

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**МАЛИШЕВА ВІКТОРІЯ ВАЛЕРІЇВНА**

УДК 625.74; 504.3.054

**УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ ІНГРЕДІЄНТНО-  
ПАРАМЕТРИЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ  
ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЗАХИСНИХ ЕКРАНІВ**

Спеціальність 05.22.11 – автомобільні шляхи та аеродроми

**АВТОРЕФЕРАТ**

дисертації на здобуття наукового ступеня

кандидата технічних наук

**Київ – 2016**

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі охорони праці та безпеки життєдіяльності в Харківському національному університеті міського господарства імені О.М. Бекетова, Міністерство освіти і науки України, м. Харків.

**Науковий керівник:**

доктор технічних наук, професор  
**Хворост Микола Васильович**,  
Харківський національний університет  
міського господарства імені О.М. Беке-  
това, завідувач кафедри охорони праці та  
безпеки життєдіяльності

**Офіційні опоненти:**

доктор технічних наук, професор  
**Угненко Євгенія Борисівна**,  
Харківський національний автомобільно-  
дорожній університет, завідувач кафедри  
вишукувань та проектування доріг і ае-  
родромів

кандидат технічних наук  
**Краюшкіна Катерина Вікторівна**,  
державне підприємство «Державний до-  
рожній науково-дослідний інститут імені  
М.П. Шульгіна», старший науковий  
співробітник

Захист відбудеться \_\_\_\_\_ 2016 р. в ауд. \_\_\_\_\_ о \_\_\_\_\_ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 26.062.12 в Національному авіаційному університеті за адресою: 03058, м. Київ, проспект Космонавта Комарова, 1.

З дисертацією можна ознайомитись у Науково-технічній бібліотеці Національного авіаційного університету за адресою: 03058, м. Київ, проспект Космонавта Комарова, 1.

Автореферат розісланий " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради  
кандидат технічних наук, доцент

\_\_\_\_\_

О.В. Степанчук

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Транспорт, який рухається вулицями сучасних мегаполісів, відіграє важливу роль у житті міста завдяки здійсненню пасажирських і вантажних перевезень та обумовлює розвиток інших галузей економіки регіону. В теперішній час спостерігається стійка тенденція до збільшення кількості транспортних засобів, які рухаються по вулицях м. Харків. Збільшення рівня автомобілізації викликає підвищення шкідливого впливу автомобільної дороги на навколишнє середовище. Сумарне екологічне забруднення, яке здійснюється колісними транспортними засобами, в загальному вигляді формується інгредієнтним забрудненням повітря, що утворюється з викидів відпрацьованих газів автотранспортних засобів, а також параметричним (віброакустичним) забрудненням, що полягає в акустичному випромінюванні на примагістральну територію.

Питанням впливу автомобільних доріг на оточуюче середовище присвячені роботи В.М. Луканіна, Ю.Ф. Гутаревича, В.Ф. Бабкова, О.А. Білятинського, В.Ф. Бабія, В.В. Філіпова, П.І. Поспелова, Л.Д. Пляцука, Є.Б. Угненко, Є.П. Самойлюка та інших видатних вчених.

Актуальність роботи пов'язана з необхідністю зниження шкідливого впливу автомобільних доріг на примагістральну територію, з метою зниження екологічного навантаження на зону житлової забудови, захисту здоров'я її мешканців та підвищення рівня життя в цілому.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами.** Робота виконана відповідно до Транспортної стратегії України на період до 2020 р., затвердженої розпорядженням Кабінету Міністрів України від 20.10.2010 р. № 2174-р; госпрозрахункової науково-дослідної роботи «Забезпечення безпеки експлуатації виробничого обладнання та технологічних процесів підприємств житлово-комунального господарства, будівництва і транспорту» (номер державної реєстрації № 0108U004538, 2012–2015 рр.), яка виконувалась на кафедрі охорони праці та безпеки життєдіяльності Харківського національного університету міського господарства імені О.М. Бекетова.

**Мета та задачі дослідження.** Метою роботи є удосконалення методу визначення інгредієнтно-параметричного забруднення автомобільних доріг з обґрунтуванням геометричних параметрів інженерних захисних конструкцій.

Для цього необхідно вирішити наступні задачі:

- 1) проаналізувати існуючі математичні моделі з визначення рівнів інгредієнтно-параметричного забруднення придорожного простору населених пунктів;
- 2) теоретично дослідити екологічні показники функціонування автомобільної дороги з моделюванням складу транспортного потоку;
- 3) удосконалити математичні моделі, що характеризують залежність інгредієнтного і параметричного забруднення від параметрів транспортного потоку та навколишнього середовища;
- 4) провести експериментальні дослідження та встановити залежності між параметрами автотранспортного потоку і зростанням екологічного навантаження автомобільної дороги на навколишнє середовище;

5) обґрунтувати параметри інженерних захисних конструкцій від інгредієнтного та параметричного забруднення;

б) обґрунтувати вимоги до захисних споруд з урахуванням психофізіології водіїв, екологічних та естетичних критеріїв.

**Об'єкт дослідження** – система «Автомобільна дорога – транспортний потік – навколишнє середовище».

**Предмет дослідження** – екологічні показники навколишнього природного середовища.

**Методи дослідження.** Оцінка засобів підвищення екологічної безпеки проводилась з використанням методів математичного моделювання, теорії ймовірності по окремих, групових та інтегральних критеріях.

Побудова математичних моделей системи виконувалась з урахуванням вимог універсальності шляхом опису окремих підсистем й елементів за допомогою теоретичних та емпіричних залежностей. Перевірка адекватності математичних моделей виконувалась шляхом порівняння розрахункових результатів з експериментальними даними. Експериментальним шляхом визначено рівні шуму транспортних потоків, які після відповідної статистичної обробки стали основою удосконалення математичної моделі, що описує залежність рівнів шуму на приміагстральній території від інтенсивності руху автотранспортних засобів в потоці та його якісного складу.

#### **Наукова новизна отриманих результатів:**

- удосконалено математичну модель з визначення інгредієнтно-параметричного забруднення навколишнього середовища;

- розроблено прогностичні залежності щодо можливих рівнів шуму в зоні впливу автомобільної дороги залежно від параметрів транспортних потоків;

- вперше запропоновано комбіновану конструкцію захисного екрану, проведено оцінку рівнів небезпеки ділянки автомобільної дороги, обладнаної ним та обґрунтовано вимоги до конструкційних та естетичних характеристик захисних споруд.

**Обґрунтованість результатів досліджень** підтверджується шляхом порівняння результатів теоретичних та експериментальних досліджень.

#### **Практичне значення отриманих результатів полягає в:**

- обґрунтуванні параметрів інженерних захисних конструкцій від інгредієнтного та параметричного забруднення автомобільної дороги;

- обґрунтуванні вимог до захисних екранів з урахуванням психофізіології водіїв та естетичних критеріїв.

Результати дослідження мають практичну направленість та використані у розробці рекомендацій по захисту приміагстральної забудови по вул. Олексія Дерев'янка (м. Харків, Департамент будівництва та дорожнього господарства Харківської міської ради). Результати дисертаційної роботи впроваджені у навчальний процес у Харківському національному університеті міського господарства імені О. М. Бекетова при проведенні лекцій, практичних занять та лабораторних робіт з дисциплін «Безпека на транспорті», «Промислова екологія», «Методика та організація наукових досліджень», а також у дипломному проектуванні для студентів, що навчаються за спеціальністю «Охорона праці (за галузями)».

**Особистий внесок здобувача.** Головні результати теоретичних та експериментальних досліджень, які були проведені у дисертаційній роботі, опубліковані в нау-

кових працях [1–10]. Особистий внесок здобувача полягає в наступному: в [1] – сформульовано етапи побудови математичної моделі процесів шумовипромінювання; в [2; 7] – проведено аналіз акустичних та архітектурно-планувальних засобів зниження шуму автомобільної дороги на основі вітчизняного та закордонного досвіду; в [3] – запропоновано основні конструкційні елементи захисного екрану; в [4] – обрано профіль захисного екрану та проведено розрахунок його ефективності; в [5] – отримано дані розрахунку звукоізоляційної властивості захисного екрану; в [6; 10] – побудовано математичні моделі залежності рівнів транспортного шуму від інтенсивності руху транспортного потоку; в [7; 9] – сформульовано шляхи зменшення екологічного навантаження автотранспортного потоку на приміагістральну територію; в [8] – розглянуто питання оцінки небезпеки ділянки автомобільної дороги, що обладнана захисними інженерними спорудами для зниження інгредієнтно-параметричного забруднення, в [11] – проведено патентний пошук та розроблено концепцію універсальної захисної споруди.

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення дисертаційної роботи доповідалися та обговорювалися на Міжнародній науково-практичній конференції «Безпека життєдіяльності в навколишньому і виробничому середовищах» (м. Харків, 2011 р.); IV Межрегиональной научно-практической конференции с международным участием «Безопасность жизнедеятельности: наука, образование, практика» (г. Южно-Сахалинск, Россия, 2014 г.); DAS Internationale Symposium «Ökologische, Technologische und Rechtliche Aspekte der Lebensversorgung», EURO-ECO Hannover 2013 (м. Ганновер, Німеччина, 2013 р.); XIV Міжнародній науково-методичній конференції «Безпека життя і діяльності людини – освіта, наука, практика» (2015 р.).

**Публікації.** За матеріалами дисертації опубліковано одноосібно – 2 наукові праці, у співавторстві – 8 наукових праць, усього – 10 наукових праць, у тому числі 8 наукових публікацій у фахових збірниках наукових праць, затверджених МОН України, 1 публікація, що входить до наукометричної бази даних Index Copernicus, 2 публікації у збірниках праць за матеріалами конференцій. Один патент України на корисну модель.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку літературних джерел, що були використані у роботі, і додатків. Загальний обсяг дисертації 154 сторінки. Крім основного тексту, що викладений на 124 сторінках, дисертація містить 24 рисунки, 29 таблиць, список використаних джерел із 117 найменувань і 3 додатків на 18 сторінках. Додатки містять акти впровадження результатів досліджень за темою дисертації.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** розкрита актуальність теми дисертаційного дослідження, сформульовано мету та задачі, визначені об'єкт, предмет, а також методи дослідження.

Перший розділ «**Функціонування автомобільної дороги та поліпшення екологічного стану придорожнього простору населених пунктів**» присвячений аналізу літературних джерел, які розглядають проблему впливу інгредієнтно-параметричного забруднення від автомобільних доріг на стан здоров'я людини. Встановлено, що автомобільний транспорт, який рухається автодорогами великих

промислових міст, завдає значної шкоди навколишньому середовищу, зокрема зоні житлової та офісної забудови. Речовини, що містяться у відпрацьованих газах, належать переважно до 1–3 класу небезпеки та мають кумулятивні властивості. Вони викликають у людей, які знаходяться в зоні впливу автомобільної дороги з інтенсивним рухом, зростання рівнів захворюваності дихальної системи організму та збільшують ризик виникнення онкологічних захворювань завдяки канцерогенній дії низки речовин.

Крім інгредієнтного, інтенсивний автомобільний рух генерує значне параметричне (акустичне) забруднення, яке несприятливо впливає на людей та споруди, що знаходяться в зоні його впливу. Тривалий вплив транспортного шуму, особливо в нічний час, призводить до збільшення ризику виникнення серцево-судинних та нервових захворювань, знижує імунітет людини.

В підсумку поєднання інгредієнтного та параметричного забруднення погіршує якість життя мешканців приміагістральної території, особливо нижніх поверхів у зв'язку із максимальним забрудненням на цій висоті. Дитячі майданчики та пішохідні дороги взагалі не мають ніякого захисту від інгредієнтного та параметричного впливу автотранспортних доріг, що знаходяться поблизу них.

Аналіз літературних джерел, присвячених дослідженню впливу інгредієнтного та параметричного забруднення на навколишнє середовище, показав, що, незважаючи на численні дослідження, ця проблема тільки збільшує свою актуальність у зв'язку із тенденцією до зростання рівня автомобілізації, зокрема в м. Харків. Порівняння вимог вітчизняних та закордонних нормативних документів стосовно інгредієнтного та параметричного впливу автомобільної дороги показало, що країни Європейського Союзу йдуть по шляху послідовного посилення жорсткості вимог стосовно несприятливого екологічного впливу автотранспорту на навколишнє середовище.

Дослідження напрямків вирішення питання захисту зони впливу автомобільної дороги від інгредієнтного та параметричного забруднення показало достатню кількість розроблених заходів, які, в більшості випадків, не набули широкого впровадження через низьку ефективність чи необхідність значних капіталовкладень.

Тому пошук оптимальних заходів стосовно попередження утворення та розповсюдження інгредієнтного та параметричного забруднення від автомобільних доріг на прилеглу територію є актуальним науковим завданням.

Другий розділ «**Теоретичне дослідження екологічних показників функціонування автомобільної дороги**» присвячений теоретичному дослідженню оцінки інгредієнтного та параметричного забруднення, що здійснюється транспортними потоками, які рухаються автомобільною дорогою. Для детального дослідження вкладу кожного виду автотранспортних засобів у загальне інгредієнтне забруднення запропоновано вдосконалена «Методику розрахунку викидів забруднюючих речовин та парникових газів у повітря від транспортних засобів» (Наказ Держкомстату України від 13 листопада 2008 р. N 452). Запропонована вдосконалена методика базується на розрахунку обсягів забруднюючих речовин, що викидаються легковим, вантажним автомобілем та автобусом з урахуванням їх кількості на ділянці автомобільної дороги довжиною  $S$ , враховуючи фактори навколишнього середовища, при сталій швидкості руху.

Шляхом моделювання кількості транспортних засобів кожної групи в межах певної ділянки автомобільної дороги довжини  $S$ , здійснений розрахунок концентрації забруднюючих речовин, що випромінюються автотранспортним потоком різного якісного складу, без урахування фонові концентрації за залежністю

$$C_j = \frac{0,01H_i \left( \sum_{k=1}^n P_k (T + L_k) \right) (1 + 0,01k_{kop}) \cdot k_i \cdot k_{nejik} \cdot k_{mcjik}}{75\sigma \cdot v \cdot \sin \varphi}, \quad (1)$$

де  $P_k$  – кількість автомобілів  $k$ -ї групи, авт.;  $T$  – інтервал руху, м;  $L_k$  – середня довжина транспортного засобу  $k$ -ї групи, м;  $k_{kop}$  – коефіцієнт, що враховує витрати палива в умовах міста;  $k_i$  – коефіцієнт переведення у вагові одиниці  $i$ -го виду палива;  $k_{nejik}$  – усереднені питомі викиди  $j$ -ї речовини з одиниці палива  $i$ -го виду автомобіля;  $k_{mcjik}$  – коефіцієнт впливу технічного стану на питомі викиди  $j$ -ї забруднюючої речовини  $k$ -ї групи автотранспорту;  $\sigma$  – стандартне відхилення розсіяння Гауса;  $v$  – швидкість вітру, що переважає на момент проведення розрахунку;  $\varphi$  – кут між напрямом вітру та віссю дороги.

Розрахунки проводилися для автотранспортних потоків двох видів: з переважною кількістю легкових автомобілів (75 % легкових автомобілів, 20 % вантажних автомобілів, 5 % автобусів) та переважною кількістю вантажних автомобілів (20 % легкових автомобілів, 75 % вантажних автомобілів, 5 % автобусів) при різному куті між напрямом вітру та віссю дороги. Результати розрахунків у графічному вигляді наведені на рис. 1–2.

При цьому шляхом розрахунку визначалася концентрація наступних шкідливих речовин: оксид вуглецю CO, діоксид азоту NO<sub>2</sub>, діоксид сірки SO<sub>2</sub>, неметанові леткі органічні сполуки (НЛОС), оксид азоту N<sub>2</sub>O, аміак NH<sub>3</sub>.

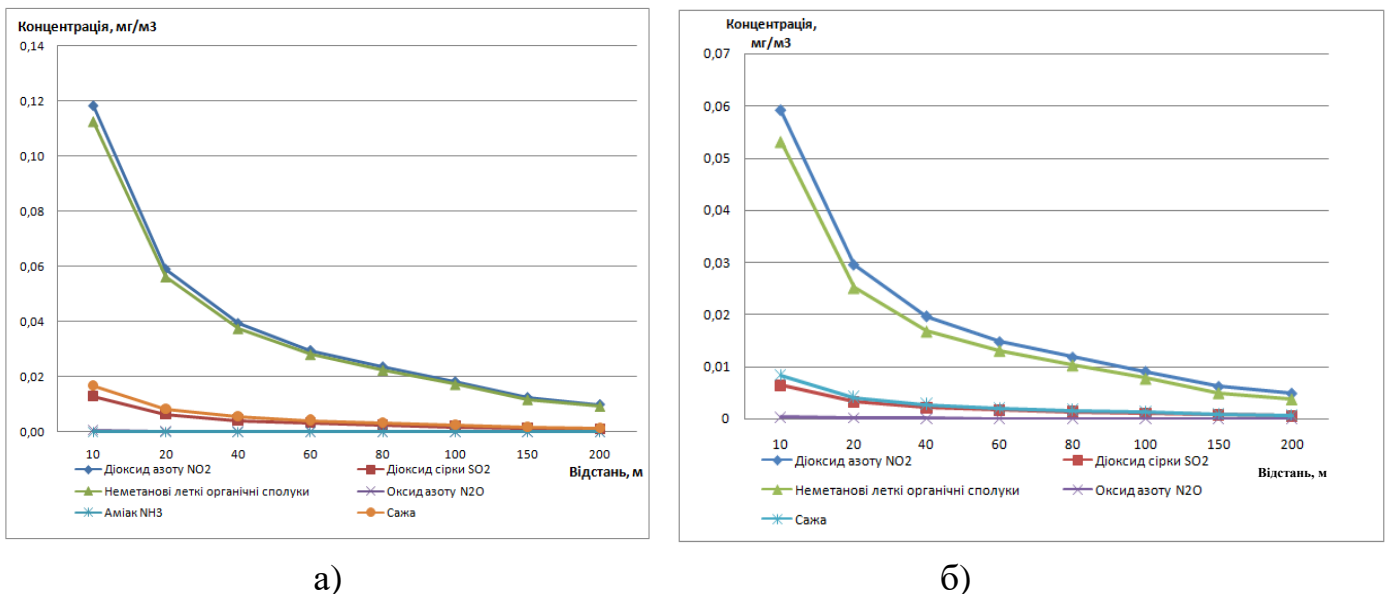


Рис. 1. Залежність сумарної концентрації шкідливих речовин, що виділяються автотранспортним потоком з переважною кількістю легкових автомобілів, від відстані до проїзної частини при швидкості вітру 3 м/с та куті між напрямом вітру та віссю автодороги: а)  $\varphi = 30^\circ$ ; б)  $\varphi = 90^\circ$

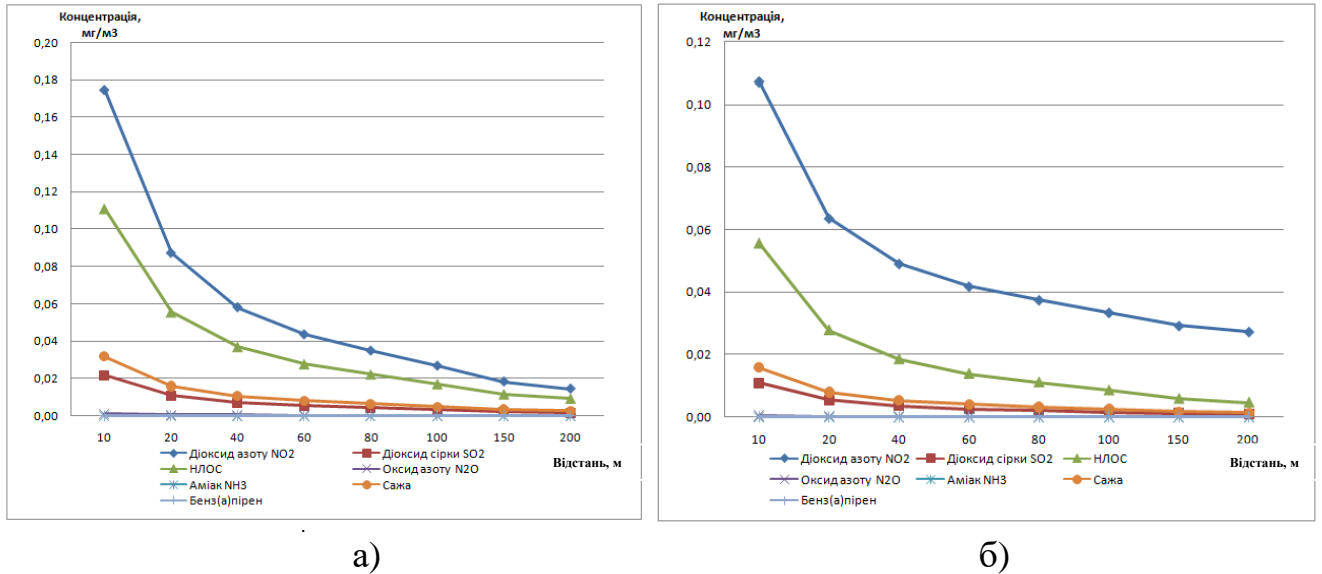


Рис. 2. Залежність сумарної концентрації шкідливих речовин, що виділяються переважно вантажним автотранспортним потоком, від відстані до проїзної частини при швидкості вітру 3 м/с та куті між напрямом вітру та віссю автомобільної дороги: а)  $\varphi = 30^\circ$ ; б)  $\varphi = 90^\circ$

За результатами проведених розрахунків можна зробити висновок, що збільшення кількості вантажних транспортних засобів в чотири рази призводить до зростання концентрації забруднюючих речовин, що містяться у викидах відпрацьованого палива, поблизу автомобільної дороги в середньому на 35 %.

На розповсюдження забруднюючих речовин у навколишньому середовищі також впливають швидкість та напрям вітру. Встановлено, що збільшення швидкості вітру та куту між напрямом вітру та віссю автомобільної дороги сприяє зменшенню концентрації забруднюючих речовин на прилеглий території. Встановлені залежності зображено на рис. 3 на прикладі діоксиду азоту.

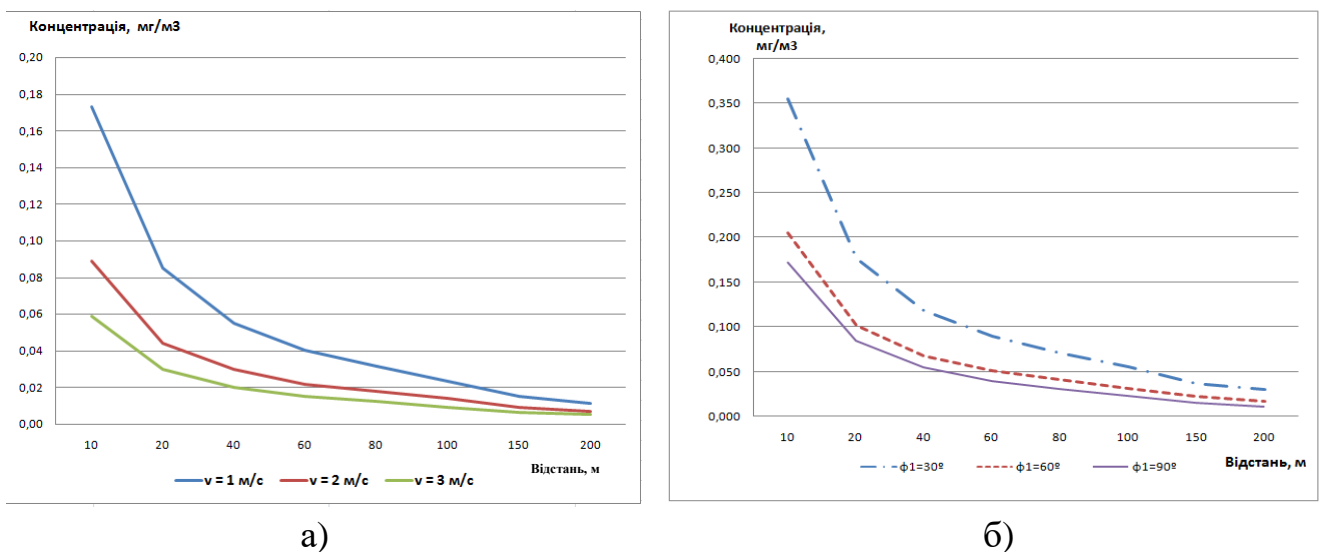


Рис. 3. Зміна концентрації діоксиду азоту в зоні впливу автомобільної дороги в залежності від: а) швидкості вітру; б) куту між напрямом вітру та віссю дороги



Отримані дані дозволили сформулювати математичні рівняння для визначення можливої концентрації забруднюючих речовин залежно від кількості вантажних автомобілів у складі транспортного потоку, а також швидкості вітру (табл. 1): фактором  $q$  кодується відсоток вантажних автомобілів у складі автотранспортного потоку;  $v$  – швидкість вітру.

Таблиця 1

Математичні моделі для визначення можливої концентрації забруднюючих речовин поблизу автомобільної дороги при куті між напрямом вітру та віссю дороги  $\varphi = 30^\circ$

Шкідлива речовина	Математична модель
Діоксид азоту NO <sub>2</sub>	$Y = 2,93 + 0,567q - 1,46v$
Діоксид сірки SO <sub>2</sub>	$Y = 0,345 + 0,09q - 0,173v$
Оксид азоту N <sub>2</sub> O	$Y = 0,017 + 0,004q - 0,0087v$
Сажа	$Y = 0,48 + 0,15q - 0,24v$

Таблиця 2

Математичні моделі для визначення можливої концентрації забруднюючих речовин поблизу автомобільної дороги при куті між напрямом вітру та віссю дороги  $\varphi = 60^\circ$

Шкідлива речовина	Математична модель
Діоксид азоту NO <sub>2</sub>	$Y = 1,68 + 0,32q - 0,85v$
Діоксид сірки SO <sub>2</sub>	$Y = 0,19 + 0,05q - 0,098v$
Оксид азоту N <sub>2</sub> O	$Y = 0,011 + 0,0023q - 0,0051v$
Сажа	$Y = 0,279 + 0,086q - 0,14v$

Таблиця 3

Математичні моделі для визначення можливої концентрації забруднюючих речовин поблизу автомобільної дороги при куті між напрямом вітру та віссю дороги  $\varphi = 90^\circ$

Шкідлива речовина	Математична модель
Діоксид азоту NO <sub>2</sub>	$Y = 1,46 + 0,283q - 0,732v$
Діоксид сірки SO <sub>2</sub>	$Y = 0,172 + 0,0447q - 0,086v$
Оксид азоту N <sub>2</sub> O	$Y = 0,0087 + 0,002q - 0,0044v$
Сажа	$Y = 0,242 + 0,076q - 0,121v$

Отримані математичні залежності характеризують вплив складу автотранспортного потоку та параметрів навколишнього середовища на концентрацію забруднюючих речовин у зоні впливу автомобільної дороги, тому можуть застосовуватися при прогнозуванні можливого рівня забруднення під час будівництва нових автомобільних доріг, а також змінах у забудові території, прилеглої до дороги.

Аналіз коефіцієнтів отриманих математичних рівнянь дозволив зробити висновок про те, що характер та ступінь впливу досліджуваних факторів на відгук не є однаковим, тобто фактори навколишнього середовища, зокрема, швидкість вітру, є більш вагомими у порівнянні із складом автотранспортного потоку. В умовах великих промислових міст із щільною забудовою автомобільна дорога утворює коридор, в якому накопичуються забруднюючі речовини, що призводить до перевищення концентрацій шкідливих речовин у житлових приміщеннях та на дитячих майданчиках, розташованих на примагістральних територіях.

Також у розділі проведено теоретичні дослідження параметричного, зокрема акустичного забруднення. Враховуючи щільність автомобільного потоку, середню швидкість руху автомобіля та кількість смуг, отримуємо формулу для визначення рівнів шуму на певній відстані від автомобільної дороги

$$L(t) = 72 + 10 \lg \frac{7,5 \cdot n \cdot C(t) \cdot V_{cn}(t)}{1000r}, \quad (2)$$

де  $n$  – кількість смуг автомобільної дороги в обох напрямках;  $C$  – щільність автомобільного потоку, яка характеризується кількістю автомобілів, які займають одиницю довжини смуги на дорозі в будь-який момент часу, прив. од./км;  $V$  – середня швидкість руху автомобілів в потоці, км/год;  $r$  – відстань до об'єкту, що розглядається, м.

Третій розділ «**Експериментальні дослідження інгредієнтного та параметричного забруднення придорожного простору населених пунктів**» присвячено експериментальному дослідженню інгредієнтного та параметричного забруднення придорожного простору населених пунктів.

Експериментальні дослідження по визначенню інгредієнтного забруднення здійснювались переносним газоаналізатором ОКСИ 5М-4Н (визначення концентрації діоксиду азоту  $\text{NO}_2$ ). Даний показник досить повно характеризує стан інгредієнтного забруднення атмосферного повітря.

Тривалість відбору проб повітря для оцінки разової концентрації  $\text{NO}_2$  складала 20–25 хвилин на визначених ділянках автомобільних доріг м. Харків.

Вибір ділянок обумовлено прямолінійністю профілю та створенням умов для руху автомобілів із встановленою швидкістю. Також поблизу зазначених ділянок немає інших джерел викидів забруднюючих речовин, які могли б суттєво вплинути на результати експериментальних досліджень.

При проведенні вимірювань паралельно вимірювалися швидкість вітру  $v$ , м/с, та зазначався його напрям. У зв'язку із неможливістю в реальних умовах задати напрям вітру, експериментальні дані згруповані за цим критерієм. Вимірювання здійснювалися влітку при температурі повітря 20–22 °С.

Результати вимірів концентрації діоксиду азоту наведено в табл. 4–5.

За отриманими даними можна зробити висновок, що величина збіжності результатів не перевищує 8 %, тобто отримані математичні залежності можуть бути використані для вирішення практичних завдань прогнозування інгредієнтного забруднення в зоні впливу автомобільної дороги.

Експериментальні дослідження параметричного забруднення проводилися на вищезазначених ділянках автомобільних доріг з інтенсивністю руху до 2000 авт./год, які мали дві полоси руху в одному напрямку. Дослідження шуму автомобі-

льної дороги проводилися за методикою ГОСТ 20444-85 «Шум. Транспортные потоки. Методы измерения шумовой характеристики» з метою визначення шумової характеристики транспортного потоку – еквівалентного рівня звуку  $L_{Аекв}$ , дБА – на відстані 7,5 м від вісі смуги руху, що є ближчою до точки проведення вимірювань, на висоті 1,5 м від поверхні автомобільної дороги. Вимірювання рівнів шуму проводилися шумоміром типу DT-8852 класу точності 2. Паралельно із вимірюванням рівнів шуму транспортного потоку здійснювалася його відеореєстрація, що дозволило отримати докладну інформацію стосовно складу транспортного потоку, що рухається по автомобільній дорозі, за кожний проміжок часу.

Таблиця 4

Експериментальні дані щодо визначення концентрації діоксиду азоту в зоні впливу автомобільної дороги при переважному напрямі вітру, паралельному вісі автомобільної дороги

№ з/п	Вулиця	Швидкість вітру, м/с	Інтенсивність руху, авт./год	Відсоток вантажних автомобілів	Середня концентрація діоксиду азоту, мг/м <sup>3</sup>
1	Салтівське Шосе	1	1570	29	0,24
2	Гвардійців Широнінців	3	1703	22	0,085

Таблиця 5

Експериментальні дані щодо визначення концентрації діоксиду азоту в зоні впливу автомобільної дороги при переважному напрямі вітру, перпендикулярному вісі автомобільної дороги

№ з/п	Вулиця	Швидкість вітру, м/с	Інтенсивність руху, авт./год	Відсоток вантажних автомобілів	Середня концентрація діоксиду азоту, мг/м <sup>3</sup>
1	Академіка Павлова	3	1942	18	0,09
2	Клочківська	3	1614	12	0,065

У результаті проведених натурних вимірювань отримані експериментальні дані стосовно рівнів шуму транспортного потоку взагалі та внеску окремих транспортних засобів та їх комбінацій. Одержані експериментальні дані узагальнено за наступними групами: легковий автомобіль; мікроавтобус; автобус; вантажний автомобіль.

Отримані експериментальні дані опрацьовано за стандартною методикою. На рис. 4 наведена гістограма розподілу частоти рівнів шуму по інтервальних рядах для одиночного легкового автомобіля, з якої видно, що більшість одиночних легкових автомобілів, які рухалися із встановленою швидкістю, мають рівень шуму в межах 69-73 дБА.

За експериментальними значеннями середніх рівнів шуму легкових автомобілів, які проходять повз спостерігача із встановленою швидкістю, залежно від їх кількості отримано математичну модель (3), яка дозволяє визначити рівні шуму:

$$y = 70,8 + 0,57x^2 - 1,44x, \quad (3)$$

де  $x$  – кількість легкових автомобілів, що проходять повз спостерігача одночасно.

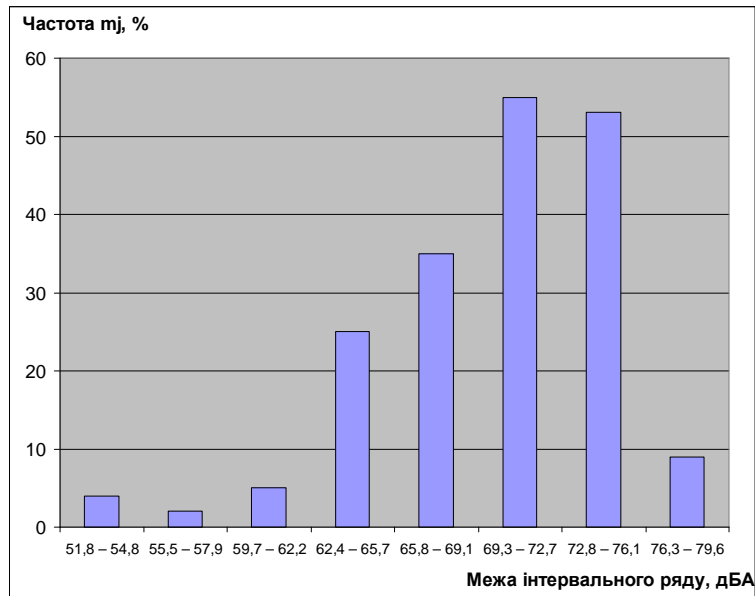


Рис. 4. Гістограма розподілу частоти рівнів шуму по інтервальних рядах для одиночного легкового автомобіля

В результаті експериментальних досліджень отримані середні рівні шуму транспортних засобів (табл. 6).

Таблиця 6

Орієнтовні рівні шумовипроміювання транспортних засобів

№	Тип та кількість транспортних засобів	Середній рівень шуму, дБА
1	Легковий автомобіль	69,97
2	Мікроавтобус	71,75
3	Автобус	72,5
4	Вантажний автомобіль	72,36
5	Мотоцикл	70,4

Аналіз результатів експериментальних досліджень транспортних потоків різної інтенсивності показав, що формування математичної залежності можливих рівнів шуму залежно лише від загальної інтенсивності транспортного потоку не дозволяє отримати адекватну математичну модель. Це пов'язано з тим, що в умовах великого міста із інтенсивним рухом на автомобільних дорогах саме частка транспортних засобів з рівнями шуму, більшими за шум легкового автомобіля, впливає на загальний рівень шуму транспортного потоку. Тому, з урахуванням цього, експериментальні

дані оброблені таким чином, щоб виділити частку легкових автомобілів із загального транспортного потоку.

З метою відтворення вкладу так званих «гучних» транспортних засобів в загальний процес шумовипромінювання, пропонується введення в стандартну математичну залежність (2) коефіцієнта  $B$ , значення якого варіюється залежно від вкладу інших транспортних засобів (крім легкових) в загальний шум транспортного потоку.

Таким чином, експериментальна залежність еквівалентного рівня шуму транспортного потоку від інтенсивності руху транспортних засобів двох типів (легкові та інші) має вигляд

$$L = 67 + \lg(N_n + B \cdot N_i), \quad (4)$$

де  $N_n$  – інтенсивність руху легкових автомобілів;  $N_i$  – інтенсивність руху інших транспортних засобів;  $B$  – поправочний коефіцієнт, що враховує внесок транспортних засобів з більшим рівнем шуму в загальний рівень шуму транспортного потоку.

Коефіцієнт  $B$  визначається наступним чином:  $B = 1$  – при розмірі частки «гучних» автомобілів у транспортному потоці  $q < 10\%$ ;  $B = q^2$  – при  $q \leq 20\%$ ;  $B = q^3$  – при  $q \leq 30\%$ .

Дана математична залежність є достатньо простою та дозволяє зробити прогноз можливого рівня параметричного забруднення від транспортного потоку на основі значень інтенсивності руху та частки легкових автомобілів у потоці.

Для прогнозування розповсюдження шуму на зону впливу автомобільної дороги, транспортний потік можна представити у вигляді лінійного джерела руху, яке випромінює в навколишнє середовище шум у вигляді циліндричних хвиль:

$$L_r = 67 + \lg(N_n + B \cdot N_i) - 10 \lg \frac{r}{7,5}, \quad (5)$$

де  $r$  – відстань від автомобільної дороги до об'єкту, що розглядається, м.

Суттєвими перевагами отриманих математичних залежностей (4–5) є те, що вони дозволяють з достатньою точністю (близько 6 %) отримати орієнтовні рівні шуму в зоні впливу автомобільної дороги лише за даними якісного складу та інтенсивності транспортного потоку.

В четвертому розділі «**Обґрунтування параметрів інженерних конструкцій для захисту сельбищної території від інгредієнтного та параметричного забруднення**» обґрунтовано параметри інженерних захисних споруд від інгредієнтного та параметричного забруднення.

Відомо, що на ефективність захисту в значній мірі впливає висота інженерних конструкцій, однак у випадку, якщо довжина чи висота захисного екрану за умовами розташування недостатні для створення ефективного захисту прилеглої території та об'єктів, які на ній розташовані, доцільним є улаштування екранів Т- Г- V- чи Y-подібного профілю, конструкція яких дозволяє досягти зниження шуму, аналогічне плоскому екрану, за менших розмірів.

В роботі досліджена можливість застосування Y-подібного екрану з метою підвищення його захисних властивостей.

Вибір такої форми захисного екрану обумовлений: можливістю зменшення дифракції на його кромці; запобіганню утворення фронту відбитої звукової хвилі, що дає змогу не встановлювати захисний екран з протилежного боку автомобільної до-

роги; можливістю підбору модулів екрану під заданий спектр транспортного шуму; простотою монтажу та експлуатації.

На рис. 5 наведена розрахункова схема визначення акустичної ефективності захисного екрану. Загасання акустичних хвиль на кромках захисного екрану визначається за ДСТУ ГОСТ 31295.2:2007 (ІСО 9613-2:1996) Шум. Затухання звуку під час розповсюдження на місцевості. Частина 2. Загальний метод розрахування.

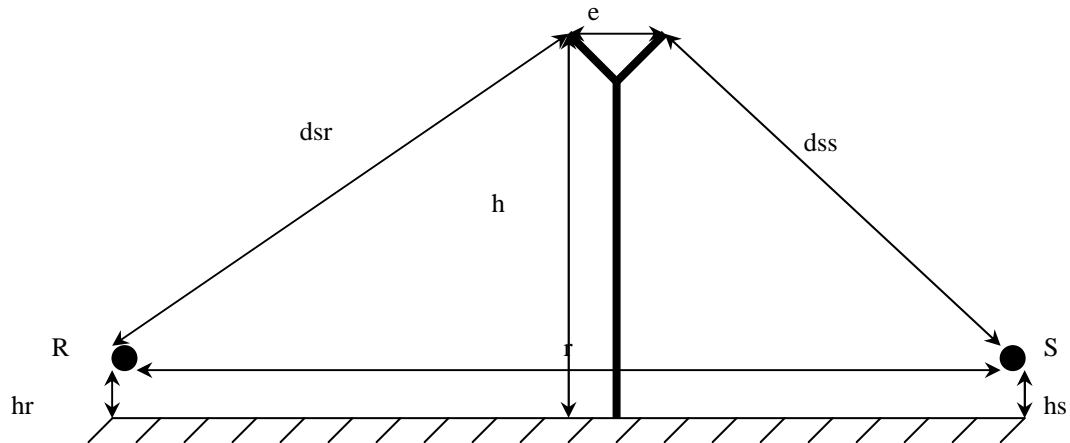


Рис. 5. Схематичне зображення захисного екрану:  $S$  – джерело шуму;  $R$  – об'єкт, що захищається;  $h$  – висота екрану;  $r$  – відстань від джерела шуму до об'єкту, що захищається;  $dss$  – відстань від джерела до першої дифракційної кромки екрану;  $dsr$  – відстань від джерела до другої акустичної кромки екрану;  $e$  – відстань між акустичними кромками екрану;  $hs$  – висота умовного акустичного центру джерела шуму;  $hr$  – висота приймача шуму

Проведені розрахунки показали, що збільшення висоти захисного екрану та відстані між дифракційними кромками призводить до зростання величини загасання акустичних хвиль на всьому діапазоні середньгеометричних октавних частот. Причому встановлено, що загасання акустичних коливань на екрані висотою 5 м при відстані між дифракційними кромками 0,5 м майже співпадає із звукоізолюючою ефективністю бар'єру висотою 4 м при відстані між дифракційними кромками 1 м, а також із бар'єром висотою 3 м при відстані між дифракційними кромками 1,5 м (рис. 6).

Таким чином, Y-подібна конструкція захисного екрану дозволяє зменшити його висоту при збереженні звукоізоляційних властивостей. Це є суттєвою перевагою для багатоповерхової забудови.

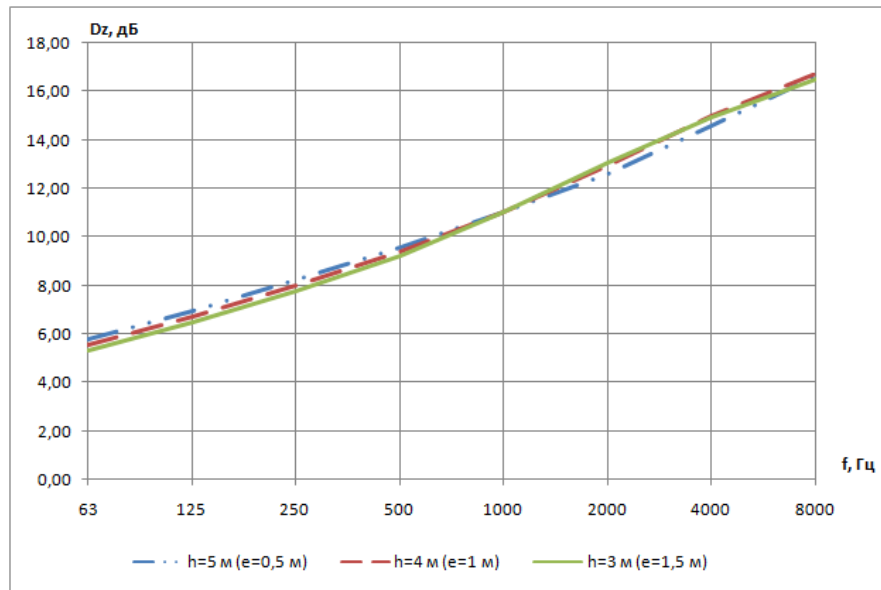


Рис. 6. Зіставлення розрахункового значення загасання акустичних коливань на екранах висотою 3; 4 та 5 м при відстані між дифракційними кромками відповідно 0,5; 1 та 1,5 м

У зв'язку з необхідністю забезпечення зорового комфорту на узбіччі автомобільної дороги та достатньої видимості водіїв захисний екран доцільно виконувати прозорим, але це погіршує його захисні властивості. Тому в роботі запропонована комбінована конструкція захисного екрану, що містить у собі поєднання світлопрозорих та звукопоглинальних модулів (рис. 7).

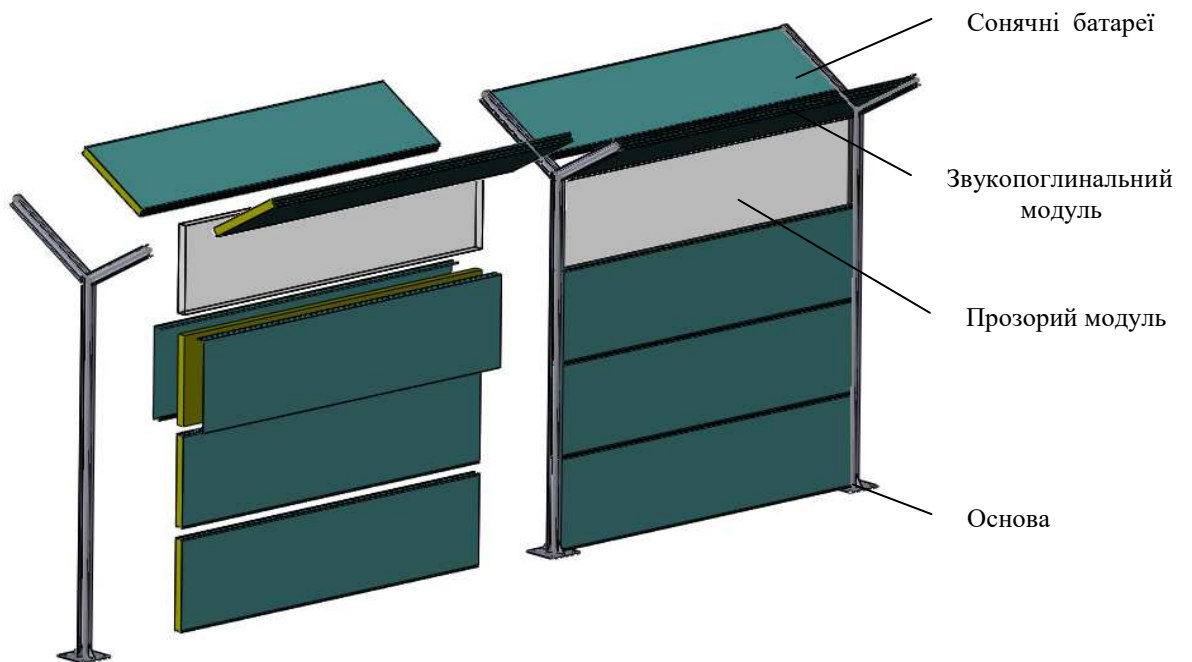


Рис.7. Загальний вигляд захисного екрану

З метою підвищення ефективності захисту придорожнього простору населених пунктів від інгредієнтно-параметричного забруднення, в конструкції захисного ек-

рану пропонується використовувати звукопоглинальні матеріали з адсорбційними властивостями, які мають поглинальні властивості відносно інгредієнтних забруднювачів. Соціально-економічний ефект застосування захисної інженерної споруди обумовлюється зниженням загального рівня захворюваності населення, яке мешкає біля автомобільної дороги, і становить 1,19, що позитивно характеризує ефективність капіталовкладень.

Таким чином, запропонована конструкція захисного екрану не тільки дозволяє ефективно захистити територію, прилеглу до автомобільної дороги, від інгредієнтного та параметричного забруднення, але й дозволяє зберегти достатню видимість шляху та не обтяжує загальний вигляд автомобільної дороги. Враховуючи це, інженерні конструкції можна застосовувати для захисту житлових будинків, лікарень, дитячих майданчиків та інших категорій об'єктів з особливими вимогами щодо якості атмосферного повітря, які розташовані в безпосередній близькості до автомобільної дороги. Універсальність конструкції запропонованого захисного екрану підтверджується тим, що він може бути придатний для розміщення світильників вуличного освітлення, в яких джерелом живлення є сонячні батареї, розташовані у верхній зоні екрану. Така комбінація є економічно доцільною як з боку капіталовкладень на будівництво системи зовнішнього освітлення, так і з боку його енергоефективності.

З метою визначення пріоритетних напрямів підвищення безпеки експлуатації ділянок автомобільних доріг, обладнаних захисними екранами, проведено аналіз причин виникнення ДТП та ступеню їх впливу із використанням методу Failure Mode and Effects Analysis. Це дозволило визначити основні заходи в напрямку попередження виникнення аварійної ситуації на ділянці автомобільної дороги, що обладнана захисними екранами.

Для попередження виникнення ДТП внаслідок падіння захисного екрану чи його окремих елементів на проїжджу частину, в результаті проведених інженерних розрахунків сформульовано вимоги щодо граничних та експлуатаційних показників снігового і вітрового навантаження, які необхідно враховувати при проектуванні захисного екрану.

Також розглянуто психофізіологічні аспекти сприйняття захисних екранів водіями та запропоновано шляхи його поліпшення в аспекті кольорового оздоблення, регулювання частоти миготіння опор та застосування прозорих модулів.

## ВИСНОВКИ

1. Інгредієнтне забруднення придорожнього простору населених пунктів залежить від складу автотранспортного потоку та факторів навколишнього середовища, причому вклад останнього, зокрема швидкість вітру в напрямку автомобільної дороги, є більш вагомим у порівнянні зі складом автотранспортного потоку. Встановлено, що при куті між напрямком вітру та віссю дороги, який дорівнює  $90^\circ$ , концентрація забруднюючих речовин є мінімальною. Наявність щільної забудови на вулицях мегаполісів призводить до утворення так званого коридору, що обумовлює накопичення шкідливих речовин, які містяться у викидах відпрацьованого палива, що несприятливо впливають на прилеглу зону і може викликати погіршення самопочуття та підвищення рівнів захворюваності її мешканців.



2. Для оцінки концентрації забруднюючих речовин у зоні впливу автомобільної дороги проведено розрахунок концентрації шкідливих речовин залежно від складу автотранспортного потоку та швидкості і напрямку вітру. Шляхом математичного моделювання забруднення навколишнього середовища визначено, що збільшення кількості вантажних транспортних засобів у чотири рази призводить до зростання концентрації шкідливих речовин, що містяться у викидах відпрацьованого палива, поблизу автомобільної дороги в середньому на 35 %. Встановлено, що на ступінь інгредієнтного забруднення повітряного середовища зони впливу автомобільної дороги в найбільшій мірі впливає швидкість вітру.

3. Отримано дані акустичного впливу автомобільних доріг з різною інтенсивністю руху транспортних потоків на навколишнє середовище, що стали основою формування математичних залежностей для прогнозування можливих рівнів шуму. Досліджено шумовипромінювання одиночних автомобілів та їх поєднань в потоці, отримано орієнтовні рівні шуму різних типів транспортних засобів.

4. Отримано математичні залежності для визначення очікуваних рівнів шуму біля автомобільної дороги та на певній відстані від неї за рахунок представлення автомобільного потоку як лінійного джерела руху. Суттєвими перевагами отриманих математичних залежностей є те, що вони дозволяють з достатньою точністю (близько 6 %) отримати значення рівнів шуму лише за даними інтенсивності транспортно-го потоку при встановленій швидкості руху.

5. Для захисту навколишнього середовища, зокрема зони біля автомобільної дороги з особливими вимогами до якості атмосферного повітря, запропоновано застосування захисної інженерної споруди Y-подібного профілю, яка містить в своїй конструкції прозорі та звукопоглинальні модулі.

Розрахунок загасання акустичних хвиль на кромках захисної інженерної конструкції показав, що Y-подібний профіль захисного екрану дозволяє зменшити його висоту при збереженні захисних властивостей, що є суттєвою перевагою для захисту багатопверхової забудови.

Запропонована конструкція захисної інженерної споруди може бути доповнена світильниками зовнішнього освітлення, живлення яких передбачено від сонячних батарей, розташованих у верхній частині захисного екрану. Це дозволить не тільки захистити примагістральну територію від інгредієнтного та параметричного забруднення, але й запровадити енергоефективну систему зовнішнього освітлення.

6. Модульна конструкція захисної інженерної споруди передбачає поєднання прозорих та звукопоглинальних модулів, причому наповнювач звукопоглинальних модулів пропонується обирати виходячи не тільки з звукоізоляційних, але й з адсорбційних властивостей, що дозволить знизити інгредієнтне та параметричне навантаження не тільки на примагістральні території, але й на водіїв.

Акустична ефективність запропонованої конструкції Y-подібного захисного екрану у порівнянні з екраном-стілкою становить близько 4,4 дБА.

Проведено аналіз небезпеки виникнення дорожньо-транспортних пригод на ділянках автомобільних доріг, обладнаних захисними спорудами. В результаті проведеного аналізу та відповідних інженерних розрахунків сформульовані граничні та експлуатаційні вимоги стосовно вітрового та снігового навантаження на захисний екран, а також розглянуті питання щодо підвищення естетичності його сприйняття.

Соціально-економічний ефект застосування захисної інженерної споруди обумовлюється зниженням загального рівня захворюваності населення, яке мешкає біля автомобільної дороги, і становить 1,19, що позитивно характеризує ефективність капіталовкладень.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

### Публікації у наукових фахових виданнях

1. Данова В.В. Акустичні та архітектурно-планувальні засоби зниження транспортного шуму / К.В. Данова, В.В. Данова // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2009. – № 53. – С. 253–257.
2. Данова В.В. Вплив транспортного шуму на людину та шляхи його зниження / К.В. Данова, В.В. Данова // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2009. – № 55. – С. 270–273.
3. Малишева В.В. Захист сельбищної зони від шуму транспортної магістралі акустичними методами / М.В. Хворост, С.А. Грязнова, В.В. Малишева // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – Харків: Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2014. - № 4 (41). – С. 79–81.
4. Малишева В.В. Аналіз ефективності звукоізоляції Y-образного акустичного екрану / М.В. Хворост, В.В. Малишева // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2014. – № 4(78). – С. 208–211.
5. Малишева В.В. Дослідження шумовипромінювання автотransпортних засобів в потоці / М.В. Хворост, С.А. Грязнова, В.В. Малишева // Збірник наукових праць «Комунальне господарство міст». – Харків: Харківський університет міського господарства імені О.М. Бекетова, 2014. – № 118. – С. 75–78.
6. Малишева В.В. Оцінка ступеня забруднення приміагiстральних територій автотransпортними потоками / В.В. Малишева // Науковий вісник будівництва. – Харків : ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2015. – № 2(80). – С. 246–250.
7. Малишева В.В. Дослідження загазованості приміагiстральних територій / В.В. Малишева // Комунальне господарство міст. – Харків : ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2015. – Вип. 120(1). – С. 237–239.
8. Malysheva V.V. Risk assessment of highway equipped with the protective engineering constructions / M.V. Khvorost, K.V. Danova, V.V. Malysheva // Automobile transport. Collection of Scientific Works – Kharkiv : KhNADU, 2016. – Vol. 38. – pp. 104–109. (Збірник входить до наукометричної бази даних Index Copernicus).

### Публікації у збірниках праць за матеріалами конференцій

9. Malysheva V.V. Analysis of the ways increasing the ecological safety of highway territories / DAS Internationale Symposium «Ökologische, Technologische und Rechtliche Aspekte der Lebensversorgung», EURO-ECO Hannover 2013. – P. 57–58.
10. Мальшева В.В. Пути снижения экологической загрузки транспортных потоков на приміагiстральные территории / Н.В. Хворост, К.В. Данова, В.В. Мальшева // Матеріали IV Міжрегіональної науково-практичної конференції с міждуна-

родным участием «Безопасность жизнедеятельности: наука, образование, практика» (28 ноября 2013 г.). – Южно-Сахалинск : изд-во СахГУ, 2014. – С. 271–273.

### Патент України на корисну модель

11. Пат. 105147 Україна, МПК (2016.01) E01F 8/00. Універсальний бар'єр для захисту сельбищної зони від шкідливостей автомагістралі / В. В. Малишева, М. В. Хворост, О. В. Коломійцев; власник Харківський університет повітряних сил імені І. Кожедуба. –№ U201507690 ; заявл. 03.08.2015 ; опублік. 10.03.2016, Бюл. № 5. – 4 с.

### АНОТАЦІЯ

**Малишева В.В. Удосконалення методу визначення інгредієнтно-параметричного забруднення автомобільних доріг та обґрунтування параметрів захисних екранів. – Рукопис.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.11 – Автомобільні шляхи та аеродроми – Національний авіаційний університет, Київ, 2016 р.

Дисертацію присвячено вирішенню актуального питання захисту території та об'єктів з особливими вимогами до якості повітряного середовища від інгредієнтного та параметричного забруднення автомобільної дороги.

Для досягнення цієї мети в роботі проведені теоретичні дослідження екологічних показників функціонування автомобільної дороги з моделюванням складу транспортного потоку.

На основі експериментальних даних отримані математичні залежності, які дозволяють прогнозувати рівні інгредієнтного та параметричного забруднення залежно від інтенсивності автотранспортного потоку безпосередньо біля автомобільної дороги та на певній відстані від неї.

Для захисту території та об'єктів від інгредієнтного та параметричного забруднення пропонується інженерна захисна споруда у вигляді екрану Y-подібного профілю. Розрахунок загасання акустичних хвиль на кромках захисного екрану показав, що Y-подібний профіль захисного екрану дозволяє зменшити його висоту при збереженні захисних властивостей, що є суттєвою перевагою для захисту багатоповерхової забудови від інгредієнтно-параметричного забруднення автомобільної дороги.

В результаті аналізу та відповідних інженерних розрахунків сформульовані граничні та експлуатаційні вимоги стосовно вітрового та снігового навантаження на інженерну захисну споруду, а також розглянуті питання щодо підвищення естетичності її сприйняття водіями.

Результати теоретичних та експериментальних досліджень впроваджені в навчальному процесі на кафедрі «Охорона праці та безпека життєдіяльності» Харківського національного університету міського господарства імені О.М. Бекетова при викладанні дисципліни «Безпека на транспорті».

*Ключові слова:* автомобільна дорога, зона впливу автомобільної дороги, транспортний потік, інтенсивність руху, шкідливі речовини, шум, захисний екран.

## АННОТАЦИЯ

**Малышева В.В. Усовершенствование метода определения ингредиентно-параметрического загрязнения автомобильных дорог и обоснование параметров защитных экранов. - Рукопись.**

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.11 – Автомобильные дороги и аэродромы – Национальный авиационный университет, Киев, 2016 г.

Диссертация посвящена решению актуального вопроса защиты территории и объектов с особыми требованиями к качеству воздушной среды от ингредиентного и параметрического загрязнения автомобильной дороги.

Для достижения этой цели в работе проведены теоретические исследования экологических показателей функционирования автомобильной дороги с моделированием состава транспортного потока.

На основе экспериментальных данных получены математические зависимости, которые позволяют прогнозировать уровни ингредиентного и параметрического загрязнения в зависимости от интенсивности автотранспортного потока непосредственно у автомобильной дороги и на определенном расстоянии от нее.

Для защиты территории и объектов от ингредиентного и параметрического загрязнения предлагается защитное сооружение в виде экрана Y-образного профиля. Расчет затухания акустических волн на краях защитного экрана показал, что Y-образный профиль защитного экрана позволяет уменьшить его высоту при сохранении защитных свойств, что является существенным преимуществом для защиты многоэтажной застройки от негативного влияния автомобильной дороги.

В результате анализа и соответствующих инженерных расчетов сформулированы граничные и эксплуатационные требования к ветровой и снеговой нагрузке на защитный экран, а также рассмотрены вопросы повышения эстетичности его восприятия водителями.

Результаты теоретических и экспериментальных исследований, полученные в ходе выполнения диссертационной работы, были внедрены в учебном процессе на кафедре «Охрана труда и безопасность жизнедеятельности» Харьковского национального университета городского хозяйства имени А.Н. Бекетова при чтении дисциплины «Безопасность на транспорте».

*Ключевые слова:* автомобильная дорога, зона воздействия автомобильной дороги, транспортный поток, интенсивность движения, вредные вещества, шум, защитный барьер.

## ABSTRACT

**Malysheva V.V. The improvement of the method of estimation of ingredient and parametric pollution from highways and substantiation of protective screens parameters. – Manuscript.**

Thesis for the degree of candidate of technical sciences, specialty 05.22.11 – Roads and Aerodromes – National Aviation University, Kiev, 2016.

This thesis deals with the topical issue of the protection of highway influence zones and other facilities with special requirements to the quality of the air environment from ingredient and parametric pollution from highways.

To achieve this goal the theoretical research of ecological indices of highways functioning with modeling of the traffic flow structure was carried. Analysis of the coefficients of polynomial equations which were obtained from theoretical studies of territories pollution, which are situated near to the main roads, showed that the air speed has almost twice greater influences on the concentration of harmful substances in comparison with the number of trucks in the stream.

The studying of ingredient pollution was implemented by experiment by the value of nitrogen dioxide  $\text{NO}_2$ .

The studying of noise pollution, which forms from the highway, was implemented by experiment of the direct measurement of sound pressure levels from the vehicles moving at a steady speed.

On the basis of experimental data the mathematical relationships were obtained which allow predicting the ingredient and parametric pollution depending on the intensity of traffic stream directly from the highway, and at a certain distance from it.

To protect the territories, which are situated near to the highways from ingredient and parametric pollution the Y-shaped screen is proposed, which combines transparent and sound-absorbing modules. The calculation of the acoustic waves attenuation on the edges of the screen showed that Y-shaped screen enables to reduce its height with the maintaining of the protective properties, which is a significant advantage for the protection of multi-story buildings. The proposed construction of a protective screen can be supplemented with the streetlights, which are powered by solar panels which are located at the top of the protective facilities. This will not only enable to protect the main roads from the ingredient and parametric pollution, but also to bring in the power-efficient technologies of streetlights supplying.

As the result of analysis and appropriate engineering calculations the boundary and operational requirements according to the wind and snow loading at the protective screen were formed and the issues of increasing the aesthetic of its perception were considered.

Socio-economic effects of protective engineering structures stipulated the reduction of the common level of morbidity of the population, who live near highways, and is of 1,19, which positively characterizes the efficiency of investment.

Thus, the proposed design of the protective screen not only can effectively protect the highway influence zone from ingredient and parametric pollution, but also enables it to retain sufficient visibility of the way and not burden the general view of the road. Given this, engineering design can be applied to protect houses, hospitals, playgrounds and other facilities with special requirements to quality of atmospheric air, which are located in immediate proximity to the highways. The versatility of the proposed construction of protective screen corroborates by the fact that it can be suitable for the placement of street lighting lamps in which the power source are solar panels, located in the upper area of the screen. This combination is economically feasible from both the capital investment for the construction of exterior lighting systems, and energy efficiency.

To determine priority directions of increase the safety of operation of road sections, equipped with protective screens, the analysis of the causes of accidents and the extent of

their impact was carried out with the method of Failure Mode and Effects Analysis. This allowed determining the main directions of prevention of occurrence of emergency situations on the road section equipped with protective screens.

The results of theoretical and experimental studies, which were obtained in the progress of the thesis have been introduced in the educational process at the department "Occupational Health and Safety" in O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv in reading course "Transport Security".

*Keywords:* highway, highway influence zone, transport flow, transport intensity, pollutants, noise, protective screen.