

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

ЛАСЛОВ СЕРГІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ



УДК 625.7:504.06

**УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ОЦІНЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ
ШУМОЗАХИСНИХ ЕКРАНІВ НА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРОГАХ**

05.22.11 – автомобільні шляхи та аеродроми

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2024

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Національному транспортному університеті Міністерства освіти і науки України, м. Київ.

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент
Токін Олександр Павлович,
Національний транспортний університет,
професор кафедри виробництва, ремонту та матеріалознавства, м. Київ.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Ковальчук Віталій Володимирович,
Національний університет «Львівська політехніка»,
професор кафедри залізничного транспорту, м. Львів;

кандидат технічних наук, доцент
Дорожко Євген Вікторович,
Харківський національний автомобільно-дорожній
університет, завідувач кафедри проектування доріг,
геодезії і землеустрою, м. Харків.

Захист відбудеться “ 24 ” травня 2024 р. о 10 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.059.02 у Національному транспортному університеті за адресою: 01010, Україна, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, ауд. 12 .

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Національного транспортного університету за адресою 01103, Україна, м. Київ, вул. М. Бойчука, 42.

Автореферат розісланий “23” квітня 2024 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради



О.Ю. Усиченко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Останні десятиріччя стрімко зростає рівень акустичного забруднення від автомобільного транспорту. Це пояснюється значним зростанням інтенсивності дорожнього руху, загальним зростанням потужності двигунів автомобілів та збільшенням швидкостей руху. Все це спричиняє виникнення явища транспортного шумового забруднення навколишнього середовища, яке є складовою загальної соціальної проблеми захисту довкілля.

Шум від руху транспортних засобів автомобільною дорогою має три джерела: шум вихлопних газів, двигунів та шин, що взаємодіють з дорожнім покриттям. Такий шум частково поглинається конструкцією покриття та ґрунтовою основою дороги. У випадку руху транспорту автомобільною дорогою шум практично не поглинається дорожнім покриттям, а навіть навпаки – може посилюватися в залежності від її конструктивних особливостей та експлуатаційного стану. При цьому траєкторії розповсюдження шумового забруднення також матимуть різноманітний характер.

Задача зниження впливу шуму автомобільного транспорту на оточуючу територію сьогодні розглядається в проєктах будівництва і реконструкції автомобільних доріг. Одним з найбільш ефективних заходів з шумозахисту територій громад, прилеглих до автомобільної дороги, є здійснення додаткового озеленення та встановлення шумозахисних екранів. Науковцями визнається факт, що шум від транспорту на мостах покриває більшу територію та є більш інтенсивним ніж шум, спричинений рухом по наземній дорозі. Проте, незважаючи на високий рівень акустичного забруднення прилеглих територій, захисні пристрої, що проєктуються в Україні, застосовуються вкрай рідко на сучасному етапі. А ґрунтовні наукові дослідження шумового забруднення довкілля, спричиненого рухом транспорту по автомобільних дорогах, практично не ведуться.

Таким чином, актуальність роботи обумовлена необхідністю вирішення важливої науково-практичної задачі – підвищення ефективності застосування шумозахисних екранів на автомобільних дорогах за рахунок удосконалення методу оцінювання параметрів при дії транспортних потоків.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана відповідно до планів науково-дослідних робіт Національного транспортного університету, а саме:

- держбюджетної теми «Розробити ГБН «Шумозахисні екрани на автомобільних дорогах та штучних спорудах. Вимоги до проєктування» у 2013 р. (номер державної реєстрації 0113U003709);

- держбюджетних тем кафедри «Мости та тунелі» – «Теоретичні засади оцінки ресурсу транспортних споруд» (державний реєстраційний номер 0111U000095) та «Прогноз і оптимізація життєвого циклу транспортних споруд» (державний реєстраційний номер 0109U002145);

Тема дисертації відповідає актуальним напрямкам науково-технічної політики України щодо управління експлуатаційною надійністю і довговічністю споруд та конструкцій, зокрема, Постанові Кабінету Міністрів України № 409 від 5 травня 1997 р. «Про забезпечення надійності та безпечної експлуатації будівель, споруд та

інженерних мереж», а також напрямам і задачам державної науково-технічної програми «Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року» (Розпорядження Кабінету Міністрів України № 430-р від 30.05.2018 р.).

Рівень участі автора – виконавець.

Мета і завдання дослідження. Метою дисертаційної роботи є удосконалення методів оцінювання параметрів шумозахисних екранів на автомобільних дорогах з урахуванням різних факторів.

Для досягнення зазначеної мети були поставлені наступні **завдання**:

- провести аналіз наукових досліджень, розробок та методів оцінювання параметрів шумозахисних екранів на автомобільних дорогах;
- розробити математичну модель з оцінки впливу на оточуюче середовище шумового навантаження від рухомого транспортного потоку на автомобільних дорогах;
- експериментально дослідити параметри акустичної ефективності шумозахисних екранів на ділянках автомобільних доріг загального користування із врахуванням технічного стану екранів;
- розробити практичні рекомендації щодо застосування отриманих методів оцінювання параметрів шумозахисних екранів для їх ефективного проєктування на автомобільних дорогах.

Об'єкт дослідження – процес спільної дії різних факторів оцінювання параметрів шумозахисних екранів на автомобільних дорогах.

Предмет дослідження – закономірності впливу різних факторів на параметри шумозахисних екранів на автомобільних дорогах.

Методи дослідження. Для вирішення поставлених завдань у дисертаційній роботі використано методи математичного моделювання та методи теорії ймовірності. Перевірка адекватності математичних моделей виконувалась шляхом порівняння із експериментальними вимірюваннями.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному:

- вперше отримані аналітичні залежності та параметри шумозахисних екранів на автомобільних дорогах, що враховують технічні параметри екранів для їх ефективного застосування;
- удосконалено математичну модель та методи оцінювання параметрів шумозахисних екранів на автомобільних дорогах, що враховує комплекс факторів, а саме: конструктивні, геометричні параметри екрану та характеристики автомобільної дороги, різну швидкість транспортного потоку та кліматичні умови;
- дістали подальшого розвитку моделі: модель оцінки транспортного шуму від дії рухомого складу на автомобільних дорогах; ймовірнісна модель оцінки шумового навантаження від дії транспортних потоків на автомобільних дорогах; модель віддзеркалення шумового променя від ґрунту на слабо перехресній місцевості; а також наступні методи: імпульсний метод вирішення хвильового рівняння акустичного випромінювання від рухомого транспортного потоку; метод визначення кореляційних функцій для оцінки шумових процесів від рухомого транспортного потоку на автомобільних дорогах; метод дослідження середнього значення нестационарного акустичного випромінювання придорожнього простору.

Практичне значення одержаних результатів.

У результаті проведених досліджень: розроблено метод оцінювання параметрів шумозахисних екранів, який дозволяє враховувати комплекс практичних факторів, а саме: конструктивні, геометричні та характеристики автомобільної дороги, різну швидкість транспортного потоку та кліматичні умови на автомобільних дорогах; запропоновані практичні рекомендації для ефективного проектування шумозахисних екранів на автомобільних дорогах.

Результати дослідження були частково використані під час розроблення та впровадження в дорожню галузь: ГБН В.2.3-37641918-556:2015 Автомобільні дороги. Споруди шумозахисні. Вимоги до проектування; класифікації шумозахисних споруд; планувальних та конструктивних рішень шумозахисних споруд; конструктивних вимог до шумозахисних екранів зокрема, обґрунтовані параметри шумозахисних екранів для захисту сельбищних територій від дії шумового навантаження автомобільних доріг; практичних рекомендацій із проектування шумозахисних екранів на автомобільних дорогах, які рекомендується використовувати інженерним працівникам Державного агентства відновлення та розвитку інфраструктури України і організаціям, які займаються проектуванням, будуванням та утриманням шумозахисних екранів на автомобільних дорогах.

Метод та модель оцінювання параметрів шумозахисних екранів на автомобільних дорогах, розроблені у рамках дисертаційної роботи, були використані під час виконання науково-дослідних робіт на кафедрі екології та кафедрі мостів і тунелів Національного транспортного університету.

Нові підходи, положення й результати досліджень були використані під час виконання науково-дослідної роботи «Розробити ГБН «Шумозахисні екрани на автомобільних дорогах та штучних спорудах. Вимоги до проектування», (номер державної реєстрації 0113U003709).

Результати роботи впроваджено в навчальний процес за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія (освітні програми: «Автомобільні дороги, вулиці та дороги населених пунктів», «Технології будівельних конструкцій, виробів і матеріалів», «Мости і транспортні тунелі»), крім того, за спеціальністю 101 Екологія (освітня програма «Екологія») та 183 Технології захисту навколишнього середовища (освітня програма «Екологічна інженерія автотранспортної діяльності»).

Апробація основних теоретичних та практичних результатів дисертації на підприємствах та організаціях підтверджуються відповідними актами впровадження.

Особистий внесок здобувача. Дисертація є самостійно виконаним науковим дослідженням. Наукові результати, що містяться в роботі, отримані автором особисто. В тому числі розроблено, досліджено та практично апробовано удосконалений метод та модель оцінювання шумозахисних екранів на автомобільних дорогах. Формулювання мети і завдань дисертації, планування експериментів та обговорення результатів виконано разом із науковим керівником.

Автор дисертаційної роботи проаналізував методи оцінки шумового забруднення навколишнього середовища; удосконалив метод та модель оцінки транспортного шумового навантаження на оточуюче середовище; виконав експериментальні вимірювання акустичних характеристик шумозахисних екранів на автомобільних дорогах Київської, Житомирської, Волинської, Рівненської та

Львівської області; запропонував шумопоглинальну конструкцію екрану із покращеними параметрами шумозахисту і міцності та розробив рекомендації до проєктування шумозахисних екранів на автомобільних дорогах (у співавторстві).

Особистий внесок автора в опублікованих працях [1-15], полягає в отриманні наукових результатів, викладених у даній роботі. Зокрема, в [2, 5, 8, 9, 10] автором було проаналізовано досвід українських та закордонних науковців з питань шумового забруднення навколишнього середовища від дії рухомого складу на автомобільних дорогах; розглянуті математичні моделі, що описують шумове навантаження; запропоновано підходи до удосконалення математичних моделей з оцінки транспортного шумового навантаження при дії транспортних потоків на оточуюче середовище. В роботах [3, 11, 12] автором проаналізовані світові тренди та досвід у запобіганні шумового забруднення довкілля, спричиненого рухомим складом транспортних потоків на автомобільних дорогах. В дослідженні [4] автором проаналізовані архітектурно-ландшафтні рішення щодо захисту територій від транспортного шуму. В роботах [1, 2, 15] проведено аналіз результатів експериментальних вимірювань акустичних характеристик шумозахисних екранів, які знаходяться під дією транспортних потоків на автомобільних дорогах України.

Автором удосконалені математичні моделі для оцінки транспортного шумового навантаження при дії транспортних потоків на оточуюче середовище, що дозволило отримати метод та модель оцінювання параметрів шумозахисних екранів, який враховує комплекс факторів, а саме: конструктивні та геометричні параметри екрану, характеристики автомобільної дороги, різну швидкість транспортного потоку. В роботах [15, 13] автором були розроблені практичні рекомендації для ефективного проєктування шумозахисних екранів на автомобільних дорогах на основі виконаних ним експериментальних досліджень.

Апробація дисертаційної роботи. Основні положення і результати дисертаційної роботи були представлені на наукових конференціях професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету Національного транспортного університету №№ 78 – 79 у 2022 – 2023 рр.; на міжнародній конференції «Впровадження інноваційних матеріалів і технологій при проєктуванні, будівництві та експлуатації об'єктів транспортної інфраструктури в рамках програми «Велике будівництво»» у 2022 р.; на III-й Міжнародній науково-технічній конференції «Дорожньо-будівельний комплекс: проблеми, перспективи, інновації» у 2023 р. Результати дисертаційної роботи впроваджено в навчальний процес за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія (освітні програми: «Автомобільні дороги, вулиці та дороги населених пунктів», «Технології будівельних конструкцій, виробів і матеріалів», «Мости і транспортні тунелі»), за спеціальністю 101 Екологія (освітня програма «Екологія») та 183 Технології захисту навколишнього середовища (освітня програма «Екологічна інженерія автотранспортної діяльності»).

Публікації. Основні положення дисертаційної роботи опубліковані у 15 друкованих працях, у тому числі: 5 статей у фахових виданнях, 1 – у виданні, що індексується у наукометричній базі Scopus, 1 монографія, 5 охоронних документів (свідоцтва України про реєстрацію авторського права), 5 тез доповідей у збірниках

наукових конференцій, 1 галузеві будівельні норми та 3 статті без співавторів, що засвідчують апробацію матеріалів дисертації.

Внесок здобувача у роботах в співавторстві: в роботах [1, 5] автор дисертаційної роботи проаналізував методи оцінки шумового забруднення навколишнього середовища, виконав експериментальні вимірювання акустичних характеристик шумозахисних екранів на автомобільних дорогах Київської, Житомирської, Вінницької, Волинської, Рівненської та Львівської областей; у роботах [6, 8] автор запропонував шляхи удосконалення моделі для оцінки транспортного шумового навантаження на оточуюче середовище.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та дванадцяти додатків.

Основний текст роботи викладено на 149 сторінках. Дисертація містить 52 рисунка та 9 таблиць. Список літератури із 122 найменувань викладено на 14 сторінках, 12 додатків приведено на 27 сторінках. Повний обсяг дисертації становить 218 сторінок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано доцільність та актуальність теми дисертаційної роботи, її зв'язок з науковими темами, сформульовані мета та завдання дослідження, наукова новизна та практичне значення. У вступі також розкрито особистий внесок автора, наведено публікації, результати апробації дослідження, загальний обсяг і структуру роботи.

У **першому розділі** на основі літературного огляду здійснено аналіз наукових досліджень і розробок щодо параметрів шумозахисних екранів на автомобільних дорогах та їх методів оцінювання з урахуванням різних факторів.

Проведений аналіз наукових досліджень і розробок щодо оцінювання параметрів засобів шумозахисту на автомобільних дорогах дозволив встановити існуючі недоліки в конструктивних параметрах шумозахисних екранів. Встановлено, що найбільшого ступеню захисту від дії шумового навантаження транспортних потоків на автомобільні дороги можна досягнути за допомогою застосування шумозахисних екранів, які дозволяють знизити рівень транспортного шуму за рахунок поглинання, зміни довжини хвилі, віддзеркалення або дифракції.

Дослідженнями методів та моделей оцінювання параметрів шумозахисних екранів, затування шумових хвиль у природному середовищі, розробками щодо конструктивних особливостей шумозахисних екранів, які використовуються на автомобільних дорогах, у свій час займалися Вирожемский В.К., Батракова А.Г., Волошина И.В., Гавриш В.С., Гамеляк І.П., Данова В.В., Докукіна В.И., Дорошко Є.В., Ільченко В.В., Заєць В.П., Ковальчук В.В., Коваль П.М., Крюковська Л.І., Лантух-Лященко А.І., Матейчик В.П., Онищенко А.М., Скальський В.Р., Стоянович Н.С., Токін О.П., Федоров В. В, Хворост М.В., Хрутьба В.О., Howell G., Piercy J., Daniel R., Hanson C., Gordon C., Herman L., Jones K., Jaeckel J., Rochat J., Pierce A. та інші дослідники.

Аналіз існуючих моделей оцінки затування шумової хвилі у природному середовищі в залежності від конструктивних параметрів автомобільних доріг

дозволив зробити висновок, що проведені раніше дослідження носять розрізнений характер, оскільки не враховують комплекс чинників, а саме: віддзеркалення шумового променя від характеру текстури поверхні покриття; вплив різної швидкості від транспортних потоків; конструктивні та геометричні параметри екрану; кліматичні умови та характеристики автомобільної дороги.

У другому розділі наведено основні теоретичні положення та аналітичні залежності оцінювання параметрів шумозахисних екранів на автомобільних дорогах. З метою вирішення поставлених задач розроблено схему оцінювання явища дифракції, яке утворюється навколо шумозахисних екранів на автомобільних дорогах внаслідок дії транспортних потоків (рис. 1).

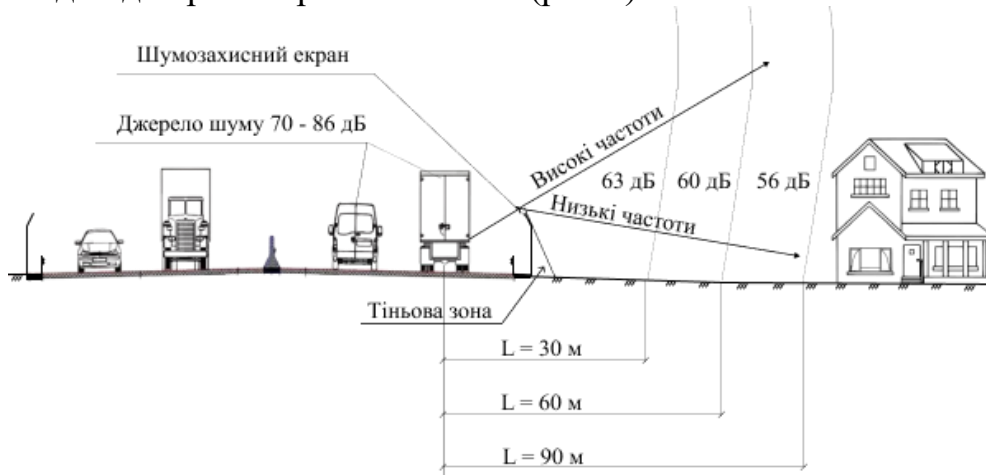


Рисунок 1 – Явище дифракції навколо шумозахисного екрану на автомобільній дорозі від дії транспортних потоків

Виходячи з постановки завдань дослідження, було застосовано аналітично-експериментальний підхід з урахуванням відомих наукових положень оцінювання параметрів шумозахисних екранів на автомобільних дорогах. Зокрема, на основі досліджень Дорожка Є.В., Ковальчука В.В., Лантуха-Лященко А.І., Матейчика В.П., Федорова В.В., Онищенко А.М. Угненко Є.Б., Kurze U., Fleming G., Kugler V. та інших дослідників, було зроблено висновок, що на оцінювання параметрів шумових екранів впливають наступні групи факторів: конструктивні та геометричні параметри екрану, характеристики автомобільної дороги, швидкість транспортного потоку, а також кліматичні умови.

Для побудови математичної моделі в роботі були використані математичні залежності (рівняння регресії), отриманні під час статистичного моделювання рівня шуму, інтенсивності та швидкості руху. Побудована математична модель має лінійний характер, а її вирішення спрямоване на досягнення середньостатистичних геометричних параметрів елементів доріг для їх проектування з урахуванням потенційного шумового навантаження. Запропоновано здійснювати моделювання методом підбору параметрів автомобільних доріг (рис.2): X_1 – поздовжній ухил дороги, ‰; X_2 – тип покриття автомобільної дороги; X_3, X_4 – основні експлуатаційні показники автомобільної дороги (показник рівнинності Sp_1 , см/км; коефіцієнт зчеплення j); X_5 – поперечний ухил дороги, ‰; X_6 – наявність шумозахисного бар'єру; X_7 – відстань від вісі дороги до лінії забудови населеного пункту, м.

В дослідженні запропоновано метод прогнозування шумового забруднення навколишнього середовища від руху транспортних засобів автомобільними дорогами, який базується на врахуванні розрахункового еквівалентного рівня звуку (функції шуму від інтенсивності транспортного потоку, який рухається з відповідною швидкістю прямою автомобільною дорогою).

За результатами теоретичних та експериментальних досліджень запропоновано удосконалення математичної моделі та методу оцінювання параметрів шумозахисних екранів на автомобільних дорогах (рис. 2).

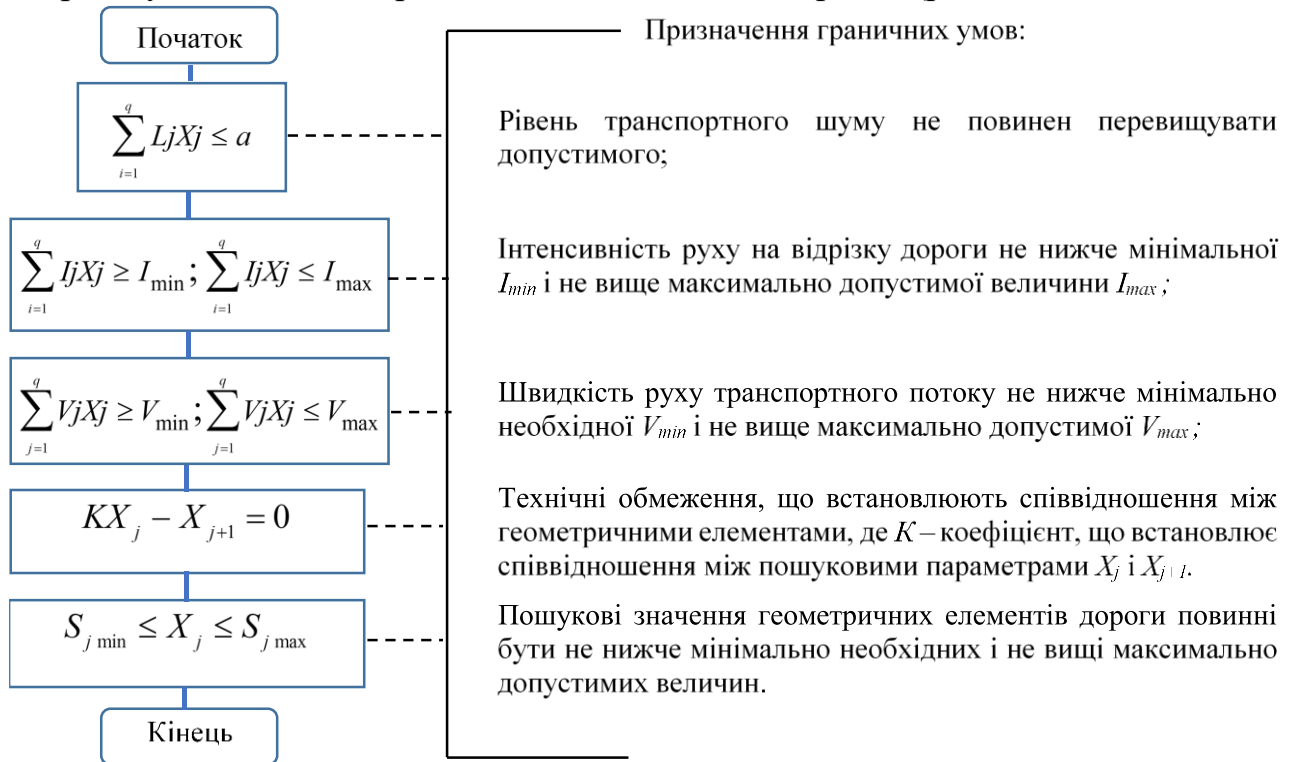


Рисунок 2 – Алгоритм оцінювання параметрів шумового забруднення від автомобільної дороги

В основу розрахунку покладено закон затухання звуку залежно від відстані до джерела, який описується формулою:

$$I = \frac{I_0}{(4\pi r^2)}, \quad (1)$$

де I_0 – інтенсивність звуку на відстані $r = 1$ м від джерела звуку, $\text{В}/\text{м}^2$;
 r – відстань від джерела шумового навантаження до точки спостереження, м.

З урахуванням затухання звукової хвилі від шумозахисних екранів (дифракції) формула (1) набуває вигляду:

$$I = \frac{I_0}{(4\pi r^2)} \cdot \exp(-kx) \cdot (a/r)^2 \cdot \sin^2(\theta), \quad (2)$$

де x – довжина ділянки, на якій встановлений шумозахисний екран, м;

a – висота екрану, м;

θ – кут між напрямком до джерела звуку і напрямком до точки спостереження, град.;

k – коефіцієнт затухання звуку, залежно від властивостей матеріалу, з якого зроблений екран (зокрема, щільність матеріалу, його товщина, акустичні властивості та інші параметри).

Отримано аналітичну залежність та математичну модель з оцінювання параметрів шумозахисних екранів на автомобільній дорозі з урахуванням конструктивних та геометричних параметрів шумозахисного екрану, вологості повітря, температури повітря та швидкості вітру, що виражена через відношення заміни звукової інтенсивності I на рівень звукового тиску L_p за формулою:

$$L_p = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{I}{I_0} \right)^2, \quad (3)$$

де I_0 – порівняльна звукова інтенсивність, Вт/м² (для референтного значення звукового тиску зазвичай використовується $I_0 = 10^{-12}$ Вт/м²):

$$L_p = 20 \log_{10} \left[\frac{L_0 + 20 \cdot \log_{10}(r) + \alpha d + \beta h + \gamma t + \delta v}{I_0} - 43.4 - \right. \\ \left. - 20 \log_{10} \left(\frac{a}{r} \right) - 10 \log_{10} (\sin^2(\theta)) \right] - 20 \log_{10}(k), \quad (4)$$

де 43.4 – відповідає постійній, яка використовується для врахування деяких фізичних констант і перетворень одиниць у формулі для звукового тиску;

L_0 – початковий рівень шуму від транспортного засобу, дБ;

α – коефіцієнт затухання звуку на одиницю відстані через атмосферу (значення залежить від таких факторів, як вологість повітря, температура тощо);

d – довжина шумозахисного екрану, м;

β – коефіцієнт затухання шуму, який враховує вплив вологості повітря на затухання шуму, може змінюватися від 0 до 1, де 0 вказує на відсутність впливу вологості повітря, а 1 – максимальний її вплив;

h – висота шумозахисного екрану, м;

γ – коефіцієнт затухання шуму, який враховує вплив температури повітря на затухання шуму, може змінюватися від 0 до 1, де 0 вказує на відсутність впливу температури повітря, а 1 – максимальний її вплив;

t^0 – температура повітря, С⁰;

δ – коефіцієнт затухання шуму, який враховує вплив швидкості вітру на затухання шуму. Значення δ може змінюватися від 0 до 1, де 0 вказує на відсутність впливу швидкості вітру, а 1 – максимальний її вплив;

v – швидкість вітру, м/с;

I_0 – рівень інтенсивності звуку на початковій відстані ($I_0 = 10^{-12}$), Вт/м². Може використовуватися як базове значення для порівняння з іншими значеннями інтенсивності звуку на різних відстанях;

a – відстань від джерела шуму до шумозахисного екрану, м.;

θ^0 – кут розташування точки спостереження відносно джерела шуму, град.;

k – коефіцієнт затухання звуку, який приймається залежно від властивостей матеріалу, з якого зроблений екран. Безрозмірний коефіцієнт звукопоглинання в діапазоні частот 125-4000 Гц. Цей коефіцієнт може приймати значення від 0 до 1 (чим ближче до 1, тим вище звукопоглинання).

З метою отримання граничних параметрів шумозахисних екранів та отриманої математичної моделі (4) пропонується критерій, що дозволяє оцінювати граничні допустимі значення рівнів звукового забруднення від автомобільної дороги з урахуванням різних вищезазначених факторів за залежністю:

$$L_p(h, r, v, t, a, \theta, d) \leq [L_{pn}], \quad (5)$$

де $[L_{pn}]$ – гранично допустиме значення рівня звукового тиску (L_{pn} приймається за нормативними документами), дБ.

Прогнозування рівня шуму є складною задачею, оскільки вплив багатьох чинників на оцінювання шумового забруднення навколишнього середовища може спричинити значну варіабельність її вирішення. Точність прогнозування рівня шуму може покращуватися зі збільшенням обсягу та якості вхідних даних, використанням більш складних моделей та методів аналізу, а також здійснення валідації і калібрування моделей на основі фактичних вимірювань шуму. Також важливо враховувати можливі зміни у вихідних умовах, такі як зміна інтенсивності руху або реконструкція дороги, які можуть вплинути на рівень шуму.

Під час передбачення рівня шуму, спричиненого рухом автотранспортних засобів автомобільною дорогою, також важливо враховувати можливі заходи для зменшення шуму, такі як встановлення шумозахисних бар'єрів або використання шумопоглинальних матеріалів під час улаштування дорожнього покриття. Ці заходи можуть впливати на розподіл ймовірності виникнення шуму і повинні бути враховані під час його прогнозування.

Вирішення хвильового рівняння акустичного випромінювання від джерел, що рухаються (транспортного потоку), дозволяє визначити: рівень шуму, коли рух транспорту здійснюється за довільною траєкторією; рівень акустичного забруднення довкілля на певній відстані від вісі дороги при заданій рухомій системі координат, пов'язаній з джерелом звуку; здійснити прогнозування рівня акустичного забруднення навколишнього середовища.

На основі зроблених висновків про основні групи факторів впливу на оцінювання параметрів шумових екранів розроблено математичну модель і метод для оцінки шумового навантаження від рухомого транспортного потоку на автомобільних дорогах на оточуюче середовище. Це дозволило отримати метод оцінювання параметрів шумозахисних екранів, який враховує комплекс факторів, а саме: конструктивні, геометричні параметри екрану та характеристики автомобільної дороги, швидкість транспортного потоку, погодні умови. Розроблена математична модель реалізації запропонованого методу базується на (рис.3): ймовірнісній моделі оцінки шумового навантаження від автомобільних доріг під час дії транспортних потоків; моделі віддзеркалення шумових променів від ґрунту на слабо перехресній місцевості; моделі оцінки параметрів шумозахисних екранів для

зниження шумового навантаження; кореляційних функціях оцінки шумових процесів, які виникають від автомобільних доріг; імпульсному методу вирішення хвильового рівняння акустичного випромінювання, яке виникає від рухомого транспортного потоку; дослідженнях середнього значення нестационарного акустичного випромінювання придорожнього простору.



Рисунок 3 – Алгоритм послідовності оцінювання параметрів шумозахисних екранів на автомобільних дорогах

Для прогнозування акустичного забруднення навколишнього середовища від автомобільних доріг запропоновано використати розрахунковий еквівалентний рівень звуку, який прийнято оцінювати як функціональну залежність шуму від інтенсивності транспортного потоку за умови руху транспорту із заданою швидкістю прямою дорогою при визначених конструктивних та геометричних параметрах покриття, експлуатаційних умовах. При цьому, певні експлуатаційні умови – це основний експлуатаційний показник, який покладено в основу дослідження шумового навантаження. До експлуатаційних умов автомобільних доріг в цьому дослідженні віднесено показники рівності та зчеплення. Також запропоновано під час оцінки параметрів шумозахисних екранів враховувати відстань від центру вісі транспортного засобу до приймача шумозахисної споруди.

Встановлено існуючі моделі оцінки транспортного шуму від рухомого транспортного потоку на автомобільних дорогах в придорожній смузі, які в дослідженні взяті за основу під час удосконалення методу прогнозування акустичного забруднення довкілля автомобільними дорогами.

Обґрунтовані основні критерії, за якими необхідно оцінювати рівень шумового забруднення довкілля від транспортного потоку на автомобільних дорогах. До них віднесено – тиск звуку, амплітуду (гучність), частоту (тональність).

Прогнозування шуму, з точки зору ймовірності його виникнення, дозволяє краще оцінити вплив дорожнього руху на навколишнє середовище та прийняти

відповідні заходи для контролю рівня шумового забруднення та захисту територіальних громад.

Третій розділ присвячений експериментальному дослідженню функціонування шумозахисних екранів на автомобільних дорогах загального користування.

За результатами обробки даних експериментальних вимірювань були отримані параметри акустичної ефективності функціонування шумозахисних екранів на ділянках автомобільних доріг загального користування із врахуванням технічного стану екранів. Зокрема, відповідно до експериментальних вимірювань шумового навантаження від транспортного потоку автомобільної дороги Київ-Чоп (238 км) було встановлено, що еквівалентний рівень звуку на відстані 1 м перед шумозахисним екраном становить 88,6 дБА, а максимальний рівень звуку на відстані 1 м перед шумозахисним екраном – 103,9 дБА. Також було встановлено, що еквівалентний рівень звуку на відстані 2,4 м за шумозахисним екраном становить 70,7 дБА, а максимальний рівень звуку на відстані 2,4 м за шумозахисним екраном – 79,8 дБА. Встановлено, що еквівалентний рівень звуку на ділянці автомобільної дороги, безпосередньо прилеглої до житлової забудови до 2 м, становить 74,4 дБА, а максимальний рівень звуку – 78,0 дБА. Розбіжність результатів знаходиться в межах 12 %, при рівні довірчої вірогідності 0,95. Також було з'ясовано, що вимірний еквівалентний рівень шуму на відстані біля 2 м від житлової забудови не відповідає встановленому нормативному рівню шуму для населених пунктів в денний час доби (з 7:00 до 23:00).

Натурні вимірювання були здійснені в розрізі складу потоку та інтенсивності дорожнього руху. Наступним етапом було проведення математичного експерименту та порівняння результатів експериментальних вимірювань характеристик шумозахисних екранів та відповідних ним розрахункових значень (табл. 1, рис. 5).

Таблиця 1 – Порівняння теоретичних результатів з результатами експериментального оцінювання характеристик шумозахисних екранів

№ п/п	Назва служби автомобільних доріг (САД)	Ділянка автомобільної дороги з шумозахисними екранами (ШЗЕ), км	Екв. рівень шуму перед ШЗЕ, дБА	Розрахунковий рівень шуму на відстані 2 м за ШЗЕ, дБА (L_p^T)	Екв. рівень шуму на відстані 2 м за ШЗЕ, дБА (L_p^E)	Різниця натурних та теоретичних результатів, Δ , %
1	САД у Волинській області	488+554 – 488+856 ліво	86	71,9	71	1,27
		490+226 – 490+260 ліво	86	71,9	74	2,84
2	САД у Житомирській області (право)	237+920 – 238+685	87	72,1	71	1,55
		238+740 – 238+780	84	70,8	72	1,67
		238+830 – 238+880	86	71,9	74	2,84
		239+375 – 239+450	86	71,9	73	1,51
		239+520 – 239+580	85	71,2	72	1,11
		239+610 – 239+670	85	71,2	72	1,11
		239+680 – 239+740	86	71,9	73	1,51
	САД у Житомирській	247+010 – 247+110	84	70,8	69	2,61
		247+130 – 247+230	85	71,2	70	1,71

	області (ліво)	247+440 – 247+500	85	71,2	73	2,53
		247+977 – 248+010	85	71,2	74	3,93
		248+420 – 248+750	86	71,9	71	1,27
3	САД у Київській області	На балансі немає, але встановлені на а/д Київ-Чоп 49+500 – 49+700 право	85	71,2	70	1,71
Середня різниця, %			-	-	-	1,94

— Розрахунковий (за формулою) рівень шуму на відстані 2м за ШЗЕ, дБа
 — Екв. рівень шуму перед ШЗЕ, дБа — Екв. вимірний рівень шуму на відстані 2 м за ШЗЕ, дБа

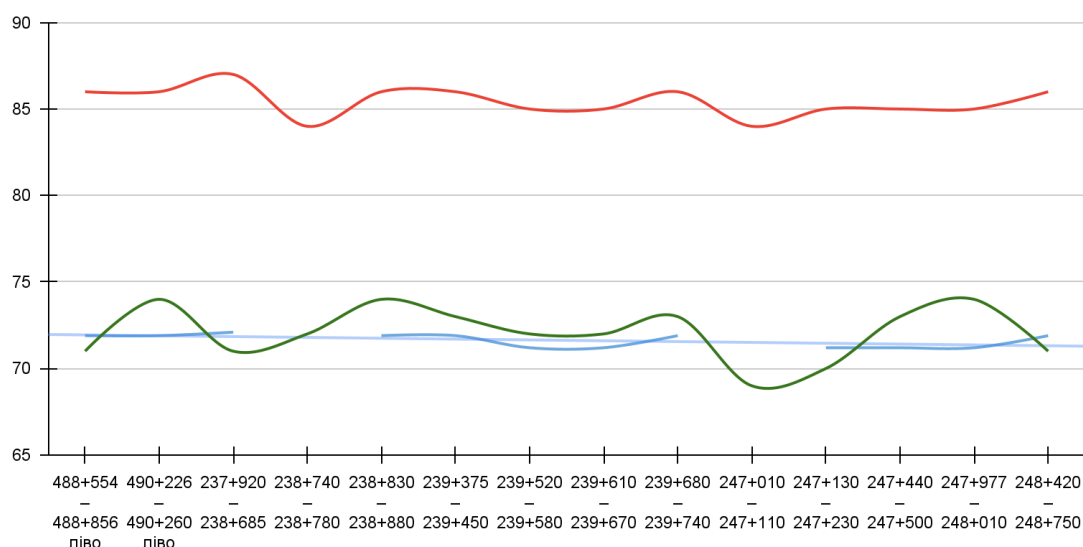
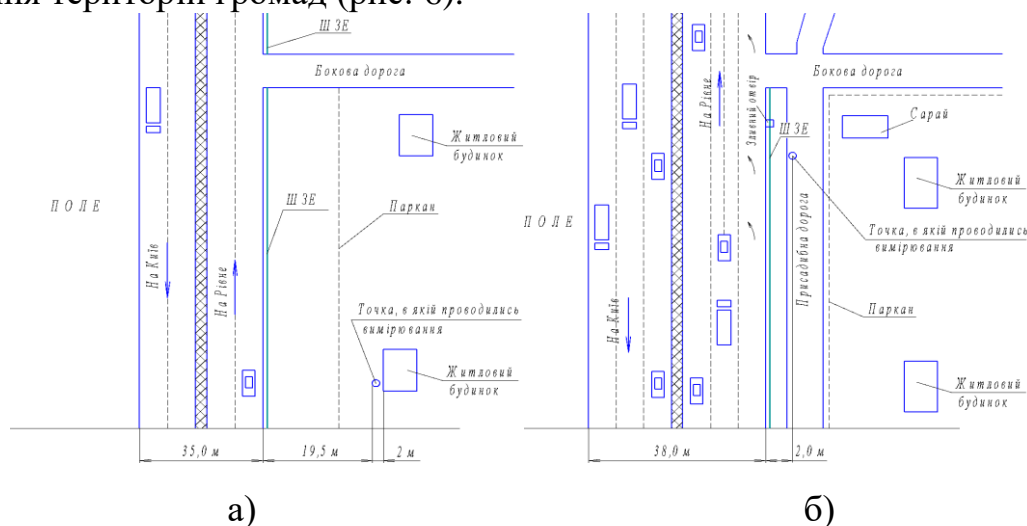


Рисунок 5 – Діаграма затухання шумової хвилі

Як видно з таблиці та графіку порівняння результатів експериментальних вимірювань характеристик шумозахисних екранів та математичного розрахунку (табл. 1, рис. 5) – теоретичні та практичні результати мають збіжність, зокрема, середня похибка становить приблизно 1,94% і може бути пояснена пошкодженням екранів, некоректним монтажем, а також мінливими погодними умовами та іншими випадковими чинниками, що могли вплинути на результати вимірювання.

Відповідно до розроблених автором схем вимірів рівня шуму на різних відстанях від житлової забудови були проведені дослідження акустичного впливу на забруднення територій громад (рис. 6).



а) - на відстані 2 м від житлового будинку б) - на відстані 2 м від шумозахисного екрану

Рисунок 6 – Схеми вимірів рівня шуму на території громади, дБА

Відповідно до розроблених схем вимірів рівня шуму на території громад (рис. 6) були проведені натурні дослідження в Київській, Житомирській, Вінницькій, Волинській областях. За результатами вимірів були зроблені висновки щодо визначення акустичної ефективності шумозахисних екранів у різних областях України. Зокрема, було відмічено один суттєвий недолік – відсутність чіткої методики визначення ефективності функціонування шумозахисних екранів із пошкодженнями. Також було з'ясовано, що в деяких областях пошкодження шумозахисних екранів мають такий значний характер, що ефективність їх функціонування практично дорівнює 0. Таким чином окремим питанням під час проєктування шумозахисних екранів має бути застосування таких матеріалів для їх виготовлення, які матимуть підвищену стійкість до негативного впливу довкілля та антивандальні властивості.

Також було встановлено, що досить важливим аспектом під час проєктування екранів є їх місцезнаходження відносно вісі автомобільної дороги – особливо в місцях розвороту транспортних засобів, де в багатьох випадках значні пошкодження шумозахисних екранів були завдані вантажівками та автобусами.

Встановлено, що основними пошкодженнями шумозахисних екранів в умовах експлуатації є вигинання, розриви та втрата форми, що призводить до значного зниження або повної втрати акустичних властивостей екрану. Зокрема, визначено, що наявність зазору між екранами призводить до зниження їх акустичної ефективності на 1–6 дБА.

Проведені експериментальні дослідження також дозволили зробити висновок, що проєктування стічного отвору у шумозахисному екрані призводить до зменшення його акустичної ефективності в районі 3–6 м від даного отвору на 1–5 дБА.

Результати експериментальних вимірювань характеристик шумозахисних екранів в подальшому дозволили розробити практичні рекомендації для їх ефективного проєктування на автомобільних дорогах, а також запропонувати шумопоглинальну конструкцію екрану із покращеними характеристиками шумозахисту та міцності за рахунок підбору матеріалів з підвищеними акустичними властивостями.

Четвертий розділ дисертаційної роботи присвячений розробленню практичних рекомендацій щодо впровадження заходів з ефективного шумозахисту територіальних громад під час проєктування автомобільних доріг. Зокрема, визначені загальні положення проєктування шумозахисних екранів на автомобільних дорогах; запропоновано архітектурно-ландшафтні, планувальні та конструктивні рішення щодо захисту територій від шумового навантаження від дії транспортних потоків на автомобільних дорогах; розроблені експлуатаційні, технічні, ергономічні, безпекові та екологічні вимоги до конструкцій та матеріалів шумозахисних екранів, а також критерії вибору шумозахисних екранів та порядок визначення їх економічної і соціальної доцільності на автомобільних дорогах.

Розроблено та обґрунтовано конструктивні параметри і вимоги до проєктування шумозахисних екранів для захисту сельбищних територій від дії

шумового навантаження, спричиненого рухом транспорту автомобільними дорогами. Запропоновано класифікацію шумозахисних екранів залежно від рівня шумового впливу транспортного потоку.

Розроблено практичні рекомендації із проектування шумозахисних екранів на автомобільних дорогах, які рекомендовано до впровадження в діяльність підприємств та організацій сфери підпорядкування Державного агентства відновлення та розвитку інфраструктури України, що займаються проектуванням, встановленням та утриманням шумозахисних екранів на автомобільних дорогах.

Запропоновано критерії вибору шумозахисних екранів, які включають: технічні та вартісні характеристики; шумову ефективність; естетичні, архітектурні, екологічні вимоги та вимоги до матеріалів, пожежної безпеки, технічної довговічності та обслуговування; відповідність нормам та стандартам; місцеві умови та обмеження; розрахунковий економічний та соціальний ефект; зменшення витрат на утримання автомобільних доріг. Зокрема, визначено, що для прозорих елементів, які мають забезпечувати видимість, світлопропускання повинно бути не менше 85%. Зменшення світлопропускання після десятирічної експлуатації екранів не повинно перевищувати 5%.

На основі результатів дослідження встановлено економічну та соціальну доцільність у застосуванні шумозахисних екранів на автомобільних дорогах. Зокрема, економічна доцільність встановлення шумозахисних екранів на автомобільних дорогах визначається: відносним зниженням витрат на здоров'я мешканців населених пунктів; зменшенням негативного впливу шуму на прилеглу нерухомість та довкілля. За результатами дослідження визначено, що економічний ефект від встановлення шумозахисних екранів складає 15-20% залежно від інтенсивності руху транспорту автомобільною дорогою.

ВИСНОВКИ

Дисертаційна робота присвячена вирішенню важливої науково-практичної задачі, яка полягає в удосконаленні методів оцінювання параметрів шумозахисних екранів на автомобільних дорогах з урахуванням набору факторів, а саме: геометричних параметрів екрану; матеріалу екранів, впливу зовнішніх факторів (наприклад погоди) та характеристик автомобільної дороги.

Проведені теоретичні та експериментальні дослідження дозволили зробити наступні висновки:

1. Проведений аналіз наукових досліджень, розробок та методів оцінювання параметрів шумозахисних екранів на автомобільних дорогах, також моделей оцінки затухання шумової хвилі у природному середовищі у залежності від конструктивних параметрів автомобільних доріг дозволив зробити висновок, що наявні наукові праці з цього напрямку носять розрізнений характер та не враховують комплекс параметрів. Зокрема, існуючі методи та моделі оцінювання параметрів шумозахисних екранів не враховують: рівень віддзеркалення шумового променю від характеру текстури поверхні покриття; вплив різної швидкості транспортного потоку; конструктивні, геометричні параметри екрану; вплив зовнішніх факторів, характеристики автомобільної дороги.

2. Розроблено математичну модель з оцінки впливу на оточуюче середовище шумового навантаження від рухомого транспортного потоку на автомобільних дорогах, в основу якої покладено отримані аналітичні залежності. Розроблена модель дозволила отримати метод оцінювання параметрів шумозахисних екранів, який враховує комплекс факторів, зокрема, геометричні параметри екрану, вплив зовнішніх факторів, матеріал екрану та характеристики автомобільної дороги.

Удосконалено метод прогнозування шумового забруднення навколишнього середовища автомобільними дорогами шляхом врахування розрахункового еквівалентного рівня звуку, що являється функцією шуму від інтенсивності транспортного потоку, який рухається з відповідною швидкістю автомобільною дорогою.

3. Виконано експериментальні дослідження параметрів акустичної ефективності шумозахисних екранів на ділянках автомобільних доріг загального користування із врахуванням технічного стану екранів. На основі проведених експериментальних досліджень отримано, що еквівалентний рівень звуку на території безпосередньо прилеглої до житлової забудови до 2 м становить 74,4 дБА, а максимальний рівень звуку – 78,0 дБА. Отримані експериментальні результати були перевірені на достовірність шляхом порівняння з розрахунковими значеннями. Розбіжність результатів порівняння знаходиться в межах 12%, при рівні довірчої вірогідності 0,95, що засвідчує високий рівень адекватності запропонованого методу прогнозування шумового забруднення навколишнього середовища.

Додатково встановлено, що наявність зазору між екранами призводить до зниження акустичної ефективності шумозахисних екранів, а наявність стічного отвору у шумозахисному екрані призводить до зменшення акустичної ефективності окремих ділянок шумозахисного екрану на 1–3 дБА. Доведено, що основними пошкодженнями шумозахисних екранів в умовах експлуатації є вигинання, розриви, втрата форми екранів, що призводить до втрати акустичних властивостей екрану.

Запропоновано шумопоглинальну конструкцію екрану із покращеними характеристиками шумозахисту та міцності за рахунок підбору матеріалів з підвищеними акустичними властивостями.

4. Розроблено практичні рекомендації для ефективного проектування шумозахисних екранів на автомобільних дорогах із врахуванням забезпечення вимог щодо безпеки руху транспорту, охорони навколишнього природного середовища, визначення оптимальних витрат, економічного та соціального ефекту від влаштування шумозахисних екранів на автомобільних дорогах. Економічний ефект від встановлення шумозахисних екранів складає 15-20% залежно від інтенсивності руху транспорту автомобільною дорогою.

За результатами дисертаційного дослідження отримано науково-практичні результати, які слугуватимуть основою для більш точного проектування шумозахисних споруд на автомобільних дорогах та дозволятимуть отримувати ефективні економічно-обґрунтовані рішення щодо проектування, улаштування та експлуатації шумозахисних споруд на автомобільних дорогах.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

Монографія:

1. Онищенко А.М., Токін О.П., Ласлов С.В. *Теоретичні та практичні дослідження параметрів шумозахисних екранів на автомобільних дорогах при дії транспортних потоків : монографія*. Київ : Національний транспортний університет, 2022. 139 с. ISBN:978-617-555-005-2. URL: <http://irbis-nbuv.gov.ua/publ/REF-0000799506>

Статті у наукових фахових виданнях України:

2. Ласлов С.В. Методика експериментальних досліджень шумового забруднення від автомобільного транспорту та акустичних параметрів шумозахисних екранів (in English). Збірник наукових праць “Сучасне будівництво та архітектура”, Вип. 1, 2022. С.63-69. <https://doi.org/10.31650/2786-6696-2022-1-63-69>

3. Ласлов С.В. Аналіз заходів шумової безпеки на автомобільних дорогах світу. *Вісник НУВГП. Технічні науки : зб. наук. праць*. Вип. 1(97), 2022. С. 51-64. <https://doi.org/10.31713/vt120226>

4. Ласлов С.В. Архітектурно-ландшафтні рішення захисту території від транспортного шуму вздовж транспортних магістралей. *Науковий журнал Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. Випуск 113. Частина 1, 2023. С. 54 – 60. <https://10.33744/0365-8171-2023-113.1-054-060>

Статті у наукових періодичних виданнях інших держав

5. Laslov S., Tokin O., Onyshchenko A. Determining regularities in the distribution of noise load from motorways and road bridges depending on the distance to a residential area. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1(10(115)), 2022. P. 55–64. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.253389> (SCOPUS)

Опубліковані праці апробаційного характеру:

6. Токін О.П., Ласлов С.В. Експериментально-теоретичні дослідження параметрів захисних екранів при шумових навантаженнях від автомобільних доріг. *Міжнародна конференція «Впровадження інноваційних матеріалів і технологій при проектуванні, будівництві та експлуатації об’єктів транспортної інфраструктури в рамках програми «Велике будівництво»»*. <https://doi.org/10.33744/978-966-632-317-3-2022-2>.

7. Ласлов С.В. Встановлення параметрів захисних екранів при шумових навантаженнях на транспортних спорудах. *78-ма наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету Національного транспортного університету*. 2022. <https://doi.org/10.33744/2786-6459-2022-78>.

8. Онищенко А.М., Ласлов С.В. Методологія оцінювання шуму від транспортних засобів на автомобільних дорогах та мостах. *Промислове будівництво та інженерні споруди*. №1, 2023. С. 28 – 35.

9. Ласлов С.В. Експериментально-теоретичні дослідження шумозахисних екранів на автомобільних дорогах. *III Міжнародна науково-технічна конференція “Дорожньо-будівельний комплекс: проблеми, перспективи, інновації”*. Харків: ХНАДУ, 2023. ISBN 978-617-8130-37-4.

URL: <https://rcf.khadi.kharkov.ua/kafedri/proektuvannja-dorig-geodeziji-i-zemleustroju/seminari-ta-konferenciji/iii-mizhnarodna-naukovo-tehnicna-konferencija-dorozhno-budivelnni-kompleks-problemi-perspektivi-innovaciji/>

Свідоцтва та патенти:

10. Онищенко А.М., Токін О.П., Ласлов С.В. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 110316 від 14 грудня 2021 р. Науковий твір “Розробка базових принципів захисту навколишнього середовища від шуму транспорту на автодорожніх мостах”.

11. Онищенко А.М., Токін О.П., Ласлов С.В., Чиженко Н.П. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 110161 від 8 грудня 2021 р. Науковий твір “Моделі оцінки впливу транспортного шуму автодорожніх мостів на навколишнє середовище”.

12. Онищенко А.М., Токін О.П., Ласлов С.В. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 111281 від 24 січня 2022 р. Науковий твір “Оцінювання впливу транспортного шуму автомобільних доріг на навколишнє середовище”.

13. Онищенко А.М., Токін О.П., Ласлов С.В. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 111282 від 24 січня 2022 р. Науковий твір “Дослідження ефективності шумозахисних екранів на ділянках автомобільних доріг загального користування”.

14. Онищенко А.М., Токін О.П., Ласлов С.В. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 116476 від 21 лютого 2023 р. Науковий твір “Розробка рекомендацій для просування захисних екранів на автомобільних шляхах України”.

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

15. ГБН В.2.3-37641918-556:2015 Автомобільні дороги. Споруди шумозахисні. Вимоги до проектування.

URL: <https://drive.google.com/file/d/1ULEIkFIFKneKnggA3bd68zH1Fl9xugyP/view>

АНОТАЦІЯ

Ласлов С. В. Удосконалення методів оцінювання параметрів шумозахисних екранів на автомобільних дорогах. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.11 – автомобільні шляхи та аеродроми. – Національний транспортний університет, Київ, 2024.

Дисертація присвячена вирішенню актуальної науково-практичної задачі – підвищення ефективності застосування шумозахисних екранів на автомобільних дорогах за рахунок удосконалення методу оцінювання параметрів дії транспортних потоків.

Проведено огляд наукових досліджень стосовно основних конструкцій та характеристик шумозахисних екранів, які використовуються на автомобільних дорогах, а також проаналізовано вплив екранів на міцнісні характеристики доріг.

Удосконалено математичну модель та методи оцінювання параметрів шумозахисних екранів на автомобільних дорогах, що враховує комплекс факторів, а саме: конструктивні, геометричні параметри екрану та характеристики автомобільної дороги, різну швидкість транспортного потоку та кліматичні умови.

Встановлено, що імпульсний метод вирішення хвильового рівняння акустичного випромінювання від джерел, що рухаються (транспортного потоку) дозволяє визначити: рівень шуму, коли рух здійснюється по довільній траєкторії; рівень акустичного забруднення на певній відстані від вісі дороги при заданій рухомій системі координат, пов'язаній з джерелом звуку, а також дозволяє виконувати прогнозування рівня акустичного забруднення місцевості транспортним потоком, що рухається автомобільною дорогою.

Встановлено, що в однакових умовах експлуатації ділянок автомобільних доріг з різними типами покриття за умови сухої погоди формування рівня шуму виникає по-різному. Проведено натурні дослідження, за допомогою яких визначено, що різниця загального рівня шуму може досягати значень у 7,5 дБА. Визначено, що загальний рівень шуму в придорожній смузі залежить від величини поздовжнього нахилу і середньої швидкості транспортного потоку.

Розроблено методичний підхід щодо проведення експериментальних досліджень ефективності шумозахисних екранів різних конструкцій на ділянках автомобільних доріг загального користування із урахуванням їх параметрів, шумозахисних екранів, відстаней від джерел шуму до місць проведення вимірювань шумового навантаження та пошкоджень шумозахисних екранів. Розроблено методику експериментальних вимірювань шумового навантаження на сельбищній території під час застосування шумозахисних екранів на автомобільних дорогах.

Для визначення ефективності функціонування шумозахисних екранів проведено експериментальні вимірювання їх характеристик на автомобільних дорогах Київської, Житомирської, Вінницької, Волинської, Рівненської та Львівської областей. Окремо проведено вимірювання акустичних властивостей пошкоджених екранів. За результатами натурних вимірювань встановлено, що пошкодження шумозахисних екранів у вигляді вигинання, розривів та проломів призводять до зменшення їх акустичної ефективності. Встановлено, що наявність зазору між екранами та виконання стічного отвору в екрані призводять до зниження акустичної ефективності шумозахисних екранів на 1–3 дБА.

На основі проведених експериментальних досліджень отримано еквівалентні та максимальні рівні звуку на території безпосередньо прилеглої до житлової забудови на різних відстанях від шумозахисних споруд. Отримані результати експериментальним шляхом були співставлені з відповідними розрахунковими значеннями. Отримана розбіжність результатів порівняння знаходиться в межах 12%, при рівні довірчої вірогідності 0,95, що засвідчує високий рівень адекватності запропонованого методу прогнозування шумового забруднення навколишнього середовища.

Запропоновано базові принципи захисту навколишнього середовища від шумового навантаження дії транспортного потоку, що рухається автомобільними дорогами. Розроблено рекомендації із підвищення ефективності шумових характеристик існуючих екранів на автомобільних дорогах України та запропоновано удосконалену шумопоглинальну конструкцію екрану із покращеними параметрами шумозахисту і міцності.

Розроблено рекомендації для проєктування шумозахисних екранів на автомобільних дорогах загального користування, які містять основні вимоги до екранів, архітектурно-ландшафтні, планувальні та конструктивні рішення і вимоги до конструкцій та матеріалів шумозахисних екранів.

Ключові слова: автомобільна дорога, транспортний потік, шумові навантаження, шумове забруднення, шумозахисні екрани, захисні екрани, акустичні характеристики.

ABSTRACT

Laslov S. V. Improvement of methods for evaluating the parameters of noise protection screens on highways. – Qualifying scientific work on the rights of a manuscript.

The dissertation for candidate of technical sciences degree in specialty 05.22.11 - highways and airfields. – National Transport University, Kyiv, 2024.

The dissertation is devoted to the solution of an actual scientific and practical problem - increasing the effectiveness of the use of noise protection screens on highways and bridge structures due to the improvement of the method of evaluating parameters under the influence of traffic flows.

A review of scientific research on the main designs and characteristics of noise protection screens used on highways and transport facilities was conducted, and the impact of screens on the strength characteristics of road bridges was analyzed.

The mathematical model and methods of evaluating the parameters of noise protection screens on highways have been improved, which takes into account a complex of factors, namely: constructive, geometric parameters of the screen and characteristics of the highway, different speeds of traffic flow and climatic conditions.

It is established that the pulse method of solving the wave equation of acoustic radiation from moving sources (traffic flow) allows to determine: the noise level when the movement is carried out on an arbitrary trajectory; the level of acoustic pollution at a certain distance from the axis of the road at a given moving coordinate system associated with the sound source and allows you to predict the level of acoustic pollution from the traffic flowing on the road.

It is established that in the same operating conditions of dry sections of roads, but with different types of coverage, the formation of noise occurs differently. The difference in total noise level can reach values of 7.5 dBa. The total noise level in the roadside lane depends on the magnitude of the longitudinal slope and the average flow rate.

The methodology of experimental researches of efficiency of noise protection screens of various designs on sections of highways of public use taking into account parameters of highways, noise protection screens, distances from noise sources to places of measurements of noise loading and damages of noise protection screens is developed.

The method of experimental measurements of noise load on the settlement territory at application of noise protection screens on highways is resulted.

To determine the effectiveness of noise protection screens of roads, experimental measurements of the characteristics of noise protection screens on the roads of Kyiv, Zhytomyr, Vinnytsia, Volyn, Rivne, Lviv regions were performed.

The acoustic properties of damaged screens were measured. As a result, it was found that damage to noise shields in the form of bending, ruptures and breaks leads to a decrease in the acoustic efficiency of noise shields.

It was found that the presence of a gap between the screens and the design of the drain hole at the bottom of the screen lead to a decrease in the acoustic efficiency of noise protection screens by 1-3 dBA.

On the basis of the conducted experimental studies, equivalent and maximum sound levels were obtained in the territory immediately adjacent to residential buildings at different distances from noise protection structures. The experimental results were compared with the corresponding calculated values. The obtained discrepancy of the results of the comparison is within 12%, with a confidence level of 0.95, which proves the high level of adequacy of the proposed method of forecasting noise pollution of the environment.

The basic principles of environmental protection against noise load under the action of the flow of traffic moving on highways are proposed. Recommendations have been developed to improve the noise characteristics of the existing screens on the highways of Ukraine, and an improved noise-absorbing design of the screen with improved noise protection and durability parameters has been proposed.

Recommendations for the design of noise-protective screens on public highways have been developed, which contain basic requirements for screens, architectural and landscape, planning and constructive solutions, and requirements for structures and materials of noise-protective screens.

Key words: highways, traffic flow, noise loads, noise pollution, noise protection screens, protective screens, acoustic characteristics.