О.І. Лежнева¹, І.Е. Линник², К.Є. Вакуленко², Н.А. Соколова²

¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна

²Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна

ЩОДО ПОКРАЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ДІЛЯНКИ АВТОМАГІСТРАЛІ МІСТА ХАРКОВА

Проведено аналіз існуючих підходів щодо визначення рівня забруднення навколишнього середовища в районі міських автомагістралей шкідливими речовинами та шумового забруднення. В ході теоретичних і експериментальних досліджень встановлено акустичне навантаження приміагістральної території. Проведено аналіз досвіду європейських країн щодо використання шумозахисних екранів та обґрунтовано розміщення шумозахисного екрану на території сільбищної зони.

Ключові слова: автотранспорт, рух, забруднення, атмосфера, сонячні батареї, енергія, шум, гази, екран.

Постановка проблеми

Сьогодні на території значних міст спостерігається зростання викидів шкідливих речовин в атмосферу. Причини цього різні: порушення проєктних технологічних режимів, моральний знос обладнання, збільшення обсягів автотранспортних перевезень. Тому, незважаючи на помітний спад виробництва, який спостерігається останнім часом, екологічні проблеми, пов'язані з техногенним забрудненням навколишнього середовища, продовжують залишатися досить гострими. Розробка заходів з оздоровлення атмосферного повітря неможлива без чіткого уявлення про просторово-часове поширення домішок. Особливе значення це питання має для урбанізованих територій, які зазнають вплив багатокомпонентних і мінливих викидів, основна частина яких розсіюється в приземному шарі атмосфери. Наявність шкідливих домішок в атмосфері позначається на людях (погіршення самопочуття, збільшення захворювань, зниження продуктивності праці і якості роботи та інше); на тваринах і рослинах (захворювання, вимирання, порушення рівноваги в природі, тощо); на будівлях і спорудах (передчасний вихід з ладу в результаті розкладання будівельних матеріалів і корозії). Постійно зростаюча інтенсивність транспортних потоків щорічно супроводжується посиленням техногенного навантаження на населення сучасних міст. Зі збільшенням кількості транспортних засобів на вулицях значних міст світове співтовариство визначило шум як один з головних чинників, які погіршують рівень життя людей. У порівнянні з Україною, міжнародне співтовариство знаходиться на багато кроків попереду в питаннях боротьби з транспортним шумом. Шумове

забруднення навколишнього середовища є актуальною проблемою для більшості країн Європейського союзу, які мають розвинену інфраструктуру. Роботи дослідників показали, що шум несприятливо впливає практично на всі системи організму людини, викликаючи в ньому як короточасні, так і тривалі стійкі функціональні зміни, що призводять до виникнення захворювань серцево-судинної, нервової та інших систем, а також ослаблення імунної системи організму [1]. Надмірний шум може стати причиною нервового виснаження, психічної пригніченості, вегетативного неврозу, виразкової хвороби, розладу ендокринної та серцево-судинної систем. Шум заважає людям працювати і відпочивати, знижує продуктивність праці і збільшує травматизм на виробництві та в побуті [2].

У зв'язку з цим надзвичайно важливими є аналіз і оцінка стану навколишнього середовища внаслідок впливу на нього техногенних факторів, що викликають забруднення навколишнього середовища та розробка природоохоронного заходу щодо покращення екологічних показників інфраструктури транспорту.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Необхідність боротьби з шумом в Україні закріплена законодавчо відповідно до закону загальної дії «Про охорону навколишнього середовища». Проникаючий в приміщення або на територію шум не повинен перевищувати нормативних величин, встановлених будівельними нормами і правилами, стандартами і санітарними нормами.

Санітарні норми допустимого шуму обумовлюють необхідність розробки технічних, архітектурно-планувальних та адміністративних

заходів, спрямованих на створення відповідного гігієнічним вимогам шумового режиму, як в міській забудові, так і в будівлях різного призначення, які дозволяють зберегти здоров'я та працездатність населення.

Основними критеріями забезпечення акустичного комфорту на території житлової забудови є нормативні еквівалентні рівні шуму сельбищної території – 55 дБА в денний і 45 дБА в нічний час доби [3].

Мешканці значних міст зазнають вплив шуму упродовж тривалого часу, тому для них дія шуму є особливо небезпечною. Загальний внесок транспортного шуму в акустичний фон сельбищної зони оцінюється на рівні 60–80 %. Встановлено, що транспортний шум впливає на мешканців сельбищної зони, яка розташована поблизу автомобільних доріг, упродовж 15–18 годин на добу [4].

Нормальним для організму людини є повна відсутність в атмосферному повітрі забруднюючих речовин. Однак сучасні технології не можуть забезпечити чистоту атмосфери через існуючі методи перетворення енергії. При вирішенні питання щодо захисту атмосфери враховують домовленості про її допустиме забруднення, яке оцінюється величиною допустимої концентрації забруднюючої речовини в атмосфері. Забруднення атмосфери законодавчо обмежується санітарними правилами охорони атмосферного повітря способом введення гранично допустимих концентрацій шкідливих речовин (ГДК) [5].

В умовах руху транспорту вулицями міста на рівень шуму, що випромінюються транспортними потоками, і кількість викидів забруднюючих речовин, впливають такі фактори [6]:

1) характеристика транспортного потоку: склад транспортного потоку; інтенсивність руху; середня швидкість руху; тип двигуна; тип палива.

2) характеристика навколишнього середовища:

а) дорожні умови: тип дорожнього покриття; стан дорожнього покриття; поздовжній профіль; висота бордюрів.

б) погодно-кліматичні умови: температура; вологість повітря; швидкість вітру; атмосферний тиск.

в) примігстральна територія: наявність зелених насаджень; кількісний та якісний склад зелених насаджень; відстань між дорогою та досліджуванним об'єктом; наявність природних та штучних елементів, що перешкоджають розповсюдженню акустичних коливань і забруднюючих речовин.

Транспортний потік являє собою складну систему взаємодії різних видів транспортних засобів з дорогою. Деякі дослідники вважають, що рух транспортних засобів у потоці можливо представити як детермінований та безперервний процес [7]. Інші

представляють його як стохастичний процес, оскільки його характеристики допускають прогнозування лише з деяким ступенем вірогідності [8].

Прагнення дослідників зробити прогностичну модель зовнішнього шуму автомобільних доріг якомога точнішою змушує включати до розгляду значну кількість факторів, що характеризують дорожні умови, стан дорожнього полотна, зовнішні фактори та параметри транспортного потоку, які здійснюють різний вклад в загальний процес шумовипромінювання та привносять розбіжності в кінцевий результат.

Проблема боротьби з техногенним навантаженням автомобільного транспорту тісно пов'язана з раціональним перетворенням міського середовища, яке повинно йти шляхом ліквідації або скорочення кількості джерел забруднення, локалізації зони емісії шуму і забруднюючих речовин, зниження рівня звуку джерел шуму і захисту від шуму місць проживання людей.

Формулювання мети статті

Мета даного дослідження полягає у дослідженні екологічного забруднення примігстральної території від роботи автомобільного транспорту на локальній ділянці міста Харкова, оцінка техногенного навантаження і розробка заходів щодо зниження рівня екологічної небезпеки.

Виклад основного матеріалу

Для оцінки шумового забруднення навколишнього середовища автотранспортом була обрана типова ділянка міської території в сельбищній зоні м. Харкова. Дослідження проводилися у мікрорайоні, який знаходиться у Слобідському районі міста Харкова і оточений вул. Кірова, вул. Державинською, вул. Плеханівською та проспектом Гагаріна. Дослідження складалось з чотирьох основних етапів:

I етап – оцінка дорожніх умов та екологічної ситуації у дворах житлового мікрорайону;

II етап – оцінка акустичного забруднення примігстральної території;

III етап – оцінка концентрації забруднюючих речовин;

IV етап – заходи щодо зниження рівня екологічної небезпеки.

I етап дослідження: для кожної вулиці визначили дорожні умови, а саме: ширину дорожнього полотна й тротуарів, наявність або відсутність газонів і дерев, характер забудови (мало- або багатоповерхова).

У межах локальної ділянки проведено аналіз інтенсивності та складу транспортних потоків у зимовий і літній періоди року, оцінена екологічна ситуація у дворах житлового мікрорайону.

Спостереження за інтенсивністю руху автотранспорту проводилися в різний час доби в ранкові, денні й вечірні години 20 хвилин кожного тимчасового інтервалу у будні та вихідні дні, після чого розраховувалося середнє арифметичне число проїжджаючих автомобілів у годину через кожен пункт спостереження [9]. Окремо проводився підрахунок легкових, легких вантажних, середніх вантажних, важких вантажних автомобілів і автобусів. В узагальненому вигляді результати досліджень наведені в табл. 1, 2.

Таблиця 1

Результати спостережень за інтенсивністю й складом транспортного потоку для вул. Плеханівської та пр. Гагаріна

Середня інтенсивність руху, авт./год	Назва вулиць			
	Плеханівська		проспект Гагаріна	
	%	середнє	%	середнє
Легкові автомобілі	81,4	1536	81,3	2546
Легкі вантажні	9,0	169	4,7	146
Середні вантажні	2,3	43	3,5	109
Важкі вантажні	4,2	80	4,9	154
Автобуси, тролейбуси	3,2	60	5,6	176
Всього	100	1888	100	3131

Таблиця 2

Результати спостережень за інтенсивністю й складом транспортного потоку для вул. Кірова та вул. Державінської

Середня інтенсивність руху, авт./год	Назва вулиць			
	Кірова		Державінська	
	%	середнє	%	середнє
Легкові автомобілі	78,5	997	83,9	1562
Легкі вантажні	7,6	97	3,6	67
Середні вантажні	6,1	78	2,7	50
Важкі вантажні	5,4	68	5,6	104
Автобуси, тролейбуси	2,4	30	4,2	78
Всього	100	1270	100	1861

З аналізу результатів спостережень можна зробити ряд висновків:

– на 81 % транспортний потік складається з легкових автомобілів. Кількість автобусів у

відсотковому відношенні становить не більше 4 % від загальної кількості транспорту;

– інтенсивність руху автомобілів на ділянках, що досліджуються, приблизно однакова в зимовий і літній періоди року;

– у вихідні дні спостерігається зниження інтенсивності руху автотранспорту. У літній період кількість автомобілів у неділю становить 51–74 % від їхньої загальної кількості в будні, у зимовий період – 45–64 %.

II етап дослідження: проведено оцінку акустичного забруднення примігистральної території через визначення еквівалентного рівню шуму теоретичним та експериментальним методом. В рамках теоретичного дослідження, проведено аналіз розрахункових методик та виявлено, що найбільш об'єктивна шумова характеристика потоку може бути визначена за методикою, наведеною в «Рекомендаціях з обліку вимог щодо охорони навіколишнього середовища при проектуванні автомобільних доріг і мостових переходів» [10]. Дана методика дозволяє визначити рівень звуку на відстані 7,5 м від транспортного потоку з найменшою похибкою (середньоквадратичне відхилення 1–2 дБА). У розрахунках середня швидкість потоку приймалася 50 км/год, поправка на дорожнє покриття – 1,5 дБА. Результати розрахунків представлені в табл. 3.

Таблиця 3

Шумові характеристики транспортного потоку на різних ділянках

Назва вулиць	Інтенсивність, авт./год		Відсоток вант.авт. %	Еквівалентний рівень звуку, дБА	
	вдень	вночі		вдень	вночі
Плеханівська	1888	362	19,2	77	71,5
проспект Гагаріна	3131	657	21,0	78,5	74,5
Кірова	1270	195	15,4	74,5	66,5
Державінська	1861	344	18,5	76	72

Аналіз отриманих даних (табл. 3) свідчить про те, що шумова характеристика транспортного потоку на локальній території складає 75–79 дБА вдень і 67–75 дБА вночі. Найбільш акустично навантаженою ділянкою є проспект Гагаріна. Це дуже важлива транспортна артерія довжиною близько 10 км, що зв'язує центр міста з аеропортом. Архітектурний вигляд проспекту формують не тільки житлові багатоповерхові будинки і новобудови, а й громадські будівлі, корпуси промислових підприємств, науково-дослідних інститутів.

Експериментальні дослідження є обов'язковою умовою забезпечення повноти наукових досліджень. Тому надалі для визначеної ділянки з найбільшим

акустичним навантаженням проведемо експериментальне дослідження. При організації експериментальних досліджень транспортних потоків слід відмітити, що вони характеризуються наявністю значної кількості вихідних даних з неповною достовірністю, а також практичною неможливістю проведення експерименту в чистих умовах.

Оцінка шуму транспортних потоків здійснювалася на основі стандарту [11], котрий визначає, що шумовою характеристикою транспортних потоків є еквівалентний рівень звуку L_{Aeq} . Виміри проводилися на проспекті Гагаріна (ділянка між вул. Кірова і вул. Державінською).

Паралельно із замірами рівнів шуму транспортного потоку здійснювався відеозапис транспортного потоку, що дозволило отримати докладну інформацію стосовно його складу. Загальна тривалість вимірювань не менше 30 хвилин, що складається з трьох циклів кожен по 10 хвилин 3–4 рази на добу. Графічне представлення виміру рівня звуку наведено на рис. 1.

Рис. 1. Результати вимірювання рівня звукового тиску

Обробка експериментальних даних здійснювалася за методикою [12], яка передбачає визначення еквівалентних рівнів шуму на основі кількості відліків рівнів шуму за інтервалами. В табл. 4 наведені результати експериментальних досліджень шумовипромінювання транспортних потоків на проспекті Гагаріна.

Таблиця 4

Результати експериментальних досліджень шумовипромінювання автотранспортних потоків

Назва вулиць	N, авт./год	Частка числа відліків в даному інтервалі рівнів звуку, дБ, в сумарній кількості відліків, %				L_{Aeq} , дБ
Проспект Гагаріна	3131	48-52	53-57	58-62	63-67	80
		0,9	2,2	5,9	1,4	
		68-72	73-77	78-82	83-87	
		2,7	0,1	6,8	0	

За результатами експериментальних досліджень встановлено, що L_{Aeq} дорівнює 80 дБ. Результати отримані теоретичним та експериментальним методом збігаються.

У зв'язку з тим, що карта шуму у порівнянні зі способом дискретних розрахунків для кожної виділеної контрольної/розрахункової точки дозволяє моментально дізнатися точні рівні шуму абсолютно в будь-якій точці на всій досліджуваній території було прийнято рішення провести оцінку рівня акустичного навантаження за допомогою програми «Акустика 3D». Для цього у програму була завантажена карта ділянки дороги проспекту Гагаріна, на яку надалі були нанесені всі об'єкти. Карта шуму для досліджуваної ділянки до впровадження природоохоронного заходу представлено на рис. 2.

З шумової карти видно, що рівень шумового навантаження є достатньо високим L_A 70–80 дБ та перевищує допустимий рівень шуму L_{Aeq} , що дорівнює 55–70 дБ. Високий рівень шуму спостерігається у зовнішніх дворах будівель та на примігистральній території, у внутрішніх дворах цей показник різко падає.

Рис. 2. Карта шуму проспекту Гагаріна до впровадження природоохоронного заходу

Карта шуму дозволила оцінити межі територій, на яких досягається нормативне значення рівня звуку 55 дБ. Ці дані представлені у вигляді ізодецибел різного кольору.

При економічній оцінці впливу транспортного шуму збиток від його дії визначався як втрата частини національного доходу в результаті постійного впливу шуму на людину [13].

Розрахунок погодинного збитку з використанням коефіцієнта зниження національного доходу від впливу шуму виконували за формулою:

$$Z_{год} = C_{год} \sum_{i=1}^n N_{жЛ_i} \cdot K_n(L_i), \quad (1)$$

де Z_{200} – погодинний збиток від високих рівнів транспортного шуму, грн./год.; C_{200} – вартість роботи однієї людини за годину, грн./год.; $N_{ж, L_i}$ – кількість людей на яких діє рівень шуму L_i , чол.; $K_n(L_i)$ – коефіцієнт зменшення національного доходу.

Отже, збиток від шумового забруднення навколишнього середовища становить приблизно 1780 грн./год на кожні 100 чоловік і перебуває у прямій залежності від рівня шуму в квартирах і кількості мешканців, на яких він діє.

Проведена оцінка рівня акустичного навантаження вказує на перевищення допустимого рівня шуму.

III етап дослідження: розраховано концентрацію забруднюючих речовин в атмосферному повітрі на певній відстані від джерела забруднення за формулою Бозанке-Пірсона [14]. Таке визначення викидів і концентрацій забруднюючих речовин на відміну від існуючих базується на системній оптимізації і може використовуватися для призначення доцільних заходів на різних етапах функціонування системи «дорога – навколишнє природне середовище». Результати розрахунків представлені в табл. 5.

Таблиця 5
Результати розрахунків розсіювання забруднюючих речовин

Концентрація, мг/м ³	Відстань від дороги, м					
	поперечник	5	10	15	20	25
Оксид вуглецю	11,6	10,8	9,4	8,6	7,9	7,5
Діоксид азоту	0,12	0,099	0,092	0,089	0,08	0,06
Вуглеводні	2,98	2,59	2,25	2,0	1,9	1,8

За даними табл. 5 видно, що концентрації на осі автомобільної дороги за оксидом вуглецю перевищують ГДК в 3,85 рази; за діоксидом азоту в 3 рази; за вуглеводнями в 4 рази. Концентрації забруднюючих речовин на рівні забудови за оксидом вуглецю перевищують ГДК в 2,5 рази; за діоксидом азоту в 1,5 рази; за вуглеводнями в 2 рази.

IV етап дослідження: для зниження транспортного шуму і загазованості на прилеглих до проспекту Гагаріна територіях можна запропонувати наступні заходи:

- 1) обмеження пересування важкого вантажного транспорту;
- 2) щодо регулювання швидкості руху транспорту;
- 3) використання елементів організації дорожнього руху;

4) максимальне озеленення прилеглих до вулиці територій;

5) використання в озелененні шумозахисних і газозахисних порід дерев і чагарників;

6) будівництво шумозахисних екранів з використанням панелей з наповнювачами для нейтралізації забруднюючих речовин відпрацьованих газів двигунів внутрішнього згорання.

В даний час накопичений величезний практичний досвід застосування різноманітних шумозахисних заходів для зниження автотранспортного шуму. В Японії, США, Німеччині, Італії, Канаді, в Австралії, Швеції та інших країнах встановлені десятки тисяч кілометрів акустичних екранів. Японія, Франція і Німеччина використовують шумопоглинальне дорожнє покриття для зниження шуму шин автомобілів. Для зниження рівня звуку на шляху його поширення успішно використовуються насипи і зелені насадження. Розробка комплексу шумозахисту здійснюється відповідно до необхідного зниження рівня звуку, а вибір екранних споруд продиктований, в першу чергу, міркуваннями ефективності шумозахисних заходів і їх вартістю, а також вимогами безпеки, особливостями експлуатації та естетичним сприйняттям.

У зв'язку з проблемою забезпечення людства енергоресурсами сьогодні потрібні нові джерела і кардинальні зміни у виробництві, розподілі, транспортуванні та споживанні енергії, що засновані на принципово нових технологіях. Все більш перспективним стає використання альтернативних джерел енергії, серед яких одну з лідируючих позицій утримує сонячна енергія.

Як показав зарубіжний досвід, повний потенціал використання сонячної енергії можна розкрити, якщо інтегрувати елементи сонячних батарей в різні будівельні конструкції, наприклад, в даху і стінах комерційних і промислових будівель. Також ефективним рішенням є поєднання сонячних батарей з шумозахисними екранами. Такий підхід дозволяє отримати ефективний захист від шуму разом з виробленням «чистої» електроенергії.

В рамках IV етапу дослідження встановлено що, одним з найбільш перспективних напрямків захисту сельбищної зони та робочих місць, що знаходяться у приміщеннях будівель, які розташовані поблизу транспортних магістралей, є застосування акустичних екранів [15]. До переваг застосування акустичних екранів у порівнянні, наприклад, з зеленими насадженнями, слід відзначити сталу ефективність, незалежно від періоду року, щільності листя. Крім того ефективність дії акустичних екранів настає з моменту їх встановлення, в той час як для досягання певної шумозахисної ефективності зеленими насадженнями

потрібний тривалий час, доки дерева та кущі здобудуть певної висоти та інших характеристик. Пропонується влаштування комбінованого шумозахисного екрану, який складається з шумопоглинаючих і шумовідбивних панелей зі сторони лівого проїзду протяжністю 500 м та правого проїзду протяжністю 369 м.

В роботі пропонується нова конструкція комбінованого шумозахисного бар'єру з інтегрованими сонячними батареями, що представляє інженерну споруду, що складається з фундаменту, звукопоглинальних, звуковідбивних модулів та елементів сонячних батарей, який відрізняється тим, що має Y-образний профіль, оснащений металевими з перфорацією модулями, заповненими звукопоглинальним матеріалом (полімери органічного походження, композиційні матеріали, мінеральні волокна, тощо) та звуковідбивними прозорими або напівпрозорими модулями, встановлений на фундамент з фотокаталітичного бетону, причому енергія, отримана від сонячних батарей, передається до ліхтарів вуличного освітлення, також встановлених на цьому фундаменті [16].

За допомогою програми «Акустика 3D» побудована карта шуму для досліджуваної ділянки з розміщенням шумозахисного екрану (рис. 3).

З шумової карти видно, що ефективність зниження шумового навантаження з застосуванням комбінованого шумозахисного екрану досягає 8–15 дБА і $L_{\text{Аекв}} = 55\text{--}65$ дБА, що не перевищує допустимий рівень шуму.

Рис. 3. Карта шуму проспекту Гагаріна після впровадження природоохоронного заходу

Збиток, що наносить шумовий вплив з рівнем звуку $L_1=65$ дБА за умови, що його дія поширюється на 100 чоловік складає приблизно 823 грн./год. Результати дослідження зведені в табл. 6.

Це означає, що розміщення шумозахисного екрану на даній ділянці проспекту Гагаріна – доцільний метод зниження шуму.

Таблиця 6

Результати проведення дослідження та впровадження природоохоронного заходу

Показники	До впровадження заходу	Після впровадження заходу	Δ
Рівень шуму, дБА	80	60	-15
Збиток від шумового впливу на кожні 100 чоловік, грн./год	1780	823	-957

Висновки

В ході проведення дослідження встановили, що житлові масиви на ділянці проспекту Гагаріна схильні до підвищеного рівня шуму та високих концентрацій забруднюючих речовин в атмосферному повітрі. Так проспект Гагаріна знаходиться в зоні акустичного дискомфорту (рівень шуму 80 дБА), що перевищує допустимий рівень шуму, при цьому ступінь техногенного впливу при експлуатації автомагістралі на стан навколишнього середовища становить 1780 грн./год на кожні 100 чоловік. За результатами розрахунків концентрацій забруднюючих речовин від автотранспорту на проспекті Гагаріна виявилось, що майже за всіма речовинами їх концентрації перевищують ГДК більш ніж в 3 рази. Аналіз досвіду європейських країн щодо використання шумозахисних екранів з інтегрованими сонячними батареями дозволив запропонувати модель шумозахисного бар'єру з інтегрованими сонячними батареями, яка може бути використана для захисту міського середовища від шуму, звукових хвиль і хімічних сполук відпрацьованих газів двигунів внутрішнього згоряння. Встановлено, що розміщення комбінованого шумозахисного екрану дозволить знизити рівень шумового навантаження приблизно на 8–15 дБА. Побудовано карти шумового навантаження приміагстральної території до і після впровадження природоохоронного заходу. Результати досліджень дозволять впровадити адміністративно-законодавчі заходи щодо забезпечення нормативних рівнів звуку для житлових територій, прилеглих до автомобільних доріг, і екологічної безпеки при організації дорожнього руху на вулицях значних міст.

Література

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

2. Chambers J.P. Noise Pollution // *Advanced Air and Noise Pollution Control*. – 2005. – Volume 2. – PP. 441–452. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-59259-779-6_12
3. Gruden D. *Traffic and Environment* / Gruden D., Berg W., Bormann K. – Luxemburg, Springer, 2011. – 294 p.
4. Passchier-Vermeer W. Noise exposure and public health / Passchier-Vermeer W., Passchier W. // *Environmental health perspectives*. – 2000. – 108(suppl 1). – PP. 123–131. DOI: <https://doi.org/10.1289/ehp.00108s1123>
5. Singh N. Noise pollution-sources, effects and control / Singh N., Davar S. // *Journal of Human Ecology*. – 2004. – 16(3). – PP. 181–187. DOI: <https://doi.org/10.1080/09709274.2004.11905735>
6. Національний Інтернет-портал України [Електронний ресурс] / Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними та біологічними речовинами). – Київ, 2014. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0201282-97#Text> (дата звернення 14.02.2021)
7. Иносэ Х. Управление дорожным движением / Х. Иносэ, Т. Хамада; под ред. М.Я. Блинкина. – М. : Транспорт, 1983. – 248 с.
8. Berglund B. *Guidelines for community noise* / B. Berglund, T. Dietrich, H. Schwela. – Geneva: World Health Organization, 2011. – 160 p.
9. Бочаров А.А. Влияние интенсивности транспортного потока на общий уровень акустического загрязнения / Бочаров А.А., Соловьев А.В. // *Известия вузов. Физика*. – 2010. – 53(9/3). – С. 225–226.
10. Passchier-Vermeer W. Noise exposure and public health / Passchier-Vermeer W., Passchier W. // *Environmental health perspectives*. – 2000. – 108(suppl 1). – PP. 123–131. DOI: <https://doi.org/10.1289/ehp.00108s1123>
11. Directive 2002/49/EC of the European parliament and the Council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise. *Official Journal of the European Communities*, L, 189(18.07), 2002.
12. Luzzi S. A comparison of noise mapping methods in Italian and Russian experiences / Luzzi S., Vassiliev A. // *Forum Acusticum Budapest*. – 2005. – PP. 1051–1056.
13. Łowicki D. Monetary valuation of road noise. Residential property prices as an indicator of the acoustic climate quality / Łowicki D., Piotrowska, S. // *Ecological Indicators*. – 2015. – 52. – PP. 472–479. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.01.002>
14. Линник І.Е. Оцінка та прогнозування екологічного стану дорожнього господарства : моногр. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 143 с.
15. Lezhneva E. Assessing of traffic noise pollution of road transport in urban residential / Lezhneva E., Vakulenko K., Galkin A. // *Romanian Journal of Transport Infrastructure*. – 2019. – Vol. 8, No. 1. – P. 34–52. DOI: <http://dx.doi.org/10.2478/rjti-2019-0002>
16. Комбінований шумозахисний бар'єр з інтегрованими сонячними батареями: пат. України №136314 / О.І. Лежнева; опубл. 12.08.2019.

References

1. Murphy, E., King, T. (2014). *Environmental Noise Pollution, Noise Mapping, Public Health and Policy*. University of Hartford, CT, Elsevier Inc.

2. Chambers, James P. (2005). Noise Pollution. *Advanced Air and Noise Pollution Control*, 2, 441–452. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-59259-779-6_12
3. Gruden, D., Berg, W., Bormann, K. (2011). *Traffic and Environment*. Luxemburg, Springer.
4. Passchier-Vermeer, W., Passchier, W. (2000). Noise exposure and public health. *Environmental health perspectives*, 108 (suppl 1), 123–131. DOI: <https://doi.org/10.1289/ehp.00108s1123>
5. Singh, N., Davar, S. (2004). Noise pollution-sources, effects and control. *Journal of Human Ecology*, 16(3), 181–187. DOI: <https://doi.org/10.1080/09709274.2004.11905735>
6. Natsionalnyi Internet-portal Ukrainy. (2014). Derzhavni sanitarni pravyla okhorony atmosferного povitria naselenykh mist (vid zabrudnennia khimichnymi ta biolohichnymi rechovynamy). Kyiv. – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0201282-97#Text> (accessed 14.02.2021).
7. Inose, Kh., Khamada T. (1983). *Upravleniye dorozhnym dvizheniyem*. Moskva, Transport.
8. Berglund, B., Dietrich, T., Schwela, H. (2011). *Guidelines for community noise*. Geneva, World Health Organization.
9. Bocharov, A.A., Solovev, A.V. (2010). Vliyanye yntensyvnoy transportnoy potoka na obshchiy uroven akustycheskoy zahryazneniya. *Yzvestiya vuzov. Fyzyka*, 53(9/3), 225–226.
10. Passchier-Vermeer, W., Passchier, W. (2000). Noise exposure and public health. *Environmental health perspectives*, 108 (suppl 1), 123–131. DOI: <https://doi.org/10.1289/ehp.00108s1123>
11. Directive 2002/49/EC of the European parliament and the Council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise (2002). *Official Journal of the European Communities*, L, 189(18.07).
12. Luzzi, S., Vassiliev, A. (2005). A comparison of noise mapping methods in Italian and Russian experiences. In: *Forum Acusticum Budapest*, 1051–1056.
13. Łowicki, D., Piotrowska, S. (2015). Monetary valuation of road noise. Residential property prices as an indicator of the acoustic climate quality. *Ecological Indicators*, 52, 472–479. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.01.002>
14. Lynnyk I.E. (2017). Otsinka ta prohnouzuvannia ekolohichnoho stanu dorozhnogo hospodarstva: monohrafiia. Kharkiv, KhNUMH im. O. M. Beketova.
15. Lezhneva, E., Vakulenko, K., Galkin, A. (2019). Assessing of traffic noise pollution of road transport in urban residential. *Romanian Journal of Transport Infrastructure*, 8 (1), 34–52. DOI: <http://dx.doi.org/10.2478/rjti-2019-0002>
16. Kombinovanyi shumozakhysnyi barier z intehrovanymy soniachnymy batareiamy: pat. Ukrainy №136314 / O.I. Lezhneva; opubl. 12.08.2019.

Рецензент: доктор техн. наук, доцент А.С. Галкін, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна.

Автор: ЛЕЖНЕВА Олена Іванівна

канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри екології Харківський національний автомобільно-дорожній університет

E-mail – legnevaelena@gmail.com

ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7743-6588>

Автор: ЛИННИК Ірина Едуардівна
доктор технічних наук, професор, професор каф.
міського будівництва
Харківський національний університет міського
господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – linnik.xnugx@gmail.com
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8972-3250>

Автор: СОКОЛОВА Надія Анатоліївна
асистент кафедри транспортних систем і
логістики
Харківський національний університет міського
господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – nad_s@ukr.net

Автор: ВАКУЛЕНКО Катерина Євгеніївна
кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри
транспортних систем і логістики
Харківський національний університет міського
господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – vakulenko.e@ukr.net
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0164-9437>

ON IMPROVEMENT OF ENVIRONMENTAL INDICATORS OF THE KHARKIV MOTORWAY SECTION

E. Lezhneva¹, I. Lynnyk², K. Vakulenko², N. Sokolova²

¹Kharkiv National Automobile and Highway University, Ukraine

²O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine

Nowadays, on the territory of large cities, there is an increase in emissions of harmful substances into the atmosphere. The reasons for this are manifold: violation of design technological regimes, outdated equipment, an increase in the volume of road transport.

The constantly growing intensity of traffic flows is annually accompanied by an increase in the anthropogenic load on the population of modern cities. With the increase in the number of vehicles on the streets of large cities, the world community has identified noise as one of the main factors that worsen the standard of living of people. To assess the noise pollution of the environment by road transport, a typical area of the urban area in the Kharkiv micro district was chosen. The study consisted of four main stages: Stage I – assessment of the road condition and environmental situation in the courtyards of the micro district; Stage II – assessment of acoustic pollution of the main area; Stage III – assessment of the concentration of pollutants; Stage IV – measures to reduce the level of environmental hazard.

The study revealed that residential areas around Gagarin Avenue are prone to high noise levels and high concentrations of pollutants in the air. So, Gagarin Avenue is in the zone of acoustic discomfort (noise level 80 dBA), which exceeds the permissible noise level, while the degree of man-made impact on the environment during road operation is 1000 UAH / hour for every 100 people. Based on the results of calculations of the concentrations of pollutants from vehicles along Gagarin Avenue, it was found that for almost all substances their concentrations exceed the MPC by more than 3 times. Analysis of the experience of European countries in the use of noise protection screens with integrated solar panels allowed us to propose a model of noise protection barrier with integrated solar panels, which can be used to protect the urban environment from noise, sound waves and exhaust chemicals. gases from internal combustion engines. It has been established that the placement of a combined noise protection screen will reduce the noise level by about 8–15 dBA. Noise load maps were built in the main area before and after the implementation of the environmental measure. The results of the study will make it possible to introduce administrative and legislative measures to ensure regulatory noise levels for residential areas adjacent to highways and environmental safety when organizing traffic on the streets of large cities.

Keywords: motor transport, traffic, pollution, atmosphere, solar panels, energy, noise, gases, noise protection screen.