АТ 513615 А4 2014-06-15 [28] побудований з пружних елементів, виготовлених з використаних автомобільних шин - на рис.1.6. Вони зібрані для того, щоб мати можливість робити невеликі коливання. Ця конструкція має кілька переваг: використання матеріалів, які зазвичай розглядаються як відходи (використані автомобільні шини), більш високий ступінь поглинання внаслідок внутрішнього демпфування гуми при вібраціях і скороченнях через інтерференцію джерела та відбитих хвиль поблизу бар'єрів. Деякі проблеми з цим рішенням пов'язані з тим, як вони виглядають, а також з їх низькою стійкістю до клімату.

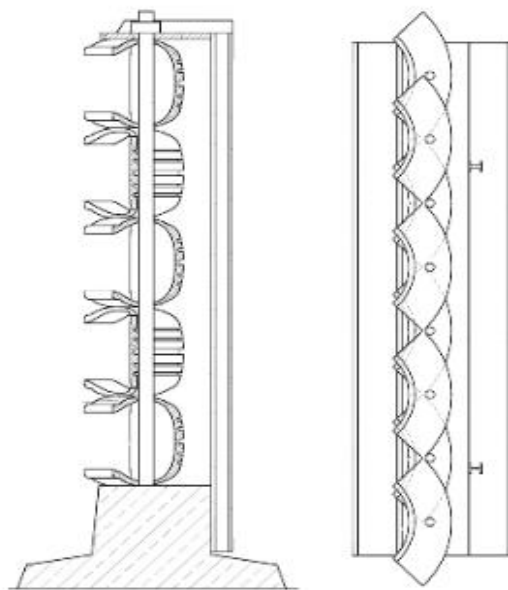


Рис.1.6 Бар'єри з еластичними елементами, виготовленими з використаних автомобільних шин [28]

Сьогоднішні бар'єри, схожі на патентне рішення 10 2014 2017 767,7 / 10.03.2016. [29] (рис.1.7) широко використовуються. Бар'єри виготовлені з довгих металевих панелей, облицьовані один на інший і фіксуються між вертикальними металевими колонами. Деякими варіаціями є перфоровані панелі або наявність поглинаючого матеріалу всередині. Цей тип конструкції є ефективним, легким у транспортуванні та збірці, кліматичним та вогнетривким, але має дуже високий рівень виробництва. Це пов'язано із витраченим матеріалом - алюмінієм, а також дорога технологія для механічної перфорації панелі і збірка поглинаючого матеріалу.

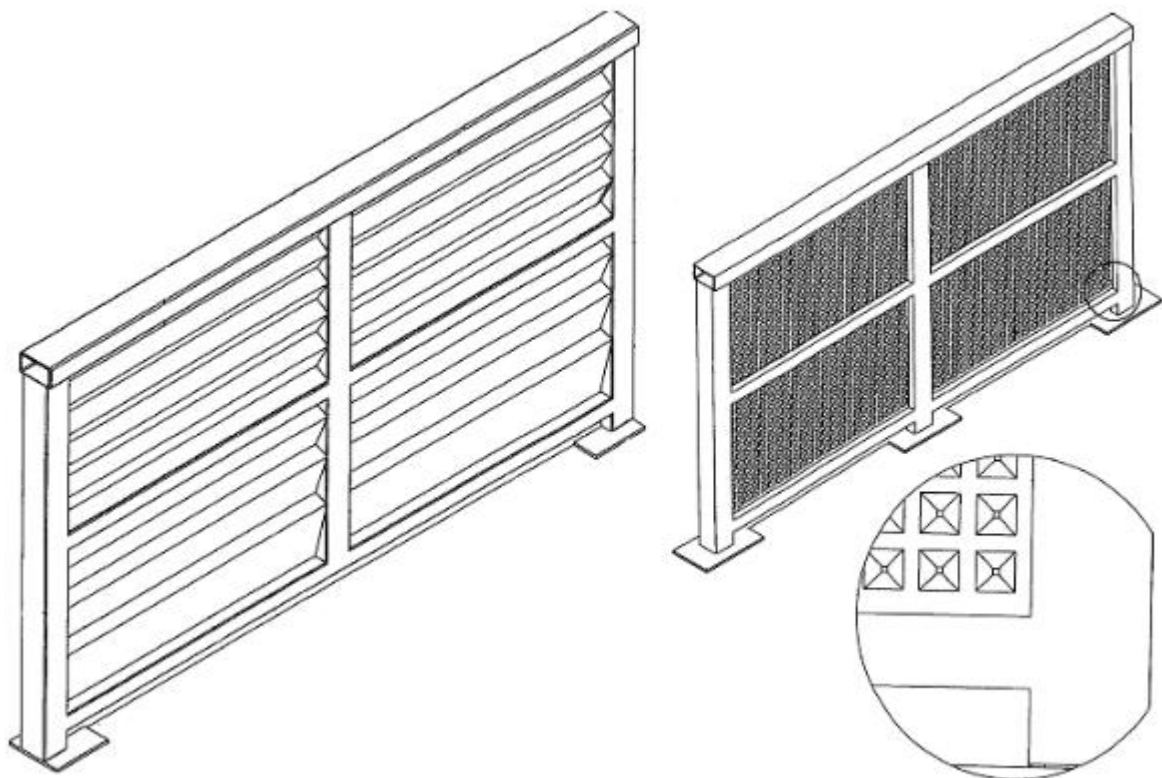


Рис.1.7 Сучасний шумовий бар'єр [29]

1.8 Висновок до розділу 1

У даному розділі, на прикладі декількох робіт, висвітлюється проблема впливу шумового забруднення автотранспорту на психо-фізичне здоров'я дітей та дорослих. Вплив високого рівня шуму призводить до погіршення якості сну та фізичного стану людей, до підвищення числа захворювань серцево-судинної та нервової системи організму.

Зниження рівня автотранспортного шуму забезпечується різноманітними способами, у тому числі архітектурно-акустичними. Практика боротьби з шумом показує, що дуже ефективним та якісним засобом захисту є акустичні екрани, що встановлюються вздовж транспортних магістралей. Екрани захищають від шуму прилягаючих до магістралі територій, на яких можуть бути розташовані житлові, громадські і виробничі об'єкти.

Роботою у цьому напрямку я і планую зайнятись у наступних розділах магістерської дисертації, а саме зниженням шуму транспортних потоків на трасі Київ – Харків в с. Красногорівка.

РОЗДІЛ 2

ЕФЕКТИВНІСТЬ ШУМОЗАХИСНИХ ЕКРАНІВ

2.1 Методика проведення вимірювань

При проведенні вимірювань рівнів шуму рекомендовано закріплювати вимірювальний мікрофон або шумомір з мікрофоном на штативі, встановленому в точці вимірювання.

При цьому головна вісь вимірювального мікрофона повинна бути направлена в сторону основного джерела шуму.

У тому випадку, якщо неможливо визначити основне джерело шуму, вимірювальний мікрофон повинен бути орієнтований своєю лицьовою частиною (мембраною) вгору перпендикулярно поверхні території на місцевості або підлоги в приміщенні.

Під час проведення вимірювання шуму оператор, який проводить вимірювання, повинен знаходитися від вимірювального мікрофона на відстані не менше 0,5 м для зменшення небажаних відбиттів звуку. Між вимірювальним мікрофоном і джерелом шуму не повинні перебувати будь-які особи або розміщуватися сторонні (особливо великогабаритні) предмети.

Відповідно до керівництва по експлуатації шумомірів виконуються прямі вимірювання наступних величин: L_A , L_{AS} , L_{A1} , L_p , L_{EA} .

При проведенні вимірювання шуму шумомірами за максимальний рівень звуку L_{Amax} , дБА, слід приймати найбільше значення рівня за часовий інтервал вимірювання, а також за часовий інтервал спостереження.

При проведенні вимірювання шуму вимірювальними системами, що містять аналізатори статистичного розподілу, за максимальний рівень звуку A слід приймати відповідно до ГОСТ 31296.1 рівень звуку L_{A1} , дБА, перевищує протягом 1% тривалості часового інтервалу вимірювання або часового інтервалу спостереження.

Перед проведенням вимірювання шуму як на сельбищній території, так і в приміщеннях житлових і громадських будівель необхідно:

- визначити, шум від яких джерел буде вимірюватися і оцінюватися (загальний шум або шум відомого джерела);
- переконатися в наявності або відсутності акустичних перешкод, а саме шуму, створюваного одиничними випадковими джерелами, оцінка яких не входить в завдання, що виконуються в даний момент вимірювань (в тому числі гавкіт собак, крик птахів, проїзд окремих автомашин та ін.);
- визначити категорію шуму (постійний, непостійний).

Для визначення категорії шуму проводять попередньо протягом не менше 5 хв спостереження за показами на цифровому дисплеї шумоміра. Якщо кориговані по А рівні звуку, дБА, і рівні звукового тиску в октавних (третьоктавних) смугах частот (якщо такі необхідно оцінити), дБ, при працюючих, а потім при відключених основних джерелах шуму або, якщо можливо, в паузах між інтервалами дії основних джерел шуму змінюються в межах, що відповідають 3.6 [30], шум відноситься до постійного, в іншому випадку - до непостійного.

У спірних випадках (наприклад, якщо не цілком ясно, чи відноситься шум до уривчастого чи ні) попереднє спостереження проводять протягом часу, необхідного для ухвалення однозначного рішення, або в інших точках, ближче до джерела шуму.

Попередні вимірювання проводять в тих самих вимірювальних точках, в яких будуть проводитися і основні вимірювання шуму.

При проведенні вимірювань рівнів шуму від відомих джерел шуму, вимірювання слід проводити спочатку при працюючих джерелах, а потім в тих же точках при вимкнених джерелах (фоновий шум).

Якщо різниця між вимірним рівнем шуму від відомих джерел і рівнем фонового шуму не перевищує 10 дБ (дБА), то необхідно внести поправку в результати вимірювання відповідно до 8.3, 8.4 [30].

Якщо різниця рівнів шуму при працюючих і при відключених відомих джерелах шуму менше 3 дБ (дБА), то необхідно перенести вимірювання на більш тихий період доби (з меншим рівнем фону). При відсутності можливості в будь-який період доби забезпечити різницю рівнів шуму при працюючих і при відключених відомих джерелах не менше 3 дБ (дБА) приймається рішення про неможливість коректної оцінки впливу даних джерел шуму. В цьому випадку допускається проводити вимірювання і оцінку тільки загальних (сумарних) рівнів шуму в даній ситуації в даний час, про що в протоколі вимірювань повинен бути зроблений відповідний запис.

Час оцінки шуму T - часовий інтервал спостереження - на сельбищній території і в приміщеннях житлових і громадських будівель повинно визначатися, виходячи з мети вимірювань.

Безпосередні виміри шуму повинні проводитися відповідно до ГОСТ 31296.2 в такі періоди, щоб в процесі вимірювань були зареєстровані всі типові шумові ситуації в місці вимірювань, в тому числі і найбільш гучні періоди дії джерел шуму. Для їх виявлення має бути проведено попереднє вивчення періодів дії основних джерел шуму і встановлена категорія випромінюваного ними шуму (постійний або коливається).

Якщо джерело шуму може мати кілька режимів роботи, то вимірювання проводять при роботі на максимальному режимі. Неможливість експлуатації обладнання в ситуації, що склалася на максимальному режимі повинна бути підтверджена технічною відсталістю та експлуатаційною документацією.

Вимірювання шуму проводяться окремо для денного (з 7.00 до 23.00 год) і для нічного (з 23.00 до 7.00 год) періодів доби за умови дії основних джерел шуму у відповідний період.

Якщо режим роботи джерела шуму не змінюється протягом доби, то допускається проведення вимірювань тільки в денний час за умови поширення отриманих результатів і в нічний час. При цьому оцінка шуму повинна проводитися окремо як для денного, так і для нічного періоду доби відповідно до допустимих для них рівнів шуму.

Тривалість окремого безпосереднього вимірювання шуму (тривалість тимчасового інтервалу вимірювання) T_{mi} повинна прийматися в залежності від характеру шуму.

Допускається вибирати протягом часу оцінки (тимчасового інтервалу спостереження) T кілька тимчасових інтервалів вимірювання різної тривалості T_{mi} , які можуть відділятися один від одного паузами. При цьому сумарна тривалість часових інтервалів вимірювання T_{mi} може бути менше або дорівнювати часу оцінки шуму T . Вимірювання в кожній точці вимірювання повинні бути проведені не менш ніж для трьох часових інтервалів.

При вимірюванні постійного шуму мінімальна тривалість кожного випробування повинна бути такою, щоб зміни еквівалентного рівня звуку або зміни еквівалентних рівнів звукового тиску в кожній октавній або третинно октавній смузі при тимчасовій характеристиці "повільно" становили б протягом 1 хв не більше 0,5 дБА(дБ).

При вимірі коливається шуму тривалість вимірювального інтервалу в кожній вимірювальній точці повинна становити не менше 5 хв. В окремих випадках, наприклад, коли необхідно виміряти шум від інженерного обладнання в квартирі, але при цьому спостерігається високий фон від руху транспорту перед будинком, допускається вибирати кілька інтервалів

вимірювання тривалістю менше 5 хв в періоди найменшого фоновому шуму. Про це слід зробити запис в протоколі вимірів.

При вимірі переривчастого шуму тривалість вимірювального інтервалу повинна охоплювати не менше трьох наступних поспіль один за одним циклів характерного дії джерела переривчастого шуму.

При вимірі імпульсного шуму тривалість вимірювального інтервалу повинна охоплювати не менше десяти наступних поспіль один за одним імпульсів шуму або фактична кількість імпульсів шуму при меншому їх числі.

Рівень звукового впливу визначається за допомогою інтегруючого шумоміра по ГОСТ 17187 за час дії одиничного події (окремого джерела короткочасного шуму). Згідно ГОСТ 31296.2 при одиничному звуковому подію (наприклад, шум при проїзді окремого автомобіля або при проході окремого поїзда і т.п.), коли шум джерела діє протягом невеликого часу, а протягом більшої частини тимчасового інтервалу спостереження має місце фоновий шум, вимір кожного звукового події проводять протягом часу, який достатній для того, щоб охопити всі основні складові шуму. Наприклад, для проходить транспортного засобу шум слід вимірювати до тих пір, поки рівень звуку знизиться щонайменше на 10 дБА щодо найбільшого миттєвого рівня звуку, що спостерігається в момент проходу транспортного засобу безпосередньо повз точки вимірювання.

Під час проведення вимірювання шуму повинна бути зафіксована вся необхідна інформація про джерело (або джерела) шуму, про місце, час та умови вимірювання, про застосовану апаратуру і про отримані результати вимірювань.

За результатами вимірювань шуму протягом тимчасових інтервалів вимірювання визначають характеристики шуму, перераховані в 4.3[30], і піддають їх подальшій обробці відповідно до розділу 8[30].

2.2 Використана апаратура

Для вимірювання рівня шуму в околиці села Красногорівка був використаний шумомір Bruel&Kjaer Type 2203 (рис.2.1).



Рис.2.1 Зображення шумоміра Bruel&Kjaer Type 2203

Діапазон вимірювання з конденсаторним мікрофоном 1 "В & К 4131:

- Рівень звукового тиску 31 ... 134 дБ
- Рівень звуку (зважений) 22 ... 134 дБ
- Октав звуковий тиск 20 ... 134 дБ.

2.3 Розрахунок шумової характеристики транспортного потоку

Автодорога Київ – Харків буде мати чотири смуги руху. Загальний проект частини дороги наведено на рис.2.2.

Розрахунок шумової характеристики транспортного потоку проводився у відповідності до [31]. Вихідними характеристиками до розрахунку є годинна інтенсивність та швидкість руху транспорту.

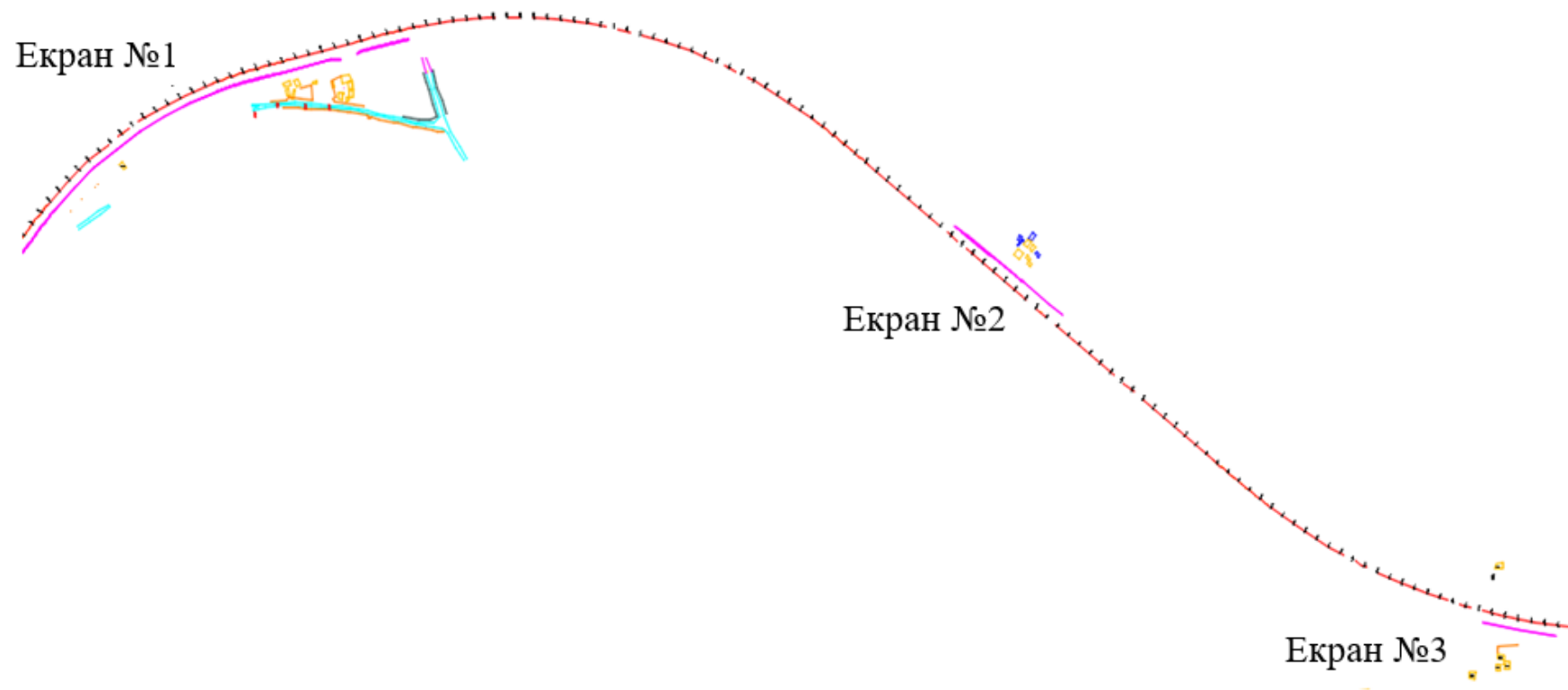


Рис.2.2 Проект дороги з розташуванням житлових будинків та можливим улаштуванням шумозахисних екрані

Швидкість руху всіх транспортних засобів прийнята як 90 км/год для легкових автомобілів та 80 км/год для інших. Дані показники характерні для такого типу доріг для яких не встановлені обмеження для населених пунктів.

В денний час доби інтенсивність руху прийнята як 7% від середньодобової інтенсивності руху відповідно до п. 6.2.5 [31].

В нічний час доби (з 22.00 до 8.00, відповідно до примітки 6, табл. 1. [8]) шумова характеристика визначається для найбільш шумного годинного періоду і прийнята, як 5% від середньодобової інтенсивності, відповідно до рис. 19 «Посібника до розроблення матеріалів ОВНС (до ДБН А.2.2-1-2003)» [32].

Вихідні дані та розрахунок шумової характеристики наведені в табл.2.1.

Табл.2.1 Розрахунок шумової характеристики транспортного потоку (2018 рік)

| Тип транспортного засобу | Інтенсивність руху од/добу | Інтенсивність руху од/год (день/ніч) | Швидкість руху, км/год | Зведена інтенсивність, од/год (день/ніч) | Зведена швидкість, км/год (день/ніч) | Поправка на ухил дороги | Поправка на покриття дороги | Шумова характеристика (день/ніч) |
|---|----------------------------|--------------------------------------|------------------------|--|--------------------------------------|-------------------------|-----------------------------|----------------------------------|
| Легкі масою до 3,5 т | 4000 | $\frac{280}{200}$ | 90 | $\frac{2016}{1440}$ | $\frac{373,2}{373,2}$ | 0 | 0 | $\frac{73,5}{72,0}$ |
| Вантажні та автобуси масою від 3,5 т до 5 т | 550 | $\frac{38,5}{27,5}$ | 80 | | | | | |
| Вантажні масою від 5 т до 12 т | 1550 | $\frac{108,5}{77,5}$ | 80 | | | | | |
| Вантажні масою понад 12 т | 1550 | $\frac{108,5}{77,5}$ | 80 | | | | | |

Табл.2.2 Розрахунок шумової характеристики транспортного потоку (2033 рік)

| Тип транспортного засобу | Інтенсивність руху од/добу | Інтенсивність руху од/год (день/ніч) | Швидкість руху, км/год | Зведена інтенсивність, од/год (день/ніч) | Зведена швидкість, км/год (день/ніч) | Поправка на ухил дороги | Поправка на покриття дороги | Шумова характеристика (день/ніч) |
|---|----------------------------|--------------------------------------|------------------------|--|--------------------------------------|-------------------------|-----------------------------|----------------------------------|
| Легкі масою до 3,5 т | 14650 | $\frac{1005,2}{718}$ | 90 | $\frac{4956}{3540}$ | $\frac{373,2}{373,2}$ | 0 | 0 | $\frac{77,7}{76,2}$ |
| Вантажні та автобуси масою від 3,5 т до 5 т | 1090 | $\frac{76,3}{54,5}$ | 80 | | | | | |
| Вантажні масою від 5 т до 12 т | 3720 | $\frac{260,4}{186}$ | 80 | | | | | |
| Вантажні масою понад 12 т | 3720 | $\frac{260,4}{186}$ | 80 | | | | | |

2.4 Розрахунок шумового забруднення на сельбищній території

Сельбищна територія з переважно одно та двоповерховими житловими будинками знаходиться неподалік від автодороги.

Відстань до найближчих житлових будинків становить 12 м від дороги.

Розрахунок рівнів шуму проводився у відповідності до розділу 7 [31] для точок з боку джерела шуму, в 2 м від фасаду житлових будинків (табл.2.3 та 2.4) для 2018 року та 2033 року відповідно.

Табл.2.3 Розрахунок рівнів шуму на території на 2018 рік

| Ч.ч. | Параметр | Житловий будинок на відстані 28 м від осі дороги | | Житловий будинок на відстані 80 м від осі дороги | |
|---|--|--|-------------|---|------------|
| | | День | Ніч | День | Ніч |
| 1 | Шумова характеристика, L_A , дБ | 73,5 | 72,0 | 73,5 | 72,0 |
| 2 | Зниження шуму за рахунок розходження фронту хвилі $\Delta L_{A \text{ відст}}$ | 5,1 | | 10,9 | |
| 3 | Зниження шуму за рахунок поглинання звуку в повітрі $\Delta L_{A \text{ пов}}$ | 0,1 | | 0,3 | |
| 4 | Зниження шуму за рахунок поглинання звуку покриттям землі $\Delta L_{A \text{ покр}}$ | 0 | | 5,6 | |
| 5 | Збільшення рівнів звукового тиску за рахунок відбиття від фасаду $\Delta L_{A \text{ відб}}$ | 0 | | | |
| 6 | Розрахункові рівні шуму, дБ | 68,3 | 66,8 | 57,3 | 55,2 |
| 7 | Допустимі рівні шуму ¹ , дБ | 65 | 55 | 65 | 55 |
| 8 | Перевищення над допустимими рівнями, дБ | 3,3 | 11,8 | - | 0,2 |
| <p>¹) Допустимі рівні шуму вказано з врахуванням п.25 та прим. 5 таблиці 1 [8]. Відповідно до прим.2, табл. 2 [8] «Для об'єктів будівництва у сформованій житловій забудові поправку плюс 5 дБ (дБА) не враховують». Автодорога відноситься до об'єкту будівництва відповідно до абзацу 8 п.1 [33]</p> | | | | | |
| <p>Примітка. Всі інші фактори, що впливають на зміну рівня звуку і які наведені у формулі (18) [31] дорівнюють або близькі до нуля і не впливають на остаточний результат розрахунку.</p> | | | | | |

Табл.2.4 Розрахунок рівнів шуму на території на 2033 рік

| Ч.ч. | Параметр | Житловий будинок на відстані 28 м від осі дороги | | Житловий будинок на відстані 120 м від осі дороги | |
|--|--|--|-------------|--|------------|
| | | День | Ніч | День | Ніч |
| 1 | Шумова характеристика, L_A , дБ | 77,7 | 76,2 | 77,7 | 76,2 |
| 2 | Зниження шуму за рахунок розходження фронту хвилі $\Delta L_{A \text{ відст}}$ | 5,1 | | 12,8 | |
| 3 | Зниження шуму за рахунок поглинання звуку в повітрі $\Delta L_{A \text{ пов}}$ | 0,1 | | 0,5 | |
| 4 | Зниження шуму за рахунок поглинання звуку покриттям землі $\Delta L_{A \text{ покр}}$ | 0 | | 7,8 | |
| 5 | Збільшення рівнів звукового тиску за рахунок відбиття від фасаду $\Delta L_{A \text{ відб}}$ | 0 | | | |
| 6 | Розрахункові рівні шуму, дБ | 72,2 | 71,0 | 56,6 | 55,1 |
| 7 | Допустимі рівні шуму ¹ , дБ | 65 | 55 | 65 | 55 |
| 8 | Перевищення над допустимими рівнями, дБ | 7,2 | 16,0 | - | 0,1 |
| ¹⁾ Допустимі рівні шуму вказано з врахуванням п.25 та прим. 5 таблиці 1 [8]. Відповідно до прим.2, табл. 2 [8] «Для об'єктів будівництва у сформованій житловій забудові поправку плюс 5 дБ (дБА) не враховують». Автодорога відноситься до об'єкту будівництва відповідно до абзацу 8 п.1 [33] | | | | | |
| Примітка. Всі інші фактори, що впливають на зміну рівня звуку і які наведені у формулі (18) [31] дорівнюють або близькі до нуля і не впливають на остаточний результат розрахунку. | | | | | |

Відповідно до розрахунку наведеному в табл.2.3 та 2.4 на території житлової забудови існують перевищення рівнів звуку над допустимими рівнями на величину до 3,3 дБА для денного часу доби та на величину 11,8 дБА – для нічного в 2018 році. В 2033 році такі перевищення становитимуть відповідно 7,2 та 16,0 дБА. З огляду на це подальші розрахунки будемо

проводити для нічного часу доби, так як перевищення допустимих норм вночі є більшими.

Також було розраховано, що перевищення рівнів звуку над допустимими рівнями будуть спостерігатися на відстані до 80 м та 120 м від осі дороги для 2018 року та 2033 року відповідно.

2.5 Розрахунок шуму при застосуванні шумозахисних екранів

Шумозахисні екрани мають найбільшу ефективність коли вони максимально наближені або до джерела шуму або до об'єкта шумозахисту і є суцільними без щілин зазорів та розривів. Нажаль наявність перехресть та автомобільних з'їздів не дозволяють побудувати екрани без розривів, що призводить до зменшення їх ефективності.

Розташування екрану прийнято на відстані 14 м від осі автодороги. Таке розташування максимально наближає екран до джерела шуму, дозволяє не створювати перешкод при посадці та висадці пасажирів, а також збільшує кут огляду для водіїв та покращує комфортність пересування автотранспортом.

Розрахункові карти шуму при застосуванні шумозахисних екранів наведено в пункті 2.7. При проведенні розрахунків використовувалась програма акустичний шумозахист, що рекомендована до застосування відповідно до п. 9.7 [31].

Вихідними параметрами до розрахунку було:

- шумова характеристика транспортного потоку – 72,0 дБА (2018 рік) та 76,2 (2033 рік), при цьому точки знаходяться на відстані 7,5 м від осі ближньої смуги руху автотранспорту;

- висота джерела шуму – 1,0 м;

- висота розрахункової точки 1,5 м;

- вся дорога розбивалася на частини довжиною 5 м (відповідно до п. 7.4 [31]) від кожної з яких проводився акустичний розрахунок.

В табл.2.5 наведено місце розташування та рекомендовані висоти екранів.

Табл.2.5 Місце розташування та рекомендовані висоти екранів

| Ч.ч. | Розташування екрану (ПК) та бік дороги | Довжина екрану, м | Висота екрану, м |
|------|---|-------------------|------------------|
| 1 | 3+480 – 4+045 та 4+068 – 4+150 Південий-схід | 647 | 4 |
| 2 | 5+035 – 5+235 Північний- схід | 200 | 4 |
| 3 | 5+950 – 6+123 Південь | 173 | 4 |

Загальна довжина екранів 1020 м, висота 4 м.

Ефективність даних шумозахисних екранів зображена у додатку А на рис.А.1-рис.А.3.

2.6 Максимальна ефективність шумозахисних екранів

З побудованих графіків, що приведені в Додатку А (рис.А.4-рис.А.27), визначимо максимальну ефективність шумозахисних екранів та занесемо ці дані у табл.2.6.

Табл.2.6 Максимальна ефективність шумозахисних екранів в октавних смугах частот

| f, Гц | Максимальна ефективність, дБА | | |
|-------|-------------------------------|----------|----------|
| | Екран №1 | Екран №2 | Екран №3 |
| 63 | 5 | 7 | 7 |
| 125 | 7 | 9 | 9 |
| 250 | 9 | 11 | 11 |
| 500 | 11 | 13 | 13 |
| 1000 | 13 | 15 | 17 |
| 2000 | 15 | 19 | 20 |
| 4000 | 19 | 23 | 23 |
| 8000 | 23 | 25 | 27 |

2.7 Карти шуму

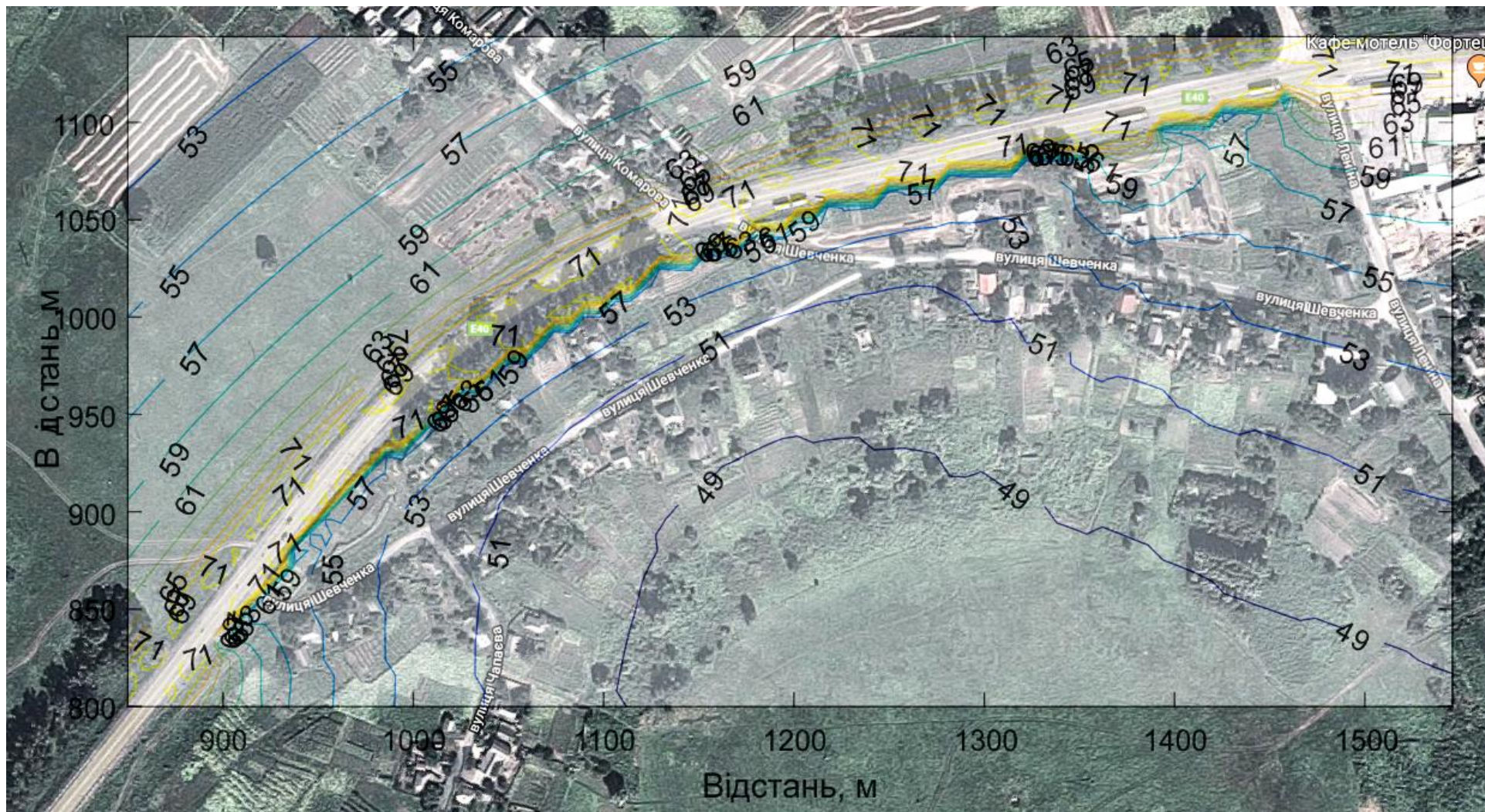


Рис.2.3 Прогнозовані розрахункові рівні шуму при застосуванні шумозахисного екрану №1 (2033 рік)

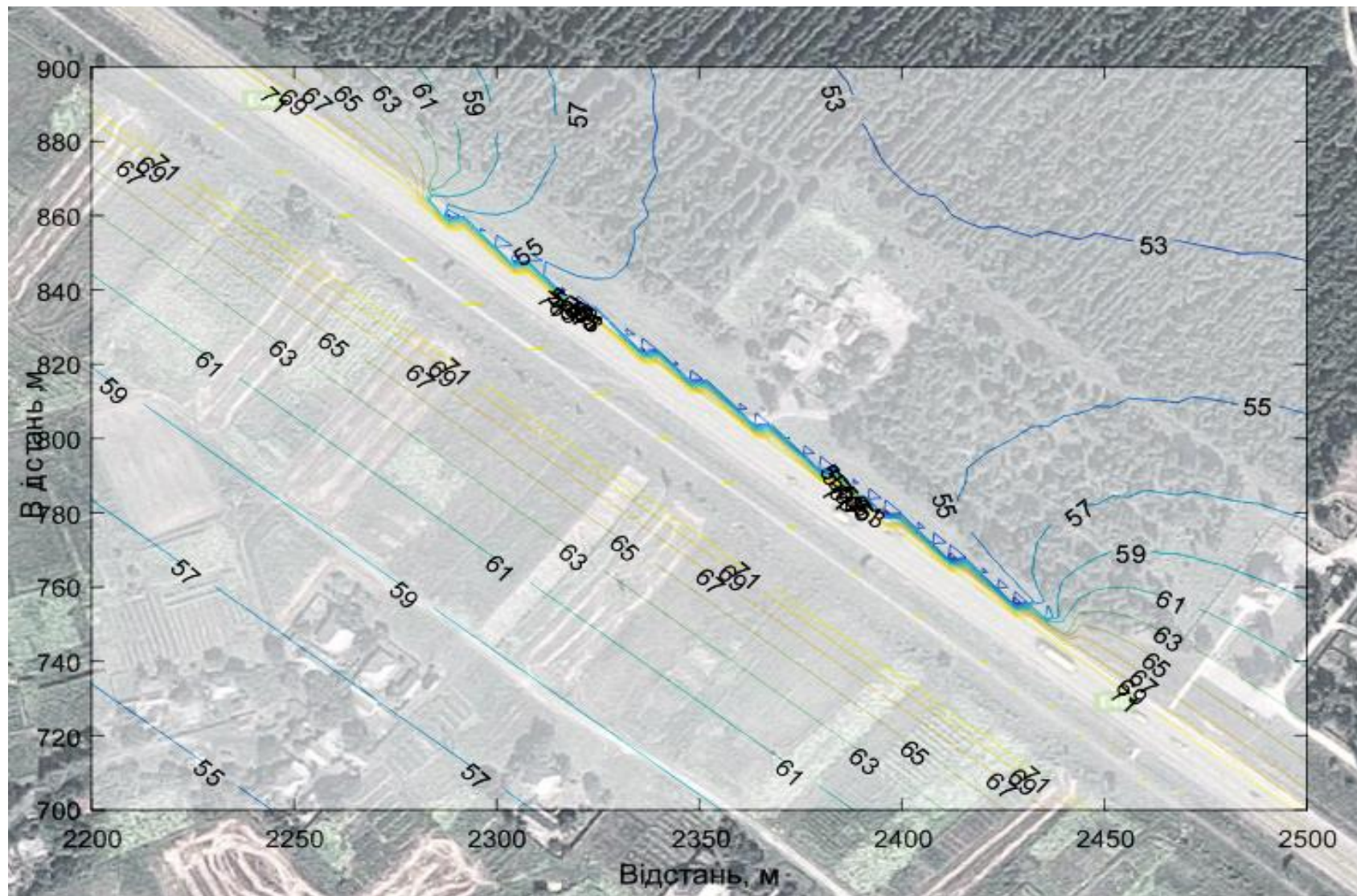


Рис.2.4 Прогнозовані розрахункові рівні шуму при застосуванні шумозахисного екрану №2 (2033 рік)

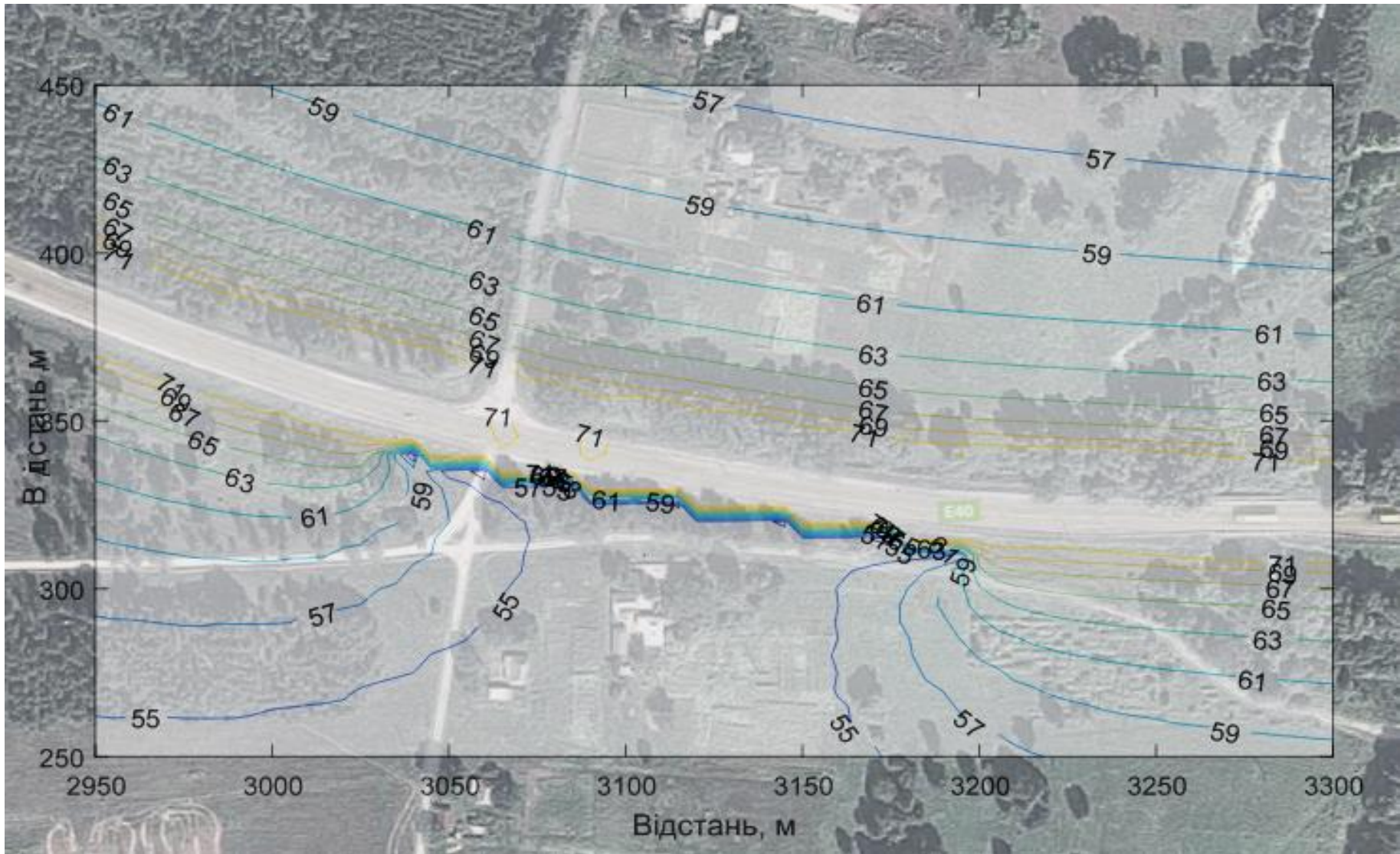


Рис.2.5 Прогнозовані розрахункові рівні шуму при застосуванні шумозахисного екрану №3 (2033 рік)

2.8 Висновок до розділу 2

Шум транспортних потоків негативно впливає на життєдіяльність людей. В Україні на даний час чинними нормативними документами щодо захисту від шуму є ДБН В.1.1-31:2013 «Захист територій будівель і споруд від шуму» [8] та СН 3077-84 «Санитарные нормы допустимого шума в помещениях жилых и общественных зданий и на территории жилой застройки» [34].

Відповідно до чинного ДСТУ-Н Б В.1.1-33 «Настанова з розрахунку та проектування захисту від шуму сельбищних територій» [31] були проведені розрахунки шумової характеристики транспортного потоку та побудовані карти шуму на прилеглий сельбищній території.

Проведено розрахунки прогнозованих рівнів шуму і відповідно засобів зниження шуму на 2033 рік.

Результати розрахунку показали, що при застосуванні шумозахисних екранів висотою 4 м рівні шуму на вказаній (рис.2.1) сельбищній території біля фасадів житлових будинків становитиме менше 55 дБА, що буде відповідати вимогам.

Однак слід звернути увагу на те, що ширина зони з прогнозованими надмірними рівнями шуму в 2033 році становитиме 120 м. Тому доцільно розглянути й інші житлові будинки, що потрапляють в цю зону, на предмет зниження шуму.

За результатами розрахунків було визначено території з наднормованими рівнями шуму та запропоновано улаштування шумозахисних екранів – як дієвого, і єдино можливого засобу зниження шуму, в даній ситуації.

За результатами акустичних розрахунків визначено геометричні параметри екранів, надано вимоги щодо акустичних характеристик конструкції екрану і запропоновано базові конструкції, що задовольняють таким характеристикам.

3 РОЗДІЛ

ЗВУКОІЗОЛЯЦІЯ ШУМОЗАХИСНИХ ЕКРАНІВ

3.1 Розрахунок звукоізоляції шумозахисних екранів

Для розрахунку звукоізоляції оберемо матеріали з відповідним коефіцієнтом звукопоглинання [35] та внесемо дані до табл.3.1.

Табл.3.1 Коефіцієнти звукопоглинання для обраних матеріалів

| Матеріал | 125 Гц | 250 Гц | 500 Гц | 1000 Гц | 2000 Гц | 4000 Гц |
|-----------------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|
| Алюміній | 0,2 | 0,69 | 0,89 | 0,49 | 0,19 | 0,04 |
| Оргскло | 0,22 | 0,3 | 0,28 | 0,3 | 0,33 | 0,35 |
| Мінеральна вата | 0,17 | 0,59 | 0,99 | 0,98 | 0,93 | 0,87 |

Проведемо розрахунок звукоізоляції шумозахисних екранів з трьох різних варіацій матеріалів, згідно до методики, описаній в [36].

3.1.1 Розрахунок звукоізоляції екрану з полівінілхлориду

Для першого шумозахисного екрану був обраний один матеріал – полівінілхлорид, товщиною 20 мм. Тобто вхідні дані маємо наступні: $h = 20 \text{ мм} = 0,02 \text{ м}$ – товщина шару полівінілхлориду, $\rho = 1200 \text{ кг/м}^3$ - густина обраного матеріалу. Далі необхідно побудувати частотну характеристику ізоляції повітряного шуму одношаровою тонкою огорожувальною конструкцією.

Координати точок B і C (R_B , R_C і частоти f_B і f_C) визначають відповідно до таблиці 5 [36]. Визначені частоти f_B і f_C заокруглюють до середньгеометричної частоти тієї третиннооктавної смуги, в межах якої знаходиться частота f_B або f_C :

$$f_B = \frac{17000}{h} \approx 800 \text{ Гц}, \quad (3.1)$$

такій частоті відповідає наступне значення величини ізоляції повітряного шуму - $R_B = 37 \text{ дБ}$,

$$f_c = \frac{34000}{h} \approx 1600 \text{ Гц}, \quad (3.2)$$

такій частоті відповідає наступне значення величини ізоляції повітряного шуму - $R_c = 30 \text{ дБ}$.

Ділянку АВ ламаної лінії будують з нахилом 4,5 дБ на октаву, а ділянку CD - з нахилом 7,5 дБ на октаву. Точки В і С з'єднують між собою.

Ламана лінія ABCD на рис.3.1 являє собою частотну характеристику ізоляції повітряного шуму R, дБ, одношаровою тонкою акустично гнучкою огорожувальною конструкцією із листових матеріалів.

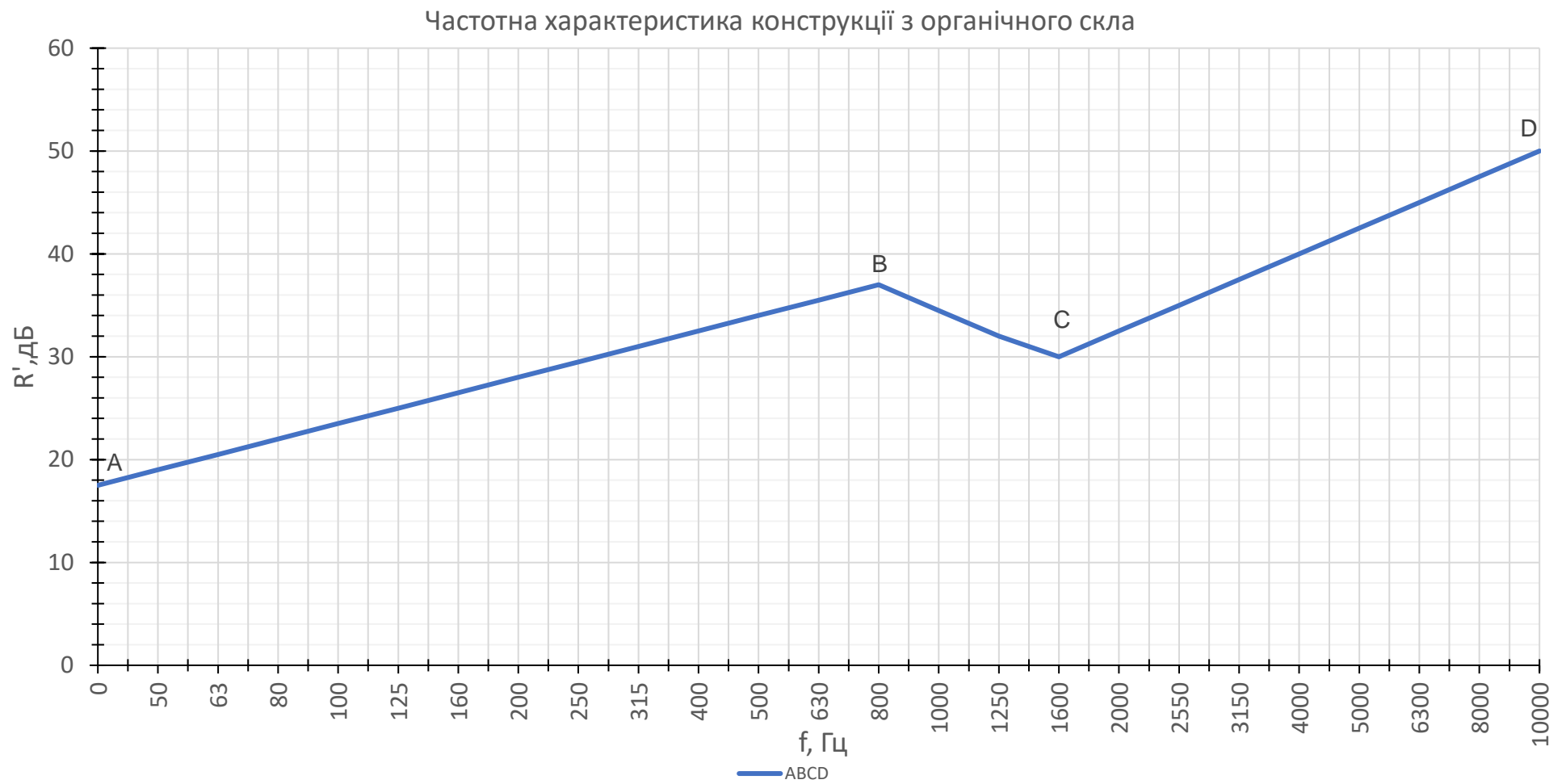


Рис.3.1 Частотна характеристика ізоляції повітряного шуму R , дБ, одношаровою тонкою акустично гнучкою огорожувальною конструкцією із полівінілхлориду

З отриманої частотної характеристики (рис.3.1) винесемо значення величини ізоляції повітряного шуму у третиннооктавих смугах частот у таблицю (3.2) .

Табл.3.2 Значення частотної характеристики ізоляції повітряного шуму конструкцією з полівінілхлориду на третиннооктавних смугах частот

| | | | | | | | | |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| f , Гц | 50 | 63 | 80 | 100 | 125 | 160 | 200 | 250 |
| R, дБ | 19 | 20,5 | 22 | 23,5 | 25 | 26,5 | 28 | 29,5 |
| f , Гц | 315 | 400 | 500 | 630 | 800 | 1000 | 1250 | 1600 |
| R, дБ | 31 | 32,5 | 34 | 35,5 | 37 | 34,5 | 32 | 30 |
| f , Гц | 2000 | 2550 | 3150 | 4000 | 5000 | 6300 | 8000 | 10000 |
| R, дБ | 32,5 | 35 | 37,5 | 40 | 42,5 | 45 | 47,5 | 50 |

Перейдемо до значень в октавних смугах частот за допомогою формули виду:

$$R_{окт} = -10 \lg \left(\sum_{i=1}^3 \frac{10^{-0.1R_i}}{3} \right). \quad (3.3)$$

Значення результуючої звукоізоляції внесемо у таблицю 3.3:

Табл.3.3 Результуюча звукоізоляція повітряного шуму конструкцією з полівінілхлориду

| | | | | | | | | |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| f , Гц | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| R, дБ | 20,33 | 24,82 | 29,33 | 33,83 | 34,03 | 32,64 | 39,53 | 47,03 |

3.1.2 Розрахунок звукоізоляції екрану з мінеральної вати між шарами алюмінію

Для другого шумозахисного екрану була обрана конструкція типу «сендвіч», тобто екран складається з трьох шарів: перший шар – алюміній, другий шар – мінеральна вата, третій шар – алюміній. Тобто вхідні дані маємо наступні: $h_{1,2} = 2,5 \text{ мм} = 0,0025 \text{ м}$ – товщина шару алюмінію, $\rho_{1,2} = 2700 \text{ кг/м}^3$ – густина алюмінію, $h_g = 100 \text{ мм} = 0,1 \text{ м}$ – товщина шару мінеральної вати між шарами алюмінію, $\rho_g = 100 \text{ кг/м}^3$ – густина мінеральної вати. Далі необхідно

побудувати частотну характеристику ізоляції повітряного шуму одношаровою тонкою огорожувальною конструкцією (з алюмінію).

Координати точок B і C (R_B , R_C і частоти f_B і f_C) визначають відповідно до таблиці 5 [36]. Визначені частоти f_B і f_C заокруглюють до середньгеометричної частоти тієї третиннооктавної смуги, в межах якої знаходиться частота f_B або f_C :

$$f_B = \frac{6000}{h_{1,2}} \approx 2550 \text{ Гц}, \quad (3.4)$$

такій частоті відповідає наступне значення величини ізоляції повітряного шуму - $R_B = 32 \text{ дБ}$,

$$f_C = \frac{12000}{h_{1,2}} \approx 5000 \text{ Гц}, \quad (3.5)$$

такій частоті відповідає наступне значення величини ізоляції повітряного шуму - $R_C = 22 \text{ дБ}$.

Ділянку АВ ламаної лінії будують з нахилом 4,5 дБ на октаву, а ділянку CD - з нахилом 7,5 дБ на октаву. Точки В і С з'єднують між собою.

Ламана лінія ABCD на рис.3.2 являє собою частотну характеристику ізоляції повітряного шуму R , дБ, одношаровою тонкою акустично гнучкою огорожувальною конструкцією із алюмінію.

Визначимо поверхневу густину алюмінію за формулою (3.6):

$$m = \rho \cdot h, \quad (3.6)$$

$$m_{1,2} = 2700 \cdot 0,0025 = 6,75 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}.$$

Визначимо поверхневу густину мінеральної вати за формулою (3.6):

$$m_6 = 100 \cdot 0,01 = 10 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}.$$

Тоді сумарна поверхнева густина огорожувальної конструкції визначається за формулою (3.7):

$$m_{\text{сум}} = 2m_{1,2} + m_6, \quad (3.7)$$

$$m_{\text{сум}} = 2 \cdot 6,75 + 10 = 23,5 \text{ кг/м}^2.$$

Маючи відношення $\frac{m_{\text{сум}}}{m_{1,2}} \approx 3,4$, поправка ΔR_1 визначається відповідно до

таблиці 6 [36], і становить $\Delta R_1 = 8 \text{ дБ}$.

Далі будуємо допоміжну ламану лінію $A_1B_1C_1D_1$ шляхом додавання до ординат лінії $ABCD$ поправки ΔR_1 , дБ, на збільшення поверхневої густини огорожі в цілому (рис.3.2).

Визначаємо частоту резонансу f_p конструкції за формулою (3.8):

$$f_p = 60 \sqrt{\frac{m_1 + m_2}{d_g m_1 m_2}}, \quad (3.8)$$

де m_1 і m_2 - поверхнева густина обшивок, кг/м^2 (у даному випадку

$m_1 = m_2$);

d_g - ширина шару мінеральної вати між обшивками.

Тож частота резонансу f_p другого екрану буде:

$$f_p = 60 \sqrt{\frac{6,75 + 6,75}{0,1 \cdot 6,75 \cdot 6,75}} \approx 100 \text{ Гц}.$$

Розраховану частоту f_p заокруглюють до величини середньгеометричної частоти $1/3$ октавної смуги, в межах якої знаходиться частота f_p . До частоти $0,8f_p$ включно (тобто до середньгеометричної частоти, попередньої перед f_p $1/3$ октавної смуги) частотна характеристика звукоізоляції конструкції збігається з допоміжною лінією $A_1B_1C_1D_1$ (відрізок A_1E на рис.3.2).

На частоті f_p звукоізоляцію приймають на 4 дБ нижчою від лінії $A_1B_1C_1D_1$ (точка F). Точки E і F з'єднують між собою.

На частоті $8f_p$ (на три октави вище від частоти резонансу) визначають точку K з ординатою $R_K = R_F + H_{\text{п}}$, дБ, яку з'єднують з точкою F. Величину поправки $H_{\text{п}}$, дБ, визначають відповідно до таблиці 7 [36] в залежності від

ширини повітряного проміжку d_{Π} (у даному випадку шару мінеральної вати). Від точки К проводять відрізок KL з нахилом 4,5 дБ на октаву до частоти f_B (паралельно допоміжній лінії A_1B_1).

Перевищення ординати відрізка KL над ординатою допоміжної кривої $A_1B_1C_1D_1$ являє собою поправку ΔR_2 , дБ, на вплив повітряного проміжку (для діапазону частот вище від $8f_p$).

Від точки L до частоти $1,25f_B$ (до наступної середньгеометричної частоти 1/3 октавної смуги) проводять горизонтальний відрізок LM. На частоті f_c визначають точку N шляхом додавання до величини ординати допоміжної лінії $A_1B_1C_1D_1$ поправки ΔR_2 (тобто, $R_N = R_C + \Delta R_1 + \Delta R_2$) і з'єднують її з точкою M. Потім від точки N проводять відрізок NP з нахилом 7,5 дБ на октаву.

Ламана лінія $A_1EFKLMNP$ на рис.3.2 являє собою частотну характеристику ізоляції повітряного шуму R , дБ, даною огорожувальною конструкцією з незаповненим повітряним проміжком.

До частоти резонансу включно ($f \leq f_p$) частотна характеристика звукоізоляції кінцевого варіанту конструкції збігається з частотною характеристикою, побудованою для перегородки з незаповненим повітряним проміжком (відрізок A_1EF на рис.3.2).

На частотах $f \geq 1,6f_p$ звукоізоляція даної конструкції збільшується додатково на величину поправки ΔR_4 , дБ, яку визначають відповідно до таблиці 8 [37].

При побудові частотної характеристики звукоізоляції на частоті $f=1,6f_p$ (на дві 1/3 октавні смуги вище від частоти резонансу) визначають точку Q з ординатою на величину $\Delta R_4 = 5\text{дБ}$ вищою від точки, яка лежить на відрізку FK, і з'єднують її з точкою F.

Потім від точки Q частотну характеристику будують паралельно частотній характеристиці звукоізоляції конструкції з незаповненим повітряним проміжком.

Ламана лінія $A_1EFQK_1L_1M_1N_1P_1$ на рис.3.2 є частотною

характеристикою ізоляції повітряного шуму R , дБ, огорожувальною конструкцією, що складається з двох однакових листів алюмінію та заповненим повітряним проміжком мінеральною ватою між ними.

Частотна характеристика конструкції з алюмінію-мінеральної вати-алюмінію

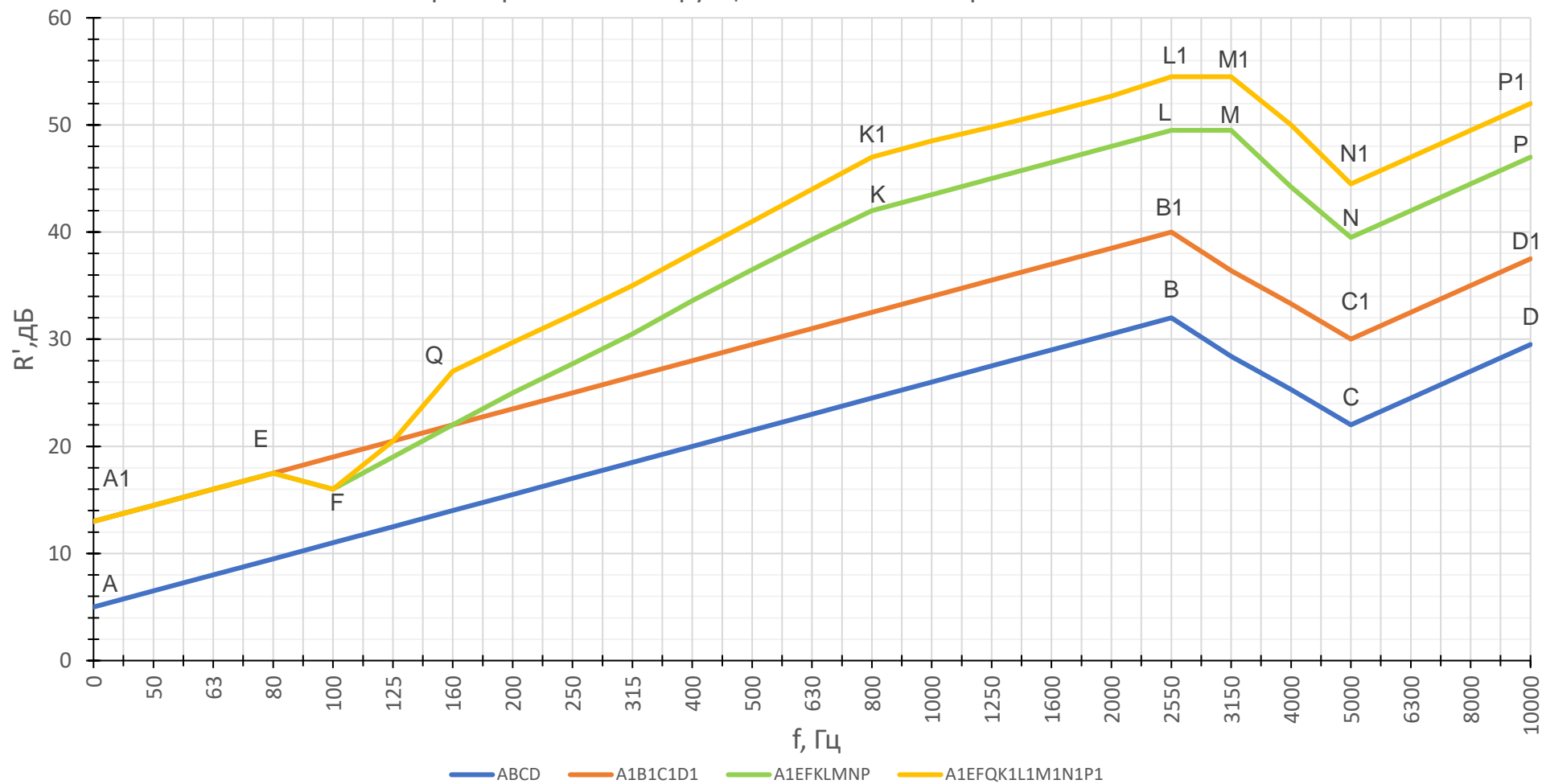


Рис.3.2 Частотна характеристика ізоляції повітряного шуму R, дБ, каркасно-обшивною перегородкою з заповненням проміжку між обшивками звукопоглинальним матеріалом (мінеральною ватою)

З отриманої частотної характеристики (рис.3.2) винесемо значення величини ізоляції повітряного шуму у третиннооктавих смугах частот у табл.3.4.

Табл.3.4 Значення частотної характеристики ізоляції повітряного шуму конструкцією з алюмінію-мінеральної вати-алюмінію на третиннооктавних смугах частот

| | | | | | | | | |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| f , Гц | 50 | 63 | 80 | 100 | 125 | 160 | 200 | 250 |
| R, дБ | 14,5 | 16 | 17,5 | 16 | 20,5 | 27 | 29,7 | 32,3 |
| f , Гц | 315 | 400 | 500 | 630 | 800 | 1000 | 1250 | 1600 |
| R, дБ | 35 | 38 | 41 | 44 | 47 | 48,5 | 49,8 | 51,2 |
| f , Гц | 2000 | 2550 | 3150 | 4000 | 5000 | 6300 | 8000 | 10000 |
| R, дБ | 52,7 | 54,5 | 54,5 | 50 | 44,5 | 47 | 49,5 | 52 |

Перейдемо до значень в октавних смугах частот за допомогою формули (3.3).

Значення результуючої звукоізоляції внесемо у таблицю 3.5:

Табл.3.5 Результуюча звукоізоляція повітряного шуму конструкцією з алюмінію-мінеральної вати-алюмінію

| | | | | | | | | |
|----------|-------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|
| f , Гц | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| R, дБ | 15,82 | 19,2 | 31,81 | 40,33 | 48,28 | 52,6 | 52,44 | 49,03 |

3.1.3 Розрахунок звукоізоляції екрану з мінеральної вати між шарами полівінілхлориду

Для третього шумозахисного екрану також була обрана конструкція типу «сендвіч», тобто екран складається з трьох шарів: перший шар – полівінілхлорид, другий шар – мінеральна вата, третій шар – полівінілхлорид. Тобто вхідні дані маємо наступні: $h_{1,2} = 5 \text{ мм} = 0,005 \text{ м}$ – товщина шару алюмінію, $\rho_{1,2} = 1200 \text{ кг/м}^3$ – густина полівінілхлориду, $h_g = 100 \text{ мм} = 0,1 \text{ м}$ – товщина шару мінеральної вати між шарами алюмінію, $\rho_g = 100 \text{ кг/м}^3$ – густина мінеральної вати. Далі необхідно побудувати частотну

характеристику ізоляції повітряного шуму одношаровою тонкою огорожувальною конструкцією (з полівінілхлориду).

Координати точок B і C (R_B , R_C і частоти f_B і f_C) визначають відповідно до таблиці 5 [36]. Визначені частоти f_B і f_C заокруглюють до середньгеометричної частоти тієї третиннооктавної смуги, в межах якої знаходиться частота f_B або f_C :

$$f_B = \frac{17000}{h_{1,2}} \approx 3150 \text{ Гц}, \quad (3.9)$$

такій частоті відповідає наступне значення величини ізоляції повітряного шуму - $R_B = 37 \text{ дБ}$,

$$f_C = \frac{34000}{h_{1,2}} \approx 6300 \text{ Гц}, \quad (3.10)$$

такій частоті відповідає наступне значення величини ізоляції повітряного шуму - $R_C = 30 \text{ дБ}$.

Ділянку АВ ламаної лінії будують з нахилом 4,5 дБ на октаву, а ділянку CD - з нахилом 7,5 дБ на октаву. Точки В і С з'єднують між собою.

Ламана лінія ABCD на рис.3.3 являє собою частотну характеристику ізоляції повітряного шуму R , дБ, одношаровою тонкою акустично гнучкою огорожувальною конструкцією із полівінілхлориду.

Визначимо поверхневу густину полівінілхлориду за формулою (3.6):

$$m_{1,2} = 1200 \cdot 0,005 = 6 \text{ кг/м}^2.$$

Визначимо поверхневу густину мінеральної вати за формулою (3.6):

$$m_g = 100 \cdot 0,01 = 10 \text{ кг/м}^2.$$

Тоді сумарна поверхнева густина огорожувальної конструкції визначається за формулою (3.7):

$$m_{\text{сум}} = 2 \cdot 6 + 10 = 22 \text{ кг/м}^2.$$

Маючи відношення $\frac{m_{\text{сум}}}{m_{1,2}} \approx 3,7$, поправка ΔR_1 визначається відповідно до

таблиці 6 [36], і становить $\Delta R_1 = 8,5 \text{ дБ}$.

Далі будуємо допоміжну ламану лінію $A_1B_1C_1D_1$ шляхом додавання до ординат лінії $ABCD$ поправки ΔR_1 , дБ, на збільшення поверхневої густини огорожі в цілому (рис.3.3).

Визначаємо частоту резонансу f_p конструкції за формулою (3.8):

$$f_p = 60 \sqrt{\frac{6+6}{0,1 \cdot 6 \cdot 6}} \approx 100 \text{ Гц}.$$

Розраховану частоту f_p заокруглюють до величини середньгеометричної частоти 1/3 октавної смуги, в межах якої знаходиться частота f_p . До частоти $0,8f_p$ включно (тобто до середньгеометричної частоти, попередньої перед f_p 1/3 октавної смуги) частотна характеристика звукоізоляції конструкції збігається з допоміжною лінією $A_1B_1C_1D_1$ (відрізок A_1E на рис.3.3).

На частоті f_p звукоізоляцію приймають на 4 дБ нижчою від лінії $A_1B_1C_1D_1$ (точка F). Точки E і F з'єднують між собою.

На частоті $8f_p$ (на три октави вище від частоти резонансу) визначають точку K з ординатою $R_K = R_F + H_{\Pi}$, дБ, яку з'єднують з точкою F. Величину поправки H_{Π} , дБ, визначають відповідно до таблиці 7 [36] в залежності від ширини повітряного проміжку d_{Π} (у даному випадку шару мінеральної вати). Від точки K проводять відрізок KL з нахилом 4,5 дБ на октаву до частоти f_B (паралельно допоміжній лінії A_1B_1).

Перевищення ординати відрізка KL над ординатою допоміжної кривої $A_1B_1C_1D_1$ являє собою поправку ΔR_2 , дБ, на вплив повітряного проміжку (для діапазону частот вище від $8f_p$).

Від точки L до частоти $1,25f_B$ (до наступної середньгеометричної частоти 1/3 октавної смуги) проводять горизонтальний відрізок LM. На частоті f_c визначають точку N шляхом додавання до величини ординати допоміжної

лінії $A_1B_1C_1D_1$ поправки ΔR_2 (тобто, $R_N = R_C + \Delta R_1 + \Delta R_2$) і з'єднують її з точкою М. Потім від точки N проводять відрізок NP з нахилом 7,5 дБ на октаву.

Ламана лінія $A_1EFKLMNP$ на рис.3.3 являє собою частотну характеристику ізоляції повітряного шуму R , дБ, даною огорожувальною конструкцією з незаповненим повітряним проміжком.

До частоти резонансу включно ($f \leq f_p$) частотна характеристика звукоізоляції кінцевого варіанту конструкції збігається з частотною характеристикою, побудованою для перегородки з незаповненим повітряним проміжком (відрізок A_1EF на рис.3.3).

На частотах $f \geq 1,6f_p$ звукоізоляція даної конструкції збільшується додатково на величину поправки ΔR_4 , дБ, яку визначають відповідно до таблиці 8 [36].

При побудові частотної характеристики звукоізоляції на частоті $f=1,6f_p$ (на дві 1/3 октавні смуги вище від частоти резонансу) визначають точку Q з ординатою на величину $\Delta R_4 = 5 \text{ дБ}$ вищою від точки, яка лежить на відрізку FK, і з'єднують її з точкою F.

Потім від точки Q частотну характеристику будують паралельно частотній характеристиці звукоізоляції конструкції з незаповненим повітряним проміжком.

Ламана лінія $A_1EFQK_1L_1M_1N_1P_1$ на рис.3.3 є частотною характеристикою ізоляції повітряного шуму R , дБ, огорожувальною конструкцією, що складається з двох однакових листів полівінілхлориду та заповненим повітряним проміжком мінеральною ватою між ними.

Частотна характеристика конструкції з полівінілхлориду-мінеральної вати-полівінілхлориду

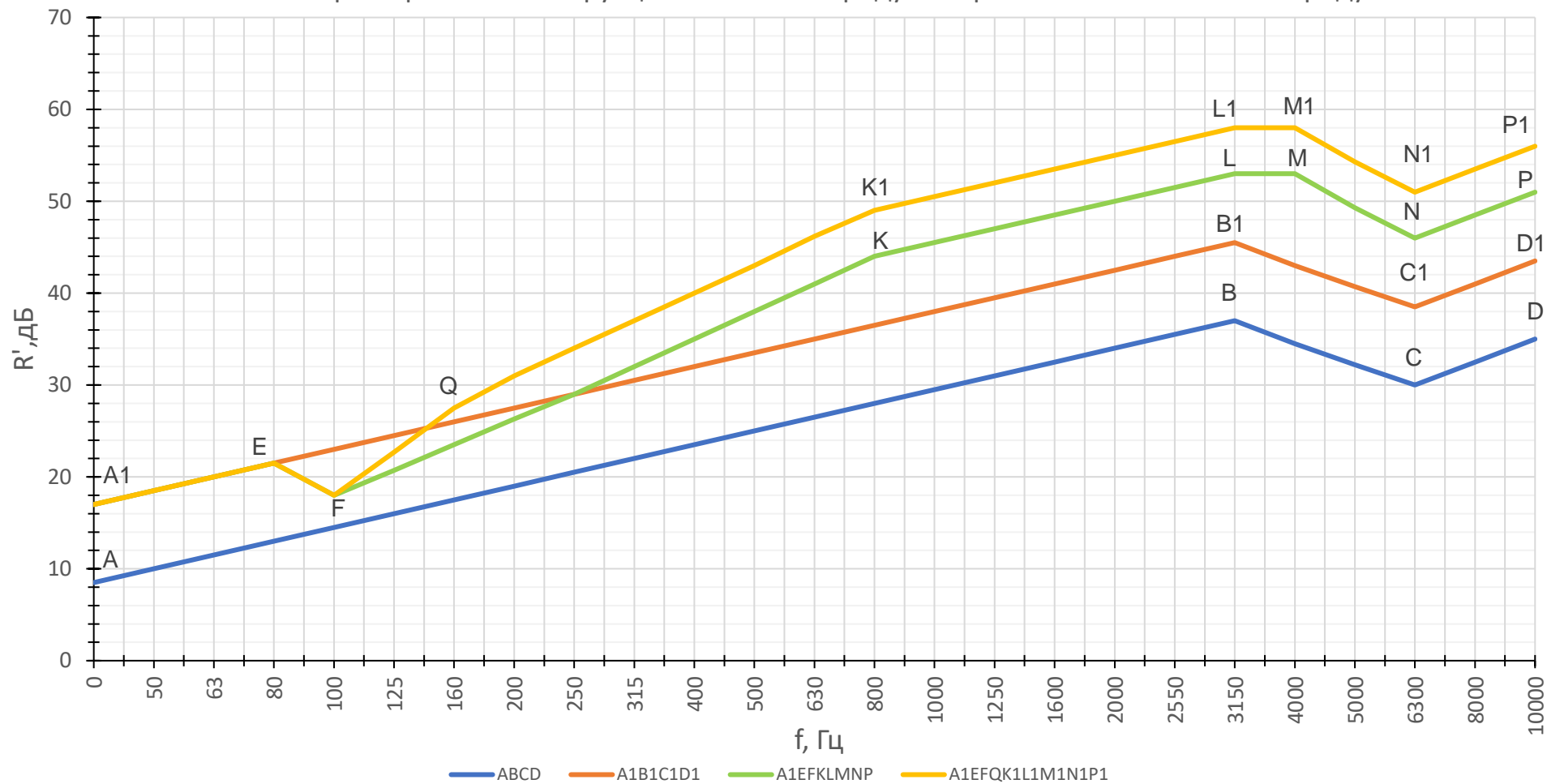


Рис.3.3 Частотна характеристика ізоляції повітряного шуму R , дБ, каркасно-обшивною перегородкою з заповненням проміжку між обшивками звукопоглинальним матеріалом (мінеральною ватою)

З отриманої частотної характеристики (рис. 3.3) винесемо значення величини ізоляції повітряного шуму у третиннооктавих смугах частот у табл.3.6.

Табл.3.6 Значення частотної характеристики ізоляції повітряного шуму конструкцією з полівінілхлориду-мінеральної вати-полівінілхлориду на третиннооктавних смугах частот

| | | | | | | | | |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| f , Гц | 50 | 63 | 80 | 100 | 125 | 160 | 200 | 250 |
| R, дБ | 18,5 | 20 | 21,5 | 18 | 22,7 | 27,5 | 31 | 34 |
| f , Гц | 315 | 400 | 500 | 630 | 800 | 1000 | 1250 | 1600 |
| R, дБ | 37 | 40 | 43 | 46,2 | 49 | 50,5 | 52 | 53,5 |
| f , Гц | 2000 | 2550 | 3150 | 4000 | 5000 | 6300 | 8000 | 10000 |
| R, дБ | 55 | 56,5 | 58 | 58 | 54,3 | 51 | 53,5 | 56 |

Перейдемо до значень в октавних смугах частот за допомогою формули (3.3).

Значення результуючої звукоізоляції внесемо у табл.3.7:

Табл.3.7 Результуюча звукоізоляція повітряного шуму конструкцією з полівінілхлориду-мінеральної вати-полівінілхлориду

| | | | | | | | | |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| f , Гц | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| R, дБ | 19,83 | 21,15 | 33,33 | 42,36 | 50,33 | 54,83 | 56,39 | 53,03 |

3.2 Обґрунтування доцільності вибору матеріалу

Звукоізоляція шумозахисного екрану повинна бути такою, щоб рівень звуку, що пройшов в розрахункову точку крізь стінку екрана, був меншим на 15 дБ, від рівня звуку, який надходить в дану точку, огинаючи верхнє ребро екрана [8]. Тобто, звукоізоляція конструкції акустичних екранів повинна бути більшою в кожній октавній смузі частот на 15 дБ від їх необхідної акустичної ефективності.

Перевіримо доцільність встановлення шумозахисних екранів з матеріалу «полівінілхлорид». Для цього від даних табл.3.3 віднімемо дані табл.2.6. Результат занесемо до табл.3.8.

Табл.3.8 Різниця звукоізоляції повітряного шуму конструкцією з полівінілхлориду та ефективності екранів, дБ

| f, Гц | Екран №1 | Екран №2 | Екран №3 |
|-------|----------|--------------|--------------|
| 63 | 15,33 | 13,33 | 13,33 |
| 125 | 17,82 | 15,82 | 15,82 |
| 250 | 20,33 | 18,33 | 18,33 |
| 500 | 22,83 | 20,83 | 20,83 |
| 1000 | 21,03 | 19,03 | 17,03 |
| 2000 | 17,64 | 13,64 | 12,64 |
| 4000 | 20,53 | 16,53 | 16,53 |
| 8000 | 24,03 | 22,03 | 20,03 |

Перевіримо доцільність встановлення шумозахисних екранів з матеріалу «алюміній-мінеральна вата-алюміній». Для цього від даних табл.3.5 віднімемо дані табл.2.6. Результат занесемо до табл.3.9.

Табл.3.9 Різниця звукоізоляції повітряного шуму конструкцією з алюмінію-мінеральної вати-алюмінію та ефективності екранів, дБ

| f, Гц | Екран №1 | Екран №2 | Екран №3 |
|-------|--------------|-------------|-------------|
| 63 | 10,82 | 8,82 | 8,82 |
| 125 | 14,2 | 10,2 | 10,2 |
| 250 | 22,81 | 20,81 | 20,81 |
| 500 | 29,33 | 27,33 | 27,33 |
| 1000 | 35,28 | 33,28 | 31,28 |
| 2000 | 37,6 | 33,6 | 32,6 |
| 4000 | 33,44 | 29,44 | 29,44 |
| 8000 | 26,03 | 24,03 | 22,03 |

Перевіримо доцільність встановлення шумозахисних екранів з матеріалу «алюміній-мінеральна вата-алюміній». Для цього від даних табл.3.7 віднімемо дані табл.2.6. Результат занесемо до табл.3.10.

Табл.3.10 Різниця звукоізоляції повітряного шуму конструкцією з полівінілхлориду-мінеральної вати-полівінілхлориду та ефективності екранів, дБ

| f, Гц | Екран №1 | Екран №2 | Екран №3 |
|-------|--------------|--------------|--------------|
| 63 | 14,83 | 12,83 | 12,83 |
| 125 | 14,15 | 12,15 | 12,15 |
| 250 | 24,33 | 22,33 | 22,33 |
| 500 | 31,36 | 29,36 | 29,36 |
| 1000 | 37,33 | 35,33 | 33,33 |
| 2000 | 39,83 | 35,83 | 34,83 |
| 4000 | 37,39 | 33,39 | 33,39 |
| 8000 | 30,03 | 28,03 | 26,03 |

З отриманих результатів (табл.3.8–3.10), бачимо, що не на всіх октавних частотах встановлення шумозахисних екранів з обраних варіацій матеріалів є таким, щоб задовольняло необхідну умову про різницю в 15 дБ.

Так шумозахисні екрани №2 та №3 з полівінілхлориду не задовольняють умові в октавних смугах частот на 63 Гц, 125 Гц та 2000 Гц.

А конструкції так званих «сандвіч-панелей» («алюміній - мінеральна вата - алюміній», «полівінілхлорид - мінеральна вата - полівінілхлорид») не задовольняють умові в октавних смугах частот на 63 Гц та 125 Гц в усіх трьох екранах.

З огляду на результативність звукопоглинання шумозахисних екранів з алюмінію та мінеральної вати, а також схильність алюмінію до корозійних процесів, - екрани з даної конструкції в подальшому не розглядаємо.

Шумозахисні екрани з полівінілхлориду мають кращі показники на низьких частотах (63 Гц та 125 Гц), але на більш високих частотах така конструкція хоч і задовольняє умові про необхідну різницю між ефективністю екрану та його звукоізоляцією в 15 дБ, проте ця різниця є меншою на відміну від конструкції «сандвіч панелей».

Найкращі прогнозовані показники ефективності шумозахисних екранів можна спостерігати при виборі конструкції «сандвіч-панелей» з двох шарів полівінілхлориду та шару мінеральної вати між ними.

Отже, при виборі матеріалу та конструкції шумозахисного екрану зупинимось на «сандвіч панелях» виду полівінілхлорид – мінеральна вата – полівінілхлорид. При чому, для того, щоб розрахункова ефективність відповідала нормам, та для підвищення звукоізоляції на низьких частотах, збільшимо ширину листів полівінілхлориду з 5 мм до 6 мм, що приведе до бажаного результату.

3.3 Висновок до розділу 3

1. У даному розділі було обрано три різні варіації матеріалів та шарів шумозахисних екранів:
 - екран з одного шару полівінілхлориду, товщиною 20 мм;
 - екран з двох шарів алюмінію, товщиною 2,5 мм та шару звукопоглинального матеріалу між ними - мінеральної вати, товщиною 100 мм;
 - екран з двох шарів полівінілхлориду, товщиною 5 мм та шару звукопоглинального матеріалу між ними - мінеральної вати, товщиною 100 мм.
2. Розраховано звукоізоляцію вищезгаданих конструкцій.
3. Проведено порівняння звукоізоляції обраних конструкцій з ефективністю шумозахисних екранів, що була знайдена у попередньому розділі.
4. Прийнято та обґрунтовано рішення застосування конструкції екрану з двох шарів полівінілхлориду, товщиною 6 мм та шару звукопоглинального матеріалу між ними - мінеральної вати, товщиною 100 мм.

РОЗДІЛ 4

СТАРТАП ПРОЕКТ

Стартап-проекти призначені вирішувати проблеми та задачі, які з часом вдається вирішити завдяки використанню технічного прогресу.

Метою розділу є формування інноваційного мислення, підприємницького духу та формування здатностей щодо оцінювання ринкових перспектив і можливостей комерціалізації основних науково-технічних розробок, сформованих у попередній частині магістерської дисертації у вигляді розроблення концепції стартап-проекту в умовах висококонкурентної ринкової економіки глобалізаційних процесів.

В даному розділі магістерської дисертації буде виконано перший етап розроблення стартап-проекту, а саме маркетинговий аналіз. В межах цього етапу необхідно:

- розробити опис самої ідеї проекту та визначити загальні напрями використання потенційного товару чи послуги, а також їх відмінність від конкурентів;
- проаналізувати ринкові можливості щодо його реалізації;
- на базі аналізу ринкового середовища розробити стратегію ринкового впровадження потенційного товару в межах проекту [37].

4.1 Опис ідеї проекту

Табл.4.1 Опис ідеї стартап-проекту

| Зміст ідеї | Напрямки застосування | Вигоди для користувача |
|---|---|--|
| Створення фірми по вимірюванню та зменшенню рівнів шуму під індивідуальні потреби замовника | Вимірювання рівнів звуку та рівнів шуму | Не доведеться шукати додатково фірми, які б займалися даним питанням. Зведення до мінімуму невідповідностей при розробці способів/засобів зменшення шумових характеристик. |

| | | |
|--|-------------------------------------|---|
| | Звукоізоляція від різного виду шуму | Зменшення рівнів шуму, що розповсюджується від різних джерел шуму, що знаходяться поблизу |
| | Огороджувальна конструкція | Захист території, утворення тіні, збільшення приватності |

Табл.4.2 Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

| № п/п | Техніко-економічні характеристики ідеї | Товари конкурентів | | | W (слабка сторона) | N (нейтральна сторона) | S (сильна сторона) |
|-------|--|--------------------|-------------|------------------|--|---|---|
| | | Мій проект | WAG | Euroforma t-road | | | |
| 1 | Доступ до ресурсів | Обмежений | Необмежений | Необмежений | Відсутній договір з великою фірмою на постачання матеріалів | Набута база постачальників матеріалів для виготовлення екранів | Наявність дипломованих інженерів, що збільшує шанси знайти партнера-постачальника на міжнародному ринку |
| 2 | Постійні витрати | Значні | Значні | Значні | Потрібні значні затрати для потужного ривка та виходу на ринок | Розроблений детальний бізнес-план на необхідні витрати з прогнозуванням їх покриття | Наявність великої кількості волонтерів, що дозволить зменшити витрати на заробітну плату |
| 3 | Орієнтовна ціна за кв.м. екрану з двох шарів ПВХ та шару | 1000 грн | 2000 грн | 2500 грн | Низький чистий прибуток для фірми | Некритична собівартість матеріалів | Ціна є найнижчою на ринку |

| | | | | | | | |
|--|----------------------|--|--|--|--|--|--|
| | мінерально ї вати | | | | | | |
|--|----------------------|--|--|--|--|--|--|

4.2 Технологічний аудит ідеї проекту

Табл.4.3 Технологічна здійсненність ідеї проекту

| № п/п | Ідея проекту | Технології її реалізації | Наявність технологій | Доступність технологій |
|---|--------------------------------------|--------------------------------------|----------------------|------------------------|
| 1 | Виготовлення шумопоглинаючих екранів | Автоматизований технологічний процес | Наявна | Доступна |
| 2 | Виготовлення шумовідбивних екранів | Автоматизований технологічний процес | Наявна | Доступна |
| 3 | Виготовлення комбінованих екранів | Автоматизований технологічний процес | Потребує доробки | Доступна |
| Обрана технологія реалізації ідеї проекту: Буде доповнений автоматизований технологічний процес для виготовлення комбінованих шумозахисних екранів, який в подальшому буде сертифікований та використаний на виробництві. | | | | |

4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Табл.4.4 Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

| № п/п | Показники стану ринку (найменування) | Характеристика |
|-------|--|----------------|
| 1 | Кількість головних гравців, од | 2 |
| 2 | Загальний обсяг продаж, грн/ум.од. | 100000 |
| 3 | Динаміка ринку (якісна оцінка) | Зростає |
| 4 | Наявність обмежень для входу (характер обмежень) | Немає |
| 5 | Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації | Є |
| 6 | Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку),% | 30% |

Табл.4.5 Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

| № п/п | Потреба, що формує ринок | Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку) | Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів | Вимоги споживачів до товару |
|-------|--------------------------|--|---|---|
| 1 | Шумове забруднення | Підприємства (заводи, фабрики), приватні особи | Відношення до товару, соціальний статус клієнта, об'єм купівлі | Не допускати будь-яких видів пошкоджень екранів |

Табл.4.6 Фактори загроз

| № п/п | Фактор | Зміст загрози | Можлива реакція компанії |
|-------|----------------|---|---|
| 1 | Ефект масштабу | Можливість зростання обсягу інвестицій, який доведеться вкласти новій компанії для проведення вимірювань та для конструювання | Або зменшення масштабів конструювання, або зменшення собівартості продукції |
| 2 | Патенти | Можливість розроблення вже запатентованих ідей | Дослідження патентів в даній галузі |
| 3 | Відомий бренд | Можливість важкого подолання бар'єру при боротьбі з вже існуючими компаніями | Поширення інформації про переваги даного проекту |

Табл.4.7 Фактори можливостей

| № п/п | Фактор | Зміст можливості | Можлива реакція компанії |
|-------|---|---|--|
| 1 | Зниження цін на матеріали для виготовлення шумозахисних екранів | Буде знижена ціна на виготовлення шумозахисних екранів, що збільшить попит на продукцію | Збільшення обсягів виготовлення та покращення якості |
| 2 | Можливість розширення ринку та експорт обладнання та матеріалів | Через низьку ціну є можливість збільшення попиту і за кордоном | Покращення якості товарів та послуг, та можливе співробітництво з більшими компаніями, обмін знаннями та технологіями для оптимізації товарів та послуг. |

Табл.4.8 Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

| Особливості конкурентного середовища | В чому проявляється дана характеристика | Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною) |
|--|---|--|
| 1. Тип конкуренції: олігополія | На ринку існує дві основні фірми | Орієнтуватися на ринок України та Європи |
| 2. Рівень конкурентної боротьби: міжнародний | Головні конкуренти знаходяться на ринку Європи | Орієнтуватися на ринок України, США та Європи |
| 3. Галузева ознака: внутрішньогалузева | Конкуренція відбувається між компаніями однієї галузі | Покращувати якість, не збільшуючи ціну |

| | | |
|--|--|--|
| 4. Конкуренція за видами товарів: товарно-видова | Конкуренція відбувається між компаніями, які розроблюють однакові продукти, але при різному відношенні ціна/якість | Зберігати тенденцію на збільшення якості |
| 5. Характер конкурентних переваг: цінова | Головним критерієм конкуренції наразі є ціна на продукцію | Внести конкуренцію за якістю |
| 6. Інтенсивність: не марочна | Одним з головним критерієм конкуренції є якість | Внести конкуренцію за ціною |

Табл.4.9 Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

| | Прямі конкуренти в галузі | Потенційні конкуренти | Постачальники | Клієнти | Товари-замінники |
|------------------|---|--|--|--|--|
| Складові аналізу | WAG, Euroformat-road | Ефект масштабу, патенти | Продукція постачальника посідає важливе місце у виробництві даної галузі | Кількість споживачів, доступність інформації для споживачів | Товари замінники не існують |
| Висновки : | Конкурентна боротьба велика в основному на ринку Європи | - Є можливість входу на ринок України та в подальшому на ринок Європи; -Потенційні конкуренти є на ринку США та Європи; | Постачальники не диктують умови на ринку | Головним критерієм для клієнтів є найкраще співвідношення ціна-якість. Проте в цій галузі дуже важливим критерієм є також досвід. В Україні споживачі мало проінформовані про такі можливості. | Є обмеження для роботи на ринку через товари та послуги замінники. |

Табл.4.10 Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

| № п/п | Фактор конкурентоспроможності | Обґрунтування |
|-------|-------------------------------|---|
| 1 | Низька ціна | Через низьку ціну можливий великий попит, що дасть можливість розвиватися далі |
| 2 | Відношення ціна/якість | За рахунок відношення ціна/якість можна заволодіти часткою ринку як в Україні так і за кордоном |

Табл.4.11 Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін «Anti strepitus»

| № п/ п | Фактор конкурентоспромо жності | Бали 1-20 | Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні зі стартап-проектом | | | | | | | |
|--------------|--------------------------------------|--------------|---|----|---------------------|-----------------------------|---|---|---|---|
| | | | -3 | -2 | -1 | 0 | + | + | + | |
| | | | | | | | | 1 | 2 | 3 |
| 1 | Низька ціна | 18 | WAG | | Euroformat -road | | | | | |
| 2 | Відношення ціна/якість | 15 | | | | Euroformat -road, WAG | | | | |

Табл.4.12 SWOT-аналіз стартап-проекту

| | |
|--|----------------------------------|
| Сильні сторони: Низька ціна | Слабкі сторони: Новачок на ринку |
| Можливості: Зайняти місце на ринку України, а з часом Європи | Загрози: Патентні суперечки |

Табл.4.13 Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

| № п/п | Альтернатива ринкової поведінки | Ймовірність отримання ресурсів | Строки реалізації |
|----------|------------------------------------|-----------------------------------|-------------------|
| 1 | Загарбник | Висока | 1,5 роки |

4.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

Табл.4.14 Вибір цільових груп потенційних споживачів

| № п/п | Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів | Готовність споживачів сприйняти продукт | Орієнтовний попит в межах цільової групи | Інтенсивність конкуренції в сегменті | Простота входу у сегмент |
|----------|---|--|--|--|--------------------------------|
| 1 | Підприємства (заводи, фабрики і т.д.) | Готові | Великий | Середня | Середня |
| 2 | Приватні особи | Готові | Середній | Мала | Мала |

Які цільові групи обрано: в якості цільової групи обрано підприємства та у виключних випадках - приватних осіб

Табл.4.15 Визначення базової стратегії розвитку

| № п/п | Обрана альтернатива розвитку проекту | Стратегія охоплення ринку | Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи | Базова стратегія розвитку |
|----------|--|------------------------------|---|------------------------------|
| | | | | |

| | | | | |
|---|---|--------------------------|--|---------------------------------|
| 1 | За цільову групу обрано підприємства (заводи, фабрики і т.д.) | Концентрований маркетинг | Низька ціна на виріб, гарантійне та пост гарантійне обслуговування | Стратегія спеціалізації |
| 2 | Обрано весь ринок | Масовий маркетинг | Відношення ціна/якість | Стратегія лідерства по витратах |

Табл.4.16 Визначення базової стратегії розвитку

| № п/п | Чи є проект «першопроходцем» на ринку | Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих конкурентів? | Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які? | Стратегія конкурентної поведінки |
|-------|---------------------------------------|--|---|-------------------------------------|
| 1 | Є в Україні | Пошук нових споживачів | Ні | Стратегія лідера |
| 2 | Є в Європі та США | Переважно пошук нових споживачів | Ні | Стратегія заняття конкурентної ніші |

Табл.4.17 Визначення стратегії позиціонування

| № п/п | Вимоги до товару цільової аудиторії | Базова стратегія розвитку | Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту | Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту |
|-------|-------------------------------------|---------------------------------|---|---|
| 1 | Низька ціна, висока надійність | Стратегія спеціалізації | Ціна виробу буде нижче ніж у конкурентів, гарантійна та пост гарантійна підтримка здійснюється локально | Відношення ціна/якість, підтримка споживачів |
| 2 | Якість звукоізоляції, ціна | Стратегія лідерства по витратам | Ціна виробу буде нижче ніж у конкурентів | Якість звукоізоляції не буде визначатися ціною. |

4.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Табл.4.18 Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

| № п/п | Потреба | Вигода, яку пропонує товар | Ключові переваги перед конкурентами |
|-------|---|----------------------------|--|
| 1 | Спрощення розробки шумозахисного екрану | Зниження ціни | Основною перевагою серед конкурентами є низька ціна. |

| | | | |
|--|--|--|--|
| | | | Також гарантійна та пост гарантійна підтримка. |
|--|--|--|--|

Табл.4.19 Опис трьох рівнів моделі товару

| Рівні товару | Сутність та складові | | |
|--|---|------|---------------|
| I. Товар за задумом | Продукт використовується для звуко- та шумоізоляції | | |
| II. Товар у реальному виконанні | Властивості/характеристики | М/Нм | Вр/Тх/Тл/У/Ор |
| | 1. Рівень звукоізоляції | М | Тх |
| | 2. Ефективність | М | Тх |
| | 3. Геометричні розміри | М | Тл |
| | 4. Кількість шарів | М | Тл |
| | Якість: висока | | |
| Пакування: потребує пакування при транспортуванні | | | |
| Марка: Anti strepitus inc. Назва товару: Anti strepitus | | | |
| III. Товар із підкріпленням | Гарантія якості | | |
| | Підтримка користувача | | |
| За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: особиста (персональна) ліцензія. | | | |

Табл.4.20 Визначення меж встановлення цін

| № п/п | Рівень цін на товари-замінники | Рівень цін на товари-аналоги | Рівень доходів цільової групи споживачів | Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар |
|-------|--------------------------------|------------------------------|--|---|
| 1 | > \$7000 | > \$7000 | \$7000-70000/міс | \$3000-5000 |
| 2 | > \$20000 | > \$20000 | \$30000-300000/міс | \$6000-8000 |

Табл.4.21 Формування системи збуту

| № п/п | Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів | Функції збуту, які має виконувати постачальник товару | Глибина каналу збуту | Оптимальна система збуту |
|-------|---|---|----------------------|--------------------------|
| 1 | Оптові закупівлі | Транспортування, поділ | без посередників | Традиційна |

Табл.4.22 Визначення меж встановлення цін

| № п/п | Специфіка поведінки цільових клієнтів | Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти | Ключові позиції, обрані для позиціонування | Завдання рекламного повідомлення | Концепція рекламного звернення |
|-------|---------------------------------------|--|--|----------------------------------|---|
| 1 | Консерватор | Конференції, виставки | Якість, ціна | Показати переваги технології | Демонстрація якості та надійності практичного |

| | | | | | |
|---|-----------|-----------------------|------|--|--------------------------------------|
| | | | | | застосування технології |
| 2 | Нерішучий | Інтернет, телебачення | Ціна | Ознайомити клієнтів з існуючою технологією | Враження клієнта новизною технології |

4.6. Висновок до розділу 4

Представлена послуга та товар не є новими на світовому та державному ринках. Для входу на ринок знадобиться час, оскільки потрібен реальний досвід та широкі дослідження перед виходом у світ. Цільова група з часом буде тільки збільшуватися, оскільки кількість людей, що страждають від шумового забруднення, кожен рік зростає. Великою проблемою є погана поінформованість та платоспроможність жителів України. Проте, після розкрутки, продукт стане цікавий і закордоном, оскільки технологія виготовлення та матеріали шумозахисних екранів закордоном на порядок дорожчі ніж в Україні. В результаті будуть збільшені обсяги експорту.

Через низьку ціну, та взагалі, відношення ціна/якість проект є конкурентоспроможним.

За цільову групу клієнтів обрано підприємства легкої, середньої та важкої промисловостей оскільки серед них наявний великий масштаб закупівель.

Проект має перспективу і у інших напрямках, є можливість розвиватися у напрямку шумоізоляції не тільки застосовуючи шумозахисні екрани, а і методи індивідуального захисту від шуму .

ВИСНОВОК

У даній дисертації, в результаті вивчення наукових публікацій, висвітлено проблему впливу шумового забруднення автотранспорту на психофізичне здоров'я дітей та дорослих. Вплив високого рівня шуму призводить до погіршення якості сну та фізичного стану людей, до підвищення числа захворювань серцево-судинної та нервової системи організму.

Зниження рівня автотранспортного шуму забезпечується різноманітними способами, у тому числі архітектурно-акустичними. Практика боротьби з шумом показує, що ефективним та якісним колективним засобом захисту є акустичні екрани, що встановлюються вздовж транспортних магістралей.

Проведено розрахунки шумової характеристики транспортного потоку та побудовані карти шуму на прилеглий сельбщній території.

Проведено розрахунки прогнозованих рівнів шуму і відповідно засобів зниження шуму на 2033 рік.

За результатами розрахунків визначено території з наднормованими рівнями шуму. Встановлено що в 2018 році перевищення нормованих рівнів шуму становить на відстані до 80 м. При прогнозуванні на 2033 рік ця відстань збільшується до 120 м. В зв'язку з цим запропоновано місце встановлення шумозахисних екранів (табл.2.5) – як дієвого, і єдино можливого засобу зниження шуму, в даній ситуації.

За результатами акустичних розрахунків визначено геометричні параметри екранів, надано вимоги щодо акустичних характеристик конструкції екрану і запропоновано базові конструкції, що задовольняють таким характеристикам.

Розрахункова ефективність екранів становить 11-13 дБА.

Обрано три різні конструкції шумозахисних екранів та розраховано звукоізоляцію цих конструкцій.

Проведено порівняння звукоізоляції обраних конструкцій з ефективністю шумозахисних екранів, що була знайдена у другому розділі.

Прийнято та обґрунтовано рішення зниження рівнів шуму в околі с. Красногорівка, шляхом встановлення трьох шумозахисних екранів (табл.2.5) з двох шарів полівінілхлориду, товщиною 6 мм та шару звукопоглинального матеріалу між ними - мінеральної вати, товщиною 100 мм.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Djercan B. et al. Road Traffic Noise Exposure in the City of Novi Sad: Trend Analysis and Possible Solutions //Polish Journal of Environmental Studies. – 2015. – Т. 24. – №. 3.
2. Бочаров А. А. и др. Двухпараметрическая модель спектра транспортных шумов г. Томска//Акустический журнал. – 2012. – Т.13. - №4. – С.399-408.
3. Rudno-Rudzińska B. Wrocław’s Motorway Ring-Road—Noise Protection //International Journal of Occupational Safety and Ergonomics. – 2007. – Т. 13. – №. 4. – С. 399-408.
4. Rochat J. L., Reiter D. Highway traffic noise //Acoust. Today. – 2016. – Т. 12. – №. 4. – С. 38.
5. Hongisto V., Oliva D., Rekola L. Subjective and objective rating of the sound insulation of residential building façades against road traffic noise //The Journal of the Acoustical Society of America. – 2018. – Т. 144. – №. 2. – С. 1100-1112.
6. Öhrström E. Longitudinal surveys on effects of changes in road traffic noise—annoyance, activity disturbances, and psycho-social well-being //The Journal of the Acoustical Society of America. – 2004. – Т. 115. – №. 2. – С. 719-729.
7. Ковязин В. Ф., Глушкова Н. А. Защита жилой зоны поселения от воздействия шума акустическими экранами //Инновационная наука. – 2015. – №. 12-2.
8. ДБН В.1.1-31:2013 Захист територій, будинків і споруд від шуму 01.06.2014 - Київ: Мінрегіон України, 2014. — 54 с.
9. Van Kempen E. E. M. M. et al. Children’s annoyance reactions to aircraft and road traffic noise //The Journal of the Acoustical Society of America. – 2009. – Т. 125. – №. 2. – С. 895-904.
10. Шум самолета. Уровень шума самолета [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://avia.pro/plane_voice
11. O’Reilly C. J., Rice H. J. Investigation of a jet-noise-shielding methodology //Aiaa Journal. – 2015. – Т. 53. – №. 11. – С. 3286-3296.

12. Шубин И. Л. Акустический расчет и проектирование конструкций шумозащитных экранов: дис. Д-ра техн. наук/ ГОУВПО «Московский институт коммунального хозяйства и строительства». – М., 2011 – 325 с.
13. Raimbault M., Dubois D. Urban soundscapes: Experiences and knowledge //Cities. – 2005. – Т. 22. – №. 5. – С. 339-350.
14. World Health Organization et al. Burden of disease from environmental noise: Quantification of healthy life years lost in Europe //Burden of disease from environmental noise: Quantification of healthy life years lost in Europe. – 2011. – С. 126-126.
15. Marmot M. et al. WHO European review of social determinants of health and the health divide //The lancet. – 2012. – Т. 380. – №. 9846. – С. 1011-1029.
16. Arnberg P. W., Bennerhult O., Eberhardt J. L. Sleep disturbances caused by vibrations from heavy road traffic //The Journal of the Acoustical Society of America. – 1990. – Т. 88. – №. 3. – С. 1486-1493.
17. Kim R. et al. Burden of disease from environmental noise //WHO International Workshop on “Combined Environmental Exposure: Noise, Air Pollutants and Chemicals” Ispra. – 2007.
18. Miedema H. M., Oudshoorn C. G. Annoyance from transportation noise: relationships with exposure metrics DNL and DENL and their confidence intervals //Environmental health perspectives. – 2001. – Т. 109. – №. 4. – С. 409.
19. Miedema H. M. E., Vos H. Associations between self-reported sleep disturbance and environmental noise based on reanalyses of pooled data from 24 studies //Behavioral sleep medicine. – 2007. – Т. 5. – №. 1. – С. 1-20.
20. Sørensen M. et al. Long-term exposure to road traffic noise and incident diabetes: a cohort study //Environmental health perspectives. – 2012. – Т. 121. – №. 2. – С. 217-222.
21. Belojevic G. et al. Cardiovascular effects of environmental noise: research in Serbia //Noise and Health. – 2011. – Т. 13. – №. 52. – С. 217.

22. Torija A. J., Flindell I. H. Differences in subjective loudness and annoyance depending on the road traffic noise spectrum //The Journal of the Acoustical Society of America. – 2014. – Т. 135. – №. 1. – С. 1-4.
23. Методы и средства защиты от шума [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studfiles.net/preview/1729147/page:4/>
24. Сердюков А. А. Виды шумозащитных экранов //Молодой ученый. – 2016. – №. 10. – С. 304-306.
25. Patent № UD 96/16230 – 30.05.1996.
26. Patent № US 6305492 B1 / 23.10.2001.
27. Patent № US 7789193 B2 / 07.09.2010.
28. Patent № AT 513615 A4 / 15.06.2014.
29. Patent № 10 2014 2017 767.7/10.03.2016.
30. ГОСТ 23337-2014 Шум. Методы измерения шума на селитебной территории и в помещениях жилых и общественных зданий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200114242>.
31. ДСТУ-Н Б В.1.1-33:2013 Настанова з розрахунку та проектування захисту від шуму сельбищних територій: ДСТУ-Н Б В.1.1-33:2013. – Видання офіційне. – К.: Мінрегіон України, 2014 – 42 с.
32. Состав і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд: ДБН А.2.2-1-2003. – К.: Держбуд України, 2004. –23 с.
33. Наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України «Про затвердження Порядку розроблення проектної документації на будівництво об'єктів» [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0651-11>
34. Санитарные нормы допустимого шума в помещени- ях жилых и общественных зданий и на территории жилой застройки: СН 3077-84/ МЗ СССР. УТВ. 03.08.84. — М., 1984. — 24 с.

35. Луньова С.А. Методичні вказівки до розрахунково-графічної роботи «Акустичний проект приміщення» з дисципліни «Прикладна акустика-3». – 2015.

36. ДСТУ-Н Б В.1.1-34:2013 Настанова з розрахунку та проектування звукоізоляції огорожувальних конструкцій житлових і громадських будинків: ДСТУ-Н Б В.1.1-34:2013. – Видання офіційне. – К.: Мінрегіон України, 2013 – 114 с.

37. Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс] : Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.

ДОДАТОК А

А.1 Ефективність шумозахисних екранів

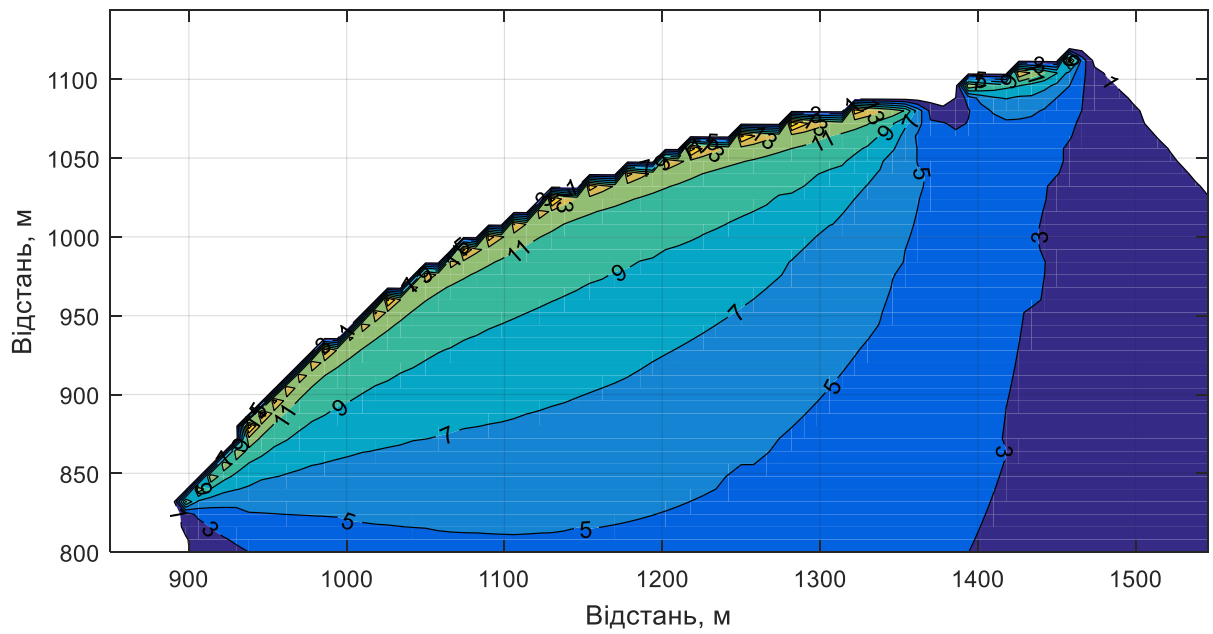


Рис.А.1. – Зниження рівнів звуку в дБА, шумозахисним екраном №1 висотою 4 м

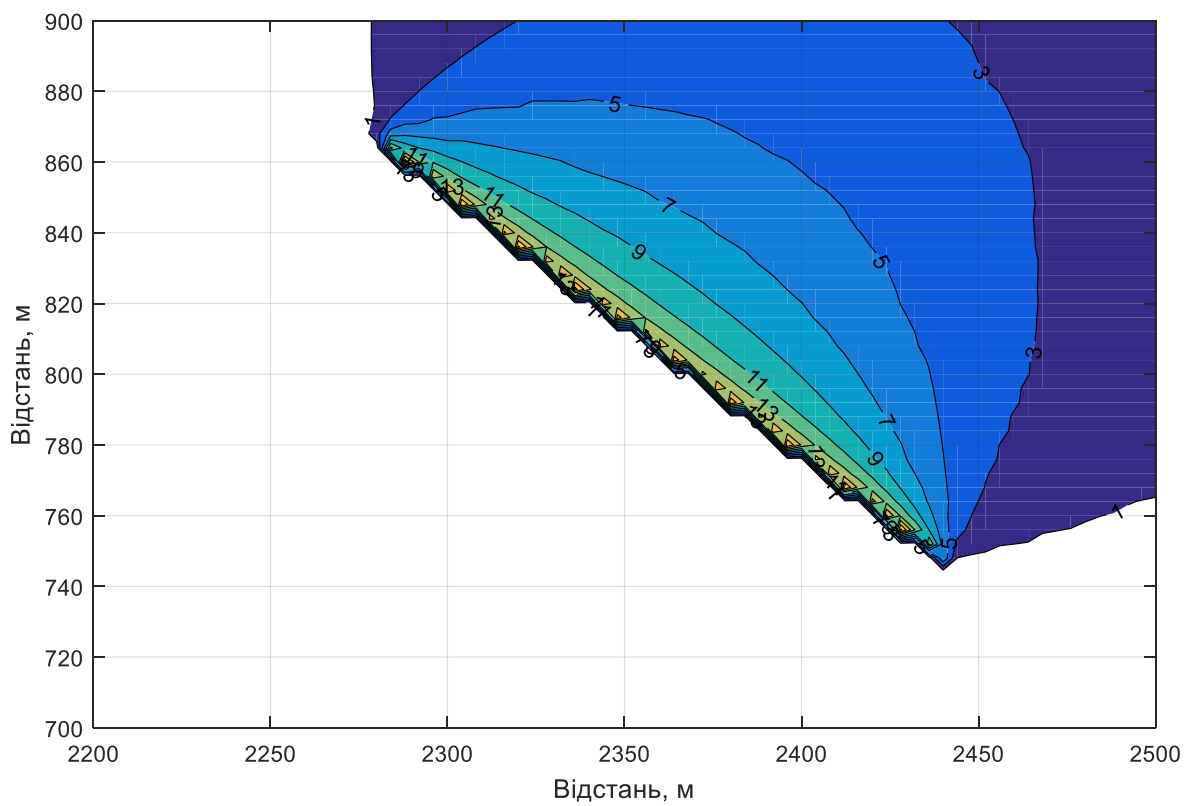


Рис.А.2 Зниження рівнів звуку в дБА, шумозахисним екраном №2 висотою 4 м

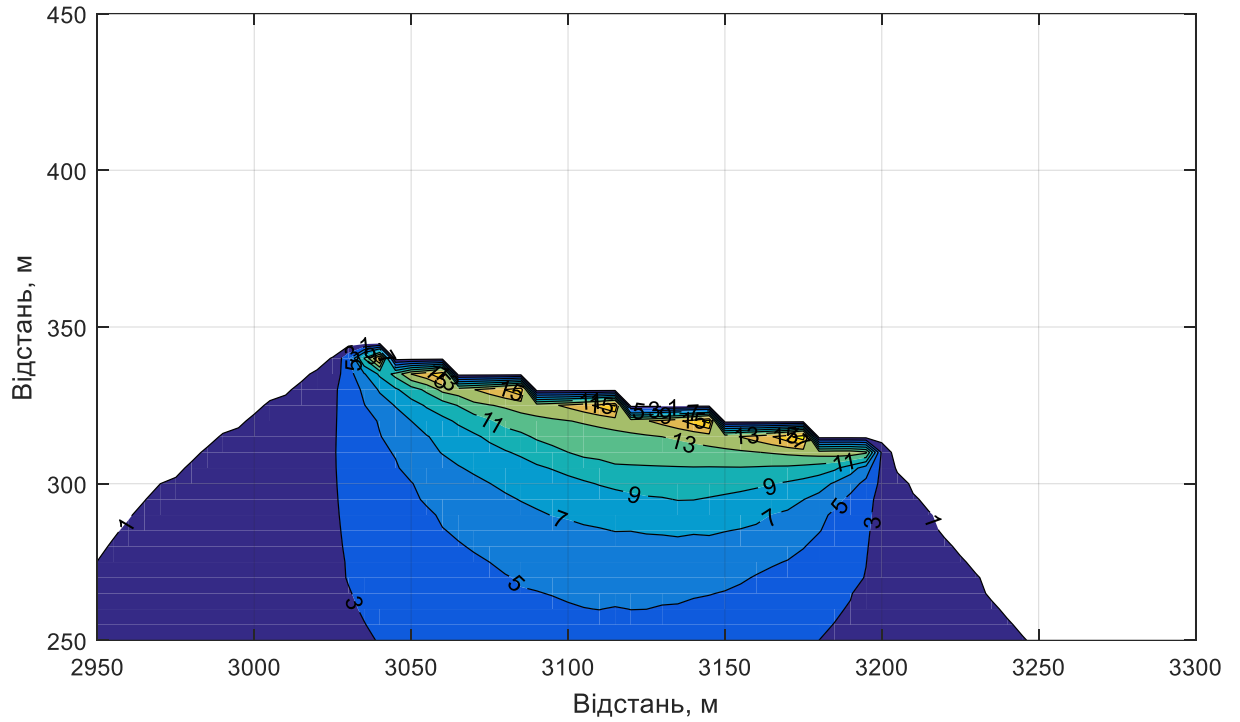


Рис.А.3 Зниження рівнів звуку в дБА, шумозахисним екраном №3 висотою 4 м

А.2 Ефективність шумозахисного екрану №1 в октавних смугах частот

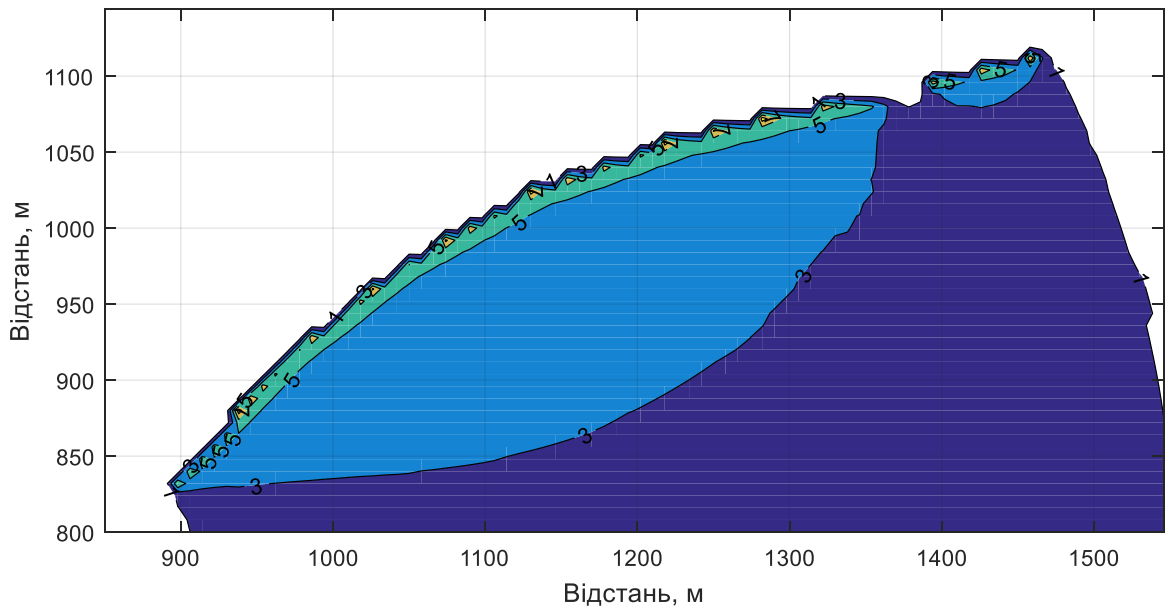


Рис.А.4 Зниження рівнів звуку в дБА, шумозахисним екраном №1 на частоті 63 Гц

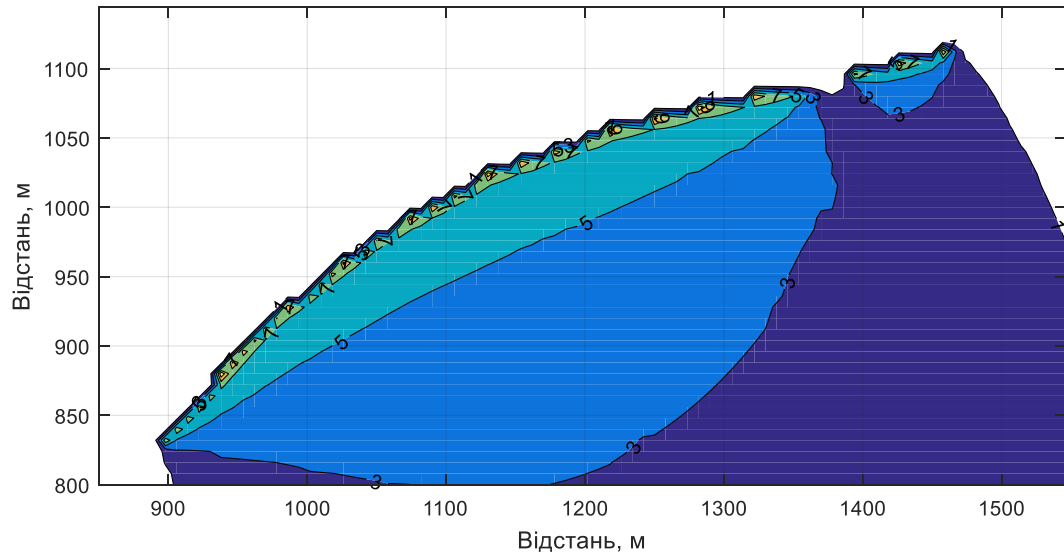


Рис.А.5 Зниження рівнів звуку в дБА, шумозахисним екраном №1 на частоті 125 Гц

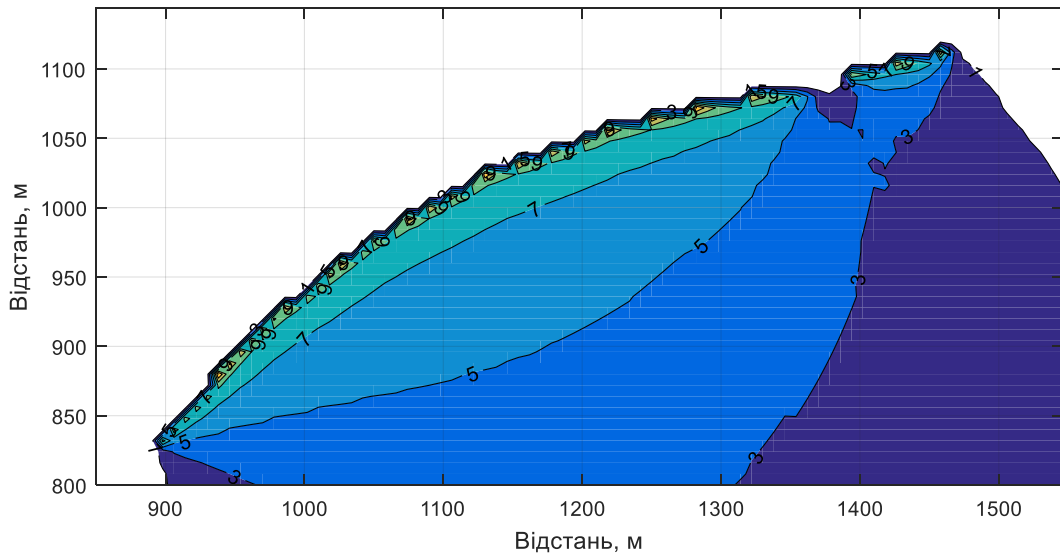


Рис.А.6 Зниження рівнів звуку в дБА, шумозахисним екраном №1 на частоті 250 Гц

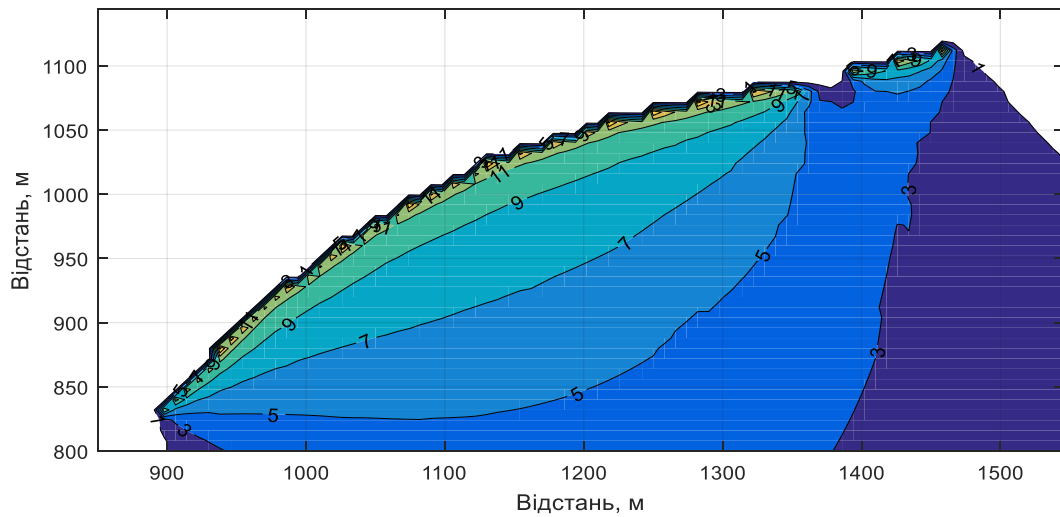


Рис.А.7 Зниження рівнів звуку в дБА, шумозахисним екраном №1 на частоті 500 Гц

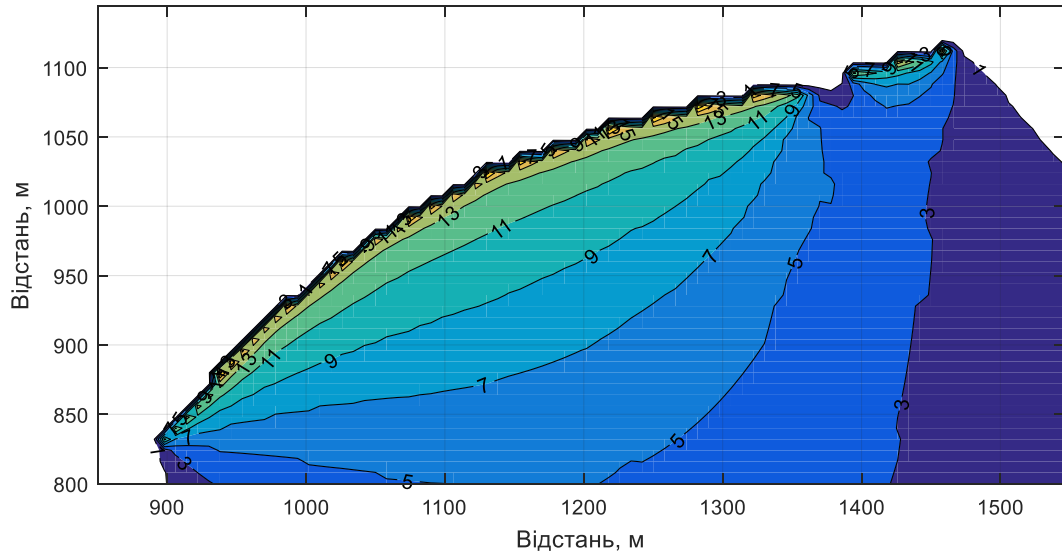


Рис.А.8 Зниження рівнів звуку в дБА, шумозахисним екраном №1 на частоті 1000 Гц

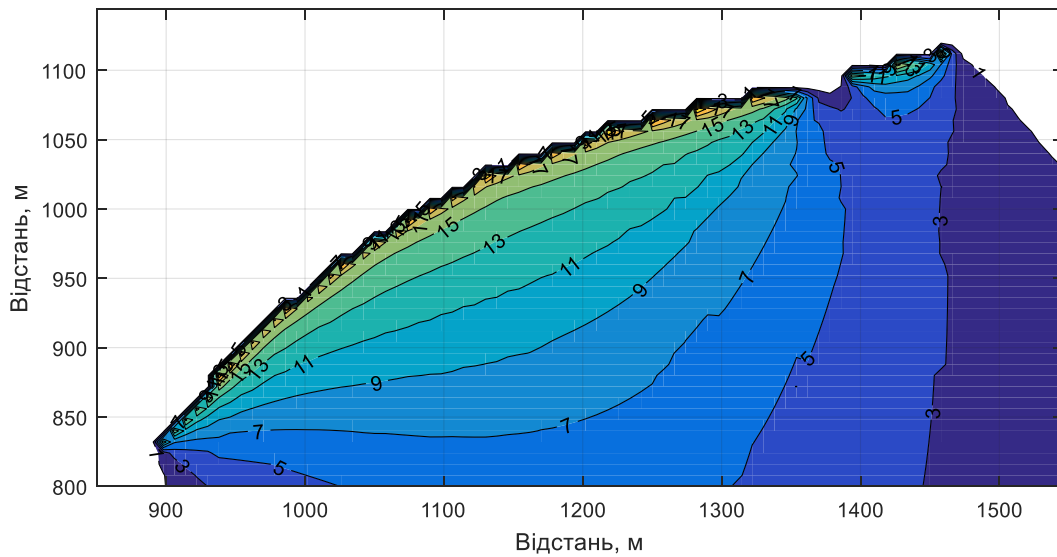


Рис.А.9 Зниження рівнів звуку в дБА, шумозахисним екраном №1 на частоті 2000 Гц

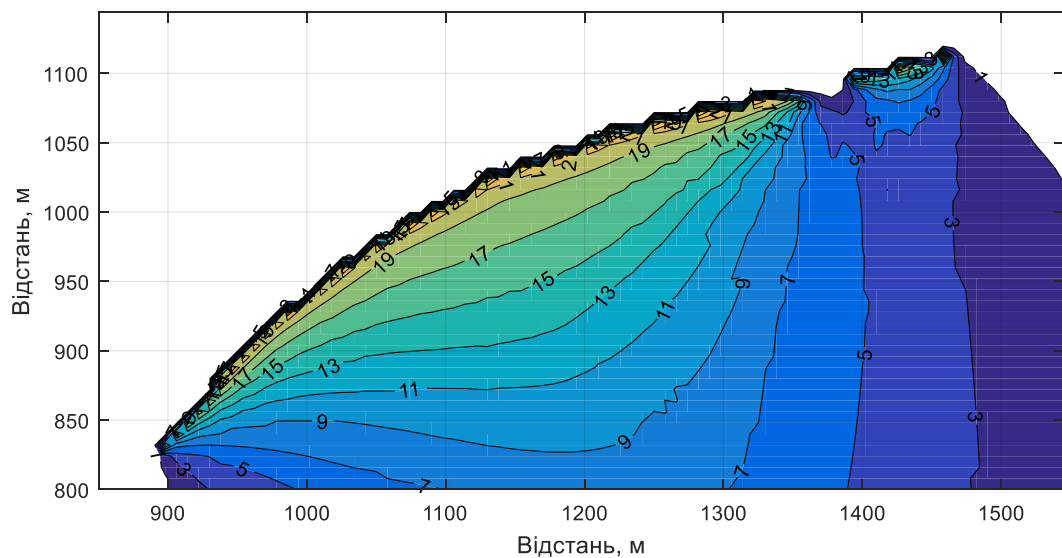


Рис.А.10 Зниження рівнів звуку в дБА, шумозахисним екраном №1 на частоті 4000 Гц

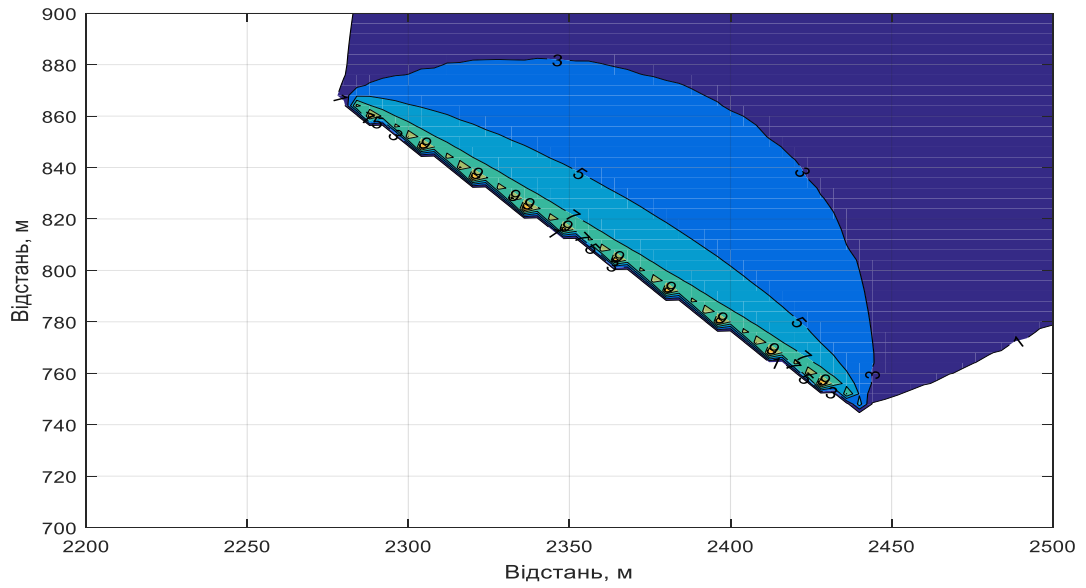


Рис.А.13 Зниження рівнів звуку в дБА, шумозахисним екраном №2 на частоті 125 Гц

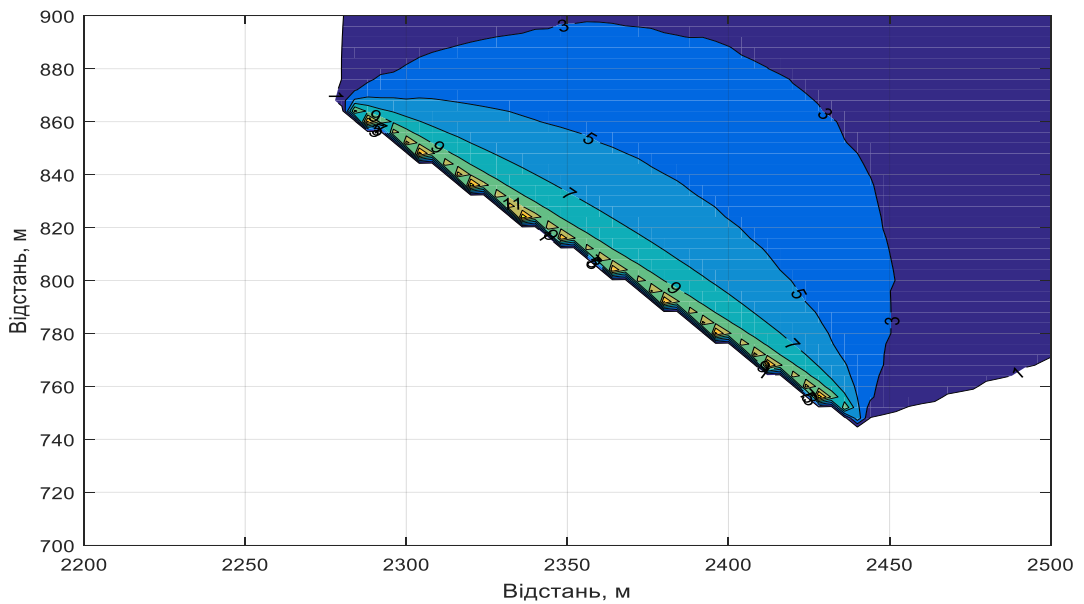


Рис.А.14 Зниження рівнів звуку в дБА, шумозахисним екраном №2 на частоті 250 Гц

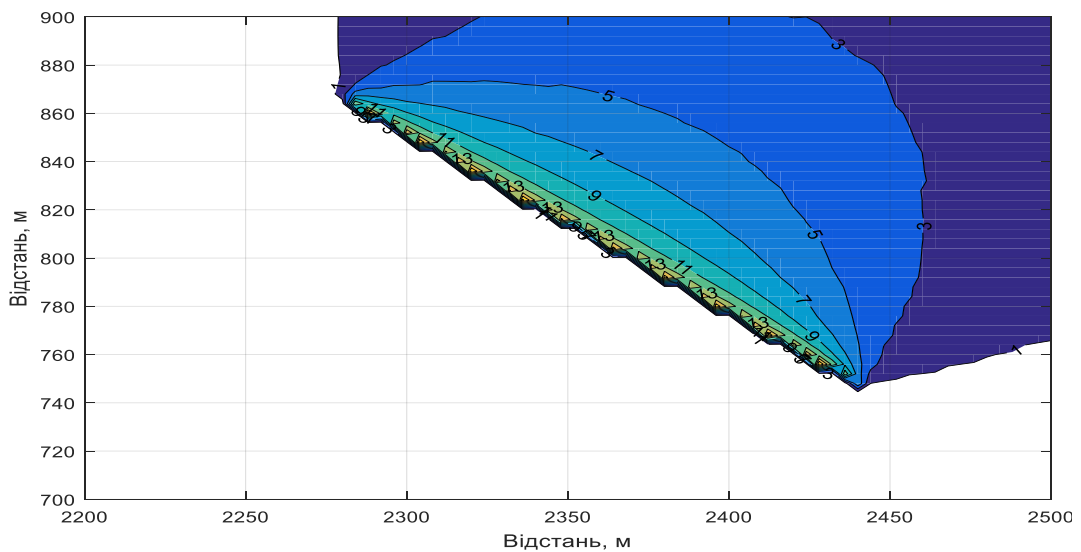


Рис.А.15 Зниження рівнів звуку в дБА, шумозахисним екраном №2 на частоті 500 Гц

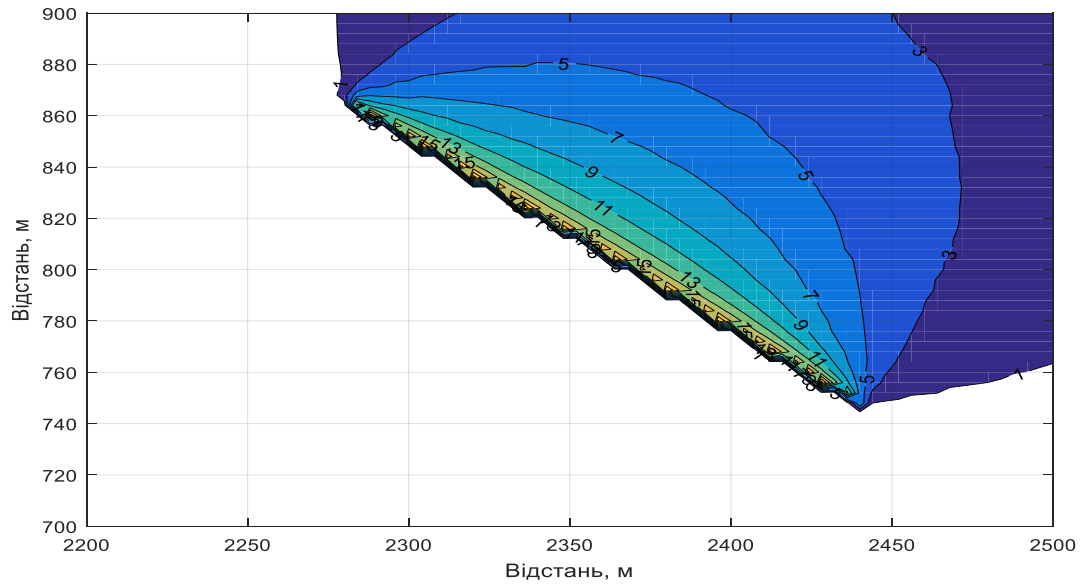


Рис.А.16 Зниження рівнів звуку в дБА, шумозахисним екраном №2 на частоті 1000 Гц

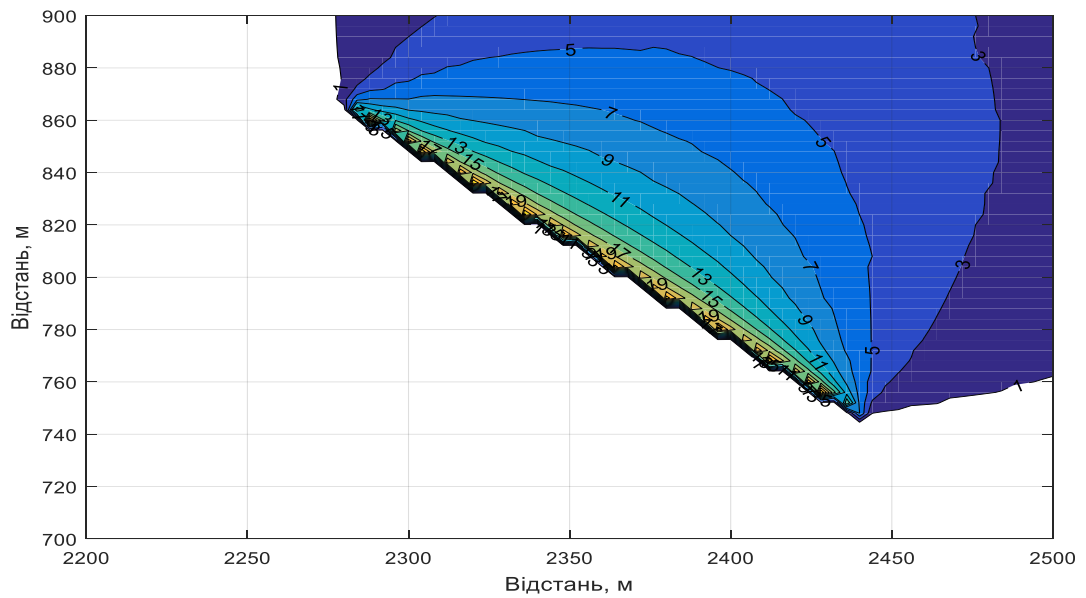


Рис.А.17 Зниження рівнів звуку в дБА, шумозахисним екраном №2 на частоті 2000 Гц

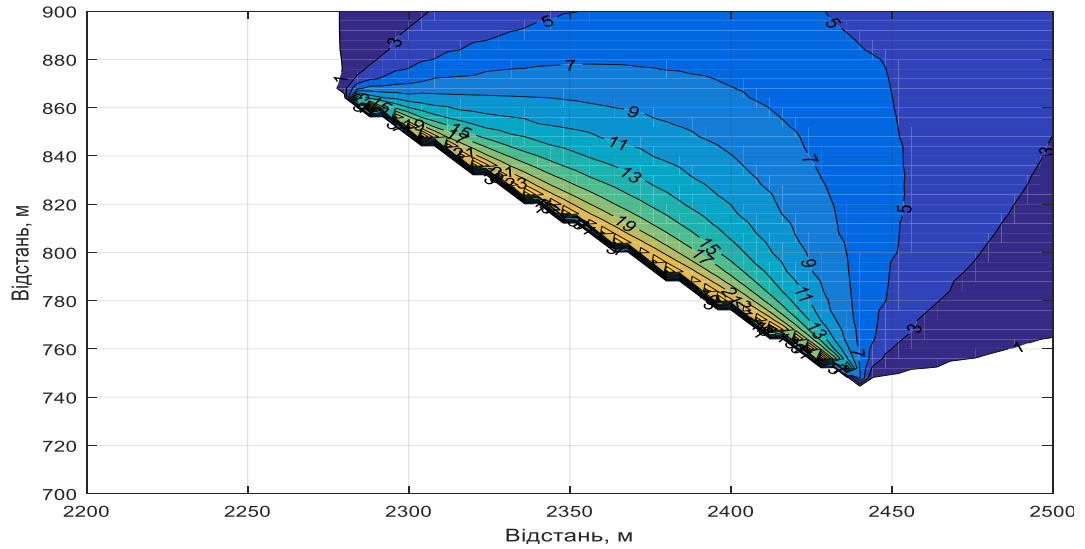


Рис.А.18 Зниження рівнів звуку в дБА, шумозахисним екраном №2 на частоті 4000 Гц

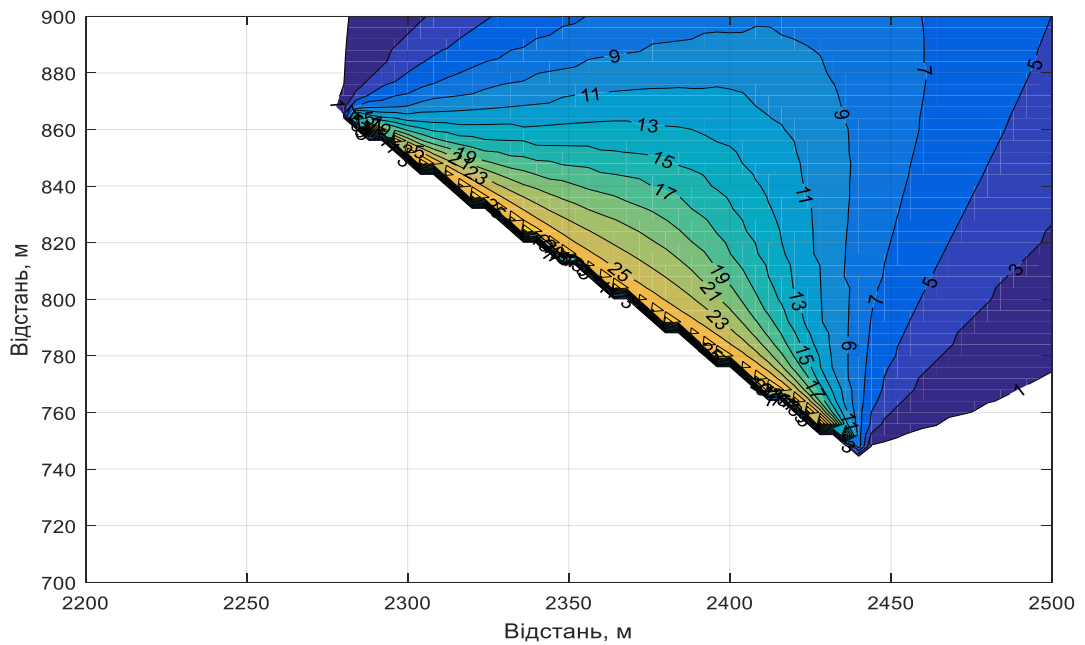


Рис.А.19 Зниження рівнів звуку в дБА, шумозахисним екраном №2 на частоті 8000 Гц

А.4 Ефективність шумозахисного екрану №3 в октавних смугах частот

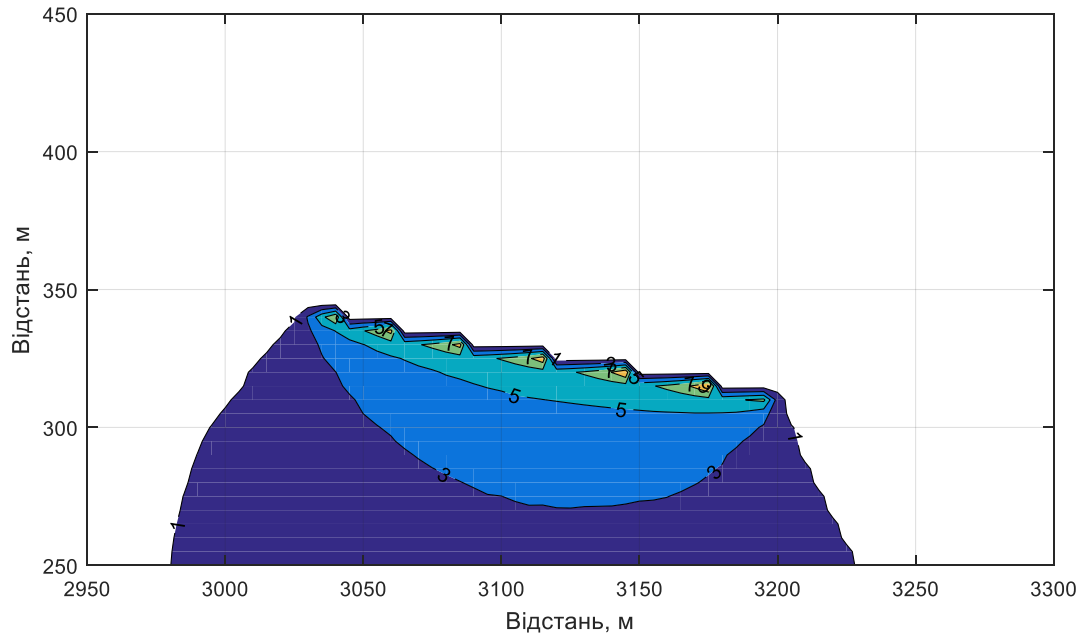


Рис.А.20 Зниження рівнів звуку в дБА, шумозахисним екраном №3 на частоті 63 Гц

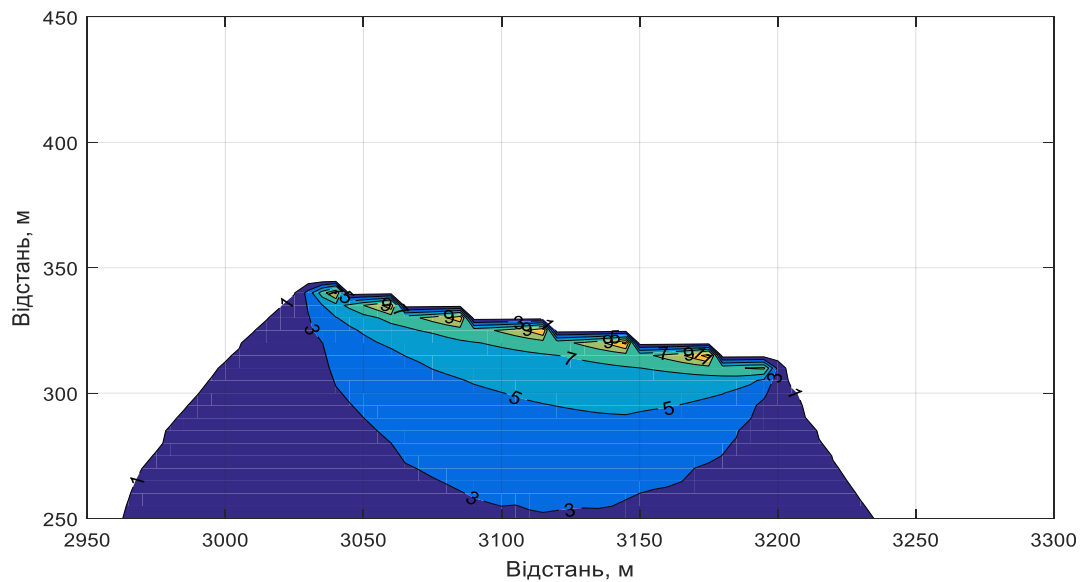


Рис.А.21 Зниження рівнів звуку в дБА, шумозахисним екраном №3 на частоті 125 Гц

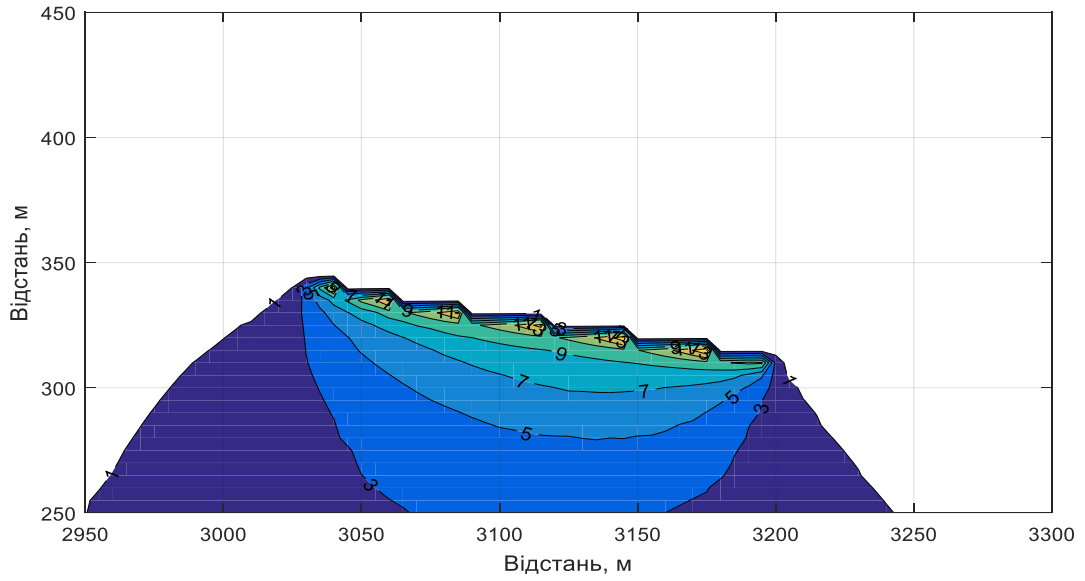


Рис.А.22 Зниження рівнів звуку в дБА, шумозахисним екраном №3 на частоті 250 Гц

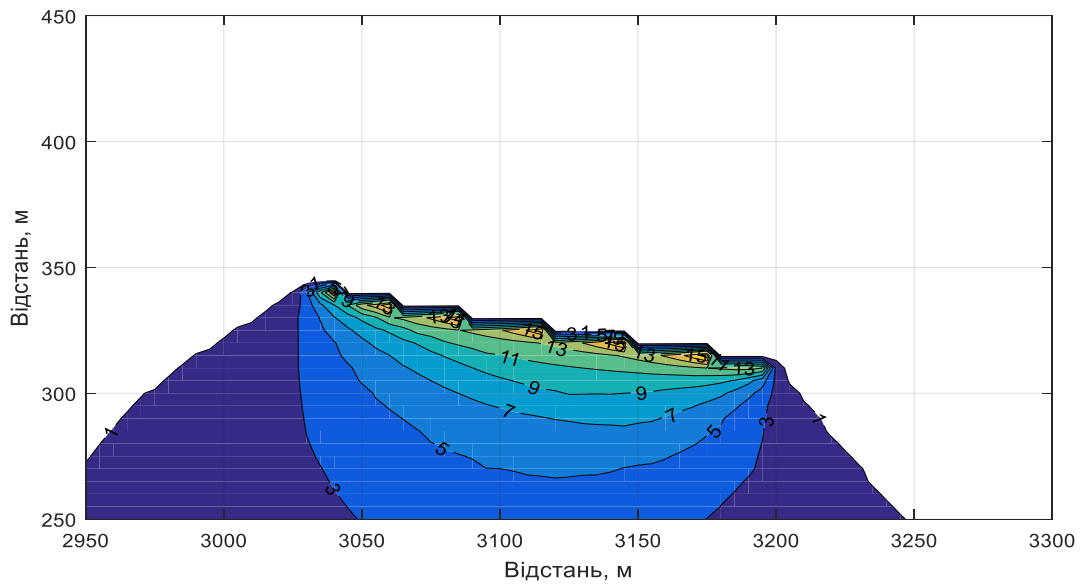


Рис.А.23 Зниження рівнів звуку в дБА, шумозахисним екраном №3 на частоті 500 Гц

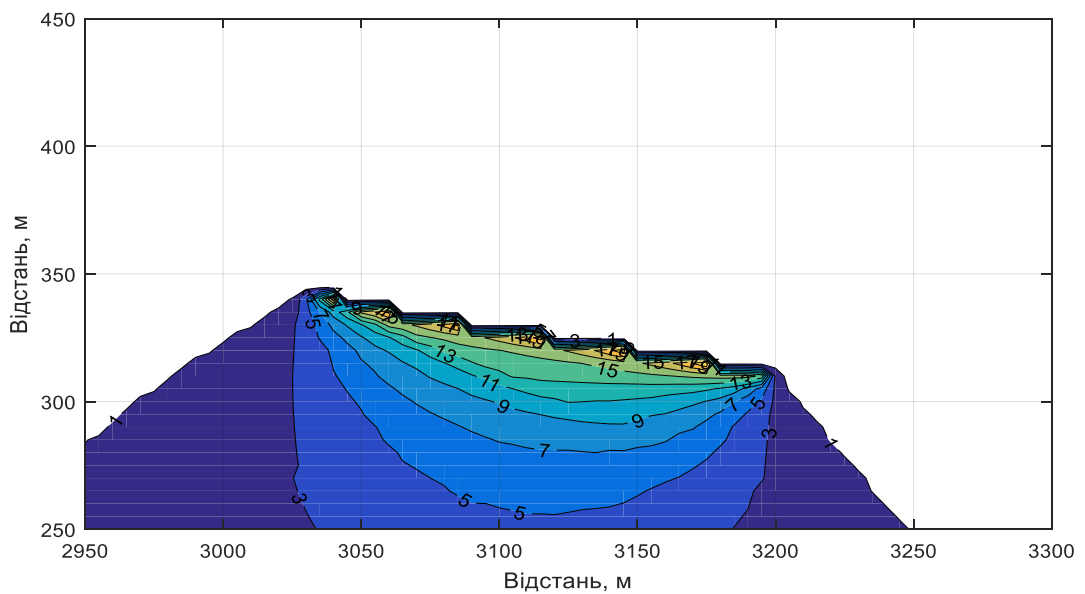


Рис.А.24 Зниження рівнів звуку в дБА, шумозахисним екраном №3 на частоті 1000 Гц

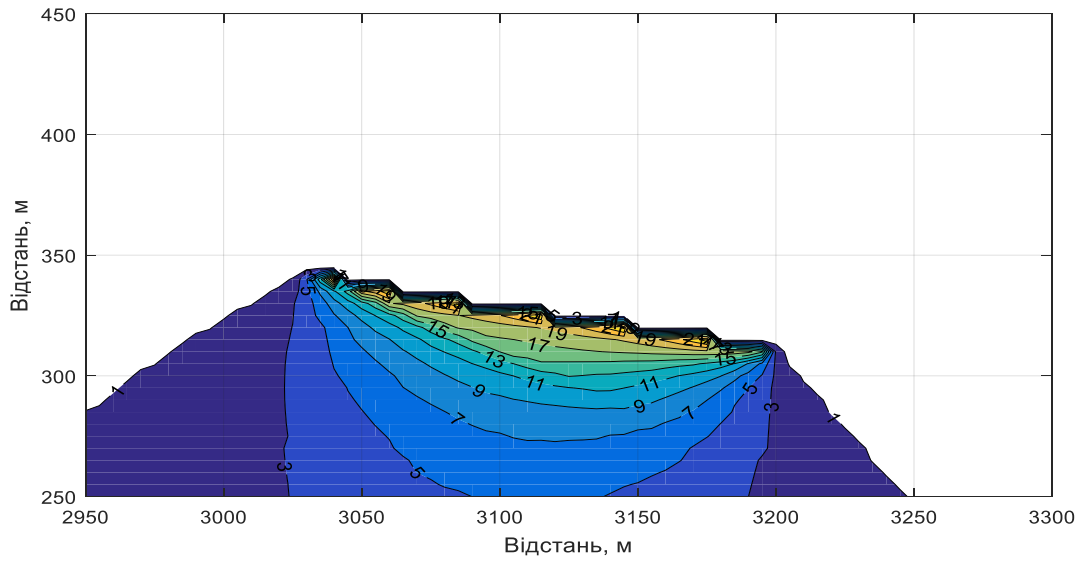


Рис.А.25 Зниження рівнів звуку в дБА, шумозахисним екраном №3 на частоті 2000 Гц

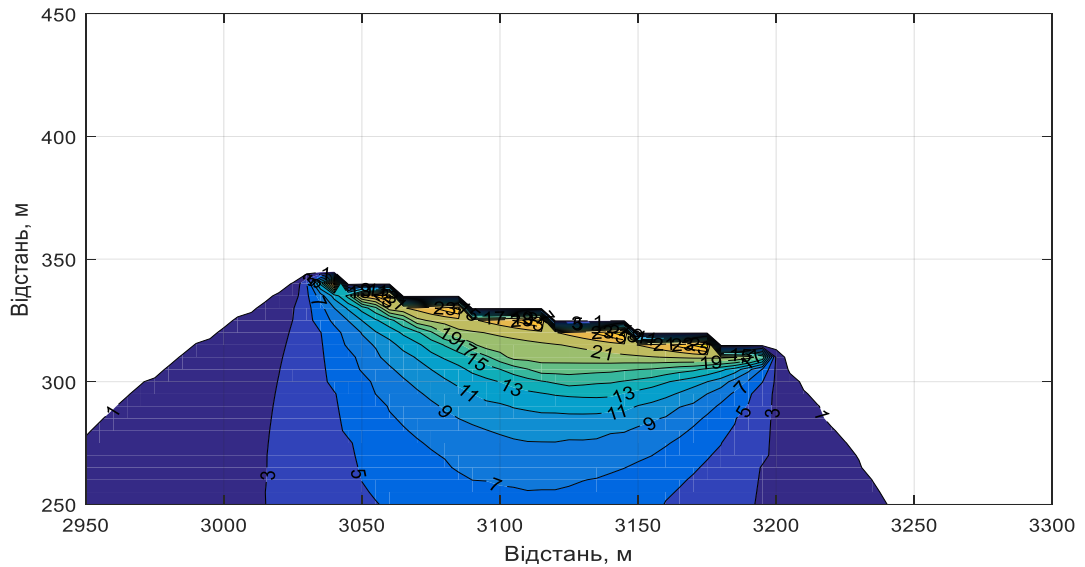


Рис.А.26 Зниження рівнів звуку в дБА, шумозахисним екраном №3 на частоті 4000 Гц

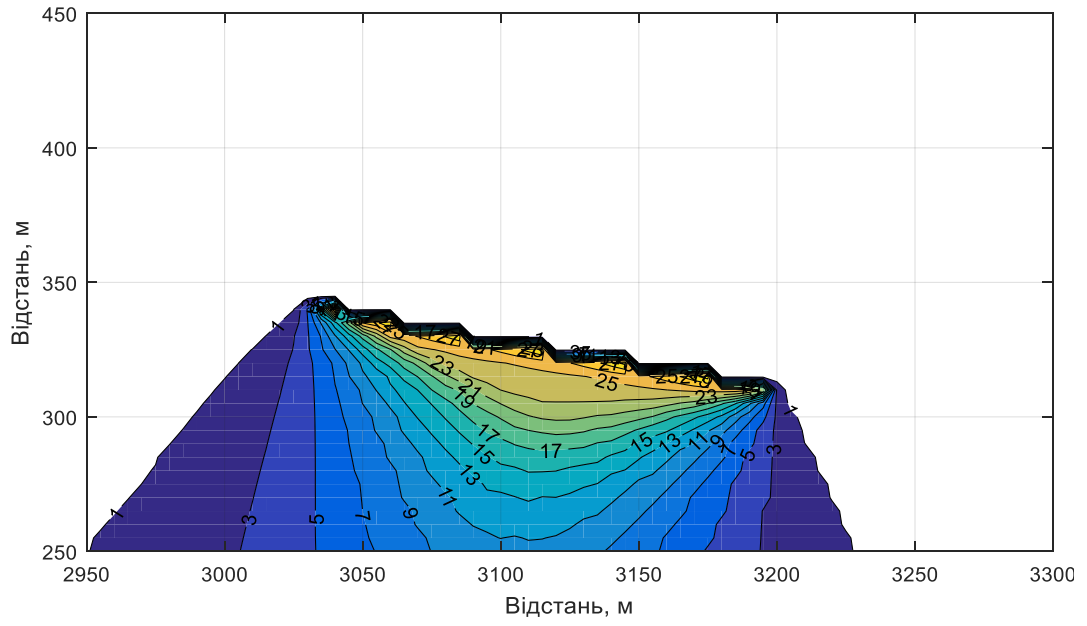


Рис.А.27 Зниження рівнів звуку в дБА, шумозахисним екраном №3 на частоті 8000 Гц