

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

РЕШЕТЧЕНКО АЛЬОНА ІГОРІВНА



УДК 502.17:504.6:911.375(043.3)

**ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ УРБОСИСТЕМ ПРИ
ТЕХНОГЕННОМУ НАВАНТАЖЕННІ ВІД ШУМОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ**

Спеціальність 21.06.01 – екологічна безпека

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Суми – 2020

Дисертація є кваліфікаційною науковою працею на правах рукопису.

Робота виконана на кафедрі інженерної екології міст Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник:

доктор технічних наук, професор
Внукова Наталія Володимирівна,
Харківський національний
автомобільно-дорожній університет
Міністерства освіти і науки України,
завідувач кафедри екології, м. Харків.

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор
Адаменко Ярослав Олегович,
Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу
Міністерства освіти і науки України,
завідувач кафедри екології,
м. Івано-Франківськ;

доктор технічних наук, доцент
Гурець Лариса Леонідівна,
Сумський державний університет
Міністерства освіти і науки України,
доцент кафедри екології та
природозахисних технологій, м. Суми.

Захист дисертації відбудеться 30 жовтня 2020 р. о 10 год 00 хв на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 55.051.04 в Сумському державному університеті за адресою: 40007, м. Суми, вул. Римського-Корсакова, 2, корп. Ц, ауд. 219.

Із дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Сумського державного університету за адресою: 40007, Україна, м. Суми, вул. Римського-Корсакова, 2 та на сайті спеціалізованої вченої ради Д 55.051.04 за електронною адресою: <https://sumdu.edu.ua/uk/science/science-info/scientific-infrastructure/specialized-council/102-55-051-04.html>.

Автореферат розісланий 29 вересня 2020 року.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради Д 55.051.04



І. Ю. Аблєєва

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. За останні роки у світі рівень впливу міського шуму на стан навколишнього середовища і здоров'я населення збільшився майже на 25 %. Відповідно до «Future noise policy» (Publications Office of the EU), понад 80 % шумового навантаження на територіях житлової забудови урбосистем спричинено автомобільним транспортом. В Європейських країнах це зумовило розроблення та впровадження законодавчої бази щодо зменшення дії перевищених рівнів шуму на територіях урбосистем. Директива Європейського Союзу (Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council) вимагає гармонізації стандартів, що регламентують порядок визначення рівнів та впливу шуму по всій Європі, для надання вільної та доступної інформації щодо шумового режиму населених міст та залишає вільний простір для вибору вимог стосовно обсягу, вигляду і засобів надання громаді відповідних картографічних матеріалів для кожної країни-члена ЄС. Аналіз нормативно-правової бази України показав відсутність кореляцій регламентуючих законодавчих і нормативно-методичних документів, що ускладнює впровадження практичних рішень щодо активізації процесів регенерації та самоочищення навколишнього середовища від фізичного забруднення, зокрема шумових впливів урбанізованих територій. Серед факторів негативного впливу на навколишнє середовище та ускладнення процесів управління екологічною безпекою шумозахисту урбанізованих територій доцільно виділити: відсутність моніторингових даних щодо результатів шумового впливу та науково обґрунтованих шумозахисних рішень; багатофакторність параметрів процесів шумоутворення; відсутність системних обстежень та необхідного обладнання для проведення спостережень або низька ефективність існуючих технічних рішень, можливість підвищення рівнів шуму через виникнення позапланових дорожньо-будівельних та інших видів робіт комунального господарства. Це зумовлено недосконалістю існуючих нормативно-методичних підходів, зокрема відсутністю настанов щодо принципів розміщення моніторингових ділянок, періодичності та порядку визначення рівнів шуму на територіях сельбищних зон у межах впливу автомобільно-дорожньої мережі. Отже, розроблення комплексного підходу до розв'язання проблеми зниження техногенного навантаження на навколишнє середовище від шумового забруднення становить актуальне науково-прикладне завдання в галузі екологічної безпеки.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження та наукові результати дисертаційної роботи відповідають пріоритетним напрямкам розвитку науки й техніки України, а саме тематичному напрямку комплексного моніторингу фізичних факторів впливу «Державної цільової екологічної програми проведення моніторингу навколишнього природного середовища» та закону України «Про охорону атмосферного повітря».

Дослідження проводились у Харківському національному університеті міського господарства імені О. М. Бекетова під час виконання науково-дослідних робіт: «Методологічні засади відновлення та захисту міських

територій» (номер держреєстрації 0112U001033), «Екологічно сталий розвиток урбосистем в контексті європейської інтеграції України» (номер держреєстрації 0117U000679), «Аналіз комплексного впливу забруднень фізичного походження на стан урбанізованих територій» (НДР № 53-65/15) та у Харківському національному автомобільно-дорожньому університеті під час виконання науково-дослідної роботи «Вдосконалення комплексного підходу до вирішення проблем екологічної безпеки при функціонуванні автотранспортного комплексу України в сучасних умовах» (номер держреєстрації 0119U103260), у яких автор брав участь як виконавець.

Мета і завдання дослідження. Метою дослідження є зниження техногенного навантаження на довкілля шляхом удосконалення науково-практичних засад управління екологічною безпекою урбанізованих територій у разі шумового забруднення.

Для досягнення зазначеної мети було поставлено такі завдання дослідження:

- проаналізувати нормативну базу і засоби щодо організації моніторингу шумового забруднення урбанізованих територій;
- створити структуру, методичні та математичні засоби дослідження сельбищних зон, що зазнають впливу від лінійних джерел шуму, для мінімізації техногенного навантаження на довкілля;
- оцінити внесок смуг зелених насаджень у зниження шуму, що створюється лінійними джерелами шуму урбанізованих територій з урахуванням архітектурно-планувальних особливостей місцевості та геометрії насаджень;
- удосконалити систему науково-методичних підходів до організації експериментальних досліджень із визначення рівнів шумового забруднення на територіях сельбищних зон урбосистем з урахуванням архітектурно-планувальних рішень забудованих територій;
- обґрунтувати та вдосконалити метод управління екологічною безпекою на основі засад проведення моніторингу рівнів шуму як складової моніторингу атмосферного повітря із наданням рекомендацій щодо впровадження екологічно безпечних рішень;
- розвинути практичну складову науково-теоретичних засад з урахуванням натурних досліджень із рекомендаціями щодо впровадження практичних рішень у зниженні техногенного навантаження урбосистем від шумового забруднення.

Об'єкт дослідження – вплив шумового забруднення на урбосистеми.

Предмет дослідження – методи та засоби підвищення рівня екологічної безпеки урбосистем у разі шумового забруднення сельбищних зон.

Методи дослідження. Теоретичні дослідження дисертаційної роботи базуються на класичних методах наукового пізнання: аналіз інформації, синтез, аналогія та наукове узагальнення літературних джерел. У процесі експериментальних досліджень використані такі методи: польові (проведення натурних обстежень для вибору типових профілів на території сельбищної зони урбосистем та контрольних профілів у рекреаційних зонах урбосистем),

експертні (оцінка зелених насаджень, облік руху автомобільних потоків), інструментальні (вимірювання рівнів шумового забруднення на обраних експериментальних профілях), візуальний. Для обробки експериментальних даних використовувались аналітичні методи та статистичний (із застосуванням пакета прикладних програм Microsoft Excel, StatSoft STATISTICA ® 10). Математичне моделювання здійснювалось за допомогою програмного забезпечення Microsoft Excel та PTC Mathcad.

Наукова новизна одержаних автором результатів. Наукова новизна одержаних результатів полягає в розвитку теоретичних, методологічних та науково-практичних засад екологічної безпеки урбанізованих територій у разі шумового забруднення. У роботі одержані такі наукові результати:

вперше:

- запропоновано уніфіковані схеми розташування контрольних точок з метою визначення рівнів шумового забруднення з урахуванням архітектурно-ландшафтного планування сельбищних зон урбосистем;
- запропоновано та науково обґрунтовано засади моніторингу рівнів шумового забруднення як складової моніторингу атмосферного повітря з метою підвищення екологічної безпеки урбосистем;
- розроблено математичну модель, яка надає можливість розрахувати інтегральний показник оцінки внеску смуг зелених насаджень у зниження рівнів шуму від лінійних джерел, які є універсальними для зелених насаджень різного типу та враховує ширину шумозахисної смуги;

удосконалено:

- науково-методичні підходи до проведення експериментальних досліджень техногенного шумового забруднення урбосистем, що дозволило визначити шумопоглинальні властивості наявних смуг зелених насаджень придорожного простору;

набули подальшого розвитку:

- методичні підходи до організації комбінаторних шумозахисних практичних рішень упровадження локального озеленення для зниження техногенного навантаження урбосистем від шумового забруднення.

Практичне значення отриманих результатів. Оцінка рівнів шумового забруднення сельбищних зон, яку проведено за удосконаленою методикою організації експериментальних досліджень із визначення рівнів шуму, дозволила констатувати перевищення гранично допустимих рівнів шуму на досліджуваних ділянках сельбищних зон. На підставі розробленої математичної моделі проведено розрахунок внеску наявних смуг зелених насаджень у зниження рівня транспортного шуму, які не забезпечують необхідного захисту досліджуваних ділянок. Удосконалена методика проведення експериментальних досліджень техногенного шумового забруднення від лінійних джерел шуму була впроваджена та використана під час планових перевірок транспортних засобів та їхніх шумових характеристик, для недопущення техногенного забруднення придорожного простору урбосистем на ТОВ «УКРАВТОТРАНС ПЛЮС» (акт впровадження від 21 січня 2020 року).

Для підвищення ефективності оцінки стану екологічної безпеки урбанізованих територій, запропоновано порядок проведення моніторингу рівнів шуму, спричиненого лінійними джерелами шуму на територіях сельбищних зон. Практична реалізація цієї методики дозволила удосконалити матеріали оцінки впливу на довкілля планової діяльності суб'єктів господарювання з метою недопущення техногенного забруднення придорожного простору урбосистем, та впроваджена у Департаменті екології та природних ресурсів Харківської обласної державної адміністрації (акт впровадження від 15 червня 2020 року).

Запропоновані автором статистичні методи обробки інформації даних, отриманих під час експериментальних досліджень еквівалентних рівнів шуму та параметрів деревного ярусу з уведенням показника зімкнутості крон у вертикальній проєкції для такого роду натурних досліджень, дозволили зробити висновки щодо ефективності зниження рівнів шуму залежно від просторової геометрії смуг зелених насаджень. На підставі одержаних результатів було запропоновано використання комбінаторних рішень щодо застосування локального озеленення придорожного простору сельбищних зон, що знаходяться у зоні впливу автомобільної дороги. Розроблені автором рекомендації локального озеленення сельбищних зон урбосистем були схвалені як ефективні методи захисту від шуму в галузі зеленого будівництва СКП «Харківзеленбуд» ХМР (акт впровадження від 18 травня 2020 р.).

Результати наукових досліджень впроваджено в навчальний процес кафедри інженерної екології міст Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова під час викладання дисципліни «Фізичні аспекти екології» та «Вступ до фаху» для студентів спеціальностей 101 – Екологія і 183 – Технології захисту навколишнього середовища (акт впровадження від 5 лютого 2020 р.) та кафедри екології Харківського національного автомобільно-дорожного університету під час викладання дисциплін «Екологічний аудит» та «Моніторинг» для студентів спеціальностей 101 – Екологія (акт впровадження від 11 березня 2020 р.)

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота є особистим дослідженням автора в галузі екологічної безпеки. Автор особисто: проводив експериментальні дослідження із визначення рівнів шумового забруднення та оцінки параметрів зелених насаджень; удосконалив методику проведення експериментальних досліджень із визначення рівнів шумового забруднення сельбищних зон, що організована за розробленими автором уніфікованими схемами розташування контрольних точок для виміру рівнів шуму; узагальнив та статистично обробив отримані експериментальні дані, у результаті чого було сформовано основні науково-методичні засади організації моніторингу шумового забруднення сельбищних зон, що дозволило надати рекомендації з удосконалення методу управління екологічною безпекою завдяки системно-екологічному підходу. Здобувач брав безпосередню участь у розробленні аналітичної моделі, в основу якої лягли експериментальні спостереження та результати, отримані автором особисто.

Висновки та рекомендації для практичного впровадження результатів дослідження у вигляді комбінаторних рішень із застосування локального озеленення сельбищних зон урбосистем були сформульовані разом із науковим керівником – д-р техн. наук, проф. Н. В. Внуковою. Внесок автора в роботах, опублікованих у співавторстві, наведений у списку праць за темою дисертації.

Апробація результатів дисертації. Основні положення, наукові та практичні результати дисертації доповідалися та обговорювалися на наукових конференціях: VI Міжнародній науково-теоретичній інтернет-конференції «Місто. Культура. Цивілізація» (м. Харків, ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, квітень 2016 р.); XIV міжнародній науково-технічній конференції «Проблеми екологічної безпеки» (м. Кременчук, КНУ ім. Михайла Остроградського, 12–14 жовтня, 2016 року); XI Forum for Young Researchers «Young Researchers in the Global World: vistas and challenges» (Kharkiv, 20 May 2016); III Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні проблеми природничих наук: теорія, практика, освітні новації», (м. Ніжин, НДУ ім. Миколи Гоголя, 18 жовтня 2018 р.); IV Міжнародній науково-практичній конференції студентів, магістрів та аспірантів «Галузеві проблеми екологічної безпеки» (м. Харків, ХНАДУ, 19 жовтня 2018 р.), Міжнародній науковій конференції молодих вчених «Регіональні проблеми охорони довкілля» (м. Одеса, ОДЕКУ 30 травня – 1 червня 2018 р.), XII Всеукраїнській студентській науково-технічній конференції «Сталий розвиток міст» (м. Харків, ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 24 квітня 2019 р.); V Міжнародній науково-практичній конференції студентів, магістрів та аспірантів «Галузеві проблеми екологічної безпеки» (м. Харків, ХНАДУ, 25 жовтня 2019 р.); XI International Scientific Conference “Science progress in European countries: new concepts and modern solutions» (Stuttgart, Germany, 20 December 2019); Міжнародній науковій конференції молодих вчених «Регіональні проблеми охорони довкілля» (м. Одеса, ОДЕКУ 1–3 червня 2020 р.)

Публікації. Результати дисертаційних досліджень опубліковані у 17 наукових працях: 7 статей, з яких 5 – у наукових фахових виданнях із переліку МОН України з технічних наук, 1 – у наукових фахових виданнях із переліку МОН України з географічних наук, 1 – у науковому періодичному міжнародному виданні з технічних наук та 10 тез доповідей, із яких 1 опублікована у закордонному виданні.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається з анотації, вступу, п’яти розділів, висновків, списку використаних джерел, 5 додатків. Загальний обсяг роботи становить 155 сторінок, з яких 114 сторінок основного тексту. Дисертаційна робота містить 16 рисунків, 14 таблиць за текстом, список використаних джерел у кількості 161 найменування на 18 сторінках. Додатки розміщені на 10 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації, сформульовані мета та основні завдання дослідження, визначено наукову новизну й практичне значення одержаних результатів, наведені відомості про особистий внесок здобувача та апробацію результатів роботи, публікації, структуру та обсяг роботи.

Перший розділ присвячений аналітичному огляду літературних джерел за темою дисертації, а саме техногенному забрудненню урбосистем від шуму, що створюється унаслідок роботи транспортних засобів. Проаналізовано законодавчу базу України та Європи у сфері охорони навколишнього середовища, зокрема від підвищених рівнів шуму, та чинні нормативно-методичні засади запровадження моніторингу рівнів шумового забруднення. Порівняно український та європейський досвід у боротьбі із негативним впливом транспортного шуму, шляхи вирішення питань із зниження рівнів шумового навантаження на територіях сельбищних зон урбосистем. Проаналізовано та узагальнено наукові дослідження шумового режиму урбанізованих територій щодо основних методів оцінки, вибору засобів регулювання та напрямків дослідження, що розглянуті в роботах таких провідних науковців, як Я. О. Адаменко, В. С. Бахарєв, Н. В. Внукова, О. І. Запорожець, В. Г. Петрук, Н. О. Ткач, S. Ozer.

Наукове узагальнення літературних джерел засвідчило наявність гострого питання щодо недостатньої систематизації та обґрунтованості комплексного захисту сельбищних зон від негативної дії шуму, зокрема застосування смуг зелених насаджень як «зелених шумопоглинальних екранів», розташованих уздовж міських автомобільних доріг, що межують із територіями сельбищних зон.

Систематизація та аналіз чинних законодавчих та нормативно-правових актів України засвідчили, що не зважаючи на обов'язковість проведення екологічного моніторингу всіх видів фізичних факторів та впливів на атмосферне повітря, що передбачено ЗУ «Про атмосферне повітря» та «Державною цільовою екологічною програмою проведення моніторингу навколишнього природного середовища», методична база організації та проведення моніторингу рівнів шумового забруднення на територіях сельбищних зон України відсутня. Це обумовлює доцільність розроблення науково-практичних рекомендацій з організації моніторингових досліджень рівнів шумового забруднення із обґрунтуванням обов'язкових етапів такого моніторингу, що передбачають удосконалення науково-методичних підходів з організації експериментальних досліджень визначення рівнів шумового забруднення та організації впровадження ефективних шумозахисних рішень для забезпечення екологічної безпеки урбанізованих територій.

У другому розділі описані об'єкт та методи дослідження, методичне забезпечення проведення експериментальних досліджень та методи оброблення одержаних результатів. Наведено критерії вибору експериментальних профілів, що обумовлені наявністю типових факторів організації урбанізованої території,

що містить у собі взаємопов'язані антропогенні мікроекосистеми. Урбосистема міста Харків характеризується наявністю особливостей типової урбосистеми: 1) урбанізована територія; 2) розвинена інфраструктура; 3) розвинута автотранспортна мережа; 4) типова житлова забудова; 5) рекреаційні зони. Аналіз отриманих експериментальних даних виявив найбільш репрезентативні контрольні точки для проведення вимірів рівнів шуму. Під час обробки отриманих експериментальних даних було підтверджено їхню репрезентативність для типових профілів сельбищних зон урбосистем.

Усі натурні профілі експериментальних досліджень були обрані так, щоб одночасно із рівнями шумового забруднення визначити вплив зелених насаджень на зниження рівнів шуму, спричиненого роботою автомобільного транспорту. Для досягнення поставленої мети було обрано профілі, що мають функції об'єктів міської інфраструктури та розташовані у сельбищних та паркових зонах міста, а також знаходяться у зоні впливу транспортної інфраструктури. Як профілі тест-об'єкта обрано лісопаркову зону міста, що є прилеглою до автомобільної дороги із мінімальним впливом інших факторів утворення шуму окрім руху автотранспорту.

Вимірювання рівнів шумового забруднення на обраних експериментальних профілях проводилось за удосконаленою розробленою автором методикою, протягом трьох років у вегетаційний період із використанням відкаліброваного шумоміра-реєстратора DT – 8852.

Аналітичний огляд показав, що після відміни чинного до 01.01.2019 р. ГОСТу 23337-78. «Шум. Методы измерения шума на селитебной территории и в помещениях жилых и общественных зданий» виникла потреба у регламентуванні методики проведення експериментальних вимірів рівнів шуму від автомобільних доріг з урахуванням щільної міської забудови та ландшафтного озеленення примігстральних ділянок урбосистем.

Удосконалення існуючої методики ГОСТ 20444-85 шляхом введення репрезентативних точок вимірювання дозволило покращити науково-методичні підходи до організації натурних досліджень рівнів шумового забруднення примігстральних територій. З метою урахування усіх наведених рекомендацій та вимог у нормативно-правовій літературі (ГОСТ 20444-85, ДБН В 2.3-5:2018, ДБН Б.2.2-12:2019) щодо відстаней між автомобільними дорогами та сельбищної зоною, запропоновано уніфіковану шкалу визначення відстаней для проведення досліджень із визначення рівнів шуму сельбищних зон, що знаходяться у зоні впливу автомобільних доріг. Цей підхід враховує усі можливі варіанти компонування урбанізованої території, що дозволило виявити шумопоглинальні властивості смуг зелених насаджень придорожного простору та надати екологічно безпечні шумозахисні рішення із зниження техногенного забруднення та кількісно оцінити шумове навантаження на території сельбищних зон, що знаходяться у зоні впливу автомобільної дороги.

Запропоновану уніфіковану схему розташування контрольних точок для проведення досліджень із визначення рівнів шуму сельбищних зон за удосконаленою методикою наведено на схемах (рис. 1).

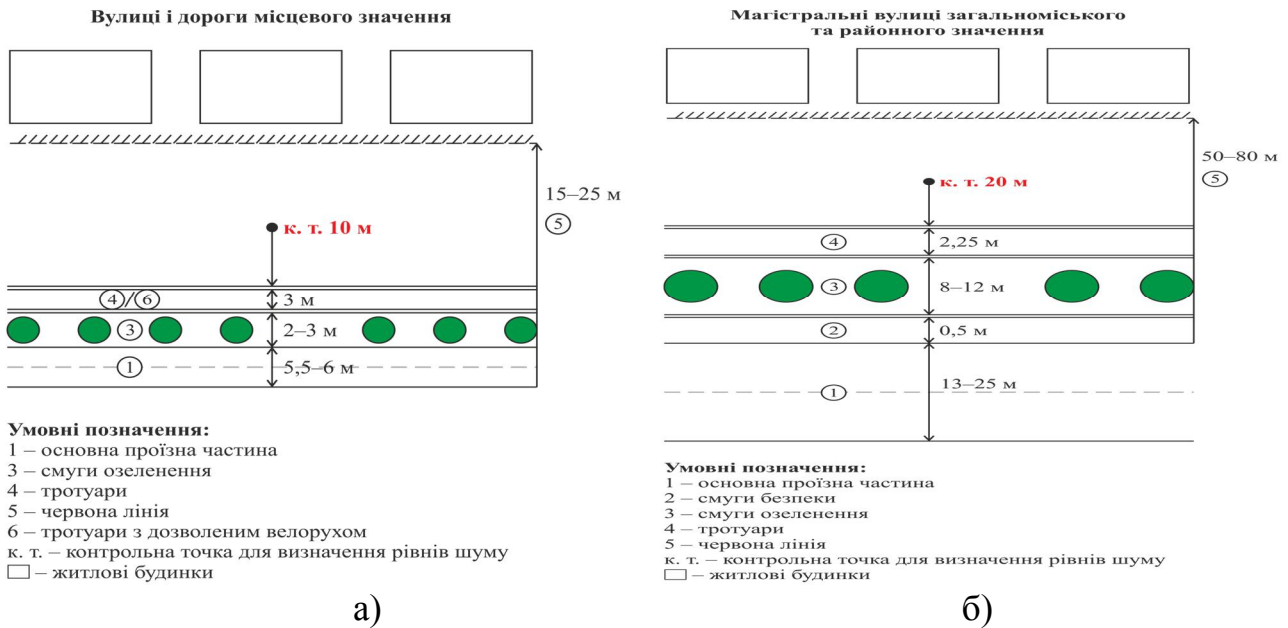


Рисунок 1 – Схема розташування контрольної точки для проведення експериментальних досліджень із визначення рівнів шуму сельбищної зони, що є прилеглою до: а) – вулиць і доріг місцевого значення; б) магістральних вулиць загальноміського та районного значення

Ураховуючи архітектурно-планувальні умови забудови сельбищної зони, що межує із вулицями та дорогами місцевого значення, під час експериментальних досліджень було виявлено, що найбільш репрезентативною контрольною точкою, яка демонструє оціночні рівні шумового забруднення досліджуваної ділянки, є відстань у 10 м від крайньої лінії проїзної частини. Така відстань охоплює смугу зелених насаджень, що слугує протишумовою перешкодою на шляху розповсюдження звукової хвилі та знаходиться на достатній відстані від житлових будинків, які можуть бути додатковим джерелом шуму (наприклад при відкритих вікнах побутовий шум може розповсюджуватись на територію сельбищної зони, а нормування та проведення експериментальних досліджень у середині приміщень має інші нормативні документи та характер досліджень), що зі свого боку може призвести до отримання некоректних експериментальних даних.

Розташування контрольної точки на відстані 20 м від проїзної частини магістральних вулиць загальноміського та районного значення обґрунтовано тим фактом, що такі вулиці мають більшу кількість смуг руху автомобільного транспорту та вищу інтенсивність транспортного руху. Із схеми також видно, що житлові будинки, що знаходяться у зоні впливу такого типу вулиць, типово розміщені на більшій відстані від автомобільної дороги. Отже, для отримання коректних даних із вимірів рівнів шуму доцільно проводити експериментальні дослідження на відстані 20 м від лінійного джерела шуму, що охоплює смугу захисних зелених насаджень та знаходиться на достатній відстані від житлових будинків.

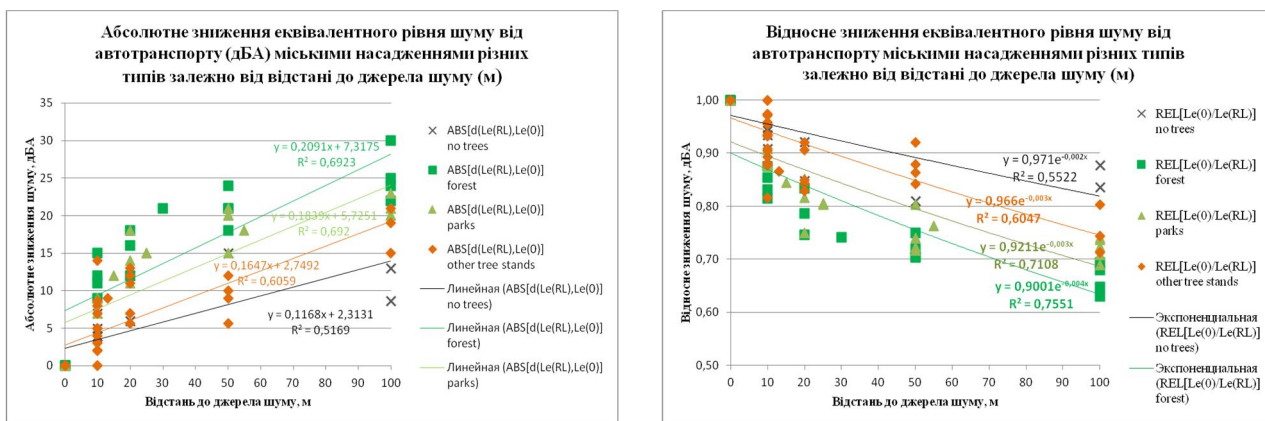
Під час проведення експериментальних натурних досліджень на обраних профілях використовували підходи і методи, що застосовуються у таксації

міських та лісових насаджень. Надано параметричні характеристики деревного та чагарникового ярусів. Наведено математичний апарат обробки експериментальних даних, що передбачає розрахунки: еквівалентного рівня шуму, абсолютного зменшення еквівалентного рівня шуму на відстані, відносного зменшення еквівалентного рівня шуму на відстані, визначення абсолютної та відносної похибки даних. Із застосуванням програмного пакету StatSoft STATISTICA ® 10 проведено аналіз головних компонент (АГК) отриманих експериментальних значень та перевірено за допомогою статистичного критерію узгодженості Колмогорова – Смірнова (К-S).

У **третьому розділі** надано результати статистичної обробки отриманих експериментальних даних та розробки математичної моделі, за розрахунками якої можливо провести оцінку внеску смуг зелених насаджень у зниження шуму лінійних джерел у зоні впливу автомобільних доріг на територіях сельбищних зон урбосистем. За допомогою запропонованої моделі можливо розрахувати інтегральний показник $d(r, r_0)$, що визначає зниження рівнів шуму завдяки смугам зелених насаджень шириною $r - r_0$.

Використовуючи статистичні методи аналізу, масив отриманих протягом 2016 – 2018 років експериментальних даних було розділено на 4 групи за класифікувальною ознакою «тип насаджень»: насадження відсутні, лісопарк, парки, інші насадження (вуличні та внутрішньо-квартальні) та проаналізовано окремо в кожній групі. За середніми значеннями зменшення еквівалентного рівня шуму від автотранспорту – як в абсолютних, так і у відносних величинах – є найбільш істотним на профілях, що розташовані у насадженнях лісопаркової зони від 15 % до 34 % на відстанях від 10 м до 100 м. Насадження паркового типу дають зменшення еквівалентного рівня шуму від 10 % до 28 % на відстанях від 10 м до 100 м, а насадження інших типів – від 6 % до 25 % на відстанях від 10 м до 100 м вглиб від краю проїжджої частини. У той же час на профілях, де насадження відсутні, абсолютне зменшення еквівалентного рівня шуму сягало від 8 % до 14 % на тих самих відстанях.

Ряди даних, що відображують зменшення еквівалентного рівня шуму на профілях, згрупованих за ознакою наявності насаджень різних типів чи їхньої відсутності, залежно від відстані до лінійного джерела шуму, зображені на рис. 2. Щоб встановити, як розрізняються між собою ці ряди даних, було застосовано непараметричний статистичний критерій Колмогорова – Смірнова (К – S) для попарного порівняння рядів даних.



а) абсолютне зниження еквівалентного рівня шуму б) відносне зниження еквівалентного рівня шуму

Рисунок 2 – Зниження еквівалентного рівня шуму від автотранспорту залежно від відстані до джерела шуму на експериментальних профілях

За критерієм Колмогорова – Смірнова всі ряди, що відображають абсолютне зниження еквівалентного рівня шуму на профілях, які відносяться до різних типів насаджень, а також на контрольних профілях (без насаджень) залежно від відстані до лінійного джерела шуму, є істотно відмінними один від одного при рівні значущості $p > 0,95$ ($\alpha < 0,05$). Це означає, що таке зменшення може бути описаним родинною рівнянь, побудованих методами регресійного аналізу, що відображають залежність вигляду:

$$y = ax + b. \quad (1)$$

Програмними засобами MS Excel ® побудовано лінійні регресійні моделі абсолютного зниження еквівалентного рівня транспортного шуму залежно від відстані до джерел шуму насадженнями різних типів:

– для лісопаркової зони:

$$ABS(L(R_L) - L(0)) = 0.2091R_L + 7.3175 \quad (R^2 = 0.6923); \quad (2)$$

– для парків:

$$ABS(L(R_L) - L(0)) = 0.1839R_L + 5.7251 \quad (R^2 = 0.6920); \quad (3)$$

– для вуличних та внутрішньо-квартальних насаджень:

$$ABS(L(R_L) - L(0)) = 0.1647R_L + 2.7492 \quad (R^2 = 0.6059); \quad (4)$$

– міська забудова без насаджень:

$$ABS(L(R_L) - L(0)) = 0.1168R_L + 2.3131 \quad (R^2 = 0.5169), \quad (5)$$

де $L(R_L)$ – еквівалентний рівень шуму на відстані R від проїжджої частини, дБА; $L(0)$ – еквівалентний рівень шуму на відстані 0 м від проїжджої частини, дБА.

Отже, показано, що наявність насаджень на урбанізованих територіях у місцях із інтенсивним транспортним рухом істотно впливає на величину зменшення рівня шумового навантаження у міру віддалення від лінійного джерела шуму. І чим більше за своєю структурою насадження наближаються до паркових або лісових, тим ця різниця є більшою.

Наведена у нормативній літературі формула зниження рівнів звукового тиску $\beta_{зел}$, дБ/м, під час проходження звуку крізь смугу зелених насаджень визначається як:

$$\beta_{зел} = 0,01 \cdot (f)^{1/3}, \quad (6)$$

де f – середньо-геометрична частота відповідної октавної смуги, Гц.

Як зазначено у ДСТУ-Н.Б.В 11-35:2013 ця формула застосовується лише для багаторядних щільних смуг зелених насаджень, а зниження шуму рідкими посадками дерев або чагарників не враховується під час розрахунків. Експериментально та статистично підтверджено наявний ефект у зниженні транспортного шуму наявними рідкими смугами зелених насаджень, що обумовлює доцільність розроблення універсальної математичної моделі оцінки внеску таких смуг. Ця модель враховує інтегральний показник зниження шуму смугами зелених насаджень залежно від їхньої ширини (тобто кількості рядів насаджень).

Під час розроблення математичної моделі автотранспортний потік, що рухається, розглядається як лінійне джерело шуму, та припускається, що кожна миттєва реєстрація рівня шуму робить однаковий внесок під час осереднення результатів вимірів. Якщо враховувати швидкість поширення звуку в атмосфері (приблизно 340 м/с), а дією інших факторів можна знехтувати, то середній радіальний потік акустичної енергії від лінійного джерела шуму через циліндричну поверхню на віддаленні до кілометра від дороги із віссю вздовж дорожньої смуги є постійною величиною та має вигляд:

$$\alpha \cdot r \cdot l \cdot j(r) = const, \quad (7)$$

де α – кут поміж лініями, що на перерізі дороги відображають земну поверхню (земній поверхні відповідає $\alpha = \pi$), рад.; r – радіус циліндричної поверхні хвильового фронту або віддалення від лінійного джерела шуму, м; l – довжина циліндричної поверхні вздовж дороги, м; $j(r)$ – середня густина радіального потоку акустичної енергії на відстані r від джерела, Вт/м².

Було виділено фактори, що впливають на послаблення шуму: зменшення інтенсивності шуму через зростання площі фронту акустичних хвиль, швидкість зменшення потоку енергії шуму з віддаленням від джерела пропорційна питомому розширенню фронту звукової хвилі завдяки поглинанню земною поверхнею звукових хвиль; дисипація, тобто витрати енергії шуму на внутрішнє тертя і теплообмін, а також розсіювання потоку акустичної енергії на атмосферній турбулентності та частках атмосферних утворень, також діє одночасно із іншими наведеними факторами послаблення шуму.

Послаблення шуму в смугах зелених насаджень відбувається шляхом поглинання та розсіювання потоку акустичної енергії на листках та пагонах дерев та чагарників. Оскільки перенесення акустичної енергії має хвильовий характер, то є пряма аналогія із явищем екстинкції (послабленням) хвильового

потоків світла на неоднорідностях в атмосфері або рідинах. Для швидкості зменшення потоку акустичної енергії, відповідно до цієї аналогії, приймаємо рівняння у вигляді:

$$\frac{dJ(r)}{dr} = -k(r)J(r), \quad (8)$$

де $k(r)$ – змінний коефіцієнт екстинкції шуму в приземному шарі атмосфери із змінною акустичною густиною в межах смуг зелених насаджень, м^{-1} .

Вважаємо, що названі фактори діють одночасно та незалежно один від одного, отже загальне рівняння розподілу енергії шуму від дорожнього транспортного потоку за відстанню має вигляд:

$$\frac{dJ(r)}{dr} = -\frac{1}{r} \cdot J(r) - \frac{\beta}{r} J(r) - \gamma J(r) - k(r) \cdot J(r), \quad (9)$$

де β – коефіцієнт втрат акустичної енергії завдяки віддзеркаленню від земної поверхні; γ – коефіцієнт послаблення шуму; $k(r)$ – змінний коефіцієнт екстинкції шуму в приземному шарі атмосфери зі змінною акустичною густиною в межах смуг зелених насаджень, м^{-1} ; $J(r)$ – середня густина радіального потоку акустичної енергії на відстані r від джерела, $\text{Вт}/\text{м}^2$.

Припускається, що коефіцієнти β та γ можуть визначатись за даними натурних спостережень. Для цього було переведено типовий графік зниження рівня шуму із відстанню, що наведений у нормативній літературі, у табличні значення (табл. 1).

Таблиця 1 – Розподіл рівня шуму дорожнього руху

Ближня зона		Дальня зона	
r , м	$\Delta L(r)$, дБА	r , м	$\Delta L(r)$, дБА
10	1,5	10	1,5
20	5,4	100	15,4
30	7,7	200	20,3
40	9,5	300	23,2
50	11	400	25,5
60	12,2	500	27
70	13	600	28,3
80	13,9	700	29,2
90	14,7	800	30,2
100	15,4	900	31
110	16,1	1 000	31,9

Використання табличних значень r і $\Delta L(r)$ дає такі величини коефіцієнтів, що визначаються:

- для ближньої зони $\beta = 0,235$ і $\gamma = 0,0038 \text{ м}^{-1}$;
- для дальньої зони $\beta = 0,403$ і $\gamma = 0,00052 \text{ м}^{-1}$.

Внесок смуг зелених насаджень у зниження рівня шуму можна вирахувати за даними проведених натурних вимірювань користуючись моделлю у вигляді:

$$d(r, r_0) = \frac{\Delta L(r, r_0) - 10(1 + \beta) \lg\left(\frac{r_0}{r}\right)}{10 \lg(e)} - \gamma \cdot (r - r_0), \quad (10)$$

де $d(r, r_0)$ – зниження рівня шуму в межах смуг зелених насаджень, що знаходиться у придорожній смузі шириною $r - r_0$, дБА; $\Delta L(r, r_0)$ – зниження рівня шуму за даними двох вимірювань на границях смуги шириною $r - r_0$, дБА; β – коефіцієнт втрат акустичної енергії за віддзеркаленням від земної поверхні, що обирається залежно від розташування смуг зелених насаджень у ближній або дальній зоні від дороги; γ – коефіцієнт послаблення шуму, що обирається залежно від розташування смуг зелених насаджень у ближній або дальній зоні від дороги; r_0 – відстань від лінійного джерела шуму до точки вимірювання рівня шуму перед границями смуг зелених насаджень, м; r – відстань другої точки вимірювання рівня шуму за межею зовнішньої границі смуг зелених насаджень, м.

Апробація аналітичної моделі (10) визначає, що максимальне зниження шуму на досліджуваних ділянках сягає в середньому 5 %, що не забезпечує дотримання санітарних норм на територіях сельбищних зон. Результати розрахунків за аналітичною моделлю (10) наведені у табл. 2.

Таблиця 2 – Усереднені результати оцінки внеску смуг зелених насаджень у зниження шуму за даними експериментальних досліджень у вегетаційний період 2016 – 2018 р. р. ($r_0 = 7,5$ м, $\beta = 0,235$ та $\gamma = 0,0038$ м⁻¹)

Позначення експериментальних ділянок	$r - r_0$, м	$\Delta L(r, r_0)$, дБА	$d(r, r_0)$, дБА	Позначення експериментальних ділянок	$r - r_0$, м	$\Delta L(r, r_0)$, дБА	$d(r, r_0)$, дБА
TN01	10	13	4	TN06	10	5	2,2
	20	10	3,8		20	7	3,1
	50	10	4,6		50	9	4,4
	100	13	5,9		100	19	7,3
TN02	10	9	3,1	TN07	10	9	3,1
	20	12	4,3		20	14	4,8
	50	15	5,8		50	15	5,8
	100	13	5,9		100	21	7,7
N03	10	12	3,8	TN08	10	5	2,2
	20	15	5		10	5	2,2
	50	20	6,9		10	7	2,6
	100	20	7,5		10	5	2,2

Продовження табл. 2

Позначення експериментальних ділянок	$r - r_0$, м	$\Delta L(r, r_0)$, дБА	$d(r, r_0)$, дБА	Позначення експериментальних ділянок	$r - r_0$, м	$\Delta L(r, r_0)$, дБА	$d(r, r_0)$, дБА
TN04	10	7	2,6	TN09	10	9	3,1
	20	15	5		20	12	4,3
	50	18	6,5		50	18	6,5
	100	20	7,5		100	22	8
TN05	10	2	1,5	TN10	10	15	4,5
	20	12	4,3		30	21	6,7
	50	12	5,1		50	24	7,9
	100	15	6,4		100	30	9,8

Четвертий розділ присвячений удосконаленню системи моніторингу атмосферного повітря з розробкою рекомендацій щодо організації моніторингу рівнів шумового забруднення.

Відповідно до Закону України «Про охорону атмосферного повітря» моніторинг шумового забруднення підлягає державному обліку як один із факторів фізичного впливу на атмосферне середовище та може бути виділений як окремий вид моніторингу навколишнього середовища. З метою формування атмосферно-екологічного правопорядку та більш ефективної науково-обґрунтованої моніторингової політики в державі, забезпечення екологічної безпеки сельбищних зон урбосистем та формування інформаційної бази щодо техногенного навантаження на атмосферне повітря пропонується проведення моніторингу рівнів шуму, спричиненого роботою автотранспортних засобів на територіях сельбищних зон урбосистем, за алгоритмом, запропонованим автором вперше, що наведено на рис. 3.

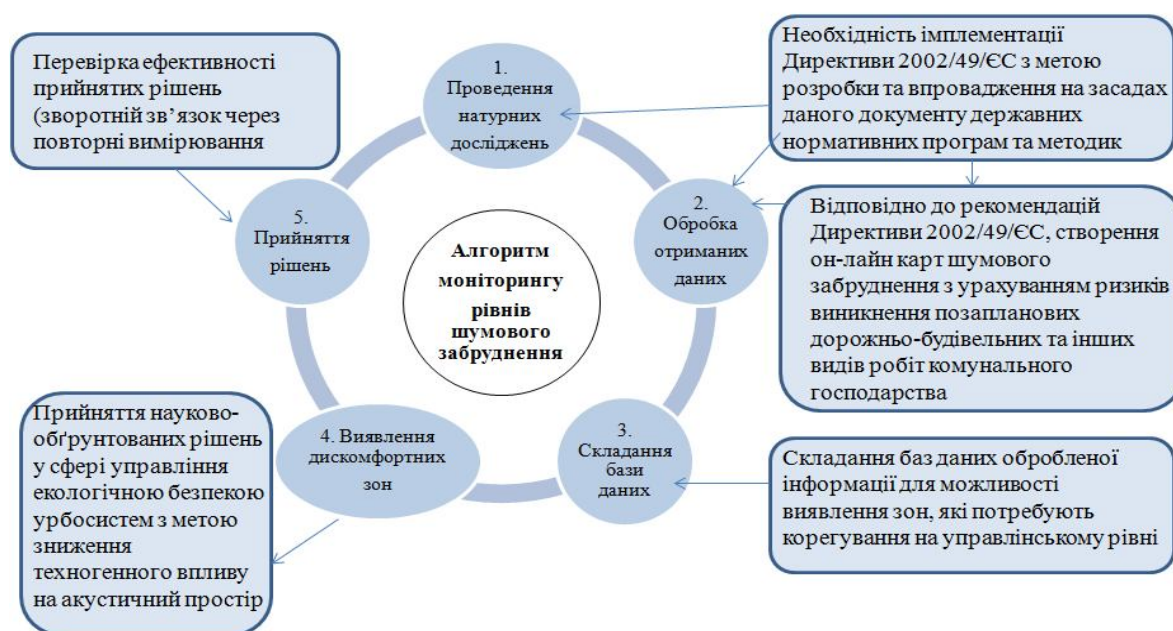


Рисунок 3 – Алгоритм моніторингу рівнів шумового забруднення

Перед початком моніторингових спостережень необхідно обрати найбільш репрезентативні майданчики для одержання достовірних результатів шумового режиму досліджуваних ділянок. Для досягнення цієї мети, необхідно провести одноразові виміри рівнів шуму за удосконаленими науково-методичними підходами до проведення експериментальних досліджень, що мають бути організовані відповідно до уніфікованих схем розташування контрольних точок із визначення рівнів шуму, запропонованими автором вперше. Усі подальші експериментальні дослідження першого етапу моніторингу необхідно проводити за приведеною методикою.

Враховуючи інтенсивність транспортного руху по вулично-дорожній та транспортній мережі урбосистем, що є прилеглими до сельбищних зон, рекомендовано оптимальну періодичність вимірювання рівнів шуму – щомісячно, 2 рази на тиждень у будні та вихідні дні. У денний час потрібно вимірювати еквівалентні та максимальні рівні шуму: перший раз в інтервалі 8.00 – 11.00 год, другий раз в інтервалі 11.00 – 17.00 год, третій раз в інтервалі 17.00 – 22.00 год. У нічний час варто проводити вимірювання два рази: перший раз у проміжку 22.30 – 00.30 год або 05.00 – 06.00 год.

Другий етап моніторингу шуму містить обробку отриманих натурних даних. Оціночними рівнями є еквівалентні рівні шуму, що обумовлені розрахунком за відомою із нормативної літератури формулою:

$$L_{Aeq} = 10 \lg \left(\frac{1}{N} \cdot 10^{0.1 \cdot L_{At}} \right), \quad (11)$$

де L_{Aeq} – виміряні рівні звуку, дБА; N – загальна кількість відліків рівнів звуку.

Для реалізації третього етапу накопичення банку даних моніторингових досліджень було розроблено базу даних на основі Microsoft Access, яка в подальшому може використовуватись для зберігання та обробки інформації результатів моніторингу. Основні таблиці у базі даних моніторингу шуму повинні містити такі дані: назви та шифри вулиць, на яких проводиться моніторинг шуму; розташування моніторингових майданчиків із урахуванням адрес та типу території; характеристики досліджуваних транспортних потоків; дані розрахунків еквівалентних L_{Aeq} та максимальних рівнів L_{Amax} шуму із зазначенням дати та часу проведення вимірювань; гранично допустимі рівні шуму залежно від часу доби та типу території.

Четвертий етап алгоритму моніторингу рівнів шуму вимагає виявлення дисконфортних зон для населення, що полягає у порівнянні отриманих розрахунковим шляхом еквівалентних (L_{Aeq}) та максимальних (L_{Amax}) рівнів шуму із гранично допустимими рівнями шуму, наведених у Державних санітарних правилах.

Для виявлення динаміки рівнів шумового забруднення урбосистем потрібно проводити порівняння отриманих результатів із даними за попередні роки. Для кожної точки моніторингового майданчика проводиться визначення відхилень отриманих значень за такою формулою:

$$A_i = L_{eq1}n_1 - L_{eq2}n_2, \quad (12)$$

де A_i – відхилення в i -й контрольній точці, дБА; $L_{eq1}n_1$ – еквівалентні рівні шуму в i -й точці у поточному році, дБА; $L_{eq2}n_2$ – еквівалентні рівні шуму в i -й точці за минулий рік, дБА.

П'ятий етап моніторингу рівнів шуму щодо прийняття рішень варто організувати із використанням системно-екологічного підходу, що забезпечує впровадження дієвих шумозахисних рішень у разі виявлення динаміки зростання техногенного шумового навантаження на досліджуваних ділянках сельбищних зон урбосистем. Моніторинговий механізм, основною метою якого є накопичення банку даних спостережень за станом навколишнього природного середовища, вирішує такі питання в системі екологічного управління: 1) зосередження уваги на важливих екологічних аспектах для використання критеріїв управління; 2) забезпечення банку даних доступною інформацією; 3) розробка науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття рішень.

Для реалізації третього найважливішого критерію, що вирішує система моніторингу, необхідно зосередити увагу на процесі порівняння альтернатив для вибору екологічно безпечних та дієвих рішень. Використання системно-екологічного підходу у прийнятті рішень забезпечує наявністю необхідної кількості альтернатив та факторів, що сприяють винесенню таких рішень. Серед відомих містобудівних рішень у зниженні рівнів шуму виділено максимальне озеленення сельбищних зон і розділових смуг магістральних вулиць як економічно вигідний та екологічно безпечний обґрунтований шумозахисний метод із урахуванням недопущення виникнення позапланових дорожньо-будівельних та інших видів робіт комунального господарства, що тягне за собою зміну генеральних планів забудованих міст та значних реконструкцій інфраструктурної мережі.

На підставі наведених вище методологічних підходів упроваджено моніторинг рівнів шуму як складової моніторингу атмосферного повітря на репрезентативних ділянках сельбищних зон міста Харків, що були обрані відповідно до удосконаленого науково-методичного підходу до проведення експериментальних досліджень із урахуванням внеску наявних смуг зелених насаджень у зниження шумового забруднення. Результати моніторингу досліджуваних ділянок міста Харків, що зазнають негативного впливу від підвищених рівнів шуму, підтвердженого експериментальними дослідженнями, проведеними автором особисто у період з 2016 року по 2018 рік, набули подальшого розвитку та лягли в основу розробки методичних підходів з організації локального озеленення сельбищних зон, завдяки чому частково можливо вирішити практичні завдання екологічної безпеки придорожніх урбосистем.

У п'ятому розділі наведені методичні підходи та практичні рекомендації зниження рівня шумового навантаження придорожнього простору на територіях сельбищних зон урбосистем. У роботі пропонується організація та

впровадження комбінаторних практичних рішень із додаткового локального озеленення сельбищних зон, що знаходяться у зоні впливу автомобільних доріг. Першим етапом впровадження шумозахисних комбінаторних рішень є локальне озеленення однорядних смуг зелених насаджень шляхом заповнення вільного простору під стовбурами дерев чагарниковим ярусом. Для впровадження запропонованих рішень було обрано вулицю місцевого значення – Новгородську міста Харків, що є типовою сельбищною зоною із притаманними параметрами інфраструктурного об'єкта урбосистеми, а саме: наявність житлової забудови на відстані 20 м від автомобільної дороги; середня інтенсивність транспортного руху – 1 200 авт/год; кількість смуг руху – 2; тип дорожнього покриття – асфальтобетон; середній рівень шумового забруднення – 68 дБА. Визначено, що гранично допустимі рівні транспортного шуму на досліджуваній ділянці в середньому перевищуються на 13 дБА.

Для наближення шумового режиму до комфортних умов та забезпечення екологічної безпеки сельбищної зони пропонується висадження кизильнику блискучого. Запропоновані рекомендації щодо локального озеленення наведені на рис. 4.

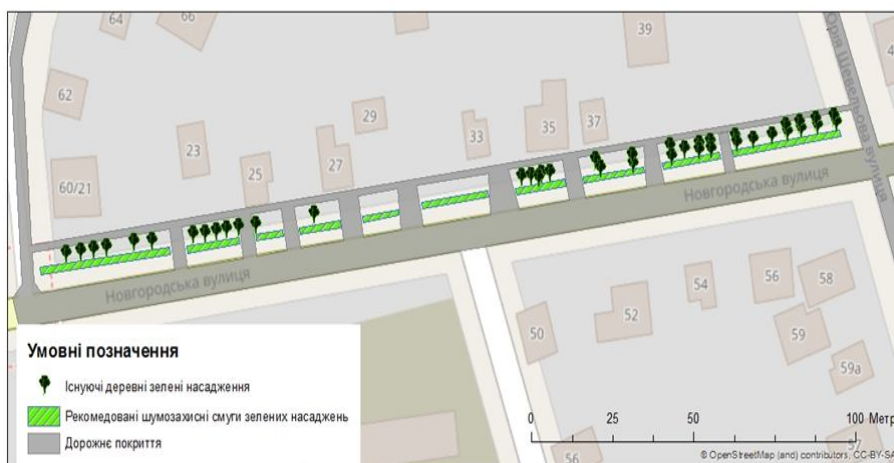


Рисунок 4 – Запропонована схема додаткового озеленення, вул. Новгородська

Запропоноване додаткове озеленення має низку переваг порівняно з іншими інженерними рішеннями, а саме: 1) експериментально підтверджено зниження шуму приблизно на 10 дБА; 2) розрахований внесок смуг чагарникового ярусу в зниження шуму становить 3,5 дБА; 3) щільна крона чагарників, дозволяє залишати шумозахисні властивості після завершення вегетації. Запропонована схема озеленення здатна не лише знижувати підвищені рівні шуму, а й затримувати пил. Через таку посадку дерев та чагарників, швидкість вітру буде знижуватись, що спричинить до осідання часток пилу.

Наступним етапом організації комбінаторних шумозахисних рішень є вертикальне озеленення фасадів житлових будинків. У зв'язку із високою щільністю забудови та великою площею зайнятих поверхонь міст, доцільно застосовувати мобільні та компактні прийоми озеленення. Проведені експериментальні дослідження на окремих експериментальних профілях із

наявними в'юнкими рослинами на фасадах будинків дозволяють констатувати ефективність запропонованих рішень та експериментально підтверджують зниження рівнів шуму на 3 дБА. Результати експериментальних досліджень із визначення рівнів шуму на фасаді будівлі з наявним вертикальним озелененням та без нього наведені в табл. 4.

Таблиця 4 – Результати оцінки ефективності фасадного озеленення

Вимірювані параметри	вул. Шекспіра	площа Конституції
L_{eq} без фасадного озеленення, дБА	60	71
L_{eq} з фасадним озелененням, дБА	57	68
ΔL_{eq} зниження завдяки вертикальному озелененню, дБА	3	3

Під час вибору в'юнких рослин для запуску регенерації навколишнього середовища необхідно звертати увагу на їхню сприятливість до місцевого клімату, морозостійкість та вегетаційний період. Окрім зниження рівнів шуму, «зелені фасади» здатні знижувати теплове забруднення та очищувати повітря в середньому на 20 %. Регенераційні функції здатні проявлятися і взимку, коли дерева перебувають у безлистому стані.

Запропоновані методичні підходи до застосування комбінаторних шумозахисних рішень мають високу ефективність у тому випадку, коли об'єктом розгляду є конкретні будівлі або невеликі території урбосистем (квартали, частини мікрорайонів, відрізки примігстральних зон). На локальному рівні проводиться найбільш детальна оцінка рівнів шуму, що формується на підставі запропонованого алгоритму моніторингу, а ступінь деталізації етапів моніторингу дозволяє забезпечити необхідний рівень точності.

Ступінь екологічної безпеки забезпечується вибором раціональних комбінаторних практичних рішень додаткового локального озеленення сельбищних зон урбосистем. Експериментально підтверджено, що комбінація запропонованих практичних рішень дозволяє знизити рівень шумового забруднення на територіях сельбищних зон, які мають типові фактори організації урбанізованої території, у середньому на 9 дБА та гарантує дотримання гранично допустимих рівнів шуму на територіях житлової забудови.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішено науково-практичні завдання управління екологічною безпекою сельбищних зон урбосистем, які сприяють зниженню техногенного навантаження у разі негативної дії підвищених рівнів шуму. Одержано наукові результати:

1. На підставі аналізу нормативної бази та літературних джерел встановлено, що наразі у законодавчій базі України відсутні методичні засади

щодо організації та проведення моніторингових досліджень рівнів шумового забруднення сельбищних урбосистем.

2. Обґрунтовано та удосконалено методику проведення експериментальних досліджень із критеріями вибору основних показників для визначення рівнів шумового забруднення урбосистем, що полягає у розробці уніфікованої схеми розташування контрольних точок для визначення рівнів шумового забруднення на територіях сельбищних зон урбосистем залежно від типу автомобільної дороги, що межує із сельбищною зоною та закладається на відстані 10 м або 20 м від лінійного джерела шуму. Розроблено математичну модель на основі отриманих експериментальних даних за удосконаленою методикою, що дозволяє оцінити внесок наявних смуг зелених насаджень у зниження шуму.

3. Розроблена математична модель дозволяє провести оцінку внеску смуг зелених насаджень у зниження шуму без урахування інших шумопоглинальних факторів, враховує ширину смуги зелених насаджень без прив'язки до типу та геометричних параметрів насаджень та є універсальною для усіх об'єктів інфраструктурної мережі урбосистем. Апробація цієї моделі виявила, що максимальне зниження шуму у середньому сягає 5 % та не забезпечує дотримання норм гранично допустимих рівнів на територіях сельбищних зон.

4. Удосконалено систему моніторингу рівнів шумового забруднення як складової моніторингу атмосферного повітря для забезпечення екологічної безпеки урбосистем. Практичне значення цієї методики полягає у систематизації проведених досліджень та організації аналітично-інформаційної бази даних щодо шумового навантаження сельбищних зон урбосистем.

5. Удосконалений метод управління екологічною безпекою на основі системи моніторингу рівнів шуму передбачає використання системно-екологічного підходу, що забезпечує зосередження уваги на важливих екологічних аспектах; надання банку даних із доступною інформацією для можливості виявлення дискомфортних зон; прийняття науково-обґрунтованих рішень із метою зниження техногенного навантаження на урбосистеми.

6. Комплексне використання удосконалених науково-практичних засад управління екологічною безпекою дозволило розробити методичні підходи до організації комбінаторних шумозахисних практичних рішень у зниженні техногенного навантаження, що полягає у застосуванні локального озеленення сельбищних зон та дозволяє знизити рівні шуму в середньому на 15 %. Таке рішення спричинить дотримання гранично допустимих рівнів шуму на території сельбищних зон урбосистем без ризиків виникнення додаткових негативних впливів позапланових дорожньо-будівельних та інших видів робіт комунального господарства.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації

Статті у фахових наукових виданнях із переліку МОН України

1. Решетченко А. І., Бараннік В. О., Данова К. В., Попова Л. С. Тривалість елементарних подій в структурі шуму дорожнього руху великого міста. *Комунальне господарство міст. Серія “Технічні науки та архітектура”*. 2017. № 139. С. 126–129.

Здобувач виконав польові дослідження та вимір рівнів шуму. Участь автора 25 %.

2. Решетченко А. І. Дослідження впливу автотранспортних потоків на акустичне середовище урболандшафтів. *Комунальне господарство міст. Серія «Технічні науки та архітектура»*. 2018. № 146. С. 180–183.

3. Reshetchenko A., Barannik V., Stolberg F. Evaluation of the effects of the green plantings strip on the spatial distribution of noise level from the road traffic. *Technogenic and ecological safety*. 2019. № 6. P. 49–53.

Здобувач проводив експериментальні дослідження та математичні розрахунки. Участь автора 30 %.

4. Решетченко А. І., Борсук А. І., Вергелес Ю. І. Аналіз існуючих нормативів країн ЄС порівняно із вимогами українського законодавства в сфері шумового навантаження в урбоекосистемі. *Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування*. 2019. № 2(2019). С. 16–23.

Здобувач проаналізував законодавчу та методичну базу України стосовно визначення рівнів шуму та подання його характеристик. Участь автора 80 %.

5. Решетченко А. І. Рекомендації щодо впровадження моніторингу шуму вулично-дорожньої мережі населених міст. *Комунальне господарство міст. Серія «Технічні науки та архітектура»*. 2020. №154. С. 16–23.

6. Решетченко А.І., Вергелес Ю.І., Данова К.В., Задорожний К.М., Рибалка І. О., Галетич І.К. Реакції клена гостролистого (*Acer platanoides L.*) міських насаджень на вплив комплексу фізичних факторів антропогенного походження. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2016. № 3-4. С. 111–125.

Здобувач виконав польові дослідження, вимір рівнів шуму та обробку отриманих натурних даних. Участь автора 30 %.

Статті у наукових періодичних виданнях інших держав

7. Reshetchenko A., Vnukova N., Vergeles Yu. Assessment of the contribution of plantings of different functional purpose in reducing transport noise along motorway roads in urbanized areas. *The scientific heritage*. 2020. № 46(2020). P. 40–46.

Здобувач виконав польові дослідження, вперше запропоновано «показник зімкнутості крон у вертикальній проєкції» проведена аналітична робота з опрацювання даних. Участь автора 60 %.

Наукові праці, які засвідчують апробацію результатів

8. Стольберг Ф. В., Решетченко А. І. Шумове забруднення: вплив на урбанізоване середовище та шляхи вирішення проблеми. Місто. Культура. Цивілізація : матеріали VI міжнар. наук.-теорет. інтернет-конф. (м. Харків, квітень 2016 р.). Харків : ХНУМГ імені О.М. Бекетова, 2016. С. 262–263.

9. Решетченко А.І. Шумовий режим міста як складова екологічної небезпеки на урбанізованих територіях. Проблеми екологічної безпеки : матер. XIV міжнар. наук.-техн. конф. (м. Кременчук, 12–14 жовтня 2016 р.). Кременчук : КрНУ, 2016. С. 112.

10. Reshetcheko A., Teliura N. Sustainable environmental regional policy: problems and prospects. Young Researchers in the Global World: vistas and challenges: Proceedings of the 11nd Forum for Young Researchers, May 20. 2016/O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Canadian College of English Language (Canada) and oth. Kharkiv, 2016. P. 204–205.

11. Решетченко А. І., Вергелес Ю. І. Роль зелених насаджень в зменшенні шуму антропогенного походження на прикладі міста Харків. Регіональні проблеми охорони довкілля : матер. міжнар. наук. конф. мол. вчених (м. Одеса, 30 травня – 01 червня 2018 р.). Одеса: ТЕС, 2018. С. 192–197.

12. Решетченко А.І., Телюра Н.О., Борсук А.І. Дослідження сезонних коливань автотранспортного шуму на прикладі міста Харків. Сучасні проблеми природничих наук: теорія, практика, освітні новації: матер. доп. наук. практичн. конф. (м. Ніжин, 18–19 жовтня 2018 р.). Ніжин : НДУ імені Миколи Гоголя, 2018. С. 386–390.

13. Решетченко А.І., Стольберг Ф.В. Оцінка шумового забруднення урбанізованих територій від автотранспорту на прикладі міста Харків. Галузеві проблеми екологічної безпеки : матер. IV міжнар. наук.-практ. конф. студ, маг., та асп. (м. Харків, 19 жовтня 2018 р.). Харків, 2018. С. 153–154.

14. Решетченко А.І., Карбазін М.В. Порівняльна характеристика екологічних показників розвитку міст Харкова та Мюнхена. *Сталий розвиток міст* : XII всеукр. наук.-техн. конф. здоб. вищ. осв. 84-та науково-технічна конференція ХНУМГ імені О. М. Бекетова (м. Харків, 23–25 квітня 2019 р.). Харків, 2018. С. 196–198.

15. Решетченко А. І., Борсук А. І. Акустичні дослідження центральної частини міста Харків. *Галузеві проблеми екологічної безпеки*: матер. V міжнар. наук.-практ. конф. студ, маг. та асп. (м. Харків, 25 жовтня 2019 р.). Харків, 2019. С. 46–48.

16. Решетченко А.І. Щодо впровадження альтернативного озеленення житлової забудови для попередження негативного впливу автотранспортного шуму. *Science progress in European countries: new concepts and modern solutions*. Матер. XI міжнародної наук. конф. (Штутгарт, Німеччина, 20 грудня 2019 р.). С. 346–351.

17. Решетченко А.І. Використання статистичних методів аналізу в оцінці зниження транспортного шуму зеленими насадженнями на урбанізованих територіях. *Регіональні проблеми охорони довкілля* : атер. між нар. наук. конф.

молодих вчених (м. Одеса, ОДЕКУ, 1–3 червня 2020 р.). Одеса: ОДЕКУ, 2020. С. 112–117.

АНОТАЦІЯ

Решетченко А. І. Підвищення екологічної безпеки урбосистем при техногенному навантаженні від шумового забруднення – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук (доктора філософії) за спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека. Сумський державний університет, 2020. Спеціалізована вчена рада Д 55.051.04.

Дисертація присвячена розробці науково-практичних засад управління екологічною безпекою територій сельбищних зон урбосистем з метою зниження техногенного навантаження у разі шумового забруднення.

У результаті проведених досліджень розроблено уніфіковані схеми розташування контрольних точок із визначення рівнів шумового забруднення з урахуванням архітектурно-ландшафтного планування досліджуваних територій для проведення експериментальних досліджень. Цей підхід дозволив розробити універсальну математичну модель, що враховує інтегральний показник внеску смуг зелених насаджень у зниження шуму та може бути використана під час проектування нових сельбищних зон або розрахунків щодо впровадження додаткових шумозахисних рішень для усіх об'єктів міської інфраструктури та транспортної мережі, не враховуючи тип та геометричну структуру зелених насаджень. Апробація математичної моделі на отриманих протягом 2016–2018 років експериментальних даних дозволила виявити низьку ефективність наявних смуг зелених насаджень у зниженні рівнів шуму.

Розроблено алгоритм моніторингу рівнів шумового забруднення, в основу якого закладено науково-методичні підходи проведення експериментальних досліджень. Пропонується проведення моніторингу рівнів шуму у п'ять етапів як складової моніторингу атмосферного повітря. На п'ятому етапі моніторингу запропоновано використання системно-екологічного підходу у прийнятті рішень щодо забезпечення екологічної безпеки урбосистем та впровадження дієвих шумозахисних рішень на територіях виявлених дискомфортних зон.

Практична складова роботи полягає у розвитку методичних підходів до організації комбінаторних шумозахисних рішень із додаткового локального озеленення та були впроваджені на натурних об'єктах міста Харків, ефективність яких експериментально підтверджено. Розроблені методичні підходи є ефективною складовою моніторингу рівнів шуму на етапі прийняття екологічно безпечних рішень.

Ключові слова: екологічна безпека, техногенне забруднення, шум, моніторинг, зелені насадження, лінійні джерела, сельбищна зона, урбосистема, автомобільний транспорт.

АННОТАЦИЯ

Решетченко А. И. Повышение экологической безопасности урбосистем при техногенной нагрузке от шумового загрязнения – Квалификационный научный труд на правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук (доктора философии) по специальности 21.06.01 – экологическая безопасность. Сумской государственный университет, 2020. Специализированный ученый совет Д 55.051.04.

Диссертация посвящена разработке научно-практических основ управления экологической безопасностью территорий селитебных зон урбосистем с целью снижения техногенной нагрузки в случае шумового загрязнения.

В результате проведенных исследований разработаны унифицированные схемы расположения точек по определению уровней шумового загрязнения с учетом архитектурно-ландшафтного планирования исследуемых территорий для проведения экспериментальных исследований. Данный подход позволил разработать универсальную математическую модель, учитывающую интегральный показатель вклада полос зеленых насаждений в снижении шума, которая может быть использована при проектировании новых селитебных зон или расчетов по внедрению дополнительных шумозащитных решений для всех объектов городской инфраструктуры и транспортной сети, не учитывая тип и геометрическую структуру зеленых насаждений. Апробация математической модели на полученных в течение 2016 – 2018 годов экспериментальных данных позволила выявить низкую эффективность имеющихся полос зеленых насаждений в снижении уровней шума

Разработан алгоритм мониторинга уровней шумового загрязнения, в основу которого заложены научно-методические подходы проведения экспериментальных исследований. Предлагается проведение мониторинга уровней шума в пять этапов как составляющей мониторинга атмосферного воздуха. На пятом этапе мониторинга предложено использование системно-экологического подхода в принятии решений по обеспечению экологической безопасности урбосистем и внедрения действенных шумозащитных решений на территориях выявленных дискомфортных зон.

Практическая составляющая работы заключается в развитии методических подходов к организации комбинаторных шумозащитных решений дополнительного локального озеленения и были внедрены на натуральных объектах города Харьков, эффективность которых экспериментально подтверждено. Разработанные методические подходы являются эффективной составляющей мониторинга уровней шума на этапе принятия экологически безопасных решений.

Ключевые слова: экологическая безопасность, техногенное загрязнение, шум, мониторинг, зеленые насаждения, линейные источники, Селитебная зона, урбосистема, автомобильный транспорт.

ANNOTATION

Reshetchenko A. I. Improvement of the environmental safety of urban systems under man-caused impact from noise pollution – Qualifying scientific work as a manuscript.

Dissertation for the degree of Candidate of Engineering Sciences (Doctor of Philosophy) in the specialty 21.06.01 – environmental safety. Sumy State University, 2020. Specialized Academic Council D 55.051.04.

The dissertation is devoted to the development of scientific and practical foundations for managing the environmental safety of the territories of settlement zones of urban systems in order to reduce the man-caused impact in the event of noise pollution.

As a result of the conducted researches the unified schemes of arrangement of control points on definition of levels of noise pollution taking into account architectural and landscape planning of the investigated territories for carrying out experimental researches are developed. This approach allowed to develop a universal mathematical model that takes into account the integrated indicator of the contribution of green areas in noise reduction and can be used in the design of new residential areas or calculations for the implementation of additional noise protection solutions for all urban infrastructure and transport network, regardless of type and the geometric structure of greenery. The approbation of the mathematical model on the experimental data obtained during 2016 – 2018, revealed low efficiency in reducing noise levels from the existing green areas.

The algorithm for monitoring noise pollution levels has been developed, which is based on scientific and methodological approaches to conducting experimental research. It is proposed to monitor noise levels in five stages as part of atmospheric air monitoring. At the fifth stage of monitoring, the use of the system and ecological approach in decision-making to ensure the environmental safety of urban systems and the adoption of effective noise protection solutions in the areas of identified discomfort zones is proposed.

The practical component of the work consists in the development of methodological approaches to the organization of combinatorial noise protection solutions for additional local gardening and were introduced at full-scale objects in the city of Kharkiv, the effectiveness of which has been experimentally confirmed. The developed methodological approaches are the effective component of monitoring noise levels at the stage of making environmentally friendly decisions.

Key words: environmental safety, technogenic pollution, noise, monitoring, green plantings, linear sources, settlement zone, urban system, motor transport.

Підп. до друку 21.09.2020. Формат 60×84 1/16.
Друк на ризографі. Ум. друк. арк. 0,9.
Тираж 100 пр. Зам. №

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет міського господарства
імені О. М. Бекетова, вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.
Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 5328 від 11.04.2017.