

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО
ГОСПОДАРСТВА ІМЕНІ О.М. БЕКЕТОВА
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

РЕШЕТЧЕНКО АЛЬОНА ІГОРІВНА

УДК 502.17:504.6:911.375(043.5)

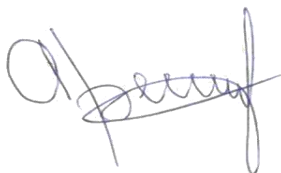
ДИСЕРТАЦІЯ

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

Спеціальність 21.06.01 – екологічна безпека
Галузь знань – технічні науки

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук.

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.



Решетченко А. І.

Науковий керівник Внукова Наталія Володимирівна, д-р техн. наук, професор

Харків – 2020

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, сельбишна зона, урбосистема, автомобільний транспорт.

Список публікацій здобувача

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.

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.

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.

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.

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.

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. Reshetchenko 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, 2019. 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* : матер. міжнар. наук. конф. молодих вчених (м. Одеса, ОДЕКУ, 1–3 червня 2020 р.). Одеса: ОДЕКУ, 2020. С. 112–117.

ABSTRACT

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.

List of publications

Scientific works, in which the main scientific results of the dissertation are published

Articles in professional scientific publications from the list of the Ministry of Education and Science of Ukraine

1. Reshetchenko A. I., Barannik V. A., Danova K. V., Popova L. S. The Duration of elementary events in the structure of the noise and traffic of the big city. *Utilities cities. Series "Technical Sciences and architecture."* 2017. No. 139. P. 126–129.
2. Reshetchenko A. I. Investigation of the effect of automobile streams on the acoustic environment urbolandscape. *Utilities cities. Series "Technical Sciences and architecture."* 2018. No. 146. P. 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.
4. Reshetchenko A. I., Borsuk I. A., Vergeles Yu. I. Analysis of existing norms of the EU compared to the requirements of Ukrainian legislation in the sphere of high noise exposure in urboecosystem. *Ecological security and balanced use of resources.* 2019. No. 2(2019). P. 16–23.
5. Reshetchenko A. I. Recommendations for implementation of noise monitoring of the road network of towns and cities. *Utilities cities. Series "Technical Sciences and architecture."* 2020. No. 154. P. 16–23.

6. Reshetchenko I. A., Vergeles Yu. I., Danova K. V., Zadorozhny K. M., Rybalka I. O., Galetich I. K. The reaction of the Norway maple (*Acer platanoides L.*) urban plantations to the influence of the complex of physical factors of anthropogenic origin. *People and the environment. Problems of neoecology*. 2016. No. 3-4. P. 111–125.

Articles in other scientific journals

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 the urbanized areas. *The scientific heritage*. 2020. No. 46(2020). P. 40–46.

Scientific works, testifying the approbation of dissertation materials

8. Stolberg F. V., Reshetchenko A. I. Noise pollution: impact on urban environment and ways of solving problems. *The city. Culture. Civilization: proceedings of the VI Intern. Sciences.-theoretical Internet Conf.* (Kharkiv, April 2016). Harkiv: University named after A. M. Beketov, 2016. P. 262–263.

9. Reshetchenko A. I. The noise of the city as a component of environmental hazard in urban areas. *The problems of ecological safety: proceedings XIV Intern. Sciences.-tech. Conf.* (Kremenchug, October 12-14, 2016). Kremenchug: KrNU, 2016. P. 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. Reshetchenko I. A., Vergeles Yu. I. the Role of green spaces in reducing the noise of anthropogenic origin on the example of Kharkov. *Regional problems of environmental protection: proceedings Intern. Sciences. Conf. mol. scientists* (Odessa, 30.05-01.06. 2018). Odessa: TPP, 2018. P. 192–197.

12. Reshetchenko A. I., Telura N. O., Borsuk A. I. A study of seasonal fluctuations of motor noise on the example of Kharkov. *Modern problems of natural Sciences: the theory, practice, and educational innovations: proceedings additional Sciences. practical. Conf.* (Nizhyn 18.10.-19.10 2018). Nizhyn : NDU named after Nikolai Gogol, 2018. P. 386–390.

13. Reshetchenko A. I., Stolberg F. V. Assessment of noise pollution in the urbanized territories from vehicles on the example of Kharkov. *Sectoral challenges of environmental security): proceedings of IV International Sciences.-pract. Conf. of students, masters and PhD students* (Kharkiv 19.10.2018 g). Kharkiv, 2018. S. 153–154.

14. Reshetchenko A. I., Karbazin M. V. Comparative characteristic of environmental indicators of the cities of Kharkov and Munich. *Sustainable urban development: XII seakr. Sciences.-tech. Conf. Zdob. visch. WWS. 84th scientific and technical conference of University of a name of A. M. Beketov.* (Kharkiv, April 23-25, 2019). Kharkiv, 2019. P. 196–198.

15. Reshetchenko A. I., Borsuk A. I. Acoustic study of the Central part of Kharkov city. *Sectoral challenges of environmental security: proceedings of V International Sciences.-pract Conf. of students, masters and PhD students* (Kharkiv, 25.10.2019). Kharkiv, 2019. P. 46–48.

16. Reshetchenko A. I. For the implementation of alternative landscaping of residential development to prevent the negative impact of motor noise. *Science progress in European countries: new concepts and modern solutions: Proceedings of XI international scientific Conf.* (Stuttgart, Germany 20 Dec 2019). P. 346–351.

17. Reshetchenko A. I. The use of statistical methods of analysis in the assessment of the reduction of transport noise green spaces in urban areas. *Regional problems of environmental protection.* Proceedings of International Scientific Conf. of young scientists (Odesa, ODEKU 1–3 June 2020). Odesa: ODEKU, 2020. P. 112–117.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ	13
ВСТУП	14
РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЙНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ	22
1.1 Аналіз наукових досліджень шумового забруднення, спричиненого роботою автотранспорту на урбанізованих територіях	22
1.2 Джерела міського шуму.....	28
1.2.1 Класифікація джерел шуму.....	28
1.2.2 Шум стаціонарних джерел	29
1.2.3 Шум мобільних джерел	30
1.3 Аналіз чинного законодавства України стосовно проведення моніторингу рівнів шуму на територіях сельбищних зон урбосистем	33
1.4 Європейський досвід організації моніторингу рівнів шуму.....	38
1.5 Аналіз використання зелених насаджень в якості протишумового фільтру	41
Висновки до розділу 1	47
РОЗДІЛ 2 ОБ'ЄКТ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ	49
2.1 Загальна характеристика об'єкту досліджень.....	49
2.2 Обґрунтування та вибір експериментальних профілів	52
2.3 Методи проведення експериментальних досліджень	56
2.3.1 Методи визначення рівнів шуму на експериментальних профілях	56
2.3.2 Методи оцінки смуг зелених насаджень на експериментальних профілях.....	64
2.4 Методи обробки натурних даних	70
Висновки до розділу 2	73
РОЗДІЛ 3 РЕЗУЛЬТАТИ ОЦІНКИ РІВНІВ ШУМОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ ДОСЛІДЖУВАНИХ ДІЛЯНОК УРБОСИСТЕМИ	75
3.1 Оцінка рівнів шумового забруднення досліджуваних сельбищних зон статистичними методами	75

3.2 Розробка математичної моделі оцінки внеску смуг зелених насаджень у зниженні рівнів шуму	88
3.2.1 Розширення фронту акустичних хвиль	89
3.2.2 Поглинання земною поверхнею	90
3.2.3 Дисипація енергії шуму в атмосфері	91
3.2.4 Послаблення шуму в смугах зелених насаджень	91
3.2.5 Сумісний вплив факторів.....	92
3.2.6 Визначення параметрів моделі	93
3.2.7 Оцінка впливу смуг зелених насаджень	94
3.2.8 Апробація математичної моделі оцінки вокалу смуг зелених насаджень.....	95
3.3 Результати досліджень характеристик автотранспортних потоків досліджуваних сельбищних зон.....	96
Висновки до розділу 3	99
РОЗДІЛ 4 ЗАСАДИ МОНІТОРИНГУ РІВНІВ ШУМОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ ЯК СКЛАДОВОЇ МОНІТОРИНГУ АТМОСЕРНОГО ПОВІТРЯ.....	101
4.1 Засади організації та проведення моніторингу рівнів шумового забруднення від автомобільного транспорту.....	101
4.2 Алгоритм організації моніторингу рівнів шуму на територіях сельбищних зон урбосистем	108
4.2.1 Проведення натурних досліджень.....	108
4.2.2 Обробка отриманих даних.....	110
4.2.3 Складання бази даних.....	110
4.2.4 Виявлення дискомфортних зон.....	111
4.2.5 Прийняття рішень	112
Висновки до розділу 4	115
РОЗДІЛ 5 РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ОРГАНІЗАЦІЇ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ КОМБІНАТОРНИХ ШУМОЗАХИСНИХ РІШЕНЬ ІЗ ДОДАТКОВОГО ЛОКАЛЬНОГО ОЗЕЛЕНЕННЯ СЕЛЬБИЩНИХ ЗОН УРБОСИСТЕМ НА ПРИКЛАДІ МІСТА ХАРКІВ	117

5.1 Рекомендації щодо впровадження додаткового локального озеленення вулиці Новгородська міста Харків	119
5.2 Рекомендації впровадження та оцінка ефективності вертикального озеленення у зниженні шумового забруднення урбосистем	122
5.3 Ефективність впровадження комбінаторних практичних рішень у зниженні техногенного шумового навантаження урбосистем.....	123
Висновки до розділу 5	125
ВИСНОВКИ	126
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	128
ДОДАТКИ	146

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

СЗН – смуги зелених насаджень;

ЄС – Європейський союз;

АД – автомобільна дорога;

ВООЗ – Всесвітня організація охорони здоров`я;

ШХТП – шумова характеристика транспортного потоку;

ГДР – гранично допустимий рівень.

ВСТУП

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; багатofакторність 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-дорожнього 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.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЙНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

У процесі вирішення спільних проблем забезпечення екологічної безпеки урбанізованих територій на сьогоднішній день важливе місце відводиться питанням захисту від шуму населення. При цьому загальний стан шумової експозиції розглядається як шумовий або акустичний режим території.

Шумовий режим території визначається акустичним полем в приземному шарі атмосфери, яке формується при активній діяльності різноманітних джерел. Він залежить від акустичних характеристик джерел шуму і параметрів самої території (рельєфного розподілу, озеленення, виду забудови, наявності екрануючих елементів середовища).

1.1 Аналіз наукових досліджень шумового забруднення, спричиненого роботою автотранспорту на урбанізованих територіях

Поміж усіх видів техногенного забруднення оточуючого середовища, особливу увагу приділяють шумовому забрудненню урбосистем. Найбільший вклад у шумове забруднення територій вносять автотранспортні потоки, що знаходяться поблизу житлової забудови.

На транспорт припадає понад 60 % всіх зовнішніх шумів. На урбанізованих територіях 80 % шуму створюється рухом транспортних засобів. Актуальними постають питання вивчення, нормування шумів, їх впливу на людину і навколишнє середовище і розробка заходів щодо зниження негативної дії шуму. Транспортний шум має найбільші негативні наслідки для населення, ніж виробничий або побутовий шум, так як сфера його дії значно ширше, а фізичні

параметри, що характеризують вплив шуму на організм людини, незрівнянно вище [1].

Шумове забруднення має унікальні властивості як забруднюючий фактор. Воно не накопичується, його рівень може значно коливатися за короткі проміжки часу, а також воно не здатне до міграції. Але це не заважає йому суттєво впливати на живі організми.

Так, був відмічений вплив шумового забруднення великого міста на стан імунної системи тварин. Міський шум спричиняв підвищену активність імунної системи, що призводило до посилення алергічних реакцій у морських свинок. У підсумку, дія міського шуму призводила до зниження кількості Т- і В-лімфоцитів та загальної кількості білків у плазмі крові [2].

У дослідженнях автора [3] на прикладі біологічних організмів *Drosophila melanogaster L* та *Daphnia magna Straus* детально описано експериментальні дослідження оцінки рівня шкідливого впливу шуму. Доведено, що активність тест-об'єктів та їхній розвиток пригнічується під дією шуму та коливається із амплітудою 1 – 5 балів. Проте було встановлено, що рослини під впливом шумового забруднення можуть повільніше рости та втрачати надмірну кількість вологи через порушення клітин, що призводить до загибелі. Доведено різницю в ефекті зменшення шуму для низьких та високих частот шуму, у тому випадку коли рослини розташовані по-різному [4].

За даними доповіді Робочої групи Міжнародного Інституту проблем зниження шуму, виконаного за рішенням конгресу INTER-NOISE 92, Торонто, і представленого на конгресі INTER-NOISE 94, Йокогама (по натурних обстежень шуму міст США, Японії, Швейцарії, Німеччини, Нідерландів, Греції, Франції, Австрії) встановлено, що основні дослідження в цих країнах зосереджені на вивчення емісії транспортних засобів і розробку норм щодо обмеження цієї емісії.

Однак у міру збільшення банку даних щодо шумових характеристик міських джерел шуму, все частіше виникала необхідність простежити їх емісійну активність, тобто характер поширення шуму в урбанізованому середовищі і визначити сумарне акустичне поле, створюване в різних функціональних зонах.

Для цього також проводилися вимірювання як у джерелі шуму, так і по всій території.

У США імісія шуму вивчалася з 1937 р. Тоді фірмою Bell Telephone Laboratories вимірювання шуму були виконані в чотирьох найбільших містах. Загальна кількість точок, де проводилися вимірювання, склало не менше 1700. Ці вимірювання порівнювалися з більш пізніми [5], виконаними не тільки в США, але і в Європейських містах за період з 1937 по 1978 роки. Опубліковані дані за результатами обстеження Кентуккі, Лос-Анжелеса, Рима, Токіо, Ванкувера, Лондона, містах Греції і Китаю та ін. [6–10]. Результати такого роду вимірювань констатують факт зміни рівня шуму в точках території, проте жодним чином не пов'язані з їх джерелами шуму і не дають можливості причинного аналізу.

Дослідження авторів [110] виявили, що вплив шуму порушує сон і викликає денну сонливість, призводить до роздратування, збільшує випадки гіпертонічних та серцево-судинних захворювань. Встановлено, що шум викликає суттєві зміни, як в біологічних об'єктах, так і в багатьох елементах навколишнього середовища, сприяє розвитку процесу гальмування в корі головного мозку, що впливає на поведінкові реакції людини, на умовно-рефлекторну діяльність, негативно діє на самопочуття, функціональну діяльність органу слуху, центральну нервову систему, серцево-судинну систему, зміни показників мозкового кровообігу [12–15]. Підвищенні рівні шуму можуть бути причиною розладу сну та здійснювати негативний вплив на нервову систему людини [160].

Найбільш поширеним джерелом міського (зовнішнього) шуму є транспортний (дорожній) рух, тому вивчення надзвичайно складних зв'язків негативного впливу шуму на людей з величиною показників діючих фізичних факторів шуму у міському середовищі з метою кращого уявлення загроз або ризиків має важливе значення. Негативний вплив міського шуму на організм людини може проявлятися у різних формах і з різною «глибиною» ураження [17], наприклад: безпосередній вплив на слухову функцію (порушення фізичної здатності сприймати, виділяти, розрізняти звуки); вплив на психічні реакції (дратівливість, неспокій, зміна реакцій на зовнішні сигнали або подразнення

тощо); вплив на фізіологічний стан (порушення нервової системи, діяльності серцево-судинної системи тощо).

Визнається [17] що особливої уваги заслуговують результати дослідження впливу шуму на серцево-судинну систему.

Опубліковані систематичні дослідження [18, 19], які узагальнюють результати досліджень впливу автотранспортного шуму на захворюваність серцево-судинної системи статистичними методами мета-аналізу. Зокрема, внаслідок мета-аналізу [190] з використанням двох досліджень, що надають поперечний зріз стану досліджуваної системи за кількома параметрами у певний момент часу, дійшли до висновку щодо зростання ризику ішемічних захворювань серця у 1,09 разів на кожні 5 дБА у діапазоні $L_{\text{day, 16 h}} = 50\text{--}70$ дБА (16-годинних вимірів денного рівня шуму). Трохи пізніше, у 2006 році, з'явився оновлений аналіз проблеми [200] з урахуванням нових даних. В опублікованій у 2008 році роботі [210] завершено мета-аналіз даних, отриманих раніше, з метою визначення зв'язку ризику серцево-судинних захворювань з інтенсивністю шуму дорожнього руху за моделлю «доза – ефект».

Взагалі, у рамках наведеної роботи методами мета-аналізу розглянуто тридцять сім досліджень, що мали за мету оцінити поширеність (кількість випадків захворювання, що існують у виборці у певний період або момент часу) або поширення (швидкість, з якою з'являються нові випадки захворювання у певний період часу у виборці) заявлених захворювань, включаючи гіпертонію. Визначено найбільш сильний зв'язок поміж міським шумом та ішемічними захворюваннями серця включно з інфарктом міокарда. Більша частина наведених досліджень посиляється на шум від автотранспорту та захворюваність чоловіків, у зв'язку із тим, що швидкість поширення ішемічних захворювань серця у них вище. Як правило, відносний ризик захворювань виявляється більш високим, якщо в аналізі ішемічних захворювань серця враховувалися також інші супутні фактори, такі як час перебування під впливом, відкритість вікон, орієнтація приміщень. При цьому як об'єктивний фактор експозиції (рівень звуку), так і

суб'єктивний фактор (подразнення) асоціювалися з більшим ризиком ішемічних захворювань серця.

Вітчизняні дослідники такі як: Я. О. Адаменко [22], В. С. Бахарєв [23, 24], Н. В. Внукова [25, 26], В. Г. Петрук [27], Н. О. Ткач [28–30] займалися дослідженням шумового забруднення. Із стрімкою урбанізацією міст зростає чисельність автомобільного транспорту, який, як відомо, є основним джерелом шуму в містах. Відтак, за даними Державного агентства автомобільних доріг України кількість транспортних засобів в Україні складає 9,2 млн. Із них: 6,2 млн. легкових автомобілів, 250 тис. автобусів та 1,3 млн. вантажних автомобілів. Отже рівні шумового забруднення урбанізованих територій постійно збільшуються та призводять до подальших негативних наслідків.

Автори статті [31] у своєму дослідженні наголошують на тому, що забудова приміагістральних територій має свої недоліки, наприклад житлові будинки, що розташовані поблизу проїжджої частини, слугують екранами, але вони не пристосовані до підвищених рівнів шуму. В середині таких будинків рівні шуму значно перевищують гранично допустимі приблизно на 60%.

У науковій публікації [32] авторами запропоновано впровадження національної програми забезпечення акустичної безпеки. Пропонується створити «тихі» зони на території житлової забудови, рівні шуму в якій не перевищуватимуть 30 дБА; пропонується розробити та реалізувати модель, що дозволить оцінити витрати на забезпечення комфортних умов та дотримання акустичної безпеки для життя та діяльності населення.

В роботах вітчизняних вчених [33–38] авторами проводились дослідження рівнів шуму на територіях житлової забудови та приміагістрального простору в різних містах України. Кожен дослідник фіксує перевищення рівнів шуму на досліджуваних ділянках у порівнянні із встановленими гранично допустимими нормами.

В роботах [310, 39–41] пропонуються різні узагальнені засоби боротьби із шумом. Автором статті [310] пропонується встановлювати вздовж приміагістральних територій спеціальні конструкції у вигляді тунелів чи

платформ, що слугуватимуть територією для пересування пішоходів, та додатково захищатимуть житлову забудову від транспортного шуму. Ще одним засобом боротьби із шумом на території «спальних» кварталів є застосування звукопоглинальних матеріалів, що можуть бути використані в якості облицювального матеріалу для фасадів будинків, такий підхід запропонований авторами у доробці [41]. Але таке рішення не зменшує негативний вплив шуму на території сельбищної зони, а є дієвим лише всередині житлових приміщень.

Змістовно описано методичні підходи до еколого-економічної оцінки впливу автомобільних доріг на навколишнє середовище у [42]. Авторами пропонується проводити таку оцінку у три етапи. Перший повинен включати оцінку негативного впливу від автомобільної дороги на усі компоненти довкілля. Другий етап включає у себе надання бальної оцінки цим забрудненням (методика розрахунку балів окремо описується у статті). Заключний третій етап стосується розрахунку прогнозних значень забруднення компонентів біосфери. Оцінка негативного впливу на компоненти довкілля включає в себе лише розрахунок річного викиду забруднюючих речовин від транспортних потоків та визначення концентрації свинцю у ґрунті придорожнього простору. На мою думку, для комплексного оцінювання впливу автомобільної дороги на довкілля, необхідно враховувати і рівні шумового забруднення від автотранспортних потоків. Наприклад, можливо розраховувати еквівалентні рівні шуму, та за запропонованою методикою [42] надавати бальну оцінку від негативного впливу шуму.

Боротьба із підвищеними рівнями шуму в оточуючому середовищі є багатогалузевою та, на думку автора [43] дослідження щодо рівнів шумового забруднення поділяються на: санітарно-гігієнічні; інженерно-технічні; архітектурно-планувальні; будівельно-акустичні; економічно-соціальні.

Узагальнені підходи, що пропонуються в [43] стосуються вирішення проблем забруднення придорожнього простору від автотранспортних шумів та можуть бути впроваджені в програми екологізації територій України. Але жоден із них не може бути ефективним на 100% доки в країні не розроблено систему, що

буде постійно контролювати шумовий режим урбосистем та фіксувати перевищення рівнів шуму понад гранично допустимі рівні.

1.2 Джерела міського шуму

1.2.1 Класифікація джерел шуму

На основі нормативно-правової бази[44–46], джерела міського шуму можуть бути систематизовані за такими принципами:

- за принципам функціонування: стаціонарні (нерухомі) або мобільні, що переміщуються в просторі;
- за видами джерел поділяються на транспортні (автомобільний, рейковий, авіаційний, водний), промисловий і комунально-побутовий;
- по відносним, у масштабі розмірам міста, можуть бути точковими (окремі автотранспортні засоби або комунальне та промислове устаткування), лінійними (транспортний потік або залізничний рух) і просторовими (промислові майданчики, автовокзали, транспортні розв'язки тощо);
- за фізичними властивостями шумоутворення. Спектр шуму може бути дискретним, безперервним і змішаним. У вигляді такого спектра можуть бути представлені акустичні характеристики джерела, що залежать від складових його тонів.

Класифікація шуму за спектральними характеристиками різниться розподілом рівнів звукового тиску по частотам: низькочастотний шум (із рівнем звукового тиску нижче 300 Гц), середньо частотним (300–800 Гц) та високочастотним, що має звуковий тиск більше 1000 Гц.

- за розподілом у часі можуть бути постійними та непостійними. Джерелами постійного шуму в місті можуть бути інженерні та технологічні устаткування промислових і комунальних підприємств (постійно діючі вентиляційні агрегати, компресорні установки, трансформаторні підстанції і т. д.). Стаціонарні технічні системи, що періодично діють у міському середовищі.

Рух автомобільного та залізничного транспорту представляють собою джерела непостійного шуму в місті.

1.2.2 Шум стаціонарних джерел

Промисловий шум. Найбільш великими стаціонарними джерелами шуму в міському середовищі є промислові підприємства. Механічні, аеро-, газо- і гідродинамічні, електромагнітні процеси виступають основними джерелами шуму на промислових підприємствах, яким притаманні процеси пульсації і вібрації. Вантажно-транспортні процеси доповнюють шумовий фон на територіях промислових майданчиків підприємств.

По відношенню до міської території промислове підприємство розглядається як просторове джерело і оцінюється його зовнішній вплив. Натурні дослідження акустичного режиму промислових підприємств дають уявлення про рівні шуму на кордоні багатьох з них, дозволяють скласти класифікацію за галузями і встановити орієнтовні розміри зон акустичного дискомфорту для вільних територій. Специфікою промислового шуму є те, що він характеризується постійним або імпульсним звучанням не тільки вдень, але і вночі.

Комунально-побутовий шум. Шум, створюваний комунальними об'єктами, характеризується періодичністю звучання (переривчастий шум), обумовлений особливостями функціонування. Основними джерелами комунально-побутового шуму сучасного мешканця міста виступають електроприлади побутові, такі як телевізори, комп'ютери, кондиціонери та інше. Санітарними правилами [45] встановлені допустимі рівні шуму в приміщеннях квартир в межах до 40 дБА вдень, та до 30 дБА вночі.

При оцінці шумового режиму міста в цілому комунально-побутовий шум може враховуватися як фоновий.

1.2.3 Шум мобільних джерел

Автотранспорт. Концентрація транспортних засобів на різних типах автомобільних доріг зумовлюється зростанням автомобілізації сучасних урбосистем, збільшенням обсягів вантажних перевезень, розвитком громадського транспорту та збільшенням пунктів обслуговування транспорту на територіях сельбищних зон [47–51].

Шум, створюваний міським автотранспортом, має широкий спектральний діапазон і час звучання. Це є причиною глибини і потужності його негативного впливу. Підвищення рівнів шуму на урбанізованих територіях, створюваних автомобільними потоками, в значній мірі залежить від принципів організації руху і технічних характеристик транспортних засобів – потужності і конструкції двигунів, вантажопідйомності, швидкості, інтенсивності руху потоку в цілому, конструкції і стану дорожнього полотна, ухилів вулиць і доріг, кількості перетинів.

Якщо розглядається шум від окремого автомобілю, то таке забруднення представлено як точкове по відношенню до міського середовища. У тому випадку, коли оцінюється рівень шуму від автотраспортного потоку (не зважаючи на інтенсивність його руху), то таке забруднення є лінійним.

Перш за все, будівництво автомобільної дороги несе за собою зміни географічного ландшафту, які не пов'язані із транспортними засобами. Порушуються природні ландшафти екосистем за рахунок видалення ґрунту. Будівництво автомобільної дороги несе за собою негативний вплив на рослинний і тваринний світ. Під час експлуатації автомобільної дороги, джерелом впливу на навколишнє середовище є транспортний рух, який несе за собою такі негативні наслідки, як забруднення атмосферного повітря внаслідок викидів продуктів згоряння автотранспорту, шумове забруднення (в залежності від швидкості руху та пропускної здатності дороги), та пилове забруднення.

Чисельними дослідженнями [22, 52–61] було встановлено, що техногенне навантаження, що створює автомобільна дорога, на навколишнє середовище має

негативний вплив на усіх стадіях функціонування, таких як будівництво та експлуатація автомобільної дороги.

Шумова характеристика транспортного потоку (ШХТП) – розрахункове значення еквівалентного рівня звуку при русі транспортного потоку у реальних дорожніх умовах. Як визначе автор [62], ШХТП та рівні звуку на територіях сельбищних зон, що спричинені роботою транспортних засобів, зручніше за все визначати методом натурних вимірювань. Також можливо спрогнозувати рівні шумового забруднення на досліджуваних ділянках за допомогою аналітичних та імовірнісних математичних моделей. Склад транспортного потоку – це співвідношення в ньому різних видів транспортних засобів, які мають різні статистичні та динамічні параметри, що суттєво ускладнюють організацію дорожнього руху. Склад транспортного потоку вимірюється відсотковим співвідношенням транспортних засобів певного типу.

Важливе значення має нерівномірність руху протягом окремих інтервалів часу (година, доба, місяць). Тому внаслідок розподілу інтенсивності за добу виділяють поняття пікового періоду – термін часу, протягом якого спостерігається максимальна інтенсивність руху [63].

Вантажний транспорт створює більший вплив шуму в порівнянні із легковим, тому зростання частки вантажного транспорту в потоці призводить до зростання загального рівня шуму. Таке збільшення спостерігається на окружних дорогах і на об'їзних дорогах в межах міста, де частка вантажного транспорту становить 10–30 % [63].

Шумове та вібраційне забруднення є основними чинниками негативного фізичного навантаження та навколишнє середовище. Для оцінки негативної дії фізичних забруднювачів необхідно враховувати технічні характеристики дороги, природні та штучні бар'єри (лісонасадження, схили, виїмки, будівлі) та запроектовані захисні засоби (шумозахисні екрани, тощо).

Порівняння гранично допустимого еквівалентного рівня шуму із його прогнозованим дає змогу оцінити акустичний вплив на навколишнє середовище від автотранспорту.

Захисні споруди уздовж ділянок доріг, що потребують зменшення рівня шуму, використовують задля зниження рівня шумового навантаження на навколишнє середовище та здоров'я населення. Шумозахисні екрани встановлюють при проходженні автомобільної дороги через населений пункт у тих випадках, коли зафіксовано перевищення гранично допустимих рівнів шуму.

Рейковий транспорт. Однією зі складових частин транспортної мережі міста є всі види рейкового транспорту – трамвайні лінії, відкриті лінії метро, залізничні вводи, а також підвісні монорейкові дороги. Рейковий транспорт традиційно розглядається як лінійне джерело і визначається як функція від інтенсивності руху [64].

Рівні шуму на територіях, розташованих уздовж рейкового шляху, залежать від типу транспортних одиниць швидкості та інтенсивності руху в двох напрямках, а також конструкції колії і її стану, поздовжніх ухилів і параметрів шляху. Частка протяжності рейкових шляхів в загальній структурі транспортної мережі урбосистем зазвичай невелика, проте високочастотна природа акустичної характеристики рейкового шуму і велика глибина зон розповсюдження даного забруднення обумовлює необхідність боротьби з ним в розряд першочергових.

Для зниження підвищених рівнів шуму від даного виду транспорту пропонується встановлення конструкції трамвайної колії, що має назву «Green Track» [65]. Дана конструкція представляє собою дренажну решітку, в якій висаджується рослинність, на останньому етапі проектування. Існує декілька варіантів організації «Green Track» [66], основною відмінністю яких є рівень розташування газону відносно колії. В обох варіантах використовують газонні трави, очиток (*Sedum*) або штучну траву [67]. Дослідження показали, що такий варіант проектування колій здатен знижувати рівні шуму від 1 до 3 дБА. Варіант із висадженням рослинності на рівні із колією має найвищу ефективність і зниженні рівнів шуму від рейкового транспорту.

Авіація. Авіаційний шум є одним із найбільш інтенсивних джерел акустичної напруги в сучасних містах [68–72]. Вирішення проблем підвищених рівнів авіаційного шуму та захисту населення від них ускладнюється тим, що

аеропорти розміщуються в межах урбосистем на прилеглих до сельбищної зони територіях та впровадженням нових типів літаків із потужними реактивними двигунами.

Поширення авіаційного шуму на місцевості, що створюється повітряним транспортом, в основному, залежить від типу літаків і інтенсивності прольотів, а також від напрямку авіаційних трас.

1.3 Аналіз чинного законодавства України стосовно проведення моніторингу рівнів шуму на територіях сельбищних зон урбосистем

Статтею 24 ЗУ «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення» [73] передбачено, що органи виконавчої влади або органи місцевого самоврядування зобов'язані здійснювати архітектурно-будівельні або інші заходи щодо зниження рівнів шуму до гранично допустимих. На територіях захищених об'єктів, до яких відносяться прибудинкові території, Державними санітарними нормами [45] встановлені такі нормативи: вдень з 8 ранку до 22.00 допустимий рівень шуму не повинен перевищувати 55 дБА; вночі з 22.00 до 8.00 – 45 дБА.

Для забезпечення дотримання допустимих норм рівнів шуму та подальшого попередження шумового забруднення сельбищних зон, необхідно запровадити систему моніторингу рівнів шуму.

Законом України [74] передбачено, що: "державному обліку в галузі охорони атмосферного повітря підлягають види і ступені впливу фізичних факторів на стан атмосферного повітря". Загальновідомо, що одним із фізичних факторів виступає шум. У [44] надається таке значення шуму: "шум як фізичний фактор – акустичні коливання, що характеризуються випадковою зміною амплітуди, частоти і тривалості". "Шум повітряний – шум, який випромінюється джерелом безпосередньо у повітря і поширюється повітряним шляхом". Отже, до державного обліку повинні включатися спостереження за рівнями шуму, але на

даний час відсутній порядок проведення моніторингу шуму, що був би затверджений на законодавчому рівні.

Поняття моніторингу у нормативно-правовій базі України усталене чітко та відповідно до [75] повинно бути спрямоване на підтримку екологічної безпеки держави та ефективного здійснення природоохоронних заходів.

В положенні про державну систему моніторингу [75] надається таке значення терміну системи моніторингу: "це відкрита інформаційна система, пріоритетами функціонування якої є захист життєважливих екологічних інтересів людини і суспільства; збереження природних екосистем; відвернення кризових змін екологічного стану довкілля і запобігання надзвичайним екологічним ситуаціям". Іншою постановою [76] надається таке значення цього терміну: "система моніторингу – контроль за станом підземних вод, водойм, атмосферного повітря, ґрунтів і рослин, шумового забруднення в зоні можливого негативного впливу місця провадження діяльності".

ЗУ "Про охорону навколишнього природного середовища" [77] статтею 22 встановлює обов'язкове проведення моніторингу навколишнього природного середовища центральними органами виконавчої влади або іншими державними органами що уповноважені спостерігати за станом навколишнього середовища.

Спостереження за рівнями шуму в навколишньому середовищі може бути віднесено до моніторингу атмосферного середовища, відповідно до ст. 31 ЗУ «Про внесення змін до Закону України «Про охорону атмосферного повітря» [74]. Моніторинг факторів впливу, наприклад спостереження за змінами в оточуючому середовищі під впливом фізичних факторів, таких як шумове забруднення, теплове та електромагнітне, може бути виділено як окремий вид моніторингу.

Міжнародні стандарти серії ISO 14000 спрямовані на впровадження моніторингу для контролю за змінами, що можуть негативно вплинути на якість навколишнього середовища. Гармонізований в Україні міжнародний стандарт ISO 14004-2016 [78] розглядає шум, як один із екологічних аспектів діяльності організацій, але не описує вплив шуму від лінійних джерел, таких як автотранспорт. В ДСТУ ISO 14001-97 [79] зазначається, що моніторинг (як вид

постійної діяльності) є головною функцією системи управління навколишнім середовищем.

Основна мета стандартів серії ISO 1996 – сприяння міжнародній гармонізації методів опису, вимірювання та оцінки екологічного шуму з усіх джерел. Головним чином, стандарти серії ISO 1996, що перезатвердженні у 2016 та 2017 роках, надають органам виконавчої влади матеріали для опису та оцінки шуму в громадських середовищах та на місцевості. На основі принципів, описаних у цій частині ISO 1996, можуть бути розроблені національні стандарти, правила та відповідні допустимі межі рівня шуму.

Стандарт ISO 1996-2:2017, створений для використання його як основи для розробки на його базі більш уточнених стандартів, які спрямовані на конкретні виміри від різних джерел шуму. Документ ISO 1996-2:2017 описує методики визначення рівнів звукового тиску, що базуються на оцінці меж шуму навколишнього середовища або на порівнянні сценаріїв просторових досліджень. Оцінки шуму можуть проводитись, як шляхом прямих натурних вимірювань, так і шляхом екстраполяції отриманих результатів вимірювань.

У третьому розділі зазначеного стандарту надається визначення терміну «автоматизована система контролю звуку – вся автоматизована система безперервного контролю звуку, включаючи всі монітори (прилади, що використовуються для єдиного автоматизованого терміналу безперервного звукового моніторингу, який здійснює моніторинг рівня А – зваженого звукового тиску, їх спектрів та всіх відповідних метеорологічних величин, таких як швидкість вітру, напрямок вітру, дощ, вологість, атмосферна стабільність тощо), базову або центральну позицію збору даних (приймаюча станція) та все програмне та апаратне забезпечення, що беруть участь у її роботі». Варто зазначити, що в жодному нормативному документі України в області шуму, відсутнє таке поняття як «автоматизовані системи контролю звуку».

Стандарт ISO 1996-1:2016 описує коригування звуків, що мають різні характеристики. Введено та надано значення терміну «рейтинговий рівень», що використовується для опису прогнозів фізичного звуку або вимірювань, до яких

додано одне або більше коригувань. На основі цих рівнів рейтингу можна оцінити довгострокову реакцію населення на перевищення рівнів шуму.

Поняття «коригування» у термінології ISO має наступне значення: «це позитивна чи негативна константа або зміна, яка додається до прогнозованого або вимірюваного акустичного рівня для врахування якогось звукового символу, часу доби або типу джерела».

Зазвичай, ці коригування застосовуються у випадку вимірювань день/ніч, або день/вечір/ніч. Такі вимірювання є прикладами рейтингових рівнів, оскільки вони обчислюються протягом різних періодів часу, а коригування додаються до інтервалу часу в яких здійснюється вимірювання.

Основною відмінністю між стандартом ISO 1991-1:2016 та чинними українськими нормативно-правовими актами є розподіл вимірювання рівнів шуму за опорними інтервалами часу. Такими інтервалами виступає день, вечір та ніч. Денний інтервал доби, зазвичай виділяють із 7.00 ранку до 19.00 вечора. Вечірній час, згідно із ISO становить чотирьохгодинний інтервал з 19.00 до 23.00 годин, та нічний час із 23.00 до 7.00 ранку.

Аналіз нормативно-правової бази показав відсутність кореляцій документів які регламентують підвищення екологічної безпеки урбосистем при шумовому забрудненні, що ускладнює впровадження практичних рішень щодо запуску функцій регенерації процесів самоочищення оточуючого середовища урбанізованих територій. Під час аналізу законодавчої бази України, виявлено відсутність нормативно-правового і методичного забезпечення організації та проведення моніторингу рівнів шумового забруднення.

Дійсний до 01.01.2019 року в Україні державний стандарт ГОСТ 20444-85 [80] розроблений відповідно до стандарту ISO 1996-1 [81], регламентує порядок проведення оцінки рівнів шуму від автотранспортних потоків. Але, цим стандартом не встановлено порядок спостереження та/або моніторингу за рівнями шуму. Чинний від 2014 року Державний стандарт України [82] також не зобов'язує проводити постійний моніторинг шуму на територіях сельбищних зон урбосистем. В Європейському Союзі існує певна кількість Директив, які

регламентують порядок проведення моніторингу та оприлюднення даної інформації [83–86]. Лише одна із наведених європейських Директив [85] була адаптована в екологічне законодавство України, що затверджено у Базовому плані апроксимації [87] та відображено у Законі України «Про охорону навколишнього природного середовища [77], але це не розповсюджується на проведення моніторингу рівнів шуму, а стосується залучення громадськості до обговорення питань щодо прийняття рішень.

Існує чотири Директиви ЄС щодо шумового забруднення від різних джерел та системи управління процесами, пов'язаними із шумом [88–91], що не пройшли в Україні процес імплементації.

Директивою ЄС 2002/49 [88] встановлено необхідність:

- картографування шуму міської забудови для країн-членів ЄС;
- направлення дій щодо попередження та захисту від шуму в країнах спільноти;
- оприлюднення інформації щодо рівнів шуму та надання вільного доступу громадськості.

Проведення спостережень за рівнями шуму на територіях населених пунктів, за рекомендаціями Директиви 2002/49/ЄС [88] має включати такі обов'язкові спостереження:

- еквівалентні рівні шуму вдень і ввечері протягом 15–30 хвилин, та вночі вздовж 15 хвилин;
- максимальні рівні шуму на кожний час доби.

Допустимі рівні шуму на різних територіях населених пунктах та в приміщеннях різного значення, за рекомендаціями Директиви 2002/49/ЄС [88], може встановлюватися країною-учасником ЄС окремо та затверджуватися на законодавчому рівні. Головною метою цієї Директиви є запровадження картографування рівнів шумового забруднення населених міст із подальшим оприлюдненням карт шуму.

На даний час існує велика кількість програм для зображення контурів шуму, але жодна із них не використовується для регіонального спостереження

відповідними органами виконавчої влади. Наприклад, Шевченко Ю.С. пропонує проводити картографування у два етапи – мікро- та макромаштабне моделювання та реалізує новий підхід в точковому моделюванні рівнів шуму від автомобільного транспорту [92].

Варто зауважити, що основним джерелом шумового забруднення у містах є автотранспорт, отже, доцільно створювати карти шуму у прив'язці до автомобільних доріг.

У керівництві із розробки шумових карт [93] зазначено, що для побудови карти шуму необхідно використовувати методи математичного моделювання з використанням реальних натурних досліджень рівнів шуму. Це дозволяє оцінити транспортний шум та його розповсюдження при конкретних дорожніх умовах. Автори доробку [41] пропонують такі основні компоненти карти шуму: розташування джерел шуму із значенням еквівалентних рівнів шуму (дБА); ізолінії, що позначають територію акустичного дискомфорту (при перевищенні допустимих норм); основні заходи щодо зниження рівнів шуму до нормативів.

Аналіз міжнародного та європейського законодавства виявив, що лише Директивою 2002/49/ЄС [88] регламентовано зобов'язання, порядок та організацію моніторингових досліджень рівнів шуму з метою створення карт шуму та подальшою організацією шумозахисних рішень.

Етап імплементації має визначити процедуру положення Директиви 2002/49/ЄС [98] в національне законодавство України.

1.4 Європейський досвід організації моніторингу рівнів шуму

З метою захисту довкілля за ініціативи Європейської Комісії було створено Головне управління з питань навколишнього середовища (The Directorate-General for the Environment). З 1996 року DGE проводить активну політику, яка спрямована на покращення акустичної ситуації великих міст та агломерацій в межах країн ЄС. Першим кроком до створення концепції боротьби із негативним впливом шуму на населення стала розробка програми «Зелений меморандум

перспективної шумової політики» (The Green Paper on Future Noise Policy (COM(96)540)). Цей документ вказує на неповноту вивчення проблеми надмірного акустичного навантаження у порівнянні з іншими екологічними проблемами сучасних міст.

Рада Європи та Європейський парламент прийняли Директиву 2002/49/ЄС від 25 червня 2002 року [88], що стосується оцінки та регулювання шуму навколишнього середовища. Мета Директиви полягає у визначенні загального підходу, спрямованого на те, щоб уникнути, запобігти або зменшити в пріоритетному порядку шкідливий вплив шуму [88]. Вона акцентує увагу на забезпеченні основи для розвитку заходів, спрямованих на зниження рівня шуму, який створюється різними джерелами шуму, у тому числі автотранспортними засобами.

Науковим обґрунтуванням Директиви 2002/49/ЄС [88] та наданням рекомендацій відносно розробки законодавчих актів та політики ЄС у сфері контролю за шумовим забрудненням займалося регіональне бюро ВООЗ. Мультидисциплінарна група експертів проаналізувала існуючі наукові дані про вплив шуму від автотранспорту на здоров'я людини та підготували санітарно-гігієнічні нормативні величини. Такі проекти були реалізовані у вигляді 4 офіційних документів: Керівництва з питань шуму навколишнього середовища 1999 року, Меморандум про взаємозв'язок впливу та ефекту нічного шуму 2004 року, Європейського керівництва з контролю нічного шуму 2009 року, Керівництво з питань шуму навколишнього середовища для Європейського регіону 2018 року.

Загальноєвропейські методи оцінки та управління процесами стосовно шуму, що впливає на людей в межах забудованих територій, парків та інших територій для відпочинку в агломераціях, біля шкіл, лікарень та інших територій, які є чутливими до шуму, розглянуті у Директиві 2002/49/ЄС [88]. Зокрема, цим документом передбачено:

1. Визначення шумової експозиції населених пунктів. Відповідно до Директиви визначені рівні шумового навантаження підлягають картуванню для

проведення подальшої розробки плану дій щодо його зниження шумового забруднення [94]. При цьому варто зауважити, що кожні 3-5 років спостерігається посилення жорсткості екологічних вимог щодо шуму. Це стимулює розвиток автомобільних корпорацій на випуск більш енергоефективних та екологічно безпечних (у тому числі малошумних) транспортних засобів.

2. Створення карт шуму відповідно до загальноприйнятих національних методик країн-членів ЄС. Відповідно до Директиви стратегічні карти шуму мають містити інформацію про існуючу або ж прогнозовану акустичну ситуацію, перевищення нормативних значень рівня шуму, кількості населення та площі територій, що знаходяться у зоні підвищеного рівня шуму. При цьому технічні методи вимірювань мають обиратися безпосередньо виконавцем дослідження та спиратися на чинне національне законодавство з питань шумового забруднення та/або міжнародні стандарти.

Європейське законодавство наголошує на необхідності створення карт шуму для автомагістралі з інтенсивністю руху 3 млн. автомобілей за рік. Кожні 5 років держави-члени ЄС мають подавати інформацію у Комісію ЄС про акустичну ситуацію на основних автодорогах. Сусідні держави-члени мають співпрацювати у питанні оцінки шуму та планам дій для прикордонних територій.

3. Прийняття планів дій у країнах спільноти для попередження або зниження рівня шуму в залежності від акустичної ситуації на конкретно визначеній території, мають спиратися на результати, отримані від створення карт шуму. Цей план дій носить рекомендаційний характер та залишає правовий простір для врегулювання питання з використанням законодавчої бази конкретно визначеної держави.

4. Забезпечення вільного громадського доступу до інформації щодо рівня шуму у навколишньому середовищі за умови наявності такої. Країни мають забезпечити проведення консультацій з громадськістю з питання прийняття планів дій, включаючи інформування про підготовку та їх перегляд. Для кожного етапу процесу має бути передбачена участь громадськості з наданням достатньої кількості часу для обговорення.

Держави-члени ЄС мають забезпечити поширення карт шуму серед населення у відповідності до законодавства, зокрема, Директиви Ради 90/313/ЕЕС про свободу доступу до інформації про навколишнє середовище.

Таким чином, ЄС проводить політику зменшення негативного впливу, що завдається навколишньому середовищу, шляхом встановлення алгоритму дій при моніторингу шуму від автотранспорту у великих містах із розвиненою транспортною інфраструктурою. Дослідження проводяться в залежності від технічних характеристик транспортних засобів, типу місцевості та клімату, де проходить транспортна автомагістраль.

1.5 Аналіз використання зелених насаджень в якості протишумового фільтру

Сучасні методи регулювання шумового режиму зводяться до вибору спеціальних шумозахисних заходів, що знижують шум джерел або екранують їх для захисту від проникнення шуму від них вглиб територій.

На сьогоднішній день розроблено широкий спектр конструктивних, планувальних та організаційних прийомів, що відповідають цим завданням та різним рівням прийняття рішень. Відповідно до рекомендацій щодо зменшення шумового навантаження від автомобільних доріг сельбищних територій [95], основним фактором що впливає на зниження еквівалентного рівня шуму є матеріал дорожнього покриття. В зазначених рекомендаціях акцентується увага на застосуванні мал шумних дорожніх покриттів, що дозволить більш ефективно регулювати шумовий режим територій, розташованих в зонах впливу автомобільних доріг. Мал шумне покриття рекомендується обирати з урахуванням інтенсивності руху та складу транспортного потоку. Наведені рекомендації визнаються дієвими, але даний метод має лише односпрямовану дію – зниження рівнів шуму та не має інших додаткових факторів покращення стану екологічної безпеки урбосистем. Одночасно із цим, реконструкція та переоснащення автомобільних доріг призведе до виникнення додаткових

підвищених рівнів шуму, ускладнить рух автомобільного транспорту містом та потребує великих фінансових витрат для держави.

У свою чергу ж, озеленення населених пунктів здійснюється для оздоровлення повітряного басейну, формування оптимального мікроклімату, зниження шуму, забезпечення умов для відпочинку, а також з огляду на декоративно-планувальні цілі (індивідуалізація вигляду, пожвавлення ландшафту, усунення монотонності забудови і організація сприятливого середовища проживання для людини в цілому).

Вивчення ролі деревних та чагарникових посадок свідчить про те, що запиленість повітря серед зелених насаджень в 2–3 рази нижче, ніж на відкритих ділянках. Найбільшою пилезатримуючою здатністю володіють породи дерев і чагарників з шорсткими, покритими ворсинками листям (в'яз, липа, клен, бузок). До рослин, що не сприятливі до газових забруднень, можна віднести тополю, клен, акацію, бирючину, жимолость. Вплив зелених насаджень на запиленість повітря і зниження концентрації газів залежить від характеру посадок: їх щільності, конфігурації і структури. Велике значення в оздоровленні повітря населених пунктів має здатність рослин поглинати вуглекислий газ і виділяти кисень.

Зелені насадження в населених пунктах формують сприятливий мікроклімат, змінюючи радіаційно-теплові умови, вітровий режим та вологість повітря. Людина, що знаходиться в зеленій зоні, відчуває себе комфортніше. На затінених ділянках знижується температура ґрунту і твердих покриттів доріг, зменшується напруга прямого і відбитого тепла сонячної енергії. Великі масиви насаджень взимку декілька підвищують температуру повітря за рахунок життєдіяльності рослин. Поліпшенню мікроклімату також сприяє збільшення вологості повітря в результаті випаровування вологи листям при підвищенні температури повітря. Навіть невеликі зелені масиви підвищують вологість повітря на прилеглий території на 20–30%.

За рахунок фотосинтезу, зелені насадження створюють органічну речовину та забезпечують біосферу киснем. У цьому полягає основна екологічна та

санітарно-гігієнічна роль зелених насаджень. Поряд зі своїми основними функціями, насадження впливають на рівень шуму. У [96] зазначено, що рекреаційне, природоохоронне і бар'єрно-оздоровлювальне значення зелених насаджень виявляється у біологічному, фізичному, хімічному очищенні довкілля і повітря та зниженні рівня шуму.

Вплив шумового забруднення на рослинність значно нижча ніж негативні впливи на здоров'я населення, рослини є більш стійкими до впливу такого виду техногенного забруднення, тому їх використовують для створення захисних смуг, які запобігають поширенню шумового забруднення урбосистем. За результатами досліджень [97] **Ошибка! Источник ссылки не найден.**, ефективними у зниженні шуму породами дерев є сосна та тополя, що здатні знижувати рівні шумового забруднення до 31 % на відстані 25 метрів.

За Лаптевим О. О. [980] відомо, що зелені насадження здатні зменшувати інтенсивність шуму у 10 разів, а листяні породи деревостанів здатні відбивати до 75 % звукової енергії. Автори публікації [99] також наголошують на тому, що для досягнення високого рівня шумопоглинальної здатності смуг зелених насаджень, дуже важлива конфігурація та рядність насаджень. Найважливішим фактором, що впливає на зниження шуму є зімкнутість крони та розміщення смуг зелених насаджень відповідно до джерела шуму. Найбільш ефективним є змішані типи насаджень, що складаються із деревостанів та чагарників.

Проведені у [100] дослідження та кореляційні аналіз структурних параметрів захисних смуг зелених насаджень із зниженням рівня шуму виявили закономірність у зниженні шуму не лише за рахунок відстані від джерела шуму, а також і структурних параметрів. Найважливішими виявилися: зімкнутість та щільність крони, кроку посадки, наявності чагарників.

Самойлюком Е.П. [101] наведено схему проникання звуку крізь полосу зелених насаджень. Стикаючись з такою зеленою смугою густих лісонасаджень, частина звукової енергії відбивається, частина поглинається, а частина проникає вглиб насаджень. На кордоні зелених насаджень відбувається деяке зниження

рівня звуку на величину ν , в масі крони – додаткове зниження на величину α "Виходячи" із зеленої смуги параметр звуку знижується на величину $\gamma = \nu + \alpha$.

Автор публікації [102] досліджував сім поясів рослинності, що змінювалися у глибину від 15 м до 40 м та склалися переважно із листяних дерев та кущів. Забезпечене надлишкове ослаблення визначали як вимірювання перед і за поясом дерева та в результаті порівняння різниці. Переваги були найбільшими на низьких частотах (близько 250 Гц) та на високих частотах (> 1 кГц). Надлишок загасання на цих частотах часто становило 6–8 дБ, але вимірювання на середніх частотах, які є домінуючими складовою трафіку шуму, не дали значних результатів і тому загальне надмірне ослаблення зазвичай становило 3 дБ або менше. Доробок іншого автора [103], який виявив, що пояс із щільної ялини глибиною 10 м давав надмірне ослаблення 6 дБА.

Більш високе ослаблення низькочастотного звуку пояснюється посиленням поглинанням ґрунту, що спричинене опалим листям та гілками, які збільшують поверхневу пористість. Автор статті [104] зауважив, що максимальне ослаблення відбувається у тому випадку, коли розмір листка дорівнює половині довжини хвилі звуку, і, отже, важливо, щоб будь-який рослинний екран містив високу частку листяних порід.

Є кілька очевидних недоліків використання смуг зелених насаджень в якості против шумових екранів як єдиний засіб для зменшення шуму. Головний недолік, полягає у тому, що ефективність такого екрану не є негайною і може зайняти багато років, доки посадка досягне певного віку. За своєю суттю смуга зелених насаджень – це постійно мінливий екран і з часом може бути більше або менше ефективним.

У зв'язку із високою щільністю забудови та великою площею зайнятих поверхонь міст, слід застосовувати мобільні і компактні прийоми озеленення. Одним із прикладів компактного озеленення є вертикальне озеленення.

Вертикальне озеленення – елементи озеленення фасадів будівель, паркових споруд, спеціальних ажурних споруд, вертикальних стін та інших об'єктів з використанням деревовидних ліан та інших витких рослин [105].

Використання витких рослин на стінах будівель регулює їх тепловий режим, сприяє зменшенню нагріву стін, особливо в південних містах. Крім того, в'юнкі рослини зменшують ступінь проникнення в будівлі пилу, зволожують повітря, знижують силу вітру і рівень шуму, створюючи тим самим більш м'які і сприятливі кліматичні умови в приміщеннях.

Наразі, в Українському законодавстві відсутні нормативні чи рекомендаційні документи щодо організації вертикального озеленення також відсутня єдина загальноприйнята класифікація елементів вертикального озеленення, незважаючи на багаторічний досвід використання такого типу озеленення будівель.

У «зеленому будівництві» у частині вертикального озеленення присвячено безліч наукових доробків вітчизняних та закордонних вчених. Відтак, авторами статей [106–114] підтверджується той факт, що декоративне озеленення фасадів будівель позитивно впливає на підтримання екологічної рівноваги та сприяє забезпеченню комфортного акустичного простору урбоєкосистем.

Закордонний досвід демонструє широке використання вертикального озеленення для зниження рівнів шуму. Так, наприклад, світовим лідером використання нетрадиційних систем озеленення, особливо дахового, є Європа, де технології озеленення міських ландшафтів в умовах обмежених земельних ресурсів існують і вдосконалюються протягом останніх 40 років. Лідером дахового озеленення є Німеччина. Площа зелених дахів в цій країні щорічно збільшується на 15–20 %. При оформленні рослинами житлових і громадських будівель використовуються такі прийоми: суцільне озеленення, озеленення групою рослин і озеленення поодинокими рослинами. При суцільному озелененні слід передбачати формування пагонів навколо вікон і входів. Найбільш розповсюджені рослини для суцільного озеленення – ліани. Оформлення поодинокими рослинами використовується для лоджій і балконів.

Для виявлення особливостей вертикального озеленення в табл. 1.1 представлені основні критерії цього нетрадиційного виду озеленення споруд.

Таблиця 1.1 – Критерії вертикального озеленення

Класифікаційні критерії	Впровадження
функціональне призначення території, що підлягає озелененню	громадське/житлове/виробниче/природна територія/примагістральна територія
інженерні особливості	із використанням спеціальних опорних конструкцій/без використанням спеціальних опорних конструкцій
тип рослин, що використовується	багатолітні (ліани)/однолітні(в'юнкі/ампельні)
тип місця для посадки	грунт/кашпо

Об'єкти вертикального озеленення можуть створюватися, як із використанням спеціальних опор (в якості самостійних малих архітектурних форм), так і без їх використання (з використанням фасадів будівель і споруд, парканів, стовпів вуличного освітлення і тому подібних об'єктів) в будь-яких функціональних зонах міста. Для створення об'єктів вертикального озеленення рекомендується застосовувати такі види спеціальних опор: трельяжі, шпалери. Трельяж і шпалера – не важкі дерев'яні або металеві конструкції у вигляді решітки для озеленення в'юнкими рослинами або рослинами, що спираються на опорну конструкцію.

Для озеленення ампельними рослинами використовуються кашпо, контейнери різної форми і розмірів, що закріплюються на балконах, фасадах, стовпах вуличного освітлення або спеціалізованих малих архітектурних формах. До найбільш популярних різновидів «рослин-альпіністів» відносять хміль і лимонник. Найпростіші у використанні – різновиди дівочого винограду і плющі. Особливо слід відзначити ліани, які знайшли широке застосування в зеленому будівництві завдяки їх здатності підійматися на стіни будівель без спеціальних пристосувань за допомогою присосок (*Parthenocissus quinquefolia varieties Engelmannii*; *Parthenocissus tricuspidata Veitchii*; *Hedera helix L*; *Hedera colchica*'Sulphur Heart'; *Hydrangea*). Використовувані види повинні, по можливості, мати місцеве походження для того, щоб підтримувати генетичну різноманітність місцевої території. Додаткова перевага використання місцевих рослин – це те, що вони більш витривалі до кліматичних умов даного району.

Характеристики ліан, що можуть використовуватись в якості шумового бар'єру: середній і швидкий ріст і довга тривалість життя; не потребує додаткових технічних конструкцій для установки; не піддаються хворобам та шкідникам; не потребують обслуговування в значній мірі; відсутність пожежної небезпеки; низька вартість у порівнянні із іншими технічними рішеннями. Не рекомендується використовувати вертикальне озеленення у наступних місцях: на прозорих і напівпрозорих спорудах; де необхідно зберегти характер і якість поверхні споруди в візуальних цілях; біля дверей евакуації.

Дослідження показали, що листя рослин послаблюють звук, відбиваючи та поглинаючи акустичну енергію в невеликих кількостях [115]. Обсяг зменшення шуму є пропорційним до кількості існуючих рослин. Зелені стіни містять таку велику кількість рослин, що акустичне середовище можна значно покращити.

Варто також зазначити, що вертикальне озеленення здатне покращувати якість повітря у приміщеннях. Дослідження підтверджують [116], що рослини здатні очищати повітря в приміщенні від токсичних хімічних сполук, які поширені у сучасних будівлях. Дослідженнями встановлено, що хімічні речовини, такі як формальдегід та оксид вуглецю, можуть бути видалені листами рослин поодиночі. ЛОС, бензол, толуол, ксилол та багато інших токсичних хімічних речовин можуть видалятися корінням рослин (або мікроорганізмами, що живуть навколо коренів, які деградують і засвоювати ці хімічні речовини) [116].

Висновки до розділу 1

Відповідно до проведеного аналітичного огляду можна визначити, що до теперішнього часу вивченню процесів шумоутворення урбосистем приділяється не достатньо уваги в Україні, у той час, як у Європейських державах питання захисту від шуму є першочерговим у забезпеченні екологічної безпеки урбосистем. Аналіз нормативно-правової бази України виявив недоліки в екологічному законодавстві щодо організації моніторингу рівнів шумового забруднення. Виявлено відсутність методичного та організаційного забезпечення

проведення моніторингу рівнів шумового забруднення на територіях сільбищних зон урбосистем.

Таким чином виникає потреба в удосконаленні науково-практичних засад щодо зниження техногенного навантаження для управління екологічною безпекою урбанізованих територій при шумовому забрудненні.

Для досягнення зазначеної мети поставлено такі завдання:

- проаналізувати нормативну базу і засоби щодо організації моніторингу шумового забруднення урбанізованих територій;
- створити структуру, методичні та математичні засоби дослідження сільбищних 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 сільбищних 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.

Результати за розділом опубліковані у працях [38, 60, 61]

РОЗДІЛ 2

ОБ'ЄКТ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Загальна характеристика об'єкту досліджень

Об'єктом дослідження є вплив шумового забруднення на урбосистеми. У свою чергу, урбосистема представляє собою міста та інші поселення людей, що складаються із двох підсистем: природної та антропогенної (рис. 2.1).

Нагальною проблемою життєдіяльності урбосистем виступає вибір оптимальної територіальної організації міста до якої відноситься:

- ландшафтно-архітектурна організація;
- архітектурно-планувальна організація;
- функціонально-планувальна організація.

Для управління екологічною безпекою урбосистем та попередження виникнення техногенного навантаження на довкілля, необхідно впорядковувати наведені складові організації міста, враховуючи сучасні умови зростання населення, розбудови інфраструктурних об'єктів та господарської діяльності.

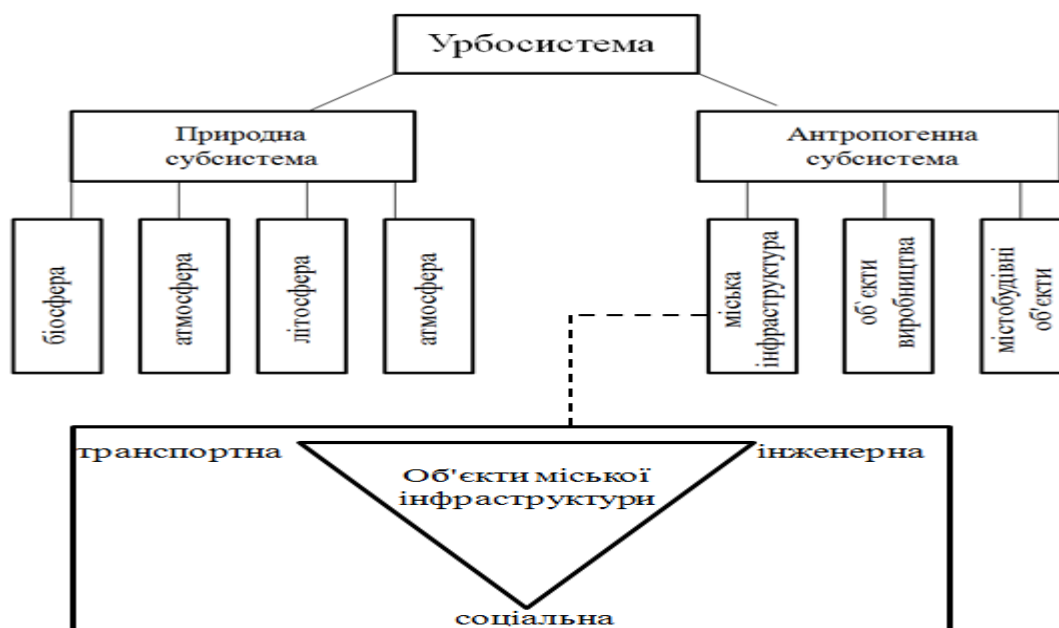


Рисунок 2.1 – Аналітична схема урбанізованої системи

Такий взаємозв'язок між наведеними підсистемами та окремо у кожній підсистемі включає надходження нових невластивих речовин у колообіг урбосистеми. Головною причиною виникнення таких впливів є антропогенні фактори. Урбосистеми – акумулюючі системи, перш за все, це стосується забруднюючих речовин, які сорбуються в міському середовищі в різних елементах ландшафту (водах, повітрі, ґрунтах, біоті). Урбосистеми складаються із великої кількості взаємопов'язаних антропогенних мікроекосистем – об'єктів сельбищної, промислової, комунально-складської, санітарно-захисної зон, а також зони зовнішнього транспорту та відпочинку.

До типової сельбищної зони відносяться території житлових будинків, громадських установ, будинків і споруд, разом із навчальними, проектними та науково-дослідними інститутами, внутрішньосельбищна вулично-дорожня та транспортна мережі, а також місця загального користування: парки, площі, бульвари, сади, сквери та інші об'єкти зеленого будівництва. Під час організації архітектурно-планувальної системи сельбищних зон її поєднують із іншими видами території урбосистем – виробничою та ландшафтно-рекреаційною.

Окрім промислової мікроекосистеми, основним джерелом забруднення урбосистем є транспортні зони. Концентрація транспортних засобів на різних типах автомобільних доріг в середині міст зумовлюється зростанням автомобілізації сучасного міста, збільшенням обсягів вантажних перевезень, розвитком громадського транспорту та збільшенням пунктів обслуговування транспорту на територіях сельбищних зон. Під впливом автомобільної дороги на навколишнє середовище розуміють будь-яку зміну в навколишньому середовищі, пряму чи опосередковану, яка повністю чи частково спричинена будівництвом, ремонтом та подальшою експлуатацією автомобільних доріг [117].

Поміж загальновідомого негативного впливу на атмосферне повітря через привнесення додаткових забруднювачів, що виділяються із вихлопними газами рухомого складу автотранспортної мережі, існує не менш важливе та шкідливе забруднення фізичного походження – підвищені рівні шуму.

Негативні впливи на навколишнє середовище від автомобільної дороги поділяють за наступними принципами:

- за джерелом впливу;
- за спрямованістю;
- за характером впливу.

Рівень шумового навантаження урбанізованих територій залежить від стану автомобільного покриття. Управління станом автомобільних доріг здійснюється шляхом оптимального планування і здійсненням заходів по ремонту та утриманню автомобільних доріг.

На сьогодні найпоширенішими видами транспорту урбосистем є наступні:

- 1) транспорт власного користування (автомобілі, мотоцикли, мопеди);
- 2) автомобільний вантажний транспорт;
- 3) пасажирський наземний транспорт загального користування (трамвай, тролейбус, автобус).;
- 4) транспорт спеціального та спеціалізованого призначення.

Величина еквівалентного рівня транспортного шуму, що утворюється на експлуатованій дорозі залежить від наступних факторів (рис. 2.2):



Рисунок 2.2 – Залежність рівня транспортного шуму від різних факторів

Основними факторами, що визначають рівень транспортного шуму є характеристики транспортного потоку (склад та інтенсивність), особливості влаштування дорожнього одягу (тип покриття), архітектурні особливості

території (щільність забудови), дорожні умови руху, наявність зелених насаджень (дендрологічний склад та конструкція), наявність шумозахисних споруд та інженерних конструкцій тощо [118].

Процеси, що протікають в урбосистемах, зокрема розповсюдження антропогенних забруднювачів та техногенного навантаження, розвиваються у межах закономірностей, встановлення яких можливе за допомогою систематичних спостережень за станом урбосистем – моніторингом.

За відсутності статистичних даних рівнів шуму населених міст України, постає нагальне питання щодо організації та проведення експериментальних досліджень із визначення рівнів шумового забруднення сельбищних зон урбосистем шляхом удосконалення науково практичних засад управління екологічною безпекою, що постає метою дисертаційного дослідження.

2.2 Обґрунтування та вибір експериментальних профілів

Відповідно до поставлених завдань дисертаційного дослідження, було проведено низку експериментальних досліджень ділянок типової урбосистеми (на прикладі міста Харків). Харків являє собою типове урбанізоване місто України із розвиненою інфраструктурою, автотранспортною мережею, типовою сельбищною зоною та ландшафтно-рекреаційними зонами.

Критерії вибору експериментальних профілів обумовлені наявністю типових факторів організації урбанізованої території, що включає взаємопов'язані антропогенні мікроекосистеми. Для проведення низки експериментальних досліджень продовж трьох років, було обрано місто Харків, що характеризується наявністю наведених особливостей типової урбосистем, та відповідно до Стратегії розвитку міста Харкова [119] має наступні характеристики:

1. Урбанізована територія (загальна площа міста – 350 км², відсоток урбанізації 70 %);

2. Розвинена інфраструктура (міжнародний аеропорт, ж/д вокзал, автовокзали, внутрішня авто-та електротранспортна мережа, інженерна та освітня інфраструктури, театри, музеї, бібліотеки);

3. Розвинена автотранспортна мережа (через Харків проходить міжнародний транспортний коридор Європа-Азія, протяжність автомобільних доріг загального користування на території Харківської області становить 9 614,2 км, у їх числі: міжнародних – 440,9 км, державного значення – 783,8 км);

4. Типова житлова забудова (житловий фонд – 33 млн. м², щільність населення 4132 осіб/км²);

5. Рекреаційні зони (15 м² зелених насаджень на кожного мешканця, загальна площа насаджень міста – 15,4 тис. га., 15 об'єктів ПЗФ – 467,7 га).

Оцінку шумового забруднення проведено в центральній – найбільш щільно забудованій – частині міста Харків та в парках і рекреаційних зонах, що знаходяться в різних частинах міста (рис. 2.3).

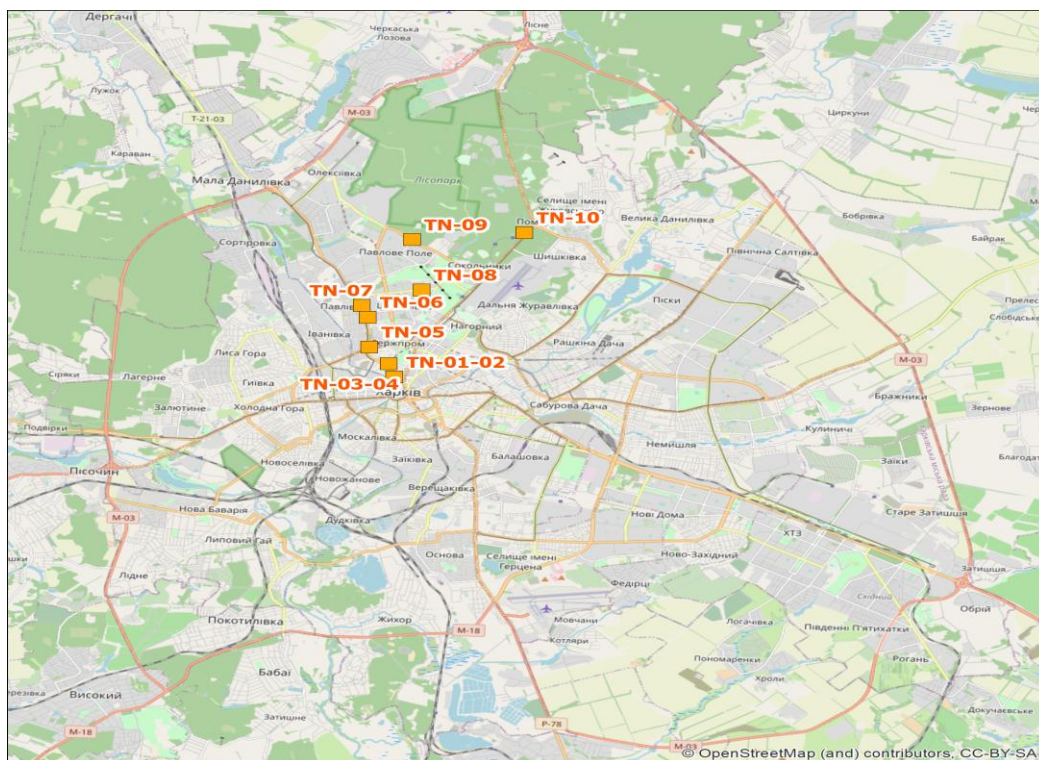


Рисунок 2.3 – Карта м. Харків із позначками експериментальних профілів

Натурні спостереження і вимірювання проводились протягом трьох років, в весняно-літній та осінньо-зимовий періоди. Експериментальні профілі були обрані із врахуванням архітектурно-ландшафтних особливостей урбосистем, що розташовані в зоні типових категорій міських автомобільних доріг, що межують з типовою житловою забудовою населених міст України. До таких типових автомобільних доріг відносять магістральні вулиці загальноміського та районного значення; вулиці і дороги місцевого значення. Типова житлова забудова урбосистем являє собою сельбищні зони, що представлені багатоповерховими житловими будинками та приватним сектором. Усі натурні профілі були обрані таким чином, 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 розташовані у сельбищних та паркових зонах міста. У якості тест-об'єктів обрано лісопаркову зону міста, що є прилеглою до автомобільної дороги із мінімальним впливом інших факторів утворення шуму окрім руху автотранспорту.

На території міста закладено 10 профілів, що наведені у табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Позначення та розташування експериментальних профілів натурних досліджень

Позначення експериментальних профілів	Розташування
TN01	узвіз Бурсацький
TN02	пров. Кравцова
TN03	Парк ім. Т.Г. Шевченка (вул.Клочківська)
TN04	Ботанічний сад ХНУ ім. В.Н. Каразіна (Клочківська вул.)
TN05	Клочківський узвіз
TN06	Космічна вул.
TN07	Соснова Гірка (Клочківська вул.)
TN08	Новгородська вул.
TN09	Лісопарк (від Дерев'янка вул.)
TN10	Лісопарк (Білгородське шосе)

Вісім профілів розташовані перпендикулярно двом великим вулицям, які можна віднести до територіальних (вул. Клочківська: профілі №№ 1 – 7) та

магістральних (Білгородське шосе: профіль № 10) доріг. Один із профілів (№ 8) складався з вибірки із 7 коротких (до 20 м завдовжки) відтинків, розташованих по обидві боки вул. Новгородської, яка відноситься до категорії місцевих доріг із твердим покриттям і фактично є хордою, що з'єднує дві. Клочківську через вул. Білої Акації із вул. Сумською. Профіль № 9 є розташований від межі лісопаркової зони та ще однієї місцевої дороги із твердим покриттям – вул. Дерев'янка, яка також з'єднує Білгородське шосе через вул. Ахсарова із вул. Клочківською. Всі профілі, крім профілю № 8, були 100 м завдовжки, розташовані по один бік від вибраних вулиць, вглиб житлової забудови або паркових та лісопаркових зон міста.

Профілі № 1, № 5 та № 8 репрезентують вуличні насадження, а саме: натурний профіль №1 (TN01), що знаходиться по вулиці Бурсацький узвіз представлений групами дерев: ясеня ланцетний або зелений карликовий (*F. lanceolata Borkh*) та клен гостролистий (*Acer platanoides*).

Профіль №5 (TN05) розташований на Клочківському узвозі м. Харків. Захисна смуга зелених насаджень сягає 100 м, за якою розташований багатоповерховий житловий будинок. На досліджуваному профілі смуги зелених насаджень представлені наступним угрупованням дерев: клен ясенелистий (*A. negundo*), ясеня ланцетний або зелений (*F. lanceolata Borkh*), ясеня американський (*F. americana L.*), в'яз граболистий (*Ulmus carpinifolia Rupp. ex Suckow U. minor Mill*), тополя бальзамічна (*Populus trichocarpa*).

Профіль №8 (TN08) розташований вздовж вулиці Новгородська. Вуличні смуги зелених насаджень представлені однорядною посадкою із найбільшою кількістю різних видів насаджень: в'яз граболистий (*Ulmus carpinifolia Rupp. ex Suckow U. minor Mill*), тополя бальзамічна (*Populus trichocarpa*), клен гостролистий (*Acer platanoides*), липа широколиста (*Tilia platyphyllos*), робінія звичайна (*Robinia pseudoacacia*).

Профіль № 6 (TN06) репрезентує внутрішньо-квартальні насадження багатоповерхової міської забудови, що знаходиться по вул. Космічній. Смуга внутрішньо кварталних насаджень шириною 50 м розташована перед

багатоповерховими житловими будинками та представлена видами дерев: клен ясенелистий (*A. negundo*), вяз еліптичний (*Ulmus elliptica*), липа європейська Палліда (*Tilia europaea Pallida*), робінія звичайна (*Robinia pseudoacacia*), слива домашня (*Prunus domestica*).

Паркові насадження міста представлені профілями №№ 3, 4 та 7. Основними видами дерев паркової зони контрольних профілей є: клен ясенелистий (*A. negundo*), липа європейська Палліда (*Tilia europaea Pallida*) та вяз еліптичний (*Ulmus elliptica*),

Профілі №№ 9 та 10 – контрольна ділянка із насадженнями лісопаркової зони міста, із основними представниками листяних дерев та чагарників наступних видів: клен ясенелистий (*A. negundo*), клен гостролистий (*Acer platanoides*), ясень ланцетний або зелений (*F. lanceolata Borkh*), ясень американський (*F. americana L.*),

Вздовж профілю № 2 лише на відстані 10 м від проїзної частини є декілька вічнозелених кипарисів (*Superessus sempervirens*).

2.3 Методи проведення експериментальних досліджень

2.3.1 Методи визначення рівнів шуму на експериментальних профілях

Аналіз результатів досліджень шумового режиму урбанізованих територій [120–127] дозволяє представити деякі узагальнення щодо основних напрямів дослідження, методів оцінки і вибору засобів регулювання шумового режиму:

- дослідження впливу шуму на людину і навколишнє середовище;
- визначення акустичних характеристик джерел шуму;
- дослідження поширення шуму від джерела і визначення зон з перевищеними рівнями шуму;
- розробка шумозахисних заходів.

Перший напрямок передбачає саніторано-гігієнічні та біологічні дослідження стану людини і елементів приземного шару атмосфери в міському

середовищі під впливом шуму. Вони дозволяють визначити критерії оцінки і граничні рівні негативного впливу шуму, які лягли в основу санітарних норм і відомчих стандартів щодо допустимих рівнів шуму [128].

Відповідно до другого напрямку проводяться дослідження, пов'язані з отриманням кількісних характеристик міських джерел шуму за допомогою натурних вимірювань і розрахунків. Результатом таких досліджень стали стандарти на вимір рівнів шуму та розрахунки шумових характеристик на територіях урбосистем [080, 129].

Третій напрям досліджує закономірності поширення шуму в міському середовищі, визначає методи розрахунку рівнів шуму на об'єктах, що піддаються впливу шуму. При цьому істотна роль відводиться методам розрахунку, інструментального контролю і розробки нормативних обмежень в області уточнення зон акустичного забруднення від окремих джерел.

Четвертий напрямок включає розробку методів, що дозволяють знижувати вплив шуму від різних джерел, а саме:

- конструктивний (екранування, використання спеціальних звукопоглинальних і звукоізолюючих матеріалів);
- архітектурно-планувальний (планування забудови, використання екрануючого ефекту забудови);
- адміністративно-організаційний (диференціація руху транспортних потоків по місцю, часу і якісному складу потоку).

При визначенні акустичних характеристик джерел шуму користуються методами, що наведені на рис. 2.4.

Найбільш точні дані отримують при інструментальному вимірюванні шуму в натурних умовах, проведених і оброблених відповідно до вимог достовірності, встановлених методами математичної статистики. При відсутності інструментальних даних для отримання акустичних характеристик здійснюються розрахунки (математичний метод) або використовуються номограми і графіки (графоаналітичний метод).

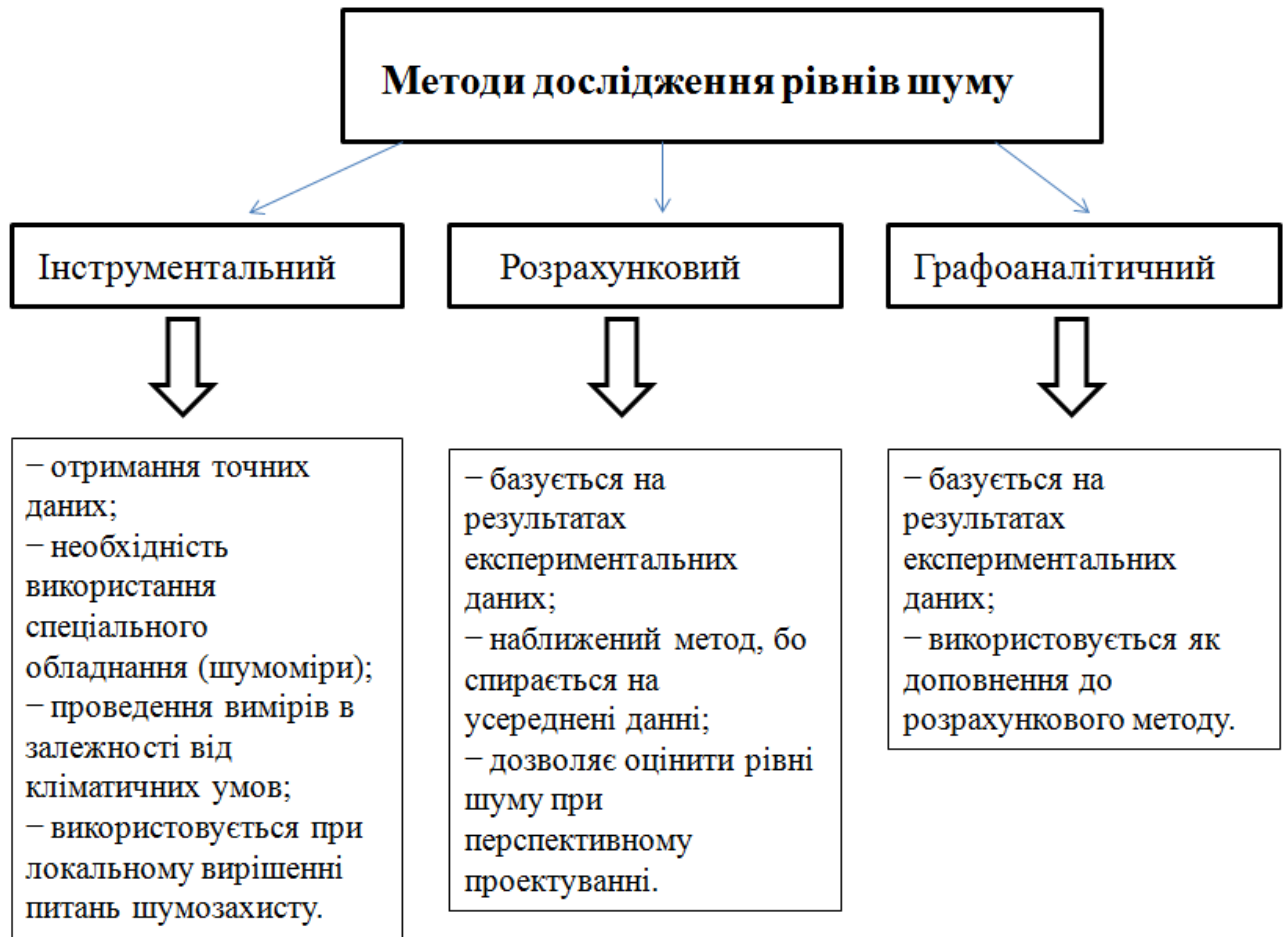


Рисунок 2.4 – Методи дослідженні шумових характеристик

Слід зазначити, що вищенаведені методи визначення рівня шуму міських джерел, детально розроблені і висвітлені дуже широко в нормативній та рекомендаційній літературі [80, 81, 95, 129, 130–134].

Під час проведення наукових досліджень експериментальні визначення рівнів шуму від автотранспортних потоків на територіях сельбищних зон у 2016-2018 роках було проведено відповідно до методики, зазначеної у ГОСТ 20444-85 [80] із деякими доповненнями за допомогою відкаліброваного шумоміру моделі DT-8852. Дана методика організації вимірів рівнів шуму від автомобільного транспорту була впроваджена ще у 1985 р., та втратила чинності 01.01.2019 р. і не враховує сучасної щільної житлової забудови та ландшафтного озеленення приміагістральних територій. На даний час відсутні будь-які методичні рекомендації чи нормативні документи, що регламентують методику проведення експериментальних вимірів рівнів шуму від автомобільного транспорту.

Методичні рекомендації [1310] щодо проведення акустичних розрахунків на автомобільних дорогах, затверджена у 2016 році, також спирається на методику ГОСТ 20444-85 [80], що втратила чинності в Україні. Отже, можна прийти до висновків, що питання із методичного забезпечення експериментальних розрахунків шумового забруднення від автомобільного транспорту, на сьогодні в Україні залишається недостатньо вивченим та не має свого відображення у нормативно-правовій базі України.

З метою удосконалення науково-методичних підходів до організації натурних досліджень рівнів шумового забруднення приміагістральних територій сельбищних зон із врахуванням вкладу зелених насаджень в зниженні транспортного шуму було удосконалено існуючу методику ГОСТ [80]. Даний підхід дозволяє оцінити шумове навантаження територій сельбищних зон з урахуванням архітектурно-планувальних та ландшафтно-рекреаційних рішень для виявлення дискомфортних зон та подальшого прийняття екологічно безпечних рішень щодо зниження техногенного навантаження від шуму на досліджуваних ділянках урбосистем. На закладених профілях, що є натурними об'єктами дослідження, було обрано п'ять точок які розташовані на відстані 0 м, 10 м, 20 м, 50 м, та 100 м від лінійного джерела шуму. Проведення експериментальних досліджень на зазначених відстанях обґрунтоване організацією архітектурно-планувальної системи типових сельбищних зон урбосистем у поєднанні із ландшафтно-рекреаційною системою, що має на меті виявлення шумопоглинальних властивостей наявних смуг зелених насаджень вздовж автомобільних доріг, що межують із досліджуваними ділянками сельбищних зон.

Методика, що наведена у ГОСТі [80] встановлює, що виміри еквівалентного рівня шуму повинні проводитися інтегруючими шумомірами на територіях з усталеною швидкістю транспортного руху на відстані не меншій ніж 50 метрів від світлофорів, перехресть та зупиночних станцій громадського транспорту. Виміри слід проводити під час сухої погоди без опадів та при максимальній швидкості вітру 5 м/с. Вимірвальний прилад (шумомір) слід розташовувати на відстані 7,5 метрів від шляху руху автомобільного потоку та на висоті 1,5 м від рівня

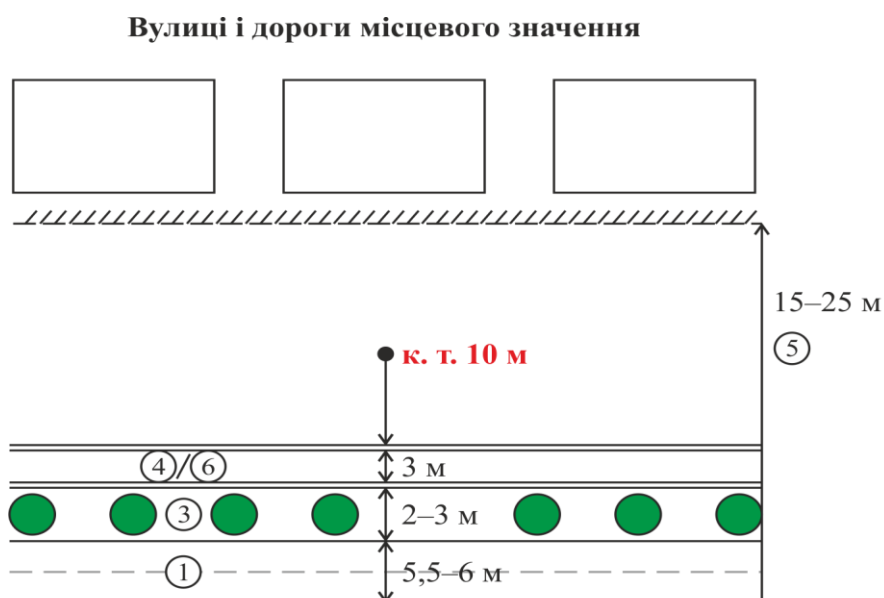
покриття проїжджої частини. Період проведення виміру шумової характеристики транспортного потоку повинен охоплювати проїзд 200 одиниць транспортних засобів, що рушають в обох напрямках дорожнього руху. Усі наведені вимоги до організації експериментальних вимірів шуму залишились незмінними та враховані під час організації експериментальних досліджень із визначення рівнів шуму на територіях сельбищних зон за удосконаленою методикою ГОСТ.

Відповідно до [132], акустичний розрахунок необхідно проводити з урахуванням: «шляхів поширення шуму від джерела і закономірностей його поширення по кожному із шляхів (зниження рівня шуму завдяки віддаленню від джерела, затуханню, екрануванню, ізоляції огорожувальними конструкціями, звукопоглинанню)».

Під час аналізу отриманих експериментальних даних було виявлено найбільш репрезентативні контрольні точки для проведення вимірів рівнів шуму на територіях сельбищних зон урбосистем. Удосконалені науково-методичні підходи до проведення експериментальних досліджень із визначення рівнів шумового забруднення від автомобільного транспорту, полягають в обґрунтуванні доцільності проведення таких досліджень на різних відстанях від лінійного джерела шуму на територіях сельбищних зон, що знаходяться у зоні впливу автомобільних доріг. Відповідно до відстані проведення визначення шумових характеристик автотранспортних потоків, яка становить 7,5 м, що пропонується у методиці ГОСТ 20444-85 [80]; запропонованих типів профілів вулиць і доріг, що регламентовані у [135]; ширини червоних ліній для магістральних вулиць, що становить 50-80 м, та 15-25 м для вулиць і доріг місцевого значення; відстаней розташування основної проїзної частини, тротуарів та смуг озеленення, що регламентує [136], з метою урахування усіх наведених рекомендацій та вимог щодо відстаней між автомобільними дорогами та сельбищною зоною, запропоновано уніфіковані схеми розташування контрольних точок з метою визначення рівнів шумового забруднення, що знаходяться у зоні впливу автомобільних доріг. Даний підхід враховує усі можливі варіанти компонування житлової забудови та смуг озеленення із автомобільними дорогами

урбосистем різної категорії, що дозволило виявити шумопоглинальні властивості смуг зелених насаджень придорожнього простору та пропонувати методичні підходи до організації експериментальних досліджень, які враховані під час розробки алгоритму моніторингу рівнів шумового забруднення на територіях сельбищних зон урбосистем.

Запропоновані уніфіковані схеми розташування контрольних точок із визначення рівнів шумового забруднення з урахуванням архітектурно-ландшафтного планування сельбищних зон за удосконаленою методикою наведено на схемах на рис. 2.5 та 2.6.



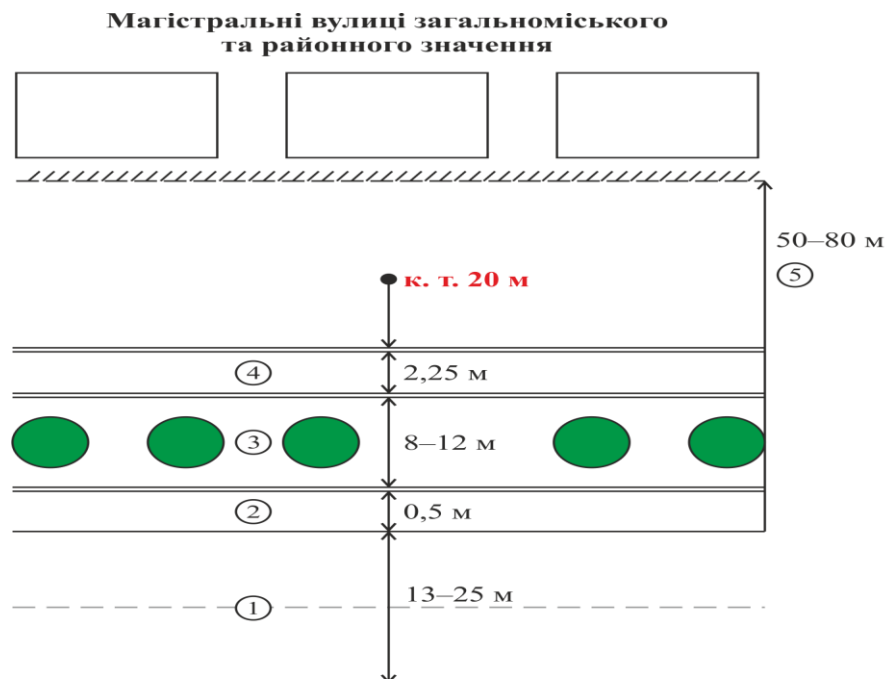
Умовні позначення:

- 1 – основна проїзна частина
- 3 – смуги озеленення
- 4 – тротуари
- 5 – червона лінія
- 6 – тротуари з дозволенним велорухом
- к. т. – контрольна точка для визначення рівнів шуму
- – житлові будинки

Рисунок 2.5 – Схема розташування контрольної точки для проведення експериментальних досліджень із визначення рівнів шуму сельбищної зони, що є прилеглою до вулиць і доріг місцевого значення

Враховуючи 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, що демонструє оціночні рівні шумового забруднення досліджуваної ділянки є відстань у 10 м від 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, що можуть слугувати 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 іншу нормативні документи та характер досліджень), що у свою чергу може привести до отримання некоректних експериментальних даних.



Умовні позначення:

- 1 – основна проїзна частина
- 2 – смуги безпеки
- 3 – смуги озеленення
- 4 – тротуари
- 5 – червона лінія
- к. т. – контрольна точка для визначення рівнів шуму
- – житлові будинки

Рисунок 2.6 – Схема розташування контрольної точки для проведення експериментальних досліджень із визначення рівнів шуму сельбищної зони, що є прилеглою до магістральних вулиць загальноміського та районного значення

Розташування контрольної точки на відстані 20 м від проїзної частині магістральних вулиць загальноміського та районного значення обґрунтовано тим фактом, що такі вулиці мають більшу кулькусть смуг руху автомобільного транспорту та віщу інтенсивність транспортного руху. Із схеми також видно, що типове розміщення житлових будинків, що знаходяться у зоні впливу такого типу вулиць, знаходиться 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.

Зокрема, під час проведення експериментальних досліджень із визначення рівнів шуму на територіях сельбищних зон урбосистем, враховувався не лише кількісний, але і функціональний склад транспорту, фіксувалась кількість легкових автомобілів та мотоциклів, вантажного та громадського транспорту.

Відповідно до [134] враховують кількість смуг руху автотранспорту, тип дорожнього покриття, інтенсивність руху, склад та швидкість транспортного потоку.

Відповідно до [137] інтенсивність транспортного потоку визначається за формулою:

$$N_i = \sum_{k=1}^n N_{ik}, \quad (2.1)$$

де i – напрямок руху;

k – вид транспортних засобів;

N_{ik} – кількість транспортних засобів виду k , що проїхали в напрямку i впродовж обстеження, од.

Відповідно до [138] дозволяється застосовувати метод візуального обліку руху. В основу даного методу закладено принцип визначення середньорічної добової інтенсивності та складу транспортного руху автомобільного потоку за результатами обліку, що може бути проведений у будь-який час, ден, тиждень, місяць, окрім святкових днів, враховуючи поправочні коефіцієнти. Облік руху

необхідно проводити не менше 1 години із врахуванням транспортних засобів прямого і зворотного напрямків руху. Після закінчення спостереження необхідно підрахувати сумарну кількість транспортних засобів за весь період спостережень.

2.3.2 Методи оцінки смуг зелених насаджень на експериментальних профілях

Під час проведення експериментальних натурних досліджень на обраних профілях, використовували підходи і методи, що застосовуються у таксації міських та лісових насаджень.

Також в кожній точці враховувались наявність і тип насаджень, описано їх видовий склад за ярусами: головний деревний (А), підріст (A_j , молоді дерева, що поки не увійшли за висотою до складу головного ярусу), чагарниковий (FR), трав'яний (НВ). Для кожного ярусу оцінено ступінь проективного покриття (від 0 до 100 % із кроком 5 %). Окремо для головного деревного ярусу вимірювали такі параметри:

R_L – відстань до лінійного джерела шуму;

n – кількість рядів насадження від дороги до точки вимірювань ;

B , м – ширина смуги насаджень від зовнішньої відносно дороги межі до точки вимірювання;

H , м – середня висота деревостанів (вимірювали за допомогою вимірювача кута ИУ-1М);

LCR , долі од. – співвідношення «живої крони», тобто частка, яку займає безперервно облиствлена крона від довжини стовбура дерева (середнє для групи дерев у точці);

CC_H , доля од. – зімкнутість крон (горизонтальна проекція) , тобто показник, аналогічний проективному покриттю деревного ярусу;

CC_V , доля од. – зімкнутість крон (вертикальна проекція), тобто частка від видимого простору площини, перпендикулярної поверхні ґрунту, яка

перекривається облиствленими кронами сусідніх дерев в ряду (середнє для групи дерев у точці);

СТ, доля од. – прозорість крон, тобто сукупна частка від загальної площі уявного контуру живої крони дерева у різних проекціях, яка припадає на просвітлення серед облиствлених пагонів;

r , м – середня відстань між деревами у насадженні;

α , град. – ухил місцевості (вимірювали за допомогою вимірювача кута ІУ-1М).

Всі відстані на місцевості вимірювали за допомогою рулетки.

Співвідношення «живої крони» та прозорість крон вимірювали за методикою моніторингу здоров'я лісових насаджень, прийнятою в Україні [139]. Показник зімкнутості крон у вертикальній проекції для цього дослідження було запропоновано вперше. Введення цього показника для експериментальних досліджень із подальшою статистичною обробкою пояснюється відомим фактом, що звичайні рядові та групові штамбовані насадження не створюють необхідного захисту від шуму. Шумозахисні властивості мають лише ті смуги зелених насаджень, що складаються із одно- та двохярусних чагарників та декількох смуг дерев із зімкнутими кронами та щільністю листя більш 0,8. До того ж, чагарники мають повністю перекривати своєю зеленою масою безлисті стовбури дерев.

В умовах існуючої житлової забудови досягти цього в багатьох випадках неможливо. Тому введення показника зімкнутості крон у вертикальній проекції дозволяє оцінити ефективність «зеленого екрану» при розповсюдженні шуму, розробити математичну модель, що враховує вклад смуг зелених насаджень різного типу у зниження транспортного шуму та організувати впровадження комбінаторних рішень із застосуванням локального озеленення сельбищних зон урбосистем, що зазнають техногенного впливу від підвищених рівнів шуму.

Таблиця 2.2 – Характеристики експериментальних профілів (середні значення за 2016-2018 роки)

Код точки	R _L , м	п, од.	B, м	H, м	LCR, долі од.	СС _Н , долі од.	СС _в , долі од.	СТ, долі од.	г, м	FR, %	НВ, %	Лекв, дБА	ГДР Лекв, дБА
TN01-010	10	2	10	3	0,65	0,20	0,30	0,05	5,0	1	90	62	55
TN01-020	20	2	15	2,1	0,90	0,20	0,20	0,05	6,0	1	90	65	55
TN01-050	50	4	45	2,1	0,90	0,20	0,20	0,05	6,0	1	90	65	55
TN01-100	100	0	100	0	0,00	0,00	0,00	1,00	0	0	0	62	45
TN02-010	10	1	5	2,5	0,90	0,05	0,05	0,80	10,0	0	10	70	45
TN02-020	20	0	20	0	0,00	0,00	0,00	1,00	0,0	0	0	67	45
TN02-050	50	0	50	0	0,00	0,00	0,00	1,00	0,0	0	0	64	45
TN02-100	100	0	100	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,0	0	0	66	45
TN03-010	15	2	10	17	0,60	0,10	0,20	0,40	12	15	30	65	45
TN03-020	25	3	20	23	0,75	0,55	0,45	0,40	5,0	10	30	62	45
TN03-050	50	7	45	22	0,75	0,30	0,45	0,15	6,0	0	5	57	45
TN03-100	100	12	95	25	0,80	0,70	0,60	0,40	4,5	1	5	57	45
TN04-010	10	2	10	7,5	0,60	0,10	0,15	0,15	7,0	0	50	69	45
TN04-020	25	3	15	25	0,85	0,45	0,25	0,23	10,0	15	40	61	45
TN04-050	55	6	50	24	0,90	0,45	0,35	0,25	9,0	30	35	58	45
TN04-100	100	12	90	24	0,80	0,35	0,70	0,30	7,0	12	55	56	45
TN05-010	10	1	5	2,2	0,65	0,05	0,10	0,15	7,0	0	70	74	55
TN05-020	30	1	12	17	0,90	0,35	0,70	0,30	6,5	2	10	64	55
TN05-050	50	4	40	17	0,90	0,40	0,40	0,40	5,0	1	10	64	55
TN05-100	100	9	80	20	0,95	0,30	0,70	0,35	4,5	25	10	61	55
TN06-010	10	1	10	13	1,00	0,10	0,70	0,15	5,0	0	55	69	55
TN06-020	20	2	15	16	0,85	0,70	0,85	0,25	10,0	30	5	67	55
TN06-050	40	4	35	18	0,80	0,45	0,85	0,20	5,5	35	15	65	55
TN06-100	100	8	85	23	0,90	0,50	0,55	0,25	12,0	15	10	55	55
TN07-010	10	2	10	26	0,80	0,15	0,35	0,30	9,0	0	35	67	45
TN07-020	20	3	20	25	0,35	0,35	0,45	0,35	6,0	11	3	62	45
TN07-050	50	6	40	25	0,35	0,25	0,30	0,25	7,5	6	8	61	45
TN07-100	100	9	90	26	0,50	0,30	0,50	0,25	10,0	9	20	55	45
TN08-010a	10	1	8	17,5	0,93	0,15	0,55	0,20	6,0	0	8	71	55
TN08-010b	10	1	10	25	0,75	0,35	0,45	0,25	5,5	0	40	69	55
TN08-010c	10	1	10	9	0,60	0,35	0,65	0,05	5,0	0	45	71	55
TN09-010	10	3	10	25,5	0,65	0,60	0,55	0,30	4,0	55	10	63	45
TN09-020	20	6	20	25	0,80	0,55	0,35	0,45	5,2	0	10	60	45
TN09-050	50	10	50	26	0,80	0,35	0,45	0,25	7,0	0	20	54	45
TN09-100	100	19	100	26	0,45	0,35	0,40	0,30	5,6	0	20	50	45
TN010-010	10	0	0	0	0,00	0	0,00	1,00	0,0	0	50	66	45
TN010-020	20	3	10	27	0,70	0,40	0,60	0,30	8,0	20	15	60	45
TN010-050	50	7	30	28,5	0,60	0,45	0,70	0,40	7,0	25	20	57	45
TN010-100	100	14	80	28	0,80	0,45	0,75	0,35	9,0	30	20	51	45

Профіль №1 (TN01), представлений вуличними насадженнями, що мають двохрядну посадку на середній відстані 12,5 м. від лінійного джерела шуму.

Зі́мкнутість крон у горизонтальній проекції становить 0,20 частин од., середня відстань між деревами сягає 5-6 м. Зі́мкнутість крон у вертикальній проекції сягає в середньому 0,20 частин од., а на відстані 100 м – 0,00 частин од. На даному профілі чагарниковий ярус відсутній, проективне покриття трав'яного ярусу становить 90 %. Дана ділянка розділяє смуги дорожнього руху та слугує пішохідною дорогою для населення. На протилежній стороні від досліджуваного профілю, вздовж автомобільної дороги з однією полосою руху, розташована Харківська державна академія культури. Для територій, які прилягають до навчальних закладів, допустимий рівень шуму становить 55 дБА. Експериментальні дослідження показали перевищення гранично допустимих норм.

Вздовж профілю № 2 (TN02) на відстані 10 м від проїзної частини зустрічаються дерева висотою 2,5 м із шагом посадки 10 м. Зі́мкнутість крон у вертикальній проекції сягає лише 0,05 частин од. через особливості даного виду (вічнозелений кипарис) та широкого кроку посадки. Проективне покриття чагарникового ярусу на даному профілі відсутнє. Проективне покриття трав'яного ярусу – 10 %.

Профіль № 3 (TN03), що обраний у якості однієї із контрольних точок, представлений парковими насадженнями із кількістю рядів насаджень від 2 до 12 рядів на 100 м від проїзної частини. Середня висота дерев – 20 м, середня зі́мкнутість крон у вертикальній проекції становить 0,40 частин од., що є не значно щільною для паркових насаджень. Середнє проективне покриття чагарникового ярусу для досліджуваного профілю становить 5 %, трав'яного ярусу – 15 %. Рівень шуму під час досліджень становив від 77 дБА на нульовій точці від лінійного джерела шуму до 57 дБА на відстані 100 м.

Профіль № 4 (TN04) репрезентує велику кількість зелених насаджень, що знаходяться на території ботанічного саду у центральній частині міста та є рекреаційною зоною для населення. Кількість рядів насаджень на досліджуваній ділянці становить від 2 до 12 із середньою відстанню між стовбурами дерев 8 м. Середня зі́мкнутість крон у горизонтальній проекції сягає 0.40 частин од. Середнє

проективне покриття чагарникового ярусу для досліджуваного профілю становить 14 %, трав'яного ярусу – 45 %. Вимірні рівні шуму знижуються у глиб насаджень від 69 дБА до 56 дБА.

Профіль №5 (TN05), що знаходиться на території сельбищної зони представлений широкою смугою зелених насаджень, від однієї смуги на відстані 20 та 50 метрів, до 9 смуг на відстані 100 м від лінійного джерела шуму із середньою відстанню між насадженнями 6 м. Чагарниковий ярус зустрічаються лише на останній полосі насаджень та становить 14 %. Максимальна кількість рядів насаджень – 9. Середня відстань між деревами становить 5 м. Середнє проективне покриття трав'яного ярусу – 45 %. Середня зімкнутість крон у горизонтальній проекції сягає 0.50 долей од., що є гарним показником для внутрішноквартальних насаджень, але, як показали результати натурних вимірювань рівня шуму, такої смуги не достатньо для захисту від перевищених рівнів шуму. Середній еквівалентний рівень шуму ($L_{екв}$) за 3 досліджуваних роки (2016–2018) становить 61 дБА на відстані 100 м від дороги, що не відповідає гранично допустимим рівням шуму у 55 дБА для території житлової забудови у денний час доби.

Профіль № 6 (TN06) представлений із максимальною кількістю рядів насаджень – 4. Середня відстань між деревами становить 7,5 м. Середня зімкнутість крон у вертикальній проекції сягає 0,70 частин од., що є відмінним показником для насаджень сельбищної зони. Середнє проективне покриття чагарникового ярусу для досліджуваного профілю становить 33 %, трав'яного ярусу – 25 %. За результатами вимірів шуму, що створюється за рахунок роботи автотранспорту виявлено, що на відстані 100 м перед житловими будинками рівень шуму сягає 55 дБА, що не перевищує гранично допустимі рівні шуму на території житлової забудови. Такий ефект, швидше за все, досягається за допомогою застосування комплексних против шумових рішень, а саме, широка чотирьохрядна смуга зелених насаджень у комплексі із ухилом місцевості у 15° на відстані 50 від від лінійного джерела шуму.

Профіль № 7 (TN07) представляє паркові насадження центральної частини урбосистем та має 9 рядів насаджень на відстані 100 м від автомобільної дороги із шириною посадки в середньому 8 м, що не є щільною для паркової зони. Середня зімкнутість крон у вертикальній проекції сягає 0.40 долей од. Середнє проективне покриття чагарникового ярусу для досліджуваного профілю становить 7 %, трав'яного ярусу – 20 %. Виміряні рівні шуму зменшуються у глиб посадки від 67 дБА до 55 дБА, що не є достатнім для досягнення нормативних рівнів шуму для денного часу у 45 дБА, що встановлені у ДСН [53] на майданчиках відпочинку.

Профіль №8 (TN08) представляє вуличні смуги насаджень із середнім шагом посадки 5,5 м між стовбурами дерев та висотою від 9 до 25 м. Зімкнутість крон у вертикальній проекції становить в середньому 0,55 частин од. Чагарниковий ярус на даній ділянці відсутній, проективне покриття трав'яного ярусу в середньому становить 28 %. Виміряні еквівалентні рівні шуму на досліджуваній ділянці становили 71-69 дБА.

На контрольній ділянці профілю № 9 (TN09) розташовані широкорядні смуги зелених насаджень із максимальною кількістю 19 рядів та середнім шагом посадки 5,5 м. Зімкнутість крон у вертикальній проекції становить в середньому 0,44 долей од. Чагарниковий ярус представлений лише на відстані 10 м від проїзної частини та становить 5 %, середнє проективне покриття трав'яного ярусу – 15 %. Виміряні еквівалентні рівні шуму на досліджуваній зменшуюся від 63 дБА до 50 дБА.

Натурний профіль №10 (TN10) розташований у лісопарковій зоні на виїзді із міста представлений широкими смугами зелених насаджень у 14 рядів, що розпочинаються із трьохрядної посадки на відстані 20 м від проїзної частини. Середній шаг посадки – 8 м. Зімкнутість крон у вертикальній проекції становить в середньому 0,68 долей од. Проективне покриття чагарникового ярусу становить 25%, середнє проективне покриття трав'яного ярусу – 25 %. Виміряні еквівалентні рівні шуму на досліджуваній зменшуюся від 66 дБА до 51 дБА.

Аналізуючи наведені результати у табл. 2.2, можна дійти висновку, що існуючих смуг зелених насаджень не достатньо для забезпечення гранично

допустимих рівнів шуму на території житлової забудови, що становлять 55 дБА для денного часу відповідно до нормативних значень, наведених у ДСН [45]. Лише натурний профіль №6 на відстані 100 м демонструє ефективне впровадження комплексних против шумових рішень із вдалим застосуванням ландшафту місцевості та використанням широкої смуги зелених насаджень.

2.4 Методи обробки натурних даних

Серії одиничних вимірювань рівня шуму, які зберігались у пам'яті шумоміра, експортувались у файли формату MS Excel (*.xls) за допомогою спеціальної програми, наданої виробником приладу. Для кожної серії вимірювань в окремій точці (вибірці) програмними засобами MS Excel 2013 визначено точкові параметри нормальної статистики, а саме:

- середнє значення (\bar{x});
- дисперсія (σ^2);
- стандартне відхилення (σ).

Під час експериментальних досліджень на п'яти точках вимірювання рівнів шуму від джерела шуму у різних відліках часу, автотранспортний потік розглядається як лінійне джерело шуму, а кожна миттєва реєстрація шуму вносить рівний вклад при обробці експериментальних даних та розрахунку еквівалентних рівнів шуму. Автотранспортний потік представляє собою джерело непостійного шуму.

Для оцінки точності отриманих результатів необхідно визначити похибки, допущені під час вимірювання. Похибкою є відхилення отриманої експериментальної величини рівня шуму від істинного. Похибки при визначенні рівня шуму частіше за все з'являються через неправильне калібрування шумовимірювальних приладів, порушення чутливості мікрофонів через вплив метеорологічних умов та різке погіршення погодних умов під час вимірювання показників шуму тощо.

Абсолютною похибкою (Δ_0) вважається різниця між отриманим результатом вимірювання шуму (x_i) та середньою його величиною ($x_{\text{сеп}}$):

$$\Delta_0 = x_i - x_{\text{сеп}} \quad (2.2)$$

де Δ_0 – абсолютна похибка, дБА;

x_i – значення фактичного виміряного шуму, дБА;

$x_{\text{сеп}}$ – середнє значення показників шуму, дБА.

Відносною похибкою (Δ) вважається відношення абсолютної похибки до середнього значення шуму:

$$\Delta = \frac{\Delta_0}{x_{\text{сеп}}} \cdot 100\% \quad (2.3)$$

де Δ – відносна похибка, %;

Δ_0 – абсолютна похибка, дБА;

$x_{\text{сеп}}$ – середнє значення показників шуму, дБА.

Стандартну похибку середнього (s) розраховували за формулою:

$$s = \frac{\sigma}{\sqrt{N}}, \quad (2.4)$$

де N – розмір вибірки [140].

Достовірність середнього перевіряли за допомогою критерію Стюдента для точкових оцінок:

$$t_e = \frac{\bar{x}}{s} \quad (2.5)$$

Отримане значення порівнювали із стандартним (табличним) значенням критерію при рівні значущості $p > 0.95$ ($\alpha < 0.05$). Середнє значення є достовірним якщо розрахований критерій Стюдента є рівний або більше за стандартне значення [140].

Еквівалентний рівень непостійного шуму, відповідно до [133] це «рівень звукового тиску постійного шуму, у якого середній квадрат звукового тиску має те саме значення, що й у даного непостійного шуму на заданому інтервалі часу» та розраховується за формулою:

$$L_{\text{екв}} = 10 \cdot \lg\left(\frac{1}{T} \cdot \sum_{i=1}^n \tau \cdot 10^{0.1 \cdot L_{Ai}}\right) \quad (2.6)$$

де L_{Ai} – усереднений рівень звуку в i -му інтервалі рівнів звуку, дБА;

τ_i – часовий інтервал, протягом якого рівні звукового тиску знаходяться в межах i -го інтервалу рівнів звукового тиску, с;

n – кількість інтервалів рівнів звукового тиску;

$T = \sum \tau_i$ – загальний час усереднення (або час вимірювання), с.

У [133] зазначено: «інтервали звукового тиску повинні встановлюватися достатньо вузькими, так щоб діапазон інтервалу не перевищував 5 дБА. Чим вужчим буде встановлений інтервал рівнів, тим з більшою точністю визначають величину $L_{\text{екв}}$ ».

Всі характеристики точок, в яких вимірювали рівень шумового навантаження, заносили та зберігали у вигляді бази даних MS Excel.

Абсолютне зменшення еквівалентного рівня шуму на відстані R_L від проїжджої частини розраховували як:

$$ABS(L(R) - L(0)) = |L(R) - L(0)| \quad (2.7)$$

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

Відносний рівень шуму на відстані R від проїжджої частини розраховували як:

$$REL(L(R), L(0)) = \frac{L(R)}{L(0)}, \quad (2.8)$$

де позначення – ті ж самі, що й у формулі (2.3).

Масив цих даних разом із набором зазначених вище інших параметрів точок вимірювання рівня шумового навантаження було проаналізовано із застосуванням методів багатовимірної статистики, зокрема аналізу головних компонент (АГК), для виявлення найбільш значущих факторів варіювання (факторне навантаження) параметрів цільової функції. В даному дослідженні цільовими функціями вважались величини $ABS(L(R_L) - L(0))$ та $REL(L(R_L), L(0))$. АГК застосовується з метою зменшення розмірності комплексу аргументів цільової функції. АГК було проведено за стандартною методикою із застосуванням програмного пакету StatSoft STATISTICA ® 10. Факторне навантаження – що є тотожним парному

коефіцієнту кореляції – вважається статистично значущим, якщо воно перевищує величину 0,70 [141].

Також обчислені за формулами (2.3, 2.4) значення були згруповані у менші вибірки за такими класифікувальними ознаками типу насаджень: «насадження відсутні», «лісові насадження» (тобто насадження лісопарку), «парки», «інші» (тобто насадження вуличного та внутрішньо-квартального типів). Ці вибірки попарно порівнювали між собою із застосуванням непараметричного статистичного критерію узгодженості Колмогорова – Смірнова (K-S). Розраховані значення критерію порівнювали із стандартними (табличними) значеннями при рівні значущості $p > 0.95$ ($\alpha < 0.05$) [142]. «Нульова» гіпотеза про відсутність різниці між рядами випадкових величин у двох вибірках із невідомим законом розподілу випадкових величин відхилялась, якщо розраховане значення критерію Колмогорова – Смірнова дорівнювало або було більшим за стандартне. У протилежному випадку «нульову» гіпотезу приймали, що означало належність двох рядів випадкових величин до однієї генеральної сукупності.

Висновки до розділу 2

1. Виявлено основні показники типових урбосистем, що включають у себе об'єктів сельбищної, промислової, комунально-складської, санітарно-захисної зон, а також зони зовнішнього транспорту та відпочинку. На основі такого аналізу було обрано 10 типових натурних профілів для проведення експериментальних досліджень.

2. Для організації експериментальних досліджень автором була удосконалена методика проведення досліджень техногенного шумового забруднення на територіях сельбищних зон урбосистем від лінійних джерел шуму. Під час аналізу отриманих експериментальних даних було виявлено найбільш репрезентативні контрольні точки для проведення вимірів рівнів шуму на територіях сельбищних зон урбосистем, що стало основою розроблених уніфікованих схем розташування контрольних точок для визначення рівнів

шумового забруднення з урахуванням архітектурно-ландшафтного планування сельбищних зон урбосистем та категорії автомобільних доріг, що завдають негативного впливу на досліджувані ділянки.

3. На обраних експериментальних профілях було проведено трьохрічні спостереження за рівнями еквівалентного рівня шуму. Наведено методи визначення шумових характеристик досліджуваних ділянок, та математичний апарат обробки експериментальних даних.

4. Додатково наведено методи оцінки фітоценозів експериментальних ділянок урбосистем із визначенням основних параметрів зелених насаджень. Для такого типу натурних досліджень, із подальшою обробкою статистичними засобами, показник зімкнутості крон у вертикальній проекції було запропоновано вперше з метою виявлення шумопоглинальних властивостей наявних смуг зелених насаджень придорожного простору. Також описано методику оцінки характеристик автотранспортних потоків.

5. Удосконалена у даному розділі методика проведення експериментальних досліджень техногенного шумового забруднення від лінійних джерел шуму на територіях сельбищних зон урбосистем, що знаходяться у зоні впливу автомобільних доріг, використана у роботі Товариства з обмеженою відповідальністю «УКРАТОТРАНС», під час планових перевірок транспортних засобів з метою недопущення шумового забруднення сельбищних зон урбосистем (акт впровадження від 21 січня 2020 р.).

Результати за розділом опубліковані в працях [120, 143, 144].

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ОЦІНКИ РІВНІВ ШУМОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ ДОСЛІДЖУВАНИХ ДІЛЯНОК УРБОСИСТЕМИ

3.1 Оцінка рівнів шумового забруднення досліджуваних сельбищних зон статистичними методами

Отриманий масив даних миттєвих рівнів шуму за період експериментальних досліджень 2016–2018 рр. внесено в базу даних MS Excel (*.xls) (фрагмент такої бази наведений у Додатку Д) та перевірено на достовірність даних за допомогою критерію Стьюдента за формулою 2.4.

Отримані значення усіх вибірок перевищували число супінів свободи ($k=120$) у порівнянні із стандартним (табличним) значенням критерію при рівні значущості $p>0.95$ ($\alpha<0.05$). Отже, середнє значення є достовірним тому що розрахований критерій Стьюдента є більшим за стандартне значення.

На експериментальних точках абсолютна похибка складає 1 дБА, відносна – від 1,5% до 1,8%.

Таким чином за допомогою статистичних розрахунків з імовірністю 95 % встановлено, що отримані дані миттєвих рівнів шуму на кожному експериментальному профілі на закладених п'яти точках 0 м, 10 м, 20 м, 50 м, 100 м, що вимірювались не одночасно є репрезентативними та можуть використовуватись у подальших розрахунках із рівними вкладками значущості.

На всіх досліджених профілях еквівалентний рівень шуму послідовно знижувався залежно від відстані вглиб проїжджої частини дороги. На відстані 10 м різниця між виміряними значеннями L_{eq} становила від 2–4 дБА до 14–15 дБА, в середньому 6,6 дБА. На відстані 20 м ця різниця вже становила від 6–7 дБА до 18 дБА, в середньому 12,1 дБА, на відстані 50 м – від 9 дБА до 24 дБА, в середньому 16,4 дБА, а на відстані 100 м – від 9 дБА до 30 дБА, в середньому 20,2 дБА. Коефіцієнт детермінації дорівнює $R^2 = 0,63$, що свідчить про сильну

статистично значущу кореляцію між абсолютним зниженням шуму в залежності від відстані до лінійного джерела шуму (рис. 3.1).

У відносних величинах, еквівалентний рівень шуму (дБА) становив: на відстані 10 м – 0,81–1,00 від рівня на відстані 0 м (в середньому 0,92), на відстані 20 м – 0,75–0,92 від рівня на відстані 0 м (в середньому 0,84), на відстані 50 м – 0,70–0,92 від рівня на відстані 0 м (в середньому 0,78), і на відстані 100 м – 0,68–0,88 від рівня на відстані 0 м (в середньому 0,73). Коефіцієнт детермінації і в цьому випадку дорівнював $R^2 = 0,63$, що так само свідчить про сильну статистично значущу кореляцію між приведеними двома параметрами (рис. 3.2).

Враховуючи те, що точки на різних профілях відрізнялись за низкою параметрів насаджень, таких як ширина смуги насаджень, висота деревного ярусу, середня відстань між сусідніми деревами, зімкнутість крон, співвідношення «живої» крони, зімкнутість крон у вертикальній проекції, прозорість крон, тощо, проведений аналіз головних компонент (АГК), як очікувалось, допоможе виявити провідні фактори, пов'язані із параметрами рослинного покриву, які впливають на зменшення рівня шумового забруднення як за абсолютними, так і за відносними показниками. Значення власних векторів кореляційних матриць всіх врахованих ознак (змінних) при виділенні головних компонент наведені у таблицях 3.1 і 3.2.

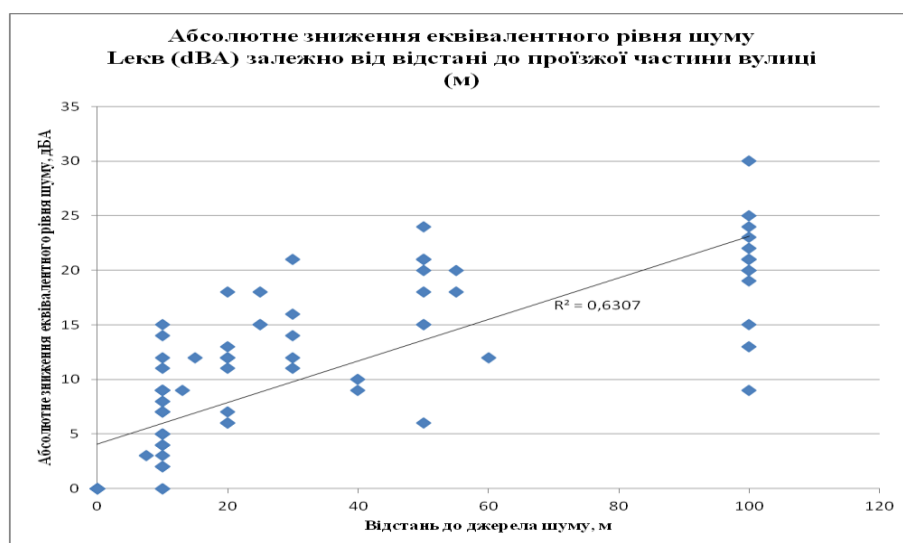


Рисунок 3.1 – Зниження еквівалентного рівня шуму автотранспорту залежно від відстані до джерела шуму на досліджених ділянках в м. Харкові (ділянки як із насадженнями, так і без них, вегетаційний період 2016–2018 рр.)

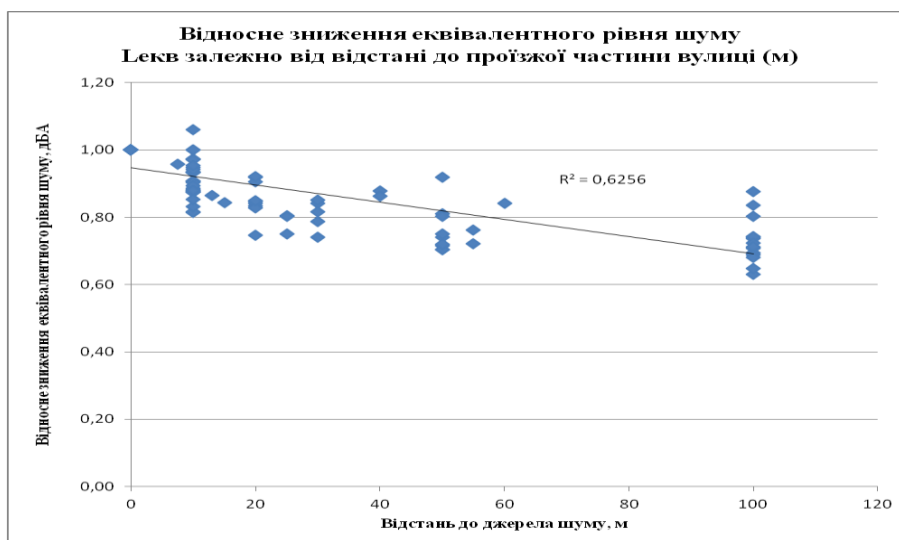


Рисунок 3.2 – Відносне зниження еквівалентного рівня шуму автотранспорту залежно від відстані до джерела шуму на досліджених ділянках в м. Харкові (ділянки як із насадженнями, так і без них, вегетаційний період 2016–2018 рр.)

Із таблиць видно, що більшість врахованих параметрів (ознак) рослинного покриву із власними векторами кореляційної матриці, що дорівнюють або є більшими за 0,7 (за модулем), об'єдналися у першу головну компоненту, куди входить й абсолютне (табл. 3.3), або відносне (табл. 3.4) зниження еквівалентного рівня шуму на відстані R від лінійного джерела шуму. До другої компоненти в обох аналізах не потрапила жодна із змінних, яка мала б значення власного вектору більше 0,7 за модулем, а до третьої та четвертої головних компонент із таких параметрів входять лише проективне покриття трав'яного ярусу та ухил місцевості, відповідно.

Таблиця 3.1 – Власні вектори кореляційної матриці змінних, що характеризують рослинний покрив міських насаджень в точках, де вимірювали шумове навантаження від автотранспорту на території м. Харків: результати АГК для абсолютного зниження еквівалентного рівня шуму (пояснення позначень змінних – у розділі 2)

Змінні	Компонента 1	Компонента 2	Компонента 3	Компонента 4
R _L	-0,803900*	0,528610	0,002529	-0,060214
n	-0,840446	0,360427	-0,087979	0,140071
B	-0,765828	0,552779	-0,013479	-0,028679
H	-0,832769	-0,126566	-0,128068	0,270548
LCR	-0,752489	-0,545318	-0,080714	-0,072414
CC _H	-0,766330	-0,435286	0,298278	0,100203
CC _V	-0,798036	-0,438836	0,232132	-0,048894
CT	0,639126	0,557170	0,222624	0,079096
r	-0,780987	-0,231770	-0,318501	0,144522
FR	-0,446812	-0,386053	0,610979	-0,056116
HB	-0,211521	-0,253624	-0,722667	-0,381695
α	-0,253133	0,124634	0,196602	-0,844571
ABS(Le(R)-Le(0))	-0,842108	0,218474	-0,124498	0,103770
Власне число	7,863835	2,308179	1,293896	1,024427
Частка поясненої дисперсії	0,524256	0,153879	0,086260	0,068295

Примітка. Напівжирним накресленням виділено тільки статистично значущі значення власних векторів змінних

Таблиця 3.2 – Власні вектори кореляційної матриці змінних, що характеризують рослинний покрив міських насаджень в точках, де вимірювали шумове навантаження від автотранспорту на території м. Харків: результати АГК для відносного еквівалентного рівня шуму (пояснення позначень змінних – у розділі 2)

Змінні	Компонента 1	Компонента 2	Компонента 3	Компонента 4
R _L	-0,804545	0,525727	0,015572	-0,062752
n	-0,842189	0,359952	-0,081446	0,137129
B	-0,766855	0,550122	0,000429	-0,031725
H	-0,834242	-0,124441	-0,136974	0,271964
LCR	-0,751825	-0,546515	-0,080327	-0,072913
CC _H	-0,764100	-0,439882	0,291597	0,108133
CC _V	-0,795897	-0,443965	0,232721	-0,043173
CT	0,639107	0,556476	0,222104	0,082692
r	-0,782433	-0,228872	-0,321660	0,139550

Продовження таблиці 3.2

FR	-0,440346	-0,397316	0,612555	-0,047950
НВ	-0,213304	-0,247610	-0,712160	-0,400389
α	-0,252965	0,121475	0,208655	-0,835985
$L(R_L)/L(0)$	0,833783	-0,239571	0,174583	-0,107143
Власне число	7,848599	2,317003	1,307381	1,025576
Частка поясненої дисперсії	0,523240	0,154467	0,087159	0,068372

Примітка. Напівжирним накресленням виділено тільки статистично значущі значення власних векторів змінних

В обох аналізах дві перші компоненти загалом пояснюють лише 68 % загальної дисперсії, що є недостатнім для істотного зменшення розмірності факторного простору [141] і, тим самим, виділення 1–2 «провідних» незалежних факторів, пов'язаних із окремими ознаками насаджень у досліджених точках, що можна було би використати для побудови аналітичної регресійної моделі.

В табл. 3.3 наведено кореляційну матрицю ознак (коефіцієнти рангової кореляції за Спірменом, r_s), за якими охарактеризовано рослинний покрив в досліджених точках.

Таблиця 3.3 – Кореляційна матриця ознак, що характеризують абсолютне зниження еквівалентного рівня шуму від автотранспорту (пояснення позначень змінних – у розділі 2) коефіцієнти рангової кореляції за Спірменом

Ознаки	R_L	n	B	H	LCR	CC _H	CC _V	CT	r	FR	НВ	α
R_L	1,00											
n	0,90*	1,00										
B	0,93	0,92	1,00									
H	0,49	0,63	0,48	1,00								
LCR	-0,17	-0,29	-0,21	-0,46	1,00							
CC _H	0,19	0,21	0,17	0,20	0,20	1,00						
CC _V	0,06	-0,04	-0,06	-0,03	0,36	0,48	1,00					
CT	0,46	0,53	0,44	0,66	-0,30	0,25	-0,06	1,00				
r	0,43	0,36	0,39	0,41	-0,22	-0,10	-0,24	0,19	1,00			
FR	0,35	0,22	0,20	0,05	0,18	0,56	0,47	0,10	0,24	1,00		
НВ	-0,05	-0,02	0,03	-0,10	-0,05	-0,38	-0,31	-0,24	0,17	-0,20	1,00	
α	0,38	0,19	0,34	-0,23	-0,06	-0,09	0,06	-0,03	0,06	0,25	-0,11	1,00
ABS ($L(R_L)$ - $L(0)$)	0,84	0,87	0,78	0,71	-0,32	0,26	0,03	0,54	0,44	0,26	-0,04	0,08

Примітка. Напівжирним накресленням виділено тільки статистично значущі коефіцієнти кореляції при $p > 0,95$ ($\alpha < 0,05$).

Помітно, що абсолютне зниження еквівалентного рівня шуму тісно корелює ($r_s = 0,84$) із відстанню до лінійного джерела шуму, кількості рядів насаджень ($r_s = 0,87$) та, дещо слабше, із шириною смуги насаджень від краю до точки вимірювання ($r_s = 0,78$) і середньою висотою деревного ярусу в точці ($r_s = 0,71$). В свою чергу, кількість рядів дерев у насадженні та ширина смуги насаджень тісно корелюють із відстанню до лінійного джерела шуму (коефіцієнти кореляції $r_s = 0,90$ та $r_s = 0,93$, відповідно). Таким чином, ці параметри є взаємозалежними. Висота деревостанів дещо збільшується із відстанню від лінійного джерела шуму (середньої сили кореляція при $r_s = 0,49$), разом із кількістю рядів дерев ($r_s = 0,63$) та шириною смуги насаджень ($r_s = 0,48$), що може відображати особливості догляду за насадженнями у придорожніх смугах в містах: ближче до проїжджої частини або висаджують молодші, а отже, й нижчі дерева, або сильніше обрізують дерева старшого віку. Із висотою дерев негативно корелює співвідношення «живої крони» ($r_s = -0,46$) і позитивно – прозорість крони ($r_s = 0,66$), тобто у більш високих дерев дещо меншими є відносна висота крони та щільність листя на пагонах. Щодо останньої ознаки – прозорості крон, вона також позитивно корелює із середньою силою із такими параметрами, як відстань до джерела шуму, кількість рядів дерев, ширина смуги насаджень, абсолютне зменшення еквівалентного рівня шуму та негативно – із співвідношенням «живої крони», тобто у дерев із невеликою за відносною довжиною кроною щільність листя є дещо більшою, ніж у дерев із більшою відносною довжиною крони. Співвідношення «живої крони» також демонструє середні за силою позитивну кореляцію із зімкнутістю крон деревостану у вертикальній проекції та негативну – із величиною абсолютного зниження еквівалентного рівня шуму. Цікаво зазначити, що зімкнутість крон деревостану позитивно корелює із середньою силою зв'язку як із зімкнутістю крон у вертикальній проекції, так і з проективним покриттям чагарникового ярусу, а негативно – із проективним покриттям трав'яного ярусу, а останній також негативно корелює із зімкнутістю крон у вертикальній проекції, тобто трав'яний покрив під густішими деревостанами є гірше вираженим у міських насадженнях різних типів. Середня відстань між

деревами в насадженнях демонструє слабку позитивну кореляцію із відстанню до лінійного джерела шуму, шириною смуги насаджень, кількістю рядів та висотою деревного ярусу, а також із величиною абсолютного зменшення еквівалентного рівня шуму, тобто менш щільними є насадження площинні, а не лінійні, із більшою кількістю рядів та вищими деревами.

Отже, варто ще раз наголосити, що найбільш вагомим фактором зменшення рівня шуму від лінійних джерел у просторі є, власне, відстань до цих джерел і такі параметри насаджень, які тісно пов'язані із цим фактором: ширина смуги насаджень та кількість рядів дерев у насадженні.

Кореляції відносного зменшення еквівалентного рівня шуму в точках на відстані R_L до лінійного джерела шуму у порівнянні із еквівалентним рівнем шуму у відповідних «нульових» точках профілів носили подібний характер, тому ми окремо не наводимо кореляційної матриці для цього параметру.

Враховуючи те, що всі залежні від відстані до джерела шуму параметри насаджень, а також зімкнутість деревостанів у горизонтальній та вертикальній проекціях разом із співвідношенням «живої крони» увійшли до однієї головної компоненти, що пояснює близько 52% варіювання абсолютного зменшення еквівалентного рівня шуму, представляється корисним виявити як саме впливають насадження різних типів в умовах великого міста на таке зниження.

На цьому етапі аналізу весь масив рядів даних, що характеризують зменшення еквівалентного рівня шуму (як в абсолютних, так і відносних значеннях) на різних профілях, закладених перпендикулярно автодорогам в різних умовах сельбищної зони, було розділено на 4 групи і проаналізовано окремо у кожній групі. Ці групи були виділені за класифікувальною ознакою «тип насаджень», а саме: насадження відсутні, лісопарк, парки, інші насадження (вуличні та внутрішньо-квартальні). Узагальнені характеристики насаджень означених типів наведені у табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Узагальнені характеристики насаджень різних типів, в яких проводились вимірювання рівнів шумового навантаження (м. Харків, вегетаційний період 2016-2018 рр.)

Параметр	Відстань від джерела шуму, м	лісопарк (n=14)		парки (n=21)		інші (n=29)	
		\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ
Зімкнутість крон CC_H	10	0,60	0,00	0,13	0,02	0,34	0,23
	20	0,48	0,08	0,38	0,14	0,45	0,19
	50	0,40	0,05	0,34	0,09	0,38	0,10
	100	0,40	0,05	0,40	0,15	0,43	0,09
Висота дерев Н, м	10	25,5	0,0	16,9	8,3	11,3	8,4
	20	26,0	1,0	23,3	2,9	13,5	5,4
	50	27,3	1,3	24,0	1,1	13,8	6,8
	100	27,0	1,0	25,0	0,9	22,0	1,4
Середня відстань між деревами г, м	10	4,0	0,0	7,6	1,2	4,1	2,2
	20	6,6	1,4	8,2	2,6	6,6	2,7
	50	7,0	0,0	7,8	1,1	5,5	0,4
	100	7,3	1,7	7,7	2,1	9,5	3,5
Співвідношення «живої крони» LCR	10	0,65	0,00	0,75	0,13	0,84	0,16
	20	0,75	0,05	0,63	0,21	0,85	0,10
	50	0,70	0,10	0,65	0,25	0,85	0,05
	100	0,63	0,18	0,68	0,15	0,92	0,02
Зімкнутість крон (вертикальна проекція) CC_V	10	0,55	0,00	0,31	0,15	0,58	0,20
	20	0,48	0,13	0,34	0,11	0,61	0,23
	50	0,58	0,13	0,35	0,05	0,58	0,28
	100	0,58	0,18	0,60	0,09	0,60	0,07
Прозорість крон СТ	10	0,30	0,00	0,22	0,07	0,14	0,07
	20	0,38	0,07	0,33	0,07	0,23	0,09
	50	0,33	0,08	0,23	0,04	0,21	0,12
	100	0,33	0,03	0,30	0,05	0,28	0,05
Проективне покриття чагарників FR, %	10	5,00	0,00	0,00	0,00	14,44	27,57
	20	10,00	10,00	12,83	2,19	12,17	13,02
	50	12,50	12,50	14,40	12,92	18,00	17,00
	100	15,00	15,00	8,60	4,03	18,33	4,71
Проективне покриття трав'яного ярусу НВ, %	10	10,00	0,00	35,60	15,34	31,44	26,96
	20	12,50	2,50	24,33	15,63	25,00	29,72
	50	20,00	0,00	18,20	13,76	32,50	33,26
	100	20,00	0,00	31,00	20,35	10,00	0,00

Продовження таблиці 3.4

Абсолютне зменшення еквівалентного рівня шуму, дБА	10	10,5	1,5	7,8	1,6	5,0	3,7
	20	16,8	3,3	14,2	2,3	10,2	2,7
	50	21,0	2,1	18,8	2,1	9,3	2,2
	100	25,3	2,9	21,0	1,1	18,3	2,5
Відносний еквівалентний рівень шуму на відстані R_L від точки 0 м	10	0,85	0,02	0,90	0,02	0,94	0,06
	20	0,78	0,04	0,81	0,03	0,86	0,03
	50	0,72	0,02	0,75	0,03	0,88	0,03
	100	0,66	0,03	0,72	0,02	0,75	0,04

Лісопаркові насадження, представлені на досліджуваній території дібровами свіжими повноярусними, відрізняються від паркових насаджень та насаджень інших типів більшою зімкнутістю деревних ярусів та висотою дерев. Щільність деревостанів, оцінена за величиною середньої відстані між деревами, в парках є меншою, ніж у лісопаркових та вуличних або внутрішньо-квартальних насадженнях, натомість останні за цим показником є подібними до лісопаркових насаджень, але відстань між деревами у вуличних та внутрішньо-квартальних насадженнях варіює в ширших межах на відстанях 5–10 м, 20–25 м та 100 м до лінійних джерел шуму. Найбільше співвідношення «живої крони» притаманно деревам вуличних та внутрішньо-квартальних насаджень, у складі яких шпилькові породи та тополі, чії крони часто починаються майже у поверхні ґрунту, зустрічаються на дослідженій території набагато частіше, ніж у парках, а в лісопарковій зоні майже відсутні. Прозорість крон є найбільшою, а, отже, щільність облиствлених пагонів найменшою, у дерев в насадженнях лісопарку, а найменша прозорість крон виявлена у дерев вуличних та внутрішньо-квартальних насаджень – через зазначений вище чинник особливостей їх породного складу. Цей самий чинник – більша частка тополь та дерев шпилькових порід у складі вуличних та внутрішньо-квартальних насаджень – зумовлює й більшу величину показника зімкнутості крон у вертикальній проекції цих насаджень, але цей

показник є статистично подібним до такого в насадженнях лісопаркової зони. За показником зімкнутості крон у вертикальній проекції паркові насадження міста є найбільш розрідженими.

Проективне покриття чагарникового ярусу в лісопарковій зоні монотонно збільшується від зовнішнього краю вглиб, від 5 % до 15 %, але є меншим за аналогічний показник вуличних та внутрішньо-квартальних насаджень (12–18 %), в яких частіше використовують різноманітні живоплоти. В парках проективне покриття чагарників варіює у найбільшому ступеню – від 0 % на відстані 10 м від проїжджої частини до 13–14 % на відстанях 20–50 м в середньому, при цьому їх просторове розміщення є радше плямистим, у вигляді окремих груп, а не живоплотів.

Трав'яний покрив, за середніми показниками проективного покриття, є майже тотожним у паркових та внутрішньо-квартальних насадженнях (18–32 %) і майже в півтора рази більш вираженим, ніж у лісопаркових насадженнях (10–20 %). Водночас трав'яний покрив дібров лісопарку є більш рівномірно розподіленим у просторі, ніж у насадженнях паркового та внутрішньо-квартального типів, де він має здебільшого плямистий характер, а в низці точок у вуличних насадженнях трав'яний покрив під деревами на відстані 5–10 м від проїжджої частини був відсутній взагалі.

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 10,5 дБА до 25,3 дБА, або від 15 % до 34 % на відстанях від 10 до 100 м). Насадження паркового типу дають зменшення еквівалентного рівня шуму від 7,8 дБА до 21,0 дБА (від 10 % до 28 %) на відстанях від 10 до 100 м, а насадження інших типів – від 5,0 дБА до 18,3 дБА (від 6% до 25%) на відстанях від 10 до 100 м вглиб від краю проїжджої частини. В той же час на профілях, де насадження відсутні, абсолютне зменшення еквівалентного рівня шуму досягало від 5–6 дБА до 10,8 дБА (від 8 % до 14 %) на тих же самих відстанях.

Ряди даних, що відображують зменшення еквівалентного рівня шуму на профілях, згрупованих за ознакою наявності насаджень різних типів чи їх відсутності, залежно від відстані до лінійного джерела шуму зображені на рис. 3.3 та рис. 3.4. Щоб встановити як розрізняються між собою ці ряди даних, ми застосовували непараметричний статистичний критерій Колмогорова – Смірнова (K-S) для попарного порівняння рядів даних [142]. Порівнювали як ряди даних, що відображають зміни еквівалентного рівня шуму вздовж профілів в цілому, так і набори даних, які характеризують сукупності точок вимірювання на одних і тих же самих відстанях на профілях, що належать до різних груп за класифікувальною ознакою «тип насаджень». Якщо емпірично розрахований критерій для даної пари рядів значень є більший, ніж табличне критичне значення для даних умов, ці ряди відрізняються істотно один від одного.

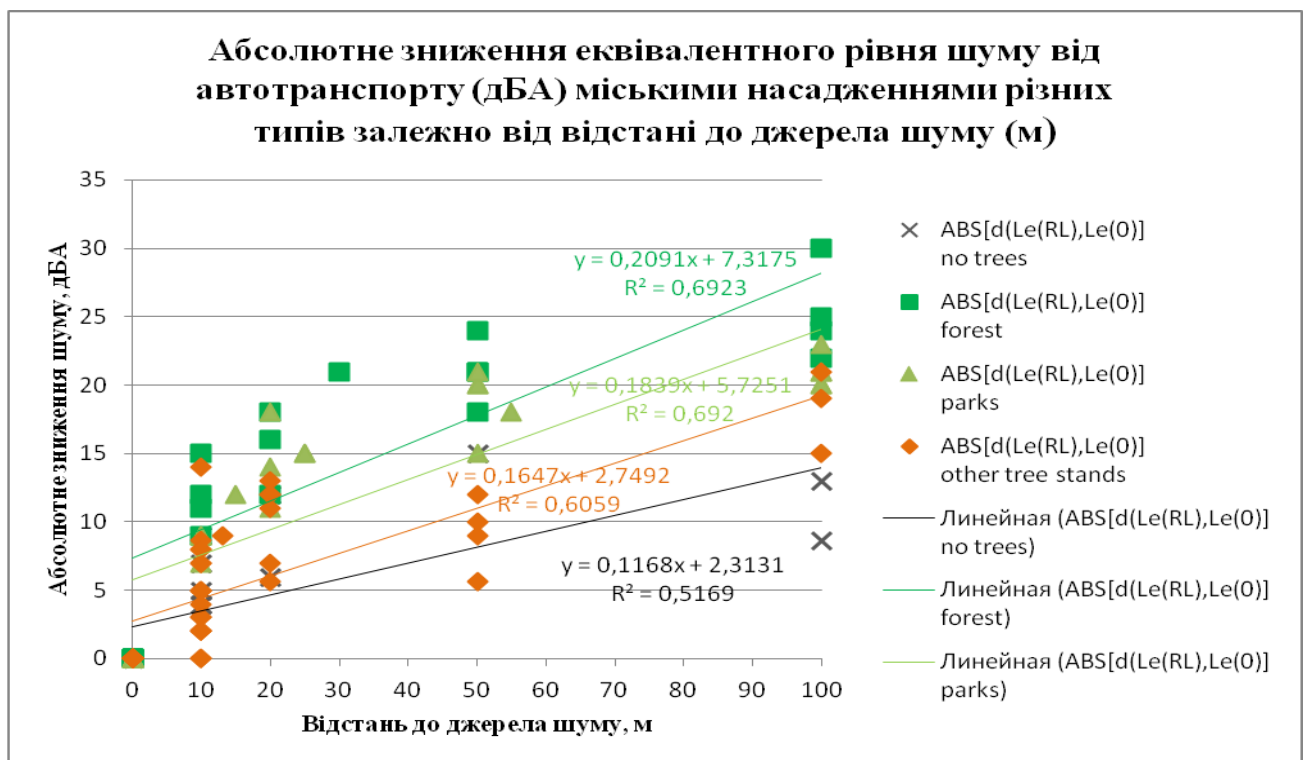


Рисунок 3.3 – Абсолютне зниження еквівалентного рівня шуму автотранспорту залежно від відстані до джерела шуму на досліджених ділянках в м. Харків, згрупованих за наявністю насаджень різних типів або їх відсутності (вегетацийний період 2016–2018 рр.)

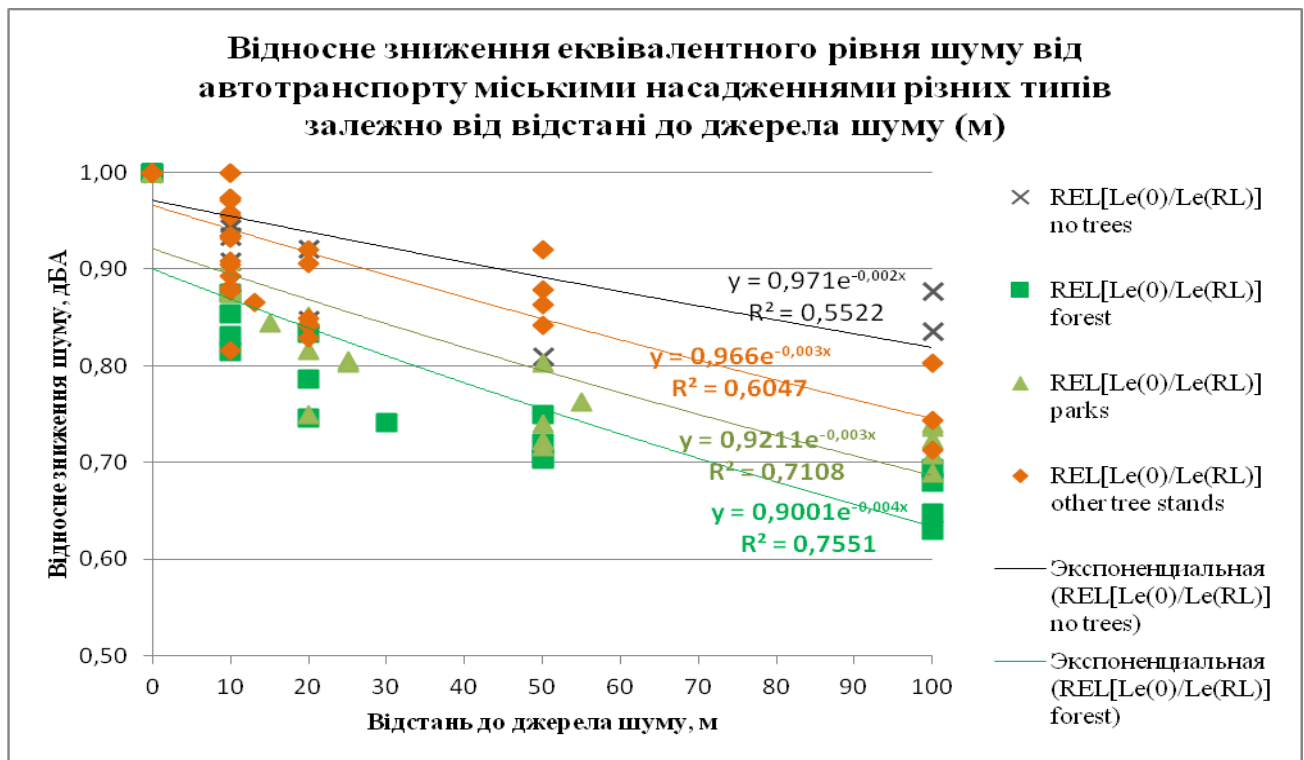


Рисунок 3.4 – Відносне зниження еквівалентного рівня шуму від автотранспорту залежно від відстані до джерела шуму на досліджених ділянках в м. Харків, згрупованих за наявністю насаджень різних типів або їх відсутності (вегетаційний період 2016–2018 рр.)

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 $p > 0,95$ ($\alpha < 0,05$) (табл. 3.5). Це означає, що таке зменшення може бути описаним родиною рівнянь, побудованих методами регресійного аналізу, що відображають залежність вигляду:

$$y = ax + b \quad (3.1)$$

Таблиця 3.5 – Результати порівняння рядів значень, що відображають абсолютне зниження еквівалентного рівня шуму на профілях, які відносяться до різних типів насаджень, а також на контрольних профілях

Тип насаджень	Критерій Колмогорова – Смірнова		
	без насаджень	лісопарк	парки
без насаджень			
лісопарк	0,88 (0,07)		
парки	1,08 (0,07)	0,90 (0,05)	
інші	1,03 (0,08)	1,16 (0,06)	1,01 (0,06)

Примітка. В дужках – табличні критичні значення критерію

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:

$$ABS(L(R_L)-L(0)) = 0.2091R_L + 7.3175 (R^2=0.6923); \quad (3.2)$$

– для парків:

$$ABS(L(R_L)-L(0)) = 0.1839R_L + 5.7251 (R^2=0.6920); \quad (3.3)$$

– для вуличних та внутрішньо-квартальних насаджень:

$$ABS(L(R_L)-L(0)) = 0.1647R_L + 2.7492 (R^2=0.6059); \quad (3.4)$$

– міська забудова без насаджень:

$$ABS(L(R_L)-L(0)) = 0.1168R_L + 2.3131 (R^2=0.5169) \quad (3.5)$$

Натомість для даних, які відображають відносний еквівалентний рівень шуму на різних відстанях від автодороги, статистично достовірної різниці між групами профілів не виявлено (у всіх порівняннях розраховані емпіричні критерії Колмогорова – Смірнова були меншими, ніж критичні табличні значення). Тільки при порівнянні перегрупованих рядів даних щодо відносного рівня шуму для точок, які знаходяться в однаковому інтервалі відстаней, але в різних групах профілів за ознакою «тип насаджень», отримано достовірну різницю між насадженнями лісопарку та парків, з одного боку, та профілями без насаджень або з вуличними/внутрішньо-квартальними насадженнями, з іншого (метод ковзної

середньої, 5-й рівень) на відстані 20 м від проїжджої частини ($K - S \text{ емп.} = 0.33 > K - S \text{ теор.} = 0.30$). При цьому насадження першої групи зменшують рівень шумового навантаження на 16-25% від величини еквівалентного рівня шуму на краю проїжджої частини дороги, а у вуличних насадженнях, або при відсутності насаджень таке зниження сягає лише 8-15%. В інших інтервалах відстані різниця була статистично недостовірною.

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

На основі одержаних результатів статистичної обробки та з метою виявлення шумопоглинальних властивостей наявних смуг зелених насаджень придорожного простору, виникла потреба у розробці математичної моделі, що є універсальною для оцінки вкладу смуг зелених насаджень у зниженні транспортного шуму, незалежно від типу зелених насаджень та їх геометричних характеристик.

3.2 Розробка математичної моделі оцінки внеску смуг зелених насаджень у зниженні рівнів шуму

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

$$\beta_{зел} = 0,01 \cdot (f)^{1/3} \quad (3.6)$$

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

Як зазначено у ДСТУ-Н.Б.В 11-35:2013 [145] дана формула застосовується лише для багаторядних щільних смуг зелених насаджень, а зниження шуму

рідкими посадками дерев або чагарників не враховується при розрахунках. Експериментально та статистично підтверджено наявний ефект у зниженні транспортного шуму наявними рідкими смугами зелених насаджень, що обумовлює доцільність розробки універсальної математичної моделі оцінки вкладу таких смуг. Дана модель враховує інтегральний показник зниження шуму смугами зелених насаджень в залежності від їх ширини (тобто кількості рядів насаджень).

Вивчення впливу смуг зелених насаджень на послаблення шуму ускладняється тим, що цей фактор діє разом з іншими факторами, що визначають розподіл інтенсивності шуму вздовж земної поверхні. Серед них завжди присутні такі явища, як послаблення шуму через зростання площі фронту звукових хвиль, через поглинання інтенсивності шуму при відбитті від земної поверхні і за рахунок дисипації енергії акустичних хвиль в атмосфері. Розглянемо кожний з цих факторів, які діють завжди.

3.2.1 Розширення фронту акустичних хвиль

Доцільно розглядати транспортний потік на прямому відрізку дороги як лінійне джерело шуму (тонка нитка), у той час коли визначаються еквівалентні рівні шуму на відстанях, що перевищують ширину дорожньої смуги. Це пов'язано з тим, що діючі в країні [146] та за кордоном, наприклад [147], правила вимірювань вуличного шуму на місцевості або поруч зі смугами дорожнього руху передбачають визначення фізичного впливу шуму за еквівалентними рівнями (дБА) для встановлених опірних інтервалів часу, тривалість яких може складати 15, 30, 60 хвилин або більше в залежності від мети вимірювань.

У денний час через високу частоту реєстрації миттєвих рівнів шуму кожний транспортний засіб залишає кілька відміток, що реєструються приладом, з різних позицій на дорозі. У свою чергу через значну інтенсивність руху позиції усіх транспортних засобів, шум яких реєструється протягом опорного інтервалу часу, щільно покривають лінійну смугу дороги. При цьому кожна реєстрація вносить

рівний вклад з будь-якою з інших, коли результати вимірювань усереднюють для визначення відповідного еквівалентного рівня шуму. Таким чином результат осереднення буде виглядати так, нібито усі позиції випромінюють шум одночасно, створюючи лінійно розподілене постійне джерело шуму.

У зв'язку з високою швидкістю поширення звуку в атмосфері (приблизно 340 м/с) можливо вважати, що середній радіальний потік акустичної енергії, якщо дія інших факторів відсутня, через будь-яку циліндричну поверхню на невеликому віддаленні за радіусом (до кілометра) від дороги і з віссю вздовж дорожньої смуги є постійною величиною:

$$\alpha \cdot r \cdot l \cdot J(r) = const, \quad (3.7)$$

де α – кут у радіанах поміж лініями, що на перерізі дороги відображають земну поверхню (горизонтальній поверхні відповідає $\alpha=\pi$);

r – радіус циліндричної поверхні хвильового фронту або віддалення від лінійного джерела шуму, м;

l – довжина циліндричної поверхні вздовж дороги, м;

$j(r)$ – середня щільність радіального потоку акустичної енергії на відстані r від джерела, Вт/м².

Перша похідна рівняння (3.6) за координатою r надає рівняння щодо зменшення інтенсивності шуму через зростання площі фронту акустичних хвиль:

$$\frac{dJ(r)}{dr} = -\frac{1}{r}J(r). \quad (3.8)$$

3.2.2 Поглинання земною поверхнею

Шум від приземного джерела переноситься у вигляді хвиль двох видів – прямі і віддзеркалені земною поверхнею. Якщо б земна поверхня була абсолютно твердим тілом, то витрат енергії шуму на віддзеркалення не було. Однак у дійсності вони мають місце [82]. Швидкість зменшення потоку енергії шуму з

віддаленням від джерела за рахунок її поглинання на земній поверхні пропорційна питомому розширенню фронту звукової хвилі (r^{-1}) і величині потоку енергії, тобто:

$$\frac{dJ(r)}{dr} = -\frac{\beta}{r}J(r), \quad (3.9)$$

де β – коефіцієнт втрат акустичної енергії за віддзеркаленням від земної поверхні.

3.2.3 Дисипація енергії шуму в атмосфері

Одночасно із названими факторами свій внесок до послаблення випромінювання від лінійного джерела роблять витрати енергії шуму на внутрішнє тертя і теплообмін, а також розсіювання потоку акустичної енергії на атмосферній турбулентності та частинках атмосферних утворювань [148, 149]. Рівняння для просторової швидкості цього процесу може бути прийняте у вигляді

$$\frac{dJ(r)}{dr} = -\gamma J(r), \quad (3.10)$$

де γ є коефіцієнт послаблення шуму.

Наведені тут формули визначають швидкість зменшення щільності потоку акустичної енергії вздовж шляху поширення шуму від лінійного джерела понад земною поверхнею.

3.2.4 Послаблення шуму в смугах зелених насаджень

Спеціально налаштовані смуги зелених насаджень або протишумові екрани забезпечують локальне зменшення потоку акустичної енергії [150].

Послаблення шуму в смугах зелених насаджень відбувається за рахунок поглинання та розсіювання потоку акустичної енергії на листках і пагонах дерев і кущів. Оскільки перенос акустичної енергії має хвильовий характер, то є пряма аналогія з явищем екстинкції (послабленням) хвильового потоку світла на неоднорідностях в атмосфері або в рідинах. Відповідне цій аналогії рівняння для швидкості зменшення потоку акустичної енергії приймаємо у вигляді

$$\frac{dJ(r)}{dr} = -k(r)J(r), \quad (3.11)$$

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

3.2.5 Сумісний вплив факторів

Якщо названі фактори діють одночасно, незалежно один від одного та виражені наведеними рівняннями, то загальне рівняння розподілу енергії шуму від дорожнього транспортного потоку за відстанню приймається у вигляді

$$\frac{dJ(r)}{dr} = -\frac{1}{r} \cdot J(r) - \frac{\beta}{r} J(r) - \gamma J(r) - k(r) \cdot J(r). \quad (3.12)$$

Рішення цього звичайного диференційного рівняння першого порядку із змінними, що розділяються, може бути надано у вигляді

$$\frac{J(r_0)}{J(r)} = \left(\frac{r_0}{r}\right)^{1+\beta} \cdot \exp\left[\gamma \cdot (r - r_0) + \int_{r_0}^r k(s) ds\right], \quad (3.13)$$

де $j(r)$ – середня щільність потоку енергії звукових хвиль на будь-якій відстані r від лінійного джерела шуму, $\text{Вт}/\text{м}^2$;

$j(r_0)$ – середня щільність потоку енергії звукових хвиль на визначеній відстані $r_0 \leq r$.

Величину

$$d(r, r_0) = \int_{r_0}^r k(s) ds, \quad (3.14)$$

можливо назвати інтегральною екстинкцією шуму в СЗН, що розташована в придорожній смузі шириною $r-r_0$.

Логарифмуючи рівняння (3.13), знаходимо формулу, що визначає зменшення рівня шуму в децибелах на різних відстанях r_0 і r від лінійного джерела шуму:

$$\Delta L(r, r_0) = 10(1 + \beta) \lg\left(\frac{r_0}{r}\right) + 10 \lg(e) [\gamma \cdot (r - r_0) + d(r, r_0)], \quad (3.15)$$

де e – основа натуральних логарифмів.

3.2.6 Визначення параметрів моделі

Припускається, що коефіцієнти β і γ рівняння (3.15) можуть визначатися за даними натурних спостережень. Для перевірки такої можливості використано наведений у [151] на рисунку 26 типовий графік зміни рівня шуму під впливом розглянутих факторів.

Результати переведення цього графіку у числа наведені у таблиці 3.6 для ближньої (від 10 до 110 м) і дальньої (від 10 до 1000) зони розподілу шуму за $r_0 = 7,5$ м.

Таблиця 3.6 – Розподіл рівню 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	1000	31,9

Доцільність окремого аналізу умов розподілу енергії шуму у ближній і дальній зоні від дороги визначається можливістю зміни властивостей потоку акустичної енергії з віддаленням від джерела (наприклад, зміна спектрального складу шуму).

Рівняння розподілу шуму для апроксимації наведених даних у таблиці 3.1 має вигляд:

$$\Delta L(r) - 10 \lg \frac{r}{r_0} = 10 \lg \frac{r}{r_0} \cdot \beta + 10 \lg(e)(r - r_0) \cdot \gamma. \quad (3.16)$$

Найкращі за мінімумом похибки апроксимації значення коефіцієнтів β і γ визначаються методом найменших квадратів. Відповідні розрахункові залежності мають вигляд:

$$\beta = \frac{b \cdot f1 - c \cdot f2}{a \cdot b - c^2};$$

$$\gamma = \frac{c \cdot f1 - a \cdot f2}{c^2 - a \cdot b}; \quad (3.17)$$

$$a = 100 \sum_r \lg^2 \left(\frac{r}{r_0} \right); b = 100 \lg^2(e) \sum_r (r - r_0)^2; \quad (3.18)$$

$$c = 100 \lg(e) \sum_r (r - r_0) \lg \left(\frac{r}{r_0} \right); \quad (3.19)$$

$$f1 = 10 \sum_r \left[\Delta L(r) - 10 \lg \left(\frac{r}{r_0} \right) \right] \lg \left(\frac{r}{r_0} \right); \quad (3.20)$$

$$f2 = 10 \lg(e) \sum_r \left[\Delta L(r) - 10 \lg \left(\frac{r}{r_0} \right) \right] (r - r_0). \quad (3.21)$$

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

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

3.2.7 Оцінка внеску смуг зелених насаджень у зниження шуму

Внесок смуг зелених насаджень у зниження рівня шуму можна вирахувати за даними певних натурних вимірювань користуючись моделлю (3.15) у вигляді

$$d(r, r_0) = \frac{\Delta L(r, r_0) - 10(1 + \beta) \lg \left(\frac{r_0}{r} \right)}{10 \lg(e)} - \gamma \cdot (r - r_0), \quad (3.22)$$

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 кордонах смуги шириною $r - r_0$, дБА;

β та γ – коефіцієнти, величина яких має обиратися в залежності від розташування смуг зелених насаджень у близькій або дальній зоні від дороги.

r_0 – відстань від лінійного джерела шуму до точки вимірювання рівня шуму перед кордоном смуг зелених насаджень, м;

r – відстань другої точки вимірювання рівня шуму за межею зовнішнього кордону смуг зелених насаджень, м.

3.2.8 Апробація математичної моделі оцінки внеску смуг зелених насаджень у зниження шуму

Результати експериментальних досліджень за 2016-2018 роки із визначення рівнів шуму за удосконаленими науково-методичними підходами, що проводились на різних відстанях від лінії проїзної частини та з метою виявлення шумопоглинальних властивостей наявних смуг зелених насаджень на обраних репрезентативних натурних профілях міста Харків, було оброблено за допомогою розробленої математичної моделі (3.22). Усереднені результати цих розрахунків наведені у табл. 3.7

Таблиця 3.7 – Усереднені результати оцінки зниження шуму смугами зелених насаджень за даними натурних спостережень 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
1	2	3	4	1	2	3	4
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
TN03	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
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

Із таблиці видно, що найвищий ефект у зниженні автотранспортного шуму за рахунок смуг зелених насаджень, спостерігається на експериментальних профілях лісопаркової зони міста (TN09, TN10), що обрані у якості тест-об'єкту та становить в середньому 9 дБА на відстані 100 м від проїзної частини. Це пояснюється тим фактом, що у лісопарковій зоні смуги зелених насаджень є густішими та мають велику кількість рядів (на досліджуваних профілях – до 19 рядів). Зниження ж шуму на відстані 10 м від дороги на цих натурних профілях сягає в середньому 4 дБА, що також вище у порівнянні із іншими натурними профілями, такі результати можна пояснити наявною структурою зелених насаджень, а саме високою густиною та зімкнутістю крон у вертикальній проекції.

Максимальне зниження рівнів шуму на натурних профілях паркової зони (TN03, TN04) сягає 7,5 дБА, що також пояснюється великою кількістю рядів насаджень із зімкнутими кронами у вертикальній проекції. А зниження рівнів шуму на відстані 10 м від лінії проїзної частини у паркових насаджень майже не відрізняється від вуличних насаджень сельбищної зони. Це можна пояснити розташуванням паркової зони у центральній частині міста, що знаходиться у складі інфраструктурних об'єктів урбанізованої території та може виділятися окремо як рекреаційна зона.

Апробація аналітичної моделі (3.22) визначає, що максимальне зниження шуму на досліджуваних натурних профілях різного типу сягає в середньому до 5 %, що не забезпечує дотримання санітарних норм на територіях сельбищних та рекреаційних зон урбосистем.

3.3 Результати досліджень характеристик автотранспортних потоків досліджуваних сельбищних зон

Поряд з вивченням параметрів рослинних угруповань і виміром еквівалентного рівня звуку в процесі досліджень, вівся облік кількості, складу і

інтенсивності руху, на розглянутих в експериментальних ділянках автомобільних доріг (табл. 3.8).

До складу руху, на досліджених ділянках автодоріг, входили: легкові та вантажні автомобілі, громадський транспорт та інші (мотоцикли, мопеди).

Таблиця 3.8 – Усереднена характеристика складу транспортного руху на досліджуваних ділянках за період 2016–2018 рр.

Профіль	Середня інтенсивність транспортного руху, авт./год.	Середня частка легкових автомобілів в потоці, %	Середня частка вантажних автомобілів в потоці, %	Середня частка громадського транспорту в потоці, %	Середня частка інших видів транспорту в потоці, %
TN1	1000	100	0	0	0
TN2	1800	94	3	3	
TN3	1700	93	3	3	1
TN4	2200	93	3	3	1
TN5	2800	93	3	3	1
TN6	2600	93	3	3	1
TN7	2500	93	3	3	1
TN8	1200	92	6	1	1
TN9	1400	85	10	5	0
TN10	2200	80	15	5	0

Результати отриманих даних представлені графічним методом на рис. 3.5.

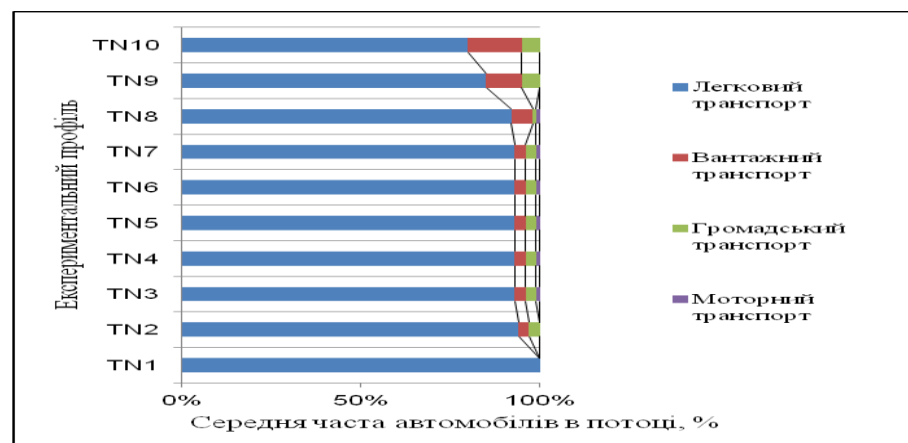


Рисунок 3.5 – Характеристика складу транспортного руху на досліджуваних ділянках

Як видно із наведено графіку, найбільший відсоток транспортних засобів у потоці припадає на легковий автомобільний транспорт та сягає майже 95%. Лише

на експериментальному профілі TN10 частка вантажних засобів підвищується у середньому до 15%, що обумовлено розташуванням даного експериментального профілю. TN10 розташована по Білгородському шосе м. Харків, що з'єднується із європейським автошляхом E105 та частково із Харківською об'їзною дорогою E40, якими курсує вантажний транспорт із міжнародними та місцевими перевозками.

Інтенсивність транспортного руху на експериментальних ділянках досліджуваних автомобільних доріг, що розташовані вздовж профілів TN01-TN10, визначали за допомогою методики візуального обліку, що описана у розділі 2.4. Під час проведення візуального обліку заповнювалися бланки обліку, що є обов'язковим додатком до таких спостережень та зазначені у [139], заповнені бланки наведені.

Графічне представлення усереднених даних візуального обліку інтенсивності транспортного руху наведено на рис. 3.6.

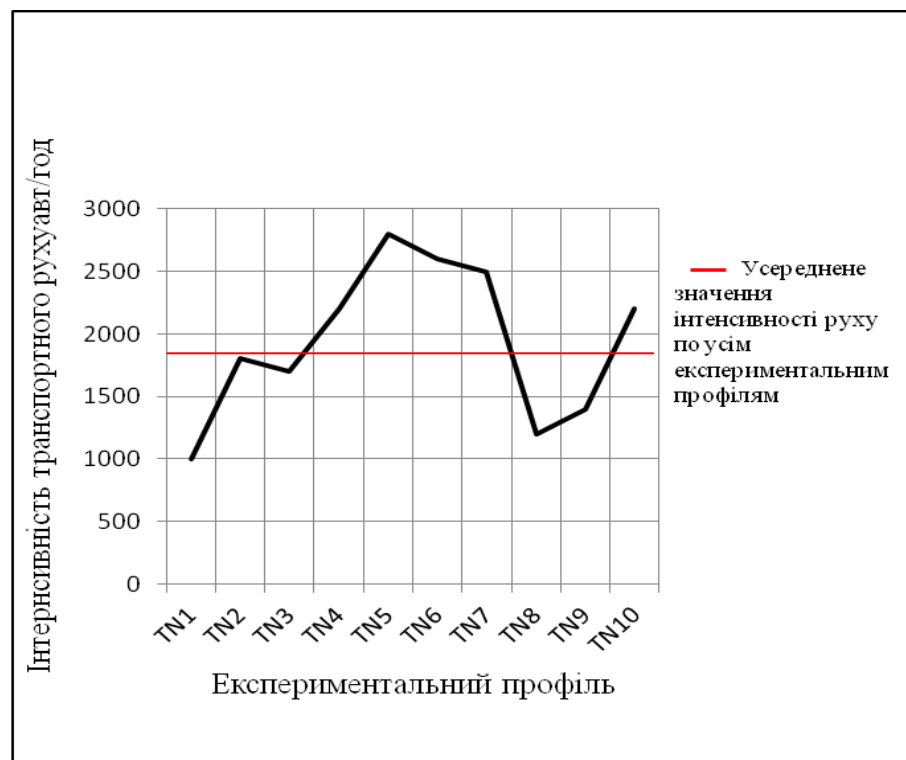


Рисунок 3.6 – Динаміка інтенсивності транспортного руху на досліджуваних ділянках

Висновки до розділу 3

1. За результатами статистичної обробки отриманих експериментальних даних було проведено аналіз головних компонент (АГК), перегруповано за класифікуючою ознакою «тип насаджень» та порівняно результати зниження шуму на однаковій відстані від джерела шуму, у результаті чого отримано достовірну різницю між насадженнями лісопаркових та паркових зон, з одного боку, та профілями без насаджень або з вуличними/внутрішньо-квартальними насадженнями, з іншого на відстанях від лінійного джерела шуму [152].

2. Застосований критерій Колмогорова-Смирнова виявив відмінність між зниженням шуму на профілях, що відносяться до різного типу насаджень, а також на контрольних профілях (без насаджень) залежно від відстані до лінійного джерела шуму один від одного при рівні значущості $p > 0,95$ ($\alpha < 0,05$), що дало змогу побудувати лінійні регресійні моделі абсолютного зниження еквівалентного рівня транспортного шуму залежно від відстані до джерел шуму насадженнями різних типів [152].

3. Показано, що наявність насаджень на урбанізованих територіях в місцях із інтенсивним транспортним рухом істотно впливає на величину зменшення рівня шумового навантаження по мірі віддалення від лінійного джерела шуму. І чим більше за своєю структурою насадження наближаються до паркових або лісових, тим ця різниця є більшою [152, 153].

4. На основі одержаних результатів статистичної обробки та з метою виявлення шумопоглинальних властивостей наявних смуг зелених насаджень придорожного простору, розроблено математичну модель, що є універсальною для оцінки вкладу смуг зелених насаджень у зниженні транспортного шуму, незалежно від типу зелених насаджень та їх геометричних характеристик. Запропонована модель враховує інтегральний показник $d(r, r_0)$, що визначає зниження рівнів шуму за рахунок смуг зелених насаджень шириною $r - r_0$ [154].

5. Апробація математичної моделі рецензує недостатнє зниження рівнів шумового забруднення, спричиненого роботою автотранспорту, наявними смугами зелених насаджень, виявлено, що на експериментальних профілях максимальне зниження шуму сягало в середньому до 5%, що не забезпечує дотримання санітарних норм на територіях житлової забудови у 55 дБА. Одержані результати дають основу до розробки методичних рекомендації з організації моніторингу рівнів шумового забруднення на територіях сельбищних зон урбосистем, з метою підвищення екологічної безпеки та впровадження дієвих шумозахисних рішень.

6. Результати візуального обліку руху автомобільних потоків та інтенсивності транспортного руху на експериментальних профілях протягом 2016-2018 років виявив небезпечні ділянки автотранспортної мережі урбосистеми з найбільш інтенсивним транспортним рухом, що завдають техногенного пресингу на прилеглі сельбищні зони та потребують максимального захисту від негативної дії транспортного шуму.

РОЗДІЛ 4

ЗАСАДИ МОНІТОРИНГУ РІВНІВ ШУМОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ ЯК СКЛАДОВОЇ МОНІТОРИНГУ АТМОСЕРНОГО ПОВІТРЯ

4.1 Засади організації моніторингу рівнів шумового забруднення на територіях сельбищних зон урбосистем

В законодавчій базі України [75] закріплено таке поняття моніторингу: «це система спостережень, збирання, оброблення, передавання, збереження та аналізу інформації про стан довкілля, прогнозування його змін і розроблення науково-обґрунтованих рекомендацій для прийняття рішень про запобігання негативним змінам стану довкілля та дотримання вимог екологічної безпеки».

Положенням про Державну цільову систему моніторингу довкілля [75] передбачено проведення комплексних моніторингових досліджень стану атмосферного повітря з урахуванням впливу фізичних факторів. Комбіноване використання таких видів досліджень якості атмосферного повітря з урахуванням техногенного шумового забруднення, надасть змогу розширити встановлення причинно-наслідкових зв'язків та факторів впливу на населення урбосистем.

У Директиві 2002/49/ЄС [88] використовуються деякі терміни і визначення, зміст яких наведений у табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Терміни і визначення Директиви 2002/49/ЄС [88]

Термін	Визначення
Роздратування	Рівень громадського роздратування, що викликається шумом і визначається за обстеженням
Індикатор шуму	Фізична шкала для опису шуму у середовищі, що має зв'язок із шкідливим впливом
Оцінювання	Будь-який метод для розрахунку, передбачення, оцінки або вимірювання величини індикатора шуму або його шкідливих впливів
L_{day}	Індикатор денного шуму є А-зважений рівень звуку з усередненням за усі денні періоди року. Примітка 1. День складають 12 годин (07.00 год. – 19.00 год.), вечір – чотири години (19.00 год. – 23.00 год.) і ніч – вісім годин (23.00 год. – 07.00 год.). Примітка 2. Країни спільноти можуть скоротити тривалість вечора на одну або дві години і подовжити день або ніч відповідно.

Продовження таблиці 4.1

L_{evening}	Індикатор вечірнього шуму є А-зважений рівень звуку з усередненням за усі вечірні періоди року
L_{night}	Індикатор нічного шуму є А-зважений рівень звуку з усередненням за усі нічні періоди року
L_{den}	Індикатор добового шуму, що визначається через L_{day} , L_{evening} і L_{night}
Зв'язок “доза-ефект”	Залежність шкідливого впливу від величини індикатора шуму
Створювання карти шуму	Надання даних щодо існуючої або передбачуваної картини шуму в термінах індикатора шуму з індикацією порушень будь-якої встановленої допустимої величини, кількості людей під впливом в межах певної території або кількості житла під впливом певних величин індикатора шуму в певних районах
Стратегічна карта шуму	Карта, що створена для загальної оцінки експозиції шумом у заданому районі за рахунок різних джерел шуму або для загальних передбачень щодо такого району
Гранична величина	Визначає величину L_{den} або L_{night} , або, де доцільно, L_{day} та L_{evening} , як визначила країна спільноти, перевищення котрої спонукає її компетентні органи розглянути або застосувати пом'якшувальні заходи

Директивою 2002/49/ЄС [88] передбачаються наступні вимоги щодо організації проведення моніторингу. У відповідності із загальними вимогами місця (точки) вимірювань шуму мають вибиратися у місцях з найгіршими показниками. На практиці це досягається обходом границі території, що захищається, з короткочасними вимірюваннями рівня шуму. Далі, для системних вимірів обирається найбільш шумова позиція і репрезентативний часовий інтервал вимірювань (15 або 30 хвилин). Крім того, вимірювання рівня шуму рекомендується виконувати не ближче 3,5 м від наземних структур, що відбивають звукові хвилі, і на висоті від 1,2 до 1,5 метрів над рівнем земної поверхні. У випадках, коли моніторинг на границях території що захищаються від шуму, має включати спостереження біля фасадів будинків, то точка вимірювання обирається на відстані від 1 до 2 м до фасаду і також від 1,2 до 1,5 м над рівнем земної поверхні.

Характеристики шуму, що мають за рекомендаціями директиви ЄС вимірюватися або реєструватися для оцінювання стану акустичного середовища на територіях житлової забудови включають:

– еквівалентні рівні звукового тиску L_{Aeq} , дБА, на часових інтервалах відліку (опорних часових інтервалах) тривалістю 15 - 30 хвилин (вдень і ввечері) і 15 хвилин (вночі);

– максимальні рівні звукового тиску L_{Amax} , дБА на часових інтервалах відліку;

– випадки перевищень граничних рівнів шуму, що має визначити у себе країна спільноти у термінах величин L_{den} і L_{night} , або, де доцільно, L_{day} та $L_{evening}$, як привід для розгляду або застосування пом'якшувальних заходів.

Розташування точок вимірювань в межах міських територій житлової забудови має обиратися з урахуванням:

– можливостей фіксації рівнів шуму у найбільш шумових позиціях на границях територій та біля фасадів житлових будівель;

– репрезентативності даних вимірювань щодо відображення акустичної ситуації на міських територіях сельбищної зони загалом.

Розподіл часових інтервалів відліку в межах року має обиратися з урахуванням:

– можливостей фіксації рівнів шуму у найбільш шумових ситуаціях на границях територій та біля фасадів житлових будівель;

– забезпечення репрезентативності даних вимірювань щодо відображення загальної акустичної обстановки на протязі року за допомогою обраних індикаторів шумового забруднення територій забудови;

– згідно до рекомендацій [155] вимірювання слід проводити у чотири різні і повні доби тижня розподілені так, що одна доба обирається для кожної чверті року.

Рекомендованими індикаторами шумового стану територій житлової забудови є величини L_{den} і L_{night} , які разом з іншими величинами (L_{day} , $L_{evening}$, L_{den}) визначаються рівняннями, відповідно до Директиви 2002/49/ЄС [88]:

$$L_{den} = 10 \lg \left[\frac{12}{24} \times 10^{L_{day}/10} + \frac{4}{24} \times 10^{(L_{evening} + 5)/10} + \frac{8}{24} \times 10^{(L_{night} + 10)/10} \right]; \quad (4.1)$$

$$L_{dn} = 10 \lg \left[\frac{16}{24} \times 10^{L_{day}/10} + \frac{8}{24} \times 10^{(L_{night} + 10)/10} \right]; \quad (4.2)$$

$$L_{day} = 10 \lg \left[\frac{1}{T_{day}} \int_{T_{day}} \frac{P_A^2(t)}{P_0^2} dt \right]; \quad (4.3)$$

$$L_{evening} = 10 \lg \left[\frac{1}{T_{evening}} \int_{T_{evening}} \frac{P_A^2(t)}{P_0^2} dt \right]; \quad (4.4)$$

$$L_{night} = 10 \lg \left[\frac{1}{T_{night}} \int_{T_{night}} \frac{P_A^2(t)}{P_0^2} dt \right], \quad (4.5)$$

де T_{day} – тривалість денного часу року;

$T_{evening}$ – тривалість вечірнього часу року;

T_{night} – тривалість нічного часу року;

$P_A(t)$ – миттєвий коригований за частотною характеристикою A звуковий тиск

в момент часу t ;

P_0 – опорний звуковий тиск, що дорівнює 20 мкПа.

Моніторинг рівнів шумового забруднення повинен бути спрямований на систематичні спостереження за станом атмосферного повітря у частині визначення перевищення гранично допустимих рівнів шуму. Найбільш уразливим до постійного впливу шуму є населення, отже, доцільно проводити моніторингові спостереження урбосистем на територіях сельбищних зон.

Система моніторингу рівнів шумового забруднення повинна складатись із таких основних етапів:

- 1) збір даних (вимірювання рівнів шуму на місцевості);
- 2) обробка отриманих даних (розрахунок еквівалентних та максимальних рівнів шуму на основі отриманих натурних спостережень);
- 3) складання баз даних (за допомогою програмного продукту Microsoft Access);
- 4) виявлення дискомфортичних зон (порівняння отриманих еквівалентних та максимальних рівнів шуму із допустимими).

На основі зазначених чотирьох етапів складається оцінка впливу джерел шуму на екологічну безпеку території сельбищних зон. Після чого можуть прийматися рішення, щодо покращення акустичного стану досліджуваних ділянок для забезпечення екологічної безпеки урбосистем.

Основною ознакою моніторингу є проведення регулярних та безперервних досліджень, що можуть далі використовуватися у прийнятті рішень щодо управління якістю екологічної безпеки. Виходячи з того, що об'єктом моніторингу є атмосферне повітря, що підлягає впливу шуму, створюваному лінійними джерелами шуму (автотранспортом), при проведенні спостережень мають враховуватись категорії автомобільних доріг із усталеною інтенсивністю руху.

Для ефективного проведення моніторингу, слід провести попередній аналіз внутрішньої міської автомобільної мережі, для виявлення найбільш небезпечних зон. Слід обирати ті ділянки сельбищних зон, що межують із автомобільними дорогами з інтенсивністю руху більше 1000 авт/год (бо менша інтенсивність автотранспортного потоку призводить до незначних перевищень або взагалі не перевищує ГДР шуму), або ті сельбищні зони, що розташовані менше ніж на 100 м від лінії проїжджої частини, адже ці житлові будинки знаходяться у зоні впливу автомобільної дороги. Усі ці зазначені умови мають впливове значення у перевищенні допустимих рівнів шуму на територіях сельбищних зон урбосистем.

Для організації моніторингу рівнів шумового забруднення, що спричиняється роботою транспортних засобів, мають враховуватись такі аспекти:

- 1) потік автомобільного транспорту – це лінійне джерело шуму;
- 2) рівень шуму від автотранспорту залежить від інтенсивності транспортного руху;
- 3) інтенсивність транспортного руху є непостійною складовою та залежить від багатьох факторів, таких, наприклад, як час доби («години пік»), в яких інтенсивність руху, а отже і рівні шуму будуть найвищими.

Джерелами шуму дорожнього транспорту на міських магістралях і вулицях є транспортні потоки, до складу яких можуть входити легкові і вантажні

автомобілі, автопоїзди, автобуси, мотоцикли, моторолери, і мотовелосипеди, а також тролейбуси та трамваї.

З метою організації однотипних натурних досліджень із визначення рівнів шумового забруднення та задля забезпечення екологічно безпечного акустичного простору сельбищних зон урбосистем, пропонується проведення моніторингу рівнів транспортного шуму.

Слід приділити увагу європейському досвіду у впровадженні моніторингу шуму, тому рекомендується спиратись на Директиву 2002/49/ЄС [88] при складанні методичних рекомендацій проведення моніторингу акустичного простору у частині шумового забруднення.

Взагалі, контрольовані показники (фізичні характеристики) рівнів шумового забруднення та правила їх вимірювання в Україні та країнах ЄС є максимально близькими за місцями, відстанями і процедурами контролю, а деякі розбіжності, що мають місце, є або несуттєвими, або такими, що враховуються за наявності даних первинних вимірювань. Наприклад, різниця у тривалості ночі, що визначена в Україні у 10 год., а в ЄС – у 8 год., з огляду на примітку до визначення показника L_{day} у таблиці 4.1 не є суттєвою, так що національні дані спостережень рівнів шуму для нічних умов міських територій, принаймні у першому наближенні, можуть розглядатися як задовільні щодо вимог ЄС.

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. 4.1 [156].



Рисунок 4.1 – Алгоритм моніторингу рівнів шумового забруднення [156]

Перед початком моніторингових спостережень необхідно обрати найбільш репрезентативні майданчики на територіях сельбищних зон урбосистем, що знаходяться у зоні впливу автомобільних доріг з метою одержання достовірних результатів шумового режиму досліджуваних ділянок. Для досягнення цієї мети, слід 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. Усі подальші експериментальні дослідження першого етапу моніторингу необхідно проводити за наведеною методикою.

У відповідності до отриманих результатів рівнів вуличного шуму, рекомендується класифікувати транспортні вулиці та магістралі за категоріями:

- малешумні;
- із допустимим рівнем шуму;
- дискомфортні зони.

Дану класифікацію слід проводити, спираючись на стандарт ДБН В.2.3.-4:20015 [157]. Обрані ділянки слід одразу занести до бази даних (створення якої описано нижче) із зазначенням адреси, номера точки та GPS – даних (що необхідні для подальшої розробки карт шуму). Після того, як точки для проведення постійних моніторингових спостережень зафіксовані, слід перейти до докладного опису кожного кроку у проведенні моніторингу, що наведений на рис. 4.2.

4.2 Алгоритм організації моніторингу рівнів шуму на територіях сельбищних зон урбосистем

4.2.1 Проведення натурних досліджень

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. Спираючись на вимоги директиви ЄС, щодо організації проведення досліджень рівнів шуму, доцільніше всього рекомендувати вимірювання транспортного шуму у тих самих зазначених часових інтервалах. Це мають бути вимірювання у денний час L_{day} (з 7.00 до 19.00); вечірній час $L_{evening}$ (з 19.00 до 23.00) та у нічний час L_{night} (з 23.00 до 7.00). Але проведення таких досліджень унеможлиблюється тим, що в Україні відсутні вимоги щодо граничних величин для індикаторів моніторингу середньорічних рівнів шумового забруднення (L_{den} , L_{night} або L_{day}) та оцінювання їх величин.

Тому рекомендовано проводити виміри: У денний час 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. В нічний час слід проводити вимірювання два рази: перший раз в проміжку 22.30 – 00.30 год. або 05.00 – 06.00 год. Вимірювання слід проводити протягом такого часового інтервалу, що охоплює проїзд 200 одиниць автомобільного транспорту (легкові, вантажні, мотоцикли та громадський транспорт).

На основі удосконаленої методики ГОСТ [80], шляхом введення репрезентативних точок вимірювання, що дозволило покращити науково-методичні підходи до організації натурних досліджень рівнів шумового забруднення примігстральних територій, виділено наступні вимоги до моніторингових майданчиків (профілів):

– відстань від контрольної точки із визначення рівнів шуму до джерела шуму обирається відповідно до запропонованої уніфікованої схеми розташування контрольних точок з урахуванням архітектурно-ландшафтного планування досліджуваної сельбищної зони;

– відстань від контрольної точки до зупиночних станцій громадського транспорту та перехресть повинна сягати мінімум 50 м;

– відсутність огорожувальних конструкцій та шумозахисних екранів на лінії розповсюдження звуку.

Для досягнення основних цілей моніторингу рівнів шумового забруднення, та для забезпечення одержання якісних результатів, слід провести оцінку характеристик автотранспортних потоків, яка має враховувати кількість смуг руху, інтенсивність транспортного руху, тип покриття та швидкість транспортного потоку. Необхідно також враховувати кліматичні характеристики та сезон проведення моніторингу акустичного простру.

Для створення належних баз даних моніторингу рівнів шуму, одночасно із вимірами шуму, необхідно визначати характеристики автотранспортного потоку як лінійного джерела шуму. Пропонується визначати наступні характеристики:

- 1) інтенсивність (кількість транспортних засобів за годину);
- 2) середня швидкість джерела шуму (км/год)
- 3) частка вантажного та громадського транспорту (%).

Наведені характеристики необхідно оцінювати відповідно до вимог ДСТУ 8824:2019 Автомобільні дороги. Визначення інтенсивності руху та складу транспортного потоку [138] або методики оцінювання прогнозованого рівня шуму у межах зон впливу автомобільної дороги [134]. Під час експериментальних досліджень із визначення характеристик автотранспортного потоку необхідно

вести протокол та заносити результати експериментальних досліджень для подальшої обробки інформації та складання бази даних.

4.2.2 Обробка отриманих даних

Характеристиками шуму для цілей моніторингу є оціночні рівні звуку, що визначаються за еквівалентним (L_{Aeq}) та максимальним (L_{Amax}) рівнями звуку окремо для денного та нічного часу доби. Необхідність використання максимального рівня звуку (L_{Amax}) диктується вимогами санітарних норм [45] оцінювати непостійний шум за еквівалентними та максимальними рівнями.

Значення показників шуму визначають на опорному часовому інтервалі (частина дня, день, тиждень) і довгостроковому часовому інтервалі (квартал, півріччя, рік).

Оціночними рівнями є еквівалентні рівні шуму, що обумовлені розрахунком за методикою ДСТУ [133]:

$$L_{екв} = 10 \lg \left(\frac{1}{T} \sum_{i=1}^n \tau_i \cdot 10^{0,1 L_{Ai}} \right) \quad (4.6)$$

де L_{Ai} – усереднений рівень звуку в i -му інтервалі рівнів звуку, дБА;

τ_i – часовий інтервал, протягом якого рівні звукового тиску знаходяться в межах i -го інтервалу рівнів звукового тиску, с;

n – кількість інтервалів рівнів звукового тиску;

$T = \sum \tau_i$ – загальний час усереднення (або час вимірювання), с.

За максимальні рівні шуму (L_{Amax}) слід приймати за такі рівні звуку, що мають найбільше значення рівнів звуку за весь часовий інтервал виміру шуму.

4.2.3 Складання бази даних

Для зручної роботи із результатами моніторингових досліджень, які повинні накопичуватись, зберігатись та оброблятись, зручніше всього створити

інформаційний інструмент, тобто базу даних (БД), яка б відповідала усім зазначеним етапам організації і проведення моніторингу, наведеному на рис. 4.1.

На основі Microsoft Access пропонується розробити базу даних, яка в подальшому може використовуватись для зберігання та обробки інформації результатів моніторингу рівнів шумового забруднення вулично-дорожньої мережі. Ця програма є стандартним додатком пакету Microsoft Office і є зручною у роботі та має найбільшу популярність серед користувачів персональних комп'ютерів.

Основні таблиці у базі даних моніторингу шуму повинні висвітлювати наступну інформацію: Streets (назви та шифри вулиць, на яких проводиться моніторинг шуму); Point_Location (розташування точок моніторингу з врахуванням адрес та типу території); Traffic_Flow (характеристики досліджуваних транспортних потоків); Monitoring_Data (дані розрахунків еквівалентних L_{Aeq} та максимальних рівнів L_{Amax} шуму із зазначенням дати та часу проведення вимірювань); Normative_Value (гранично допустимі рівні шуму в залежності від часу доби та типу території).

4.2.4 Виявлення дискомфортних зон

Четвертий етап моніторингу рівнів шумового забруднення вимагає за собою виявлення дискомфортних зон для населення. На основі отриманих результатів рівнів транспортного шуму, та після подальшої їх обробки, тобто розрахунку еквівалентних та максимальних рівнів шуму, слід провести аналіз отриманих даних. Для цього необхідно порівняти отримані розрахунковим шляхом еквівалентні (L_{Aeq}) та максимальні (L_{Amax}) рівні шуму із зазначеними допустимими рівнями шуму в Державних санітарних правилах [45]. Допустимі рівні шуму на територіях населених міст відповідно до Державних санітарних норм [45] наведені у Додатку Г.

Для виявлення динаміки шумового забруднення урбосистем слід проводити порівняння отриманих результатів із даними за попередні роки. Для кожної

контрольної точки проводиться визначення відхилень отриманих значень за наступною рекомендованою формулою:

$$A_i = L_{1n1} - L_{1n2}, \quad (4.7)$$

де A_i – відхилення в i -тій контрольній точці, дБА;

L_{1n1} – еквівалентні рівні шуму в i -тій точці у поточному році, дБА;

L_{1n2} – еквівалентні рівні шуму в i -тій точці за минулий рік, дБА.

4.2.5 Прийняття рішень

Так як найбільший розвиток в Україні отримали моніторингові інформаційні системи, що закріплені на законодавчому рівні [74, 75, 77], а методологічні, нормативні та науково-технічні засади організації та функціонування даної системи не розвинуті на достатньому рівні, пропонується використовувати загальновідомий системно-екологічний підхід у прийнятті рішень щодо забезпечення екологічно безпечного акустичного простору та подальшого управління екологічною безпекою на основі системи моніторингу рівнів шумового забруднення.

Для реалізації п'ятого етапу запропонованого алгоритму моніторингу рівнів шумового забруднення у частині прийняття рішень, рекомендується керуватись наступними відомими методами зниження транспортного шуму урбанізованих територій.

Для досягнення нормативних значень рівнів шуму на територіях сельбищних зон урбосистем необхідно організувати різні заходи, що сприяють зниженню його рівня. Методи захисту сельбищних зон від шуму передбачають:

1. Зниження рівня шуму самого джерела або його локалізацію.
2. Безпосередня ізоляція об'єкта захисту.
3. Зниження рівня звуку на шляху його поширення.

Перші два запропоновані методи зниження рівнів шуму на сельбищних зонах є неможливими у впровадженні через складену інфраструктуру урбосистем.

До важливих містобудівних рішень, які використовують як противошумові відносять:

1. Збільшення відстані між джерелом шуму і об'єктом, що захищається.
2. Застосування акустичних екранів, стін або будівель-екранів.
3. Різні прийоми планування, які дозволяють раціонально розміщувати "шумні" об'єкти мікрорайонів.
4. Використання рельєфу місцевості.
5. Максимальне озеленення сельбищних зон і розділових смуг магістральних вулиць.

Наведені вище перші чотири рішення важко реалізувати у сучасних умовах у зв'язку із усталеним архітектурно-планувальним, логістичним ансамблем міст, що був складений понад 100 років тому. Для впровадження наведених раціональних прийомів забудови сельбищних зон та магістральних вулиць, необхідно вносити зміни до генеральних планів міст та проводити значні реконструкції. Це дуже складний, витратний у часі та коштах процес. Особливо, якщо приділяти увагу зменшенню шуму на територіях житлової забудови, необхідно враховувати той факт, що під час реконструкції автомобільних доріг, чи проведення будь яких інших будівельних робіт, виникає додаткове шумове забруднення, спричинене роботою будівельної техніки та іншим устаткуванням.

Використання того чи іншого методу чи їх комбінація залежить від ступеню необхідного зниження шуму з урахуванням економічних та експлуатаційних обмежень. Викладене вище дозволяє прийти до висновку, що раціональними та дієвими рішеннями у забезпеченні екологічної безпеки урбосистем при техногенному забрудненні від шуму та для запобігання виникнення позапланових дорожньо-будівельних та інших видів робіт комунального господарства, найефективнішими шумознижуючими рішеннями є запровадження додаткового локального озеленення.

Для реалізації наведених рішень необхідно удосконалити метод управління екологічною безпекою, що має на своїй меті впровадження запропонованих алгоритму моніторингу акустичного простру у частині шумового забруднення та

прийняття рішень щодо захисту сельбищних зон урбосистем від наднормативних рівнів шуму. Механізм управління екологічною безпекою складається із груп функціональних та екологічних механізмів, що у свою чергу функціонують через екологічний аудит, екологічні програми, оцінку впливу на довкілля та екологічний моніторинг. Моніторинговий механізм, метою якого є накопичення банку даних спостережень за станом навколишнього природного середовища, вирішує наступні питання в системі екологічного управління:

1. Зосередження уваги на важливих екологічних аспектах для використання критеріїв управління.

2. Забезпечення банку даних доступної інформації.

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 безпечного та дієвого рішення, що буде реалізовано.

Використання системно-екологічного підходу у прийнятті рішень забезпечує наявністю необхідної кількості альтернатив та факторів, що сприяють винесенню дієвих 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 врахуванням 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.

Використання системно-екологічного підходу у прийнятті рішень забезпечує наявністю необхідної кількості альтернатив та факторів, що сприяють винесенню дієвих рішень. Структура такого системно-екологічного підходу складається із наступних етапів:

1. Опис проблеми.

2. Аналіз матеріалів.

3. Моделювання небажаних наслідків.

4. Оцінка альтернатив.
5. Прийняття рішень.
6. Комплексна оцінка результатів впровадження.

Висновки до розділу 4

1. Проведення моніторингу рівнів шумового забруднення як складової моніторингу атмосферного повітря закріплена на законодавчому рівні, але не має свого відображення у нормативно-правових актах, що зумовило необхідність розробки таких рекомендацій для забезпечення екологічної безпеки сельбищних зон урбосистем.

2. Виявлено цілі та завдання моніторингу рівнів шуму, що полягають у накопиченні моніторингових даних для обробки отриманої інформації та прийняття екологічно безпечних рішень для попередження негативної дії шуму на територіях сельбищних зон урбосистем.

3. Виходячи із завдань моніторингових досліджень, розроблено алгоритм моніторингу рівнів шуму як складової моніторингу атмосферного простору, що складається із п'яти основних етапів та передбачає: проведення натурних досліджень, обробку отриманих даних, складання баз даних, виявлення дискомфортних зон, прийняття рішень.

4. П'ятий етап моніторингу рівнів шуму виділено окремо та запропоновано організувати із використанням системно-екологічного підходу, що забезпечує впровадження дієвих шумозахисних рішень при виявленні динаміки зростання техногенного шумового навантаження на досліджуваних ділянках сельбищних зон урбосистем.

5. На підставі наведених вище методологічних підходів упроваджено моніторинг рівнів шуму на репрезентативних ділянках сельбищних зон міста Харків, що були обрані відповідно до удосконаленого науково-методичного підходу до проведення експериментальних досліджень із урахуванням вкладу наявних смуг зелених насаджень у зниженні шумового забруднення.

6. Розроблений у даному розділі алгоритм моніторингу рівнів шумового забруднення на територіях сельбищних зон урбосистем впроваджено у роботу Департаменту екології та природних ресурсів Харківської обласної державної адміністрації, як пропозиції удосконалення матеріалів оцінки впливу на довкілля планової діяльності суб'єктів господарювання з метою недопущення техногенного забруднення придорожнього простору урбосистем (акт впровадження від 15 червня 2020 р).

Результати за розділом опубліковані в працях [156, 158].

РОЗДІЛ 5

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ОРГАНІЗАЦІЇ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ КОМБІНАТОРНИХ ШУМОЗАХИСНИХ РІШЕНЬ ІЗ ДОДАТКОВОГО ЛОКАЛЬНОГО ОЗЕЛЕНЕННЯ СЕЛЬБИЩНИХ ЗОН УРБОСИСТЕМ НА ПРИКЛАДІ МІСТА ХАРКІВ

Для забезпечення екологічної безпеки урбосистем при виявленні впливу підвищених рівнів шуму, необхідно розробляти та впроваджувати пропозиції щодо оптимізації урбосистем шляхом екологічного регулювання діяльності промислових об'єктів, впровадження екотехнологій у транспортні засоби, що є головним джерелом шуму в урбосистемах. Визначено, що при недостатньому зниженні рівня шумового забруднення слід застосовувати містобудівні та архітектурно-планувальні рішення відповідно до рекомендації щодо зменшення шумового навантаження від автомобільної дороги на сельбищній території та галузевих будівельних норм [82, 159]. Але найбільш екологічним засобом оптимізації урбосистем у зниженні шумового навантаження є впровадження додаткового озеленення. Поєднання зелених насаджень із ландшафтними та архітектурно-будівельними прийомами дозволяє не лише знизити техногенне навантаження на урбосистеми але й покращити еколого-естетичну комфортність урбанізованих міст.

Зелені насадження у вигляді декоративних посадок, які часто зустрічаються уздовж міських автомобільних доріг, прилеглих до сельбищної зони, не володіють необхідними ефективними шумозахисні властивості. Це пояснюється тим фактом, що дерева на тротуарах або розділових смугах між проїжджою частиною і тротуаром висаджуються в один (максимум два ряди) на відстані 4-6 м. один від одного. При цьому крони дерев не можуть створювати досить щільної захисної маси навіть у віці, коли всі якості дерева проявляються в повній мірі.

Захисні властивості смуг зелених насаджень знаходяться в прямій залежності від щільності крони дерев і щільності смуги в цілому, що підтверджує проведений статистичний аналіз у третьому розділі даної роботи. Отже, шумозахисна смуга повинна сприйматися як єдина маса зелених насаджень. Це

можливо тільки при використанні в таких посадках чагарників або при їх багатоярусній структурі.

Зазначені у приведених нормативних документах [82, 159] додаткові шумозахисні рішення, що полягають у застосуванні смуг зелених насаджень, стають неможливими у впровадженні у зв'язку із складеною щільною міською забудовою та недостатньою площею вільного простору під впровадження запропонованих багаторядних смуг зелених насаджень.

Наразі постає питання щодо прийняття оптимальних рішень у захисті сельбищних зон від шкідливого впливу підвищених рівнів шуму. Враховуючи ризики виникнення позапланових дорожньо-будівельних та інших видів работ комунального господарства, ефективним та доцільним містобудівним рішенням у зниженні шуму обрано локальне озеленення сельбищних зон урбосистем.

Загальновідомо, що близько 90% живої речовини біосфери знаходиться в приземній рослинності, а на територіях урбосистем, які перетворені із природних у штучні під впливом антропогенної діяльності, об'єм біомаси значно скорочується. Для підтримки рівноваги у такій штучній урбосистемі, необхідно приділяти значну увагу процесам самоочищення та регенерації оточуючого середовища від привнесених забруднюючих речовин та факторів техногенного забруднення. Процес регенерації оточуючого середовища урбосистем відбувається за рахунок зелених насаджень, а враховуючи фактор пропорційності зменшення терміну життєвого циклу урбосистем і їх регенераційній здатності, при тому що зелені насадження урбосистем мають регенераційні здібності не більш ніж 80 років (порівняно із лісними насадженнями, регенераційні функції яких сягають до 400 років), постає найбільш актуальне питання у забезпеченні необхідної кількості зелених насаджень та впровадженню максимального озеленення урбосистем.

Обстеження натурних ділянок міста Харків, визначають той факт, що у сучасному озелененні застосовують лише однорядні насадження дерев, без заповнення простору під кронами у вигляді чагарників.

Для зниження техногенного забруднення, спричиненого підвищеними рівнями шуму від лінійних джерел на територіях сельбищних зон пропонується впровадження локального озеленення із використанням чагарників (для експериментального профілю по вул. Новгородській TN08) із попередніми обґрунтуванням ефективності запроваджуваних рішень.

5.1 Рекомендації щодо впровадження додаткового локального озеленення вулиці Новгородська міста Харків

Вулиця Новгородська розташована у Шевченківському адміністративному районі, перпендикулярно проспекту Науки та протинається на 1,2 км. без ухилів до перетину із вулицею Динамівська. Вул. Новгородська відноситься до категорії (транспортно-пішохідна вулиці місцевого значення з інтенсивністю руху 600 одиниць в годину транспорту на дві смуги транспортного руху, та виконує функцію транспортного зв'язку між житловими районами і громадськими центрами та виходу на магістральну вулицю. Транспортний потік складають: легкові автомобілі – 80%, вантажні автомобілі – 15%, громадський транспорт – 5%.

На досліджуваній ділянці розташовані одно- та двоповерхові житлові будинки приватного сектора, багатоповерхові житлові будинки, спортивний комплекс «Динамо», обласний спеціалізований диспансер радіаційного захисту населення та ін.

Дорожнє покриття виконане з асфальтобетону, із дорожньою розміткою. Автомобільна дорога відділяється від пішохідної доріжки бордюром, одним рядом зелених насаджень та трав'яним покриттям. Однорядна смуга зелених насаджень представлена листяними деревами, переважно липами та кленами які висаджені переважно біля приватних будинків та різних закладів культури та відпочинку. Деревя в ряді місць, висаджені з великим інтервалом один від одного.

На рис. 5.1 графічно зображено усереднені результати вимірів рівнів шуму на відстані 10 м від лінійного джерела шуму на експериментальному профілі при

різних конфігураціях зелених насаджень, а саме: насадження відсутні, наявність деревинного ярусу, наявність чагарникового ярусу.

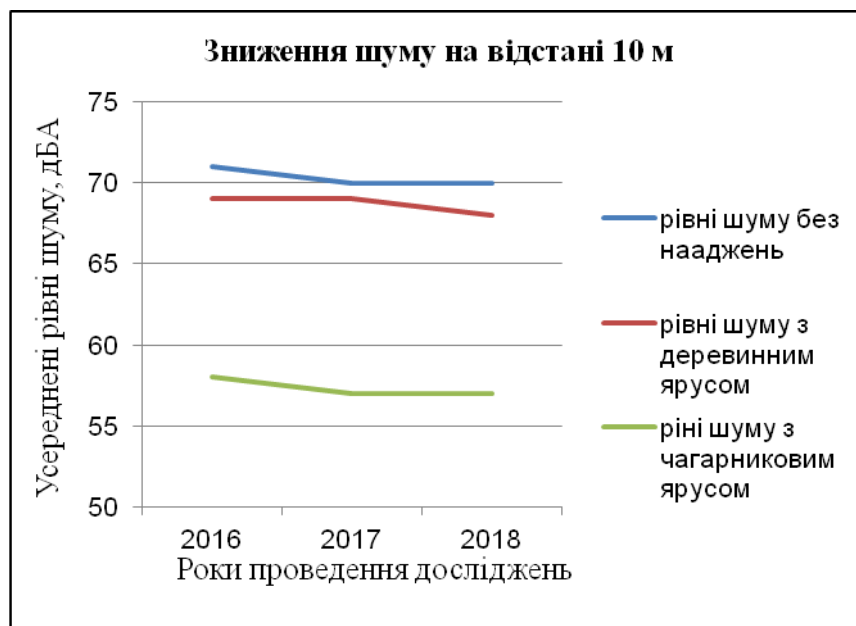


Рисунок 5.1 – Зниження шуму на відстані 10 м
(експериментальний профіль TN08)

Результати досліджень рівнів шумового забруднення даної ділянки показали перевищення рівнів шуму у порівнянні із нормативними значеннями в середньому на 13 дБА. Виходячи із цього, можна зробити висновок, що існуючих смуг зелених насаджень недостатньо для забезпечення акустичного комфортного стану житлової забудови. Пропонується додаткове озеленення існуючих смуг у вигляді чагарників. Відповідно до Державних будівельних норм України: «шумозахисні насадження треба проектувати у вигляді однорядних або багаторядних посадок не нижче ніж 7 м, забезпечуючи відстані між стовбурами дорослих дерев з широкою кроною від 8 м до 10 м, з середньою кроною – від 5 м до 6 м, з вузькою кроною – від 3 м до 4 м. Простір під кроною треба заповнювати рядами чагарнику» [45].

У зв'язку із тим, що вздовж досліджуваної ділянки розташовані, головним чином, приватні будинки, то для забезпечення шумозахисних властивостей смуг зелених насаджень вздовж вулиці Новгородська пропонується висадження

чагарнику – кизильник блискучий. Рекомендована схема додаткового озеленення наведена на рис. 5.2.

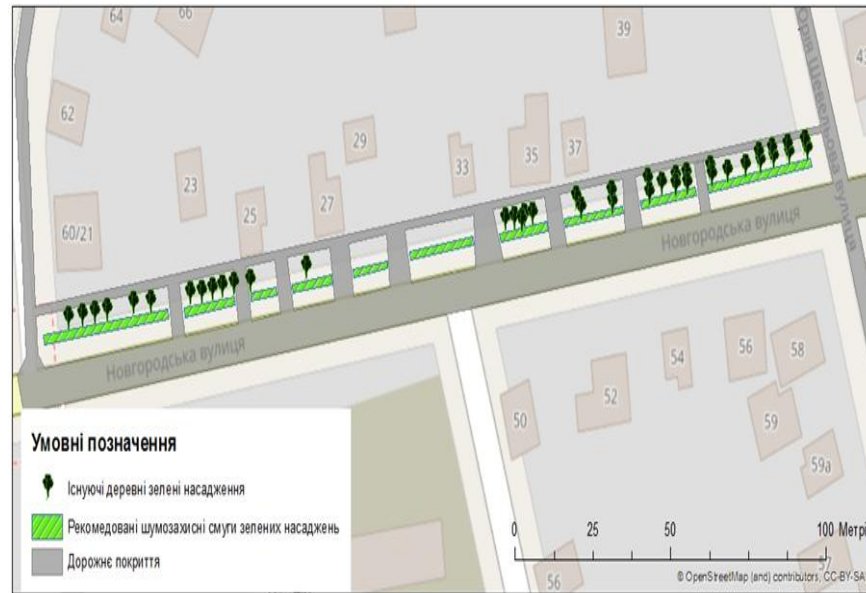


Рисунок 5.2 – Карта-схема додаткового озеленення вул. Новгородська

Кизильник блискучий – пряморослий кущ, що має ряд переваг – невибагливість до ґрунту і умов зовнішнього середовища. Добре переносить спеку та морози, що відповідає клімату м. Харкова. Кизильник блискучий відноситься до насаджень, які живуть більше 50 років.

Розроблені рекомендації для типових об’єктів урбосистем із однаковими параметрами були проаналізовані та оцінені за допомогою уніфікованих критеріїв, що наведені в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Уніфіковані критерії типового об’єкту урбосистем

Параметри сельбищних зон	Рівні шуму	Параметри автомобільних доріг	Параметри зелених насаджень
<ul style="list-style-type: none"> щільність населення ≈ 5 тис осіб на км²; середня поверховість забудови $\approx 4-8$ та/або до 3 із земельними ділянками 	<ul style="list-style-type: none"> до 70 дБА без насаджень 	<ul style="list-style-type: none"> магістральні вулиці районного значення; інтенсивність транспортного руху $\approx 500-600$ авт/год на смугу; ширина вулиці $\approx 40-50$ м; ширина тротуарів $\approx 2,25-3,0$ м; дорожнє покриття – асфальтобетон 	<ul style="list-style-type: none"> однорядні СЗН із шагом посадки від 3 до 6 м; проективне покриття чагарникового ярусу 0%; проективне покриття трав’яного ярусу від 0 до 50%

Запропоноване додаткове озеленення має ряд переваг у порівнянні із іншими інженерними рішеннями, а саме:

1. Експериментально підтверджено зниження шуму приблизно на 10 дБА;
2. Розрахований вклад смуги чагарникового ярусу у зниження шуму становить 3,5 дБА;
3. Щільна крона чагарнику, що дозволяє залишати за собою шумозахисні властивості після завершення вегетації та опадання листя.

Запропонована схема озеленення здатна не лише знижувати підвищенні рівні шуму, а й затримувати пил. Через таку посадку дерев та чагарників, швидкість вітру буде знижуватись, що призведе до осідання часток пилу.

5.2 Рекомендації впровадження та оцінка ефективності вертикального озеленення у зниженні шумового забруднення урбосистем

Для експериментальних досліджень з визначення ефективності впровадження вертикального озеленення було обрано 2 додаткових профілі, що розташовані по вул. Шекспіра та на площі Конституції міста Харків. Ефективність у зниженні рівнів шуму за рахунок вертикального озеленення оцінювали шляхом вимірів еквівалентних рівнів шуму на границі фасаду будівлі із наявністю фасадного озеленення та без фасадного озеленення. Вимірювання проводили за наведеною методикою протягом такого відліку часу, що охоплює проїзд 200 одиниць транспортних засобів у суху безвітряну погоду. Усереднені результати експериментальних досліджень наведені у табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Оцінка ефективності вертикального озеленення у зниженні шумового забруднення акустичного простору

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 за рахунок вертикального озеленення, дБА	3	3

Результати, що наведені у табл. 5.2, дозволяють зробити висновок щодо ефективності використання вертикального озеленення з метою зниження перевищених рівнів шуму.

Варто зауважити, що локальне озеленення має ряд переваг, регенераційні функції зелених насаджень здатні поглинати оксид вуглецю та виділяти кисень в оточуюче середовище. Прибудинкове озеленення також позитивно впливає на ауто привабливість території, що покращує психо-емоційний стан мешканців та мікроклімат території, останнє має важливе значення у зв'язку із тенденціями до глобального потепління та підвищенням середньорічної температури повітря. Але цей фактор має перевагу у тому, що вегетаційний період рослин збільшується, що продовжує їх шумозахисні та інші наведені властивості.

5.3 Ефективність впровадження комбінаторних практичних рішень у зниженні техногенного шумового навантаження урбосистем

Комплексні дослідження шумозахисних властивостей зелених насаджень, дозволило виділити комбінаторні практичні рішення у зниженні техногенного навантаження акустичного простору урбосистем. Сучасні методи управління екологічною безпекою урбосистем при шумовому забрудненні зводяться до вибору спеціальних шумозахисних заходів, що знижують шум джерел або екранують їх для захисту від проникнення шуму від джерел в глиб сельбищних територій урбосистем.

На сьогоднішній день розроблено широкий спектр конструктивних, планувальних та організаційних прийомів, що відповідають цим завданням і зводяться до прийняття різних рівнів рішень.

Аналіз сучасних методів дослідження, оцінки і регулювання шумового режиму сельбищних територій урбосистем дозволяє систематизувати їх за рівнями розгляду або стадіями проектування, обмеженим масштабом роботи:

Залежно від масштабу (ступеня деталізації), величина, що характеризує шумовий режим змінюється: від конкретного рівня шуму в кожному з приміщень

будівель, рівня шуму по периметру будівель, рівня шуму в точках території (локальний рівень) до інтегральної характеристики розподілу рівнів шуму в межах окремих міських зон (мезорівень) і міста в цілому (макрорівень).

Кожному рівню розгляду території з точки зору оцінки шуму відповідає і набір містобудівних заходів, що нормалізують шумовий фон.

Локальний рівень застосовується у тому випадку, коли об'єктом розгляду є конкретні будівлі або невеликі території урбосистем (квартали, частини мікрорайонів, відрізки примагістральних зон). Основними критеріями, що оцінюють шумове навантаження, є рівні шуму на обраних експериментальних точках території урбосистем або безпосередньо по периметру будівель. На локальному рівні проводиться найбільш детальна оцінка рівнів шуму, що формується на основі запропонованого алгоритму моніторингу рівнів шумового забруднення, а ступінь деталізації етапів моніторингу дозволяє забезпечити необхідний рівень точності.

Враховуючи таку ступень деталізації кожного із етапів моніторингу рівнів шуму, на останньому етапі прийняття рішень моніторингу впроваджуються конкретні заходи щодо вибору конструктивних рішень зниження техногенного забруднення від шуму, а ступінь екологічної безпеки, при цьому, забезпечується вибором раціональних комбінаторних практичних рішень локального озеленення сельбищних зон урбосистем.

На рис. 5.3 схематично зображено ефект від реалізації комбінаторних шумозахисних рішень на прикладі типового інфраструктурного об'єкту урбосистеми.

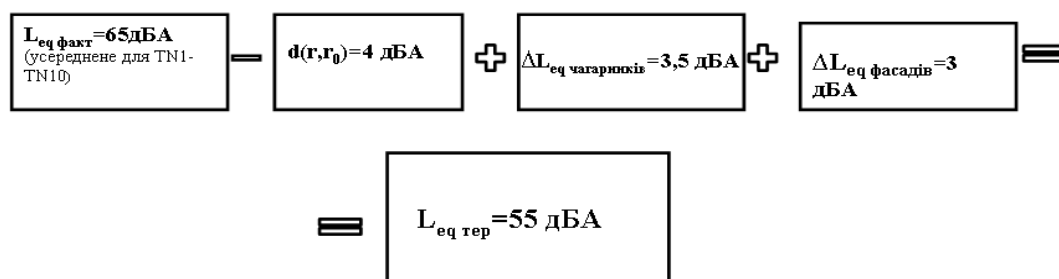


Рисунок 5.3 – Ефективність реалізації комбінаторних шумозахисних рішень

Експериментально підтверджено, що комбінація запропонованих у п'ятому розділі рішень дозволяє знизити рівень шумового забруднення на територіях типових сельбищних зон, що обґрунтовані вибором уніфікованих критеріїв типових об'єктів, в середньому на 9 дБА, Ефективність реалізації комбінаторних рішень призведе до дотримання ГДР шуму в межах урбосистем на територіях сельбищних зон.

Висновки до розділу 5

1. Результати експериментальних досліджень із визначення рівнів шуму на досліджуваних ділянках сельбищних зон урбосистем презентують недотримання ГДР шуму на територіях, що безпосередньо прилягають до автомобільних доріг. Для вирішення цього нагального питання рекомендовано впровадження локального озеленення. Результати експериментальних досліджень дозволили рекомендувати додаткове озеленення шляхом заповнення вільного простору під стовбурами дерев чагарниковим ярусом. Обраний вид – кизильник блискучий, що має шумозахисні властивості, підтверджені експериментально. Зниження шуму за допомогою додаткового чагарникового ярусу сягатиме близько 3,5 дБА.

2. Оцінено шумозахисну ефективність фасадного озеленення та виявлено абсолютне зниження шуму на територіях сельбищних зон урбосистем що знаходяться в зоні впливу автомобільних доріг на рівні 3 дБА.

3. Обґрунтовано використання комбінаторних шумозахисних практичних рішень із локального озеленення, які рекомендовано застосовувати на п'ятому етапі моніторингу рівнів шумового забруднення у частині прийняття рішень для забезпечення екологічної безпеки сельбищних зон урбосистем.

4 Розроблені рекомендації щодо локального озеленення сельбищних зон урбосистем з метою зниження шумового навантаження акустичного простору, впроваджено у роботу спеціалізованого комунального підприємства «Харківзелебуд» Харківської міської ради (акт впровадження від 18 травня 2020 р.).

Результати за розділом опубліковані в працях [160, 161].

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 основі аналізу нормативної бази та літературних джерел встановлено, що на даний час 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 з 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 в залежності 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 вклад наявних смуг зелених насаджень у зниження шуму.

3. Розроблена математична модель дозволяє провести оцінку вкладу 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 даної моделі виявила максимальне зниження шуму у середньому сягає 5 %, що 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 даної 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 з 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 %, що призведе до 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 ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ткач Н.О. Оцінка та прогнозування впливу автомобільного транспорту на стан шумового забруднення сельбищних територій: автореф. дис. канд. техн. наук : 21.06.01 / М-во освіти і науки України, Кременчуц. нац. ун-т ім. Михайла Остроградського. Кременчук, 2015. 22 с.
2. Лычева О.А. Механизм действия городского шума на гиперчувствительность немедленного типа. *Современные проблемы науки и образования*. Москва. 2012. № 1. С. 136–141.
3. Сакун О. А. Оцінка та прогнозування впливу шумового й електромагнітного забруднення на природно-заповідні та рекреаційні території: автореф. ... канд. техн. наук: 21.06.01 / Крем. нац. унун-т ім. Михайла Остроградського. Кременчук, 2016. 24 с.
4. Yang Fan, Bao Zhiyi, Zhu Zhujun and Liu Jiani. The Investigation of Noise Attenuation by Plants and the Corresponding Noise-Reducing Spectrum. *Journal of Environmental Health*. Vol. 72, No. 8. 2010, pp. 8–15. URL: <https://www.jstor.org/stable/26328102?seq=1>. (дата звернення: 23.04.2016).
5. Gierke H.E., Eldred K.M. Effects of Noise on People. *Noise/News International*. 1993. June. P.68-89.
6. Community Noise in Twenty Kentucky Cities / A.B. Broderson et. al. *Noise Control Engineering*. 1981. № 2. P. 52-63.
7. Canelli G.B. Traffic Noise Pollution in Rome. *Applied Acoustics*. 1974. № 2. P. 103-115.
8. Mochzuki T., Jmaizumi N. City Noise in Tokio. *J.Acout.Soc.Japan*. 1967. № 23. P. 146- 167.
9. Price A.J. Community Noise Survey of Greater Vancouver. *J.Acout.Voc.America*. 1972. № 2/1. P. 488-492.
10. Parkin P.H., Purkis H.J., Stephenson R.J., Schlaffenberg B. The London Noise Survey. *Building Research Station. HMSO*. London. January, 1968. No. 67-266.

11. Basner M., Babisch W., Davis A., Brink M., Clark C., Janssen S., Stansfeld S. Auditory and non-auditory effects of noise on health. *The lancet*. 2014. Vol. 383(9925). P. 1325–1332.
12. Prasher D. Is there evidence that environmental noise is immuno- toxic? *Noise Health*. 2009. № 11 (44). P. 151–155.
13. Babisch W. Cardiovascular effects of noise. *Noise Health*. 2011. №13. P. 201–204.
14. Job R. The influence of subjective reactions to noise on health effects of the noise. *Environ. Int.* 1996. № 22 (1). P. 93–104.
15. Clark C., Stansfeld S. The effect of transportation noise on health and cognitive development: a review of recent evidence. *Int. J. Comp. Psychol.* 2007. № 20 (2). P. 145–158.
16. Петренко О.К. Вплив шуму автомобільного транспорту на організм людини. *Україна у європейському просторі. Проблеми бізнесу, політики, права: мат. VI Міжнар. наук.-практ. конф., Львівський університет бізнесу та права. Львів, 2010. С. 46–48.*
17. Skogstad M., Johannessen H. A., Tynes T., Mehlum I. S., Nordby K-C., Lie A. Systematic review of the cardiovascular effects of occupational noise. *Occupational Medicine*. 2016. №66. P. 10–16. URL: <https://academic.oup.com/occmed/article/66/1/10/2750647>. (дата звернення: 10.11.2016).
18. Babisch W. Traffic noise and cardiovascular disease: Epidemiological review and synthesis. *Noise Health*. 2000. 2:9–32.
19. Kempen E., Kruize H., Boshuizen H., Ameling C., Staatsen B., Hollander de A.E. The association between noise exposure and blood pressure and ischaemic heart disease: A meta-analysis. *Environmental Health Perspectives*. 2002. 110(3): 307–17.
20. Babisch W. Transportation noise and cardiovascular risk: Updated review and synthesis of epidemiological studies indicate that the evidence has increased. *Noise Health*. 2006. 8:1–29.

21. Babisch W. Road traffic noise and cardiovascular risk. *Noise Health*. 2008. №10. P. 27–33.
22. Adamenko Y., Coman M., Kundelska T. Ecological safety of Ivano-Frankivsk urban system according to acoustical and electromagnetic load factors. *Scientific Bulletin Series D: Mining, Mineral Processing, Non-Ferrous Metallurgy, Geology and Environmental Engineering*. 2017. Vol. 31 (2). P. 27-33
23. Бахарєв В.С., Дейна І.П. Шумове забруднення компонентів довкілля як чинник техногенної небезпеки. *Прикладні аспекти техногенно-екологічної безпеки*: збірник матеріалів Всеукраїнської науково-практичної конференції. (Харків, 6 грудня 2013 р.). Х.: НУНЦЗУ, 2013. С. 190–191.
24. Bakharev V., Sankov P., Trifonov I., Tkach N., Hilov V. Prediction of Acoustic Pollution in the Conditions of Reconstruction of Industrial Enterprise. *International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology*. 2017. Vol. 4. Issue 5. P. 356–363. URL: http://ijiset.com/vol4/v4s5/IJISSET_V4_I05_54.pdf (дата звернення 11.10.2019).
25. Внукова Н.В. Оцінка акустичного забруднення. *Восточно-Европейський журнал передових технологій*. 2011. Вип. 4/6 (52). С. 42-47.
26. Внукова Н. В. Методологія екологічної безпеки комплексу АДС (автомобіль–дорога–середовище): монографія. Харків, 2011. 196 с.
27. Петрук В.Г., Гуцулюк В.І., Кватернюк С.М. Розробка будівельно-акустичного екрану для зниження транспортного шуму. IV Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю. (Екологія/Ecology-2013), 25-27 вересня, 2013. Збірник наукових статей. Вінниця: Видавництво-друкарня Діло, 2013. С.141-144
28. Ткач Н.О. Реконструкція міської забудови з урахуванням акустичної безпеки населення. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*. 2012. № 1–3. С.113–120.
29. Ткач Н.А., Саньков П.Н., Трошин М.Ю., Санькова І.П. Шумовое загрязнение крупнейших городов (на примере г. Днепропетровска). *Наук. Видання «Екологічні проблеми регіонів України»*: мат. VII всеукр. наук. конф. студ., маг. і аспір. (м. Одеса, 20–21 квітня 2005 р.). Одеса, 2005. С.157–158.

30. Ткач Н.О. Реконструкція міської забудови з урахуванням акустичної безпеки населення. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*. 2012. № 1–3. С.113–120.

31. Зубик С.В., Ходан М.М. Архітектурно-планувальні методи боротьби з транспортним шумом міста. *Науковий вісник НЛТУ України*. Львів, 2014. Том 24. №11. С. 185-191.

32. Захаров Ю.І., Саньков М.П., Захаров В.Ю., Ткач Н.О. Акустична безпека – складова частина якості міського будівництва. *Проблеми розвитку міського середовища*. Київ, 2010. Вип. 4. С. 28-35.

33. Куріс Ю.В., Матяшева О.Б., Белоконь К.В., Кожемякін Г.Б. Дослідження впливу автотранспорту на шумову безпеку міста в сталому розвитку урбанізованих територій. *Збірник наукових праць Дніпровського державного технічного університету (технічні науки)*. Дніпро, 2017. № 1(30). С. 183-188.

34. Гилёв В.В., Макарова В.Н., Соболев Т.А., Лозицкая А.А., Благинина О.А. Определение уровня шумового загрязнения примагистральной территории с усадебной застройкой. *International scientific journal*. 2016. № 2. URL: <https://www.inter-nauka.com/issues/2016/2/793> (дата звернення 11.12.2019).

35. Коваленко Л.О. Визначення рівнів шуму на магістралях та вулицях міста. *Міжвузівський збірник "Наукові нотатки"*. Луцьк, 2014. Вип. 46. С. 252-256.

36. Захаров Ю.И., Карнаух Е.С. Основные методы защиты городской среды от транспортного шума. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*. Дніпро, 2012. № 9. С. 21-25. URL: <http://visnyk.pgasa.dp.ua/article/view/47439/43522> (дата звернення 11.12.2019).

37. Внукова Н.В., Желновач Г.М., Пархін Н.В. Оцінка ризику акустичного та вібраційного забруднення придорожного простору ділянки автомобільної дороги. *Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету*. Харків, 2010. № 48. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-riska-akusticheskogo-i-vibratsionnogo-zagryazneniya-pridorozhnogo-prostranstva-uchastka-avtomobilnoy-dorogi/viewer> (дата звернення 11.12.2019).

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

39. Максименко Н.В., Радіонова І.І. Шумове навантаження на урболандшафти м. Первомайський, як конфлікт природокористування. *Вісник ХНУ імені В.Н. Каразіна. Серія «Екологія»*. 2017. Вип. 16. С. 113-118.

40. Гілета Л. А. Принципи диференційованої оптимізації шумового навантаження у великих урбоекосистемах (на прикладі Львова). *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Географія*. Тернопіль, 2012. № 2. С.118-123.

41. Селиванов С.Є., Абракітов В.Е. Багаторазові відбиття звуку на вузьких вулицях міста та захист житлових будівель від транспортного шуму. *Науковий вісник будівництва*. Харків, 2007. Вип. 40. С. 208-214.

42. Костриченко В.М., Солодка Л.О. Методичні підходи до еколого-економічного оцінювання впливу автомобільних доріг на навколишнє природне середовище. *Інноваційна економіка*. Тернопіль, 2013. №1(39). С. 130-136.

43. Бичковський О. В. Проблема шумового забруднення містах. *Вісник НУВГП. Технічні науки*. Рівне, 2010. Вип. 4(52). С. 218-224.

44. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку [Чинний від 01.12.1999] Вид. офіц. МОЗ України, 1999, 34 с.

45. Про затвердження Державних санітарних норм допустимих рівнів шуму в приміщеннях житлових та громадських будинків і на території житлової забудови : Наказ МОЗ від 22.02.2019 № 463 URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0281-19#Text> (дата звернення 25.03.2019).

46. ДБН В.1.1-31:2013. Захист територій будинків і споруд від шуму. [На заміну СНиП II-12-77; чинний від 01.06.2014] Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2014, 54 с.

47. Угненко Є. Б., Гавриш В. С. Визначення акустичного забруднення придорожного простору та основних шумових характеристик транспортного потоку. *Автошляховик України*. 2015. № 6. С. 39-41.

48. Good practice guide on noise exposure and potential health effects. European Environment Agency. EEA Technical report No 11/2010. ISSN 1725-2237. © EEA. Copenhagen, 2010. 36 p.

49. Дяченко Т.О., Євчук В.М. Аналіз впливу транспортного шуму на навколишнє середовище та людину. *Економіка та управління на транспорті*. К.: НТУ. 2018. Вип. 6. С. 125-131.

50. Кучеренко Л. В.; Калініченко В. С. Містобудівні методи захисту від шумового забруднення міст. *Науково-технічний збірник “Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві”*. Міське будівництво та архітектура. Вінниця. 2013. Том 14, № 1. С. 103-107.

51. Коваленко Л. О. Визначення рівнів шуму на магістралях та вулицях міста. *Наукові нотатки*. 2014. № 46. С. 252-256.

52. Бахарев В.С., Саньков П.М., Ткач Н.О. Рекомендації щодо організації екологічно безпечного розміщення місць паркування для транспортних засобів з урахуванням фактору шуму. *Науковий журнал «Екологічна безпека»*. Кременчук: КрНУ. 2014. № 2 (18). С. 35-42

53. Юрченко В. О., Михайлова Л. С. Вплив автомобільної дороги на стан екосистем придорожнього простору. *Людина і довкілля. Проблеми неоекології: наук. Журнал Харківського НУ ім. В.Н Каразіна*. 2010. №2(15). С. 63–67.

54. Азарова О. В. Автотранспортний комплекс та екологія. *Екологія і ресурси*. 2005. Вип. 11. С. 152–159.

55. Бахарев В.С., Саньков П.Н., Маковецкий Б.И., Ткач Н.А. Шумовой режим внутриквартальной автостоянки для временного ханения автотранспорта. *Научно-методический журнал «Наука, техника и образование»*. Москва: Пролемы науки, 2014. № 4. С. 24-27.

56. Внукова Н. В., Желновач Г. М., Підгорна Т. В. Оцінка автомобільної дороги з точки зору її екологічної безпеки. *Вестник ХНАДУ: сб.науч. трудов*. 2010. Вип. 48. С. 108–111.

57. Русіло П. О., Костюк В. В., Афонін В. М. Вплив на довкілля автомобільного транспорту на всіх стадіях його життєвого циклу. Науковий вісник НЛТУ України. 2008. Вип. 18. С. 85–89.

58. Шевченко Ю. С. Розробка моделей оцінки та підвищення ефективності зниження шуму транспортних потоків: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 21.06.01 / Нац. авіац. ун-т. Київ, 2016 Київ, 2016. 20 с.

59. Васькіна, І.В. Оцінка техногенного навантаження на придорожні екосистеми: автореф. ... канд. техн. наук: 21.06.01 / Сум. держ. унун-т. Суми, 2018. 23 с.

60. 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. (Харків 19.10.2018 р.). Харків, 2018. С. 153–154.

61. 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. (Харків 25.10.2019 р.). Харків, 2019. С. 46–48.

62. Угненко Є.Б., Гавриш В.С. Визначення акустичного забруднення придорожного простору та основних шумових характеристик транспортного потоку. *Автошляховик України*. 2015. № 6. С. 39–41. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/au_2015_6_12 (дата звернення: 10.08.2016).

63 Хворост М.В., Грязнова С.А. Малишева В.В. Захист сельбищної зони від шуму транспортної магістралі акустичними методами. *Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил*. Харків: Харківський університет Повітряних Сил, 2014. №4 (41). С. 79-81.

64. Lakusic S., Dragcevic V., Rukavina T. The impact of tram track fastening systems on noise level. *Urban transport*. 2005. P. 487-497.

65. ATD-G and RHEDA CITY GREEN. URL: <http://www.railone.com/fileadmin/daten/05-presse->

medien/downloads/broschueren/en/Green_tracks_EN_2011_ebook.pdf. (дата звернення: 16.02.2015).

66. Green Tram Tracks. The Advantages of Implementing Vegetation Systems in Tram Tracks Final Conference URBAN TRACK. Institute for Agricultural and Urban Projects at the Humboldt-University, Berlin Dipl.-Ing. agr. Hendrikje Schreiter, 24 June, 2010, Prague. URL:

http://www.urbantrack.eu/images/site/publications/FinalConference/presentations/07_A_SP_Grassed%20Track.pdf. (дата звернення: 12.04.2015).

67. SP2: Cost effective track maintenance, renewal & refurbishment methods WP2.1: Efficient low cost renewal and refurbishment methods. Tests on a test circuit and hydro-pulse-facility for embedded tracks. February, 2009. URL: http://download.contec-aps.com/uploads/tx_mpdownloadcenter/Testreport_STUVA_english_3.pdf. (дата звернення: 05.04.2015).

68. ДСТУ EN 1915-4:2013 Авіаційна наземна техніка. Загальні вимоги. Частина 4. Методи вимірювання та зниження шуму (EN 1915-4:2004+A1:2009, IDT) [Чинний від 2013-11-29] Вид. офіц. Київ : Національний авіаційний університет, 2014. 19 с.

69. Матвеева, О.Л.; Чуйченко, Л.М. Використання смуги зелених насаджень як акустичного екрана в зоні авіаційних підприємств. *Наукоємні технології*. 2013. №1. С. 100-103.

70. Запорожець О. І., Левченко Л. О. Оцінювання шумового впливу від повітряних суден в районі аеропорту. *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*. Кременчук: КрНУ. 2017. С. 121-128.

71. Коновалова О. В. Особливості проектування аеропорту з урахуванням екологічних критеріїв за шумом. *Вісник Національного Авіаційного Університету*. 2004. Том 21. № 3. С. 111-115.

72. Левченко Л.О., Глива В.А., Євтушок О. Я. Моделювання розповсюдження авіаційного шуму поблизу аеропортів та його впливу на оточуюче середовище. *Теорія і практика будівництва*. 2010. № 6. С. 25-29.

73. Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення: Закон України від 24.02.1994 № 4004-ХІІ. Дата оновлення: 06.09.2018. URL: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/T400400.html (08.09.2019).

74. Про внесення змін до Закону України «Про охорону атмосферного повітря»: Закон України від 21.06.2001 № 2556-ІІІ. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2556-14#Text> (08.09.2019).

75. Положення про державну систему моніторингу довкілля: постанова Кабінету Міністрів України від 30.03.1998 р. № 391. Дата оновлення: 01.01.2019. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/391-98-%D0%BF>. (дата звернення 08.11.2019).

76. Про затвердження ліцензійних умов провадження господарської діяльності з захоронення побутових відходів: постанова Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг від 04.01.2017 № 467. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0683874-17#Text>. (08.09.2019).

77. Про охорону навколишнього природного середовища: Закон України від 25.06.1991 р. № 1264-ХІІ. Дата оновлення: 04.06.2017. URL: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/1264-12> (дата звернення: 08.11.2019).

78. ДСТУ ISO 14004:2016 Системи екологічного управління. Загальні настанови щодо запровадження (ISO 14004:2016, IDT) [На заміну ДСТУ ISO 14004:2006; чинний від 2016-12-13]. Вид. офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2017. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=71632 (дата звернення 16.12.2019).

79. ДСТУ ISO 14001:2015 Системи екологічного управління. Вимоги та настанови щодо застосування (ISO 14001:2015, IDT). [На заміну ДСТУ ISO 14001:2006; чинний від 2015-12-21]. Вид. офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=64015 (дата звернення 16.12.2019).

80. ГОСТ 20444-85. Шум. Транспортные потоки. Методы измерения шумовой характеристики [Чинний від 1986-01-01] Вид. офіц. Москва: Державний комітет СРСР у справах будівництва, 1985. 23 с.

81. ISO 1996-1:2016. Acoustics – Description, measurement and assessment of environmental noise — Part 1: Basic quantities and assessment procedures. [Чинний від 2019-09-05]. Вид. офіц. М. : Стандартінформ, 2019. URL: <https://www.iso.org/standard/59765.html> (дата звернення 16.12.2019).

82. ДСТУ-Н Б В.1.1-33:2013. Видання. Настанова з розрахунку та проектування захисту від шуму сельбищних територій. [Чинний від 01.01.2014 р.]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2014. 38 с.

83. Про встановлення рамок діяльності Співтовариства в галузі водної політики : Директива 2000/60/ЄС Європейського Парламенту і Ради від 23 жовтня 2000 року. Дата оновлення 11.03.2008. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_962#Text (дата звернення 16.12.2019).

84. Конвенція про транскордонне забруднення повітря на великі відстані 1979 року: Рішення Ради 81/462/ЄЕС від 11 червня 1981 року.

85. Щодо всеохоплюючого запобігання і контролю забруднень: Директива Ради 96/61/ЄС від 24 вересня 1996 року. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_497#Text (дата звернення 18.12.2019).

86. Щодо оцінки та контролю навколишньої атмосфери: Директива Ради 96/62/ЄС від 27 вересня 1996 року Дата оновлення 21.05.2008. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_498#Text (дата звернення 18.12.2019).

87. Щодо затвердження Базового плану Адаптації екологічного законодавства України до законодавства Європейського Союзу (Базовий план апроксимації) : Наказ Міністерства екології та природних ресурсів України від 17 грудня 2012 р. № 659. URL: <https://ips.ligazakon.net/document/FIN81968?an=4> (дата звернення 26.11.2019).

88. Стосовно оцінки та управління процесами, пов'язаними з шумом OBL 189 : Директива 2002/49/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 25 червня 2002. 12 с.

89. Щодо встановлення правил та процедур у зв'язку з введенням в дію шумових обмежень в аеропортах Співтовариства ОБ L 085 : Директива 2002/30/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 26 березня 2002 року. 40 с.

90. Про наближення законодавства держав-членів щодо шумових викидів у довкілля обладнанням, що застосовується ззовні приміщення ОJ L 162 : Директива 2000/14/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 8 травня 2000 року. 1 с.

91. Щодо прийняття змін до Директиви Ради 70/157/ЄС стосовно допустимого рівня та вихлопної системи засобів пересування ОБ L 334 : Директива Комісії 1999/101/ЄС від 15 грудня 1999 року. 41 с.

92. Шевченко Ю.С. Метод картографування шуму від транспортних потоків у сучасному місті. *Вісник НАУ*. Київ, 2012. №4. С.124-130.

93. Руководство по разработке карт шума улично-дорожной сети городов. М.:НИИСФ Госстроя СССР, 2013. 198 с.

94. The European Environment Agency: “Noise in Europe 2014”. EEA Report No 10/2014. 2014. Publications Office of the European Union, Luxembourg., The European Environment Agency: “Evaluating 15 years of transport and environmental policy integration - TERM 2015: Transport indicators tracking progress towards environmental targets in Europe”, EEA Report No 7/2015, 2015, Publications Office of the European Union, Luxembourg

95. Р В.1.1-03450778-872:2016. Рекомендації щодо зменшення шумового навантаження від автомобільної дороги на сельбищній території. [Чинний від 2017-01-01]. Вид. офіц. Київ: ДП ДерждорНДІ, 2016. 16 с.

96. Яворовський П. П. Бар’єрно-оздоровлювальна роль лісу і зелених насаджень в урбосередовищі. *Лісове і садово-паркове господарство*. Київ, 2014. Вип. 4. URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Lis/article/view/9973/8877> (дата звернення: 16.12.2019).

97. Ozer, S., Irmak M. Akif, Yilmaz H. Determination of roadside noise reduction effectiveness of *Pinus sylvestris* L. and *Populus nigra* L. in Erzurum, Turkey. *Environmental monitoring and assessment*. 2008. 144.1-3. P. 191-197

98. Лаптев О.О. Інтродукція та акліматизація рослин з основами озеленення. Київ: Фітосоціоцентр, 2001. 127 с.

99. Кучерявий В. П., Авдєєва Х. І. Аналіз процесу шумопоглинання за допомогою фітоценозів в умовах урбанізованого середовища. *Захист навколишнього середовища. Збалансоване природокористування*: матеріали 4-ої студ. наук.-практ. конф. (Львів, 27–28 жовтня 2011 р.). Львів, 2011. С. 31-34. URL: <http://ena.lp.edu.ua:8080/handle/ntb/29288> (дата звернення 16.12.2019).

100. Бойко Т.Г., Руда М.В., Казимира І.Я., Паславський М.М., Соколов С.О., Петренко С.В. Значення екотонів захисного типу у зменшенні акустичного навантаження на шляхах залізничного транспорту. *Науковий вісник НЛТУ України*. Львів, 2019. Т. 29. № 6. С. 58-66.

101. Самойлюк Е.П. Боротьба із шумом в містобудуванні. Київ : Будівельник, 2013. 128 с.

102. Kragh J. Road traffic noise attenuation by belts of trees and bushes: Results of a supplementary series of measurements [shrubs, shelter belts, seven belts of deciduous species] . Danish Acoustical Laboratory Report, 1982. 129 p.

103. Huddart L. The Use of Vegetation for Traffic Noise Screening. Transport and Road Research Laboratory Report. Research Report no. 238. 1990. 44 p.

104. Martens M.J.M. Foliage as a low pass filter: experiments with model forests in an anechoic chamber' / ed. M.J.M. Martens. Geluid en Groen. Katholieke Universiteit, Nijmegen, Netherlands. Ch 6. P 118–140.

105. Про затвердження Правил утримання зелених насаджень у населених пунктах України : Наказ № 105 від 10.04.2006. *Офіційний вісник України*. 2006. 415 с.

106. Матвєєва, Н. М., Кадун. Р. М. Формування альтернативного підходу до озеленення міст. *Комунальне господарство міст. Серія "Економічні науки"*. 2013. № 111. С. 261–266.

107. Таранець Л.А., Кузьменко Т.Ю. Зовнішнє озеленення будівель: основні прийоми. *Історичний досвід і сучасні тенденції розвитку архітектури, дизайну, містобудування та образотворчого мистецтва* : зб. наук. праць за матеріалами

Всеукр. наук. конф. молодих вчених, аспірантів та студентів. (м. Полтава, 20–22 травня 2015 р.). Полтава, 2015. С. 417–422

108. Гудим М. Г., Кудряченко О. П.; Гринь С. О. Озеленення міських територій. *Альтернативне озеленення. Молодий вчений*. 2016. №12. С. 33–36.

109. Авдєєва М.С., Головащенко В. Л. Використання зелених фасадів при проектуванні будівель на територіях негативного впливу аеропортів. *Сучасні проблеми архітектури та містобудування*. 2013. № 32. С. 322–327.

110. Пащенко Г. В. Системи зелених стін і їх застосування в міському середовищі в умовах Лісостепу України. *Вісник Харківської державної академії дизайну і мистецтв. Мистецтвознавство. Архітектура*. 2012. № 15. С. 24–27.

111. Кучерявий В. П., Кондрат Н. Д. Вертикальне озеленення м. Львова. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2003. Вип. 13.5. С. 145–148.

112. Vertical gardening. Adaptation of hydroponic systems and ornamental species. / Salas M. C. et al. In: XXVIII International Horticultural Congress on Science and Horticulture for People (IHC2010): International Symposium on 937. 2010. P. 1153–1160.

113. Chen Y., Wong Nyuk, H. Thermal impact of strategic landscaping in cities: A review. *Advances in Building Energy Research*. 2009. Вип. 3.1. P. 237–260.

114. Weinmaster, M. Are green walls as “green” as they look? An introduction to the various technologies and ecological benefits of green walls. *Journal of Green Building*. 2009. V. 4.4. P. 3–18.

115. Martens M., Michelsen A. Absorption of acoustic energy by plant leaves. *Acoustical Society of America-Digital Library*, 1981. P. 303–306.

116. Wolverton B.C., Willard Douglas, Keith Bounds. A Study of Interior Landscape Plants for Indoor Air Pollution Abatement. Washington: Indoor Air Quality Committee, 1989. 14 p.

117. ГБН В.2.3-218-007:2012 Екологічні вимоги до автомобільних доріг. Проектування. [На заміну ВБН В.2.3-218-007-98 ; чинний від 2012-10-01]. Вид. офіц. Київ : державне агентство автомобільних доріг України (Укравтодор), 2012. 47 с.

118. Гончаренко Ф.П., Прусенко Є.Д., Скорченко В.Ф. Експлуатаційне утримання та ремонт автомобільних доріг за складних погодних та екологічних умов. К.: Урожай, 1999. 264 с.

119. Стратегія розвитку міста Харкова до 2020 року. URL: <https://www.city.kharkov.ua/assets/files/docs/zakon/strategy2411.pdf> (дата звернення 10.06.2020 р.).

120. 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.

121. Дейна І.П., Бахарєв В.С., Єлізаров О.І. Способи та методи оцінки зниження рівнів шумового забруднення атмосферного повітря. *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. Екологічна безпека*. Кременчук. 2012. Вип. 2/2012 (73). С. 154–156.

122. Ruiter D., Evert. Noise control in the compact city. In: *Proceedings of the 7th international congress on sound and vibration*. 2000. p. 2421-2426., SAGAR, T. Vidya; RAO, G. Nageshwar. Noise pollution levels in Visakhapatnam city (India). *Journal of Environmental Science and Engineering*, 2006, 48.2: 139.

123. KIKUCHI, Kyozo; SAKAI, Makoto. Noise control standards in the city of Tokyo. *Auris, Nasus, Larynx*, 1986, 13: S51-4.

124. DAVIES, Scott; HADDAD, Nicole; OUYANG, Jenny Q. Stressful city sounds: glucocorticoid responses to experimental traffic noise are environmentally dependent. *Biology letters*, 2017, 13.10: 20170276

125. Гилёв В.В., Макарова В.Н., Трошин М.Ю. Оценка качества и безопасности жизнедеятельности населения проживающего на территории с многоэтажной застройкой по фактору шумового загрязнения. *Международный научный журнал*, 2015. № 1. С. 14–17.

126. Гурець Л.Л., Сіренко Т.Ю. Проблеми шумового забруднення міста на прикладі міста Сум. *Сучасні технології у промисловому виробництві* : матеріали

наук.-техн. конф. викл., співробітн., асп. і студ. фак-ту технічних систем та енергоефективних технологій (Суми, 14-17 квітня 2015 р.). Суми: СумДУ, 2015. Ч.2. С. 177.

127. Guoxia Ma, Yujun Tian, Tianzhen Ju and Zhengwu Ren. Assessment of traffic noise pollution from 1989 to 2003 in Lanzhou city, *Environmental Monitoring and Assessment*. 2006. Vol. 123. P. 413–430.

128. Державні санітарні норми допустимих рівнів шуму в приміщеннях житлових та громадських будинків і на території житлової забудови. [Чинний від 22.02.2019] Вид. офіц. Київ: МОЗ України, 16.04.2019.

129. ГОСТ 23337-78. Шум. Методы измерения шума на селитебной территории и в помещениях жилых и общественных зданий [Чинний від 1979-01-07] Вид. офіц. Москва: Державний комітет СРСР у справах будівництва, 1979. 22 с.

130. ГОСТ 31297-2005 Шум. Технический метод определения уровней звуковой мощности промышленных предприятий с множественными источниками шума для оценки уровней звукового давления в окружающей среде (ISO 8297). [Действующий от 2007-01-01]. Вид. офіц. М.: Стандартиформ, 2006. 10 с.

131. МР В.2.3-03450778-865:2016. Методичні рекомендації щодо проведення акустичного розрахунку для автомобільних доріг загального користування [Чинний від 2016-03-02] Вид. офіц. ДП «Державний дорожній науково-дослідний інститут імені М.П. Шульгіна» (ДП «ДерждорНДІ»), 2016. 30 с.

132. ДСТУ-Н Б В.1.1-33:2013 Руководство по расчету и проектированию защиты от шума селительных территорий [Чинний від 2013-07-10] Вид. офіц. ГП «Государственный научно-исследовательский институт строительных конструкций» (НИИСК), 2014. URL: http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=54101 (03.02.2017 р.).

133. ДСТУ Н Б В.1.1-35:2013. Настанова з розрахунку рівнів шуму в приміщеннях і на територіях [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Мінрегіон України, 2014. 58 с.

134. М 218 – 03450778 – 673:2010 Методика оцінювання прогнозованого рівня шуму у межах зон впливу автомобільної дороги [Чинний від 2010-01-01]. Вид. офіц. ДП «ДерждорНДІ», 2010. 23 с.

135. ДБН Б.2.2-12:2019. Планування та забудова територій [Чинний від 2010-10-01]. Вид. офіц. Мінрегіон України, 2019. 185 с.

136. ДБН В 2.3-5:2018. Вулиці та дороги населених пунктів [Чинний від 2018-09-01]. Вид. офіц. Мінрегіон України, 2018. 61 с.

137. Николайкин Н.И. Управление экологической безопасностью промышленно-транспортных и энергетических узлов: монография. М.: МГУИЭ, 2007. 256 с.

138. ДСТУ 8824:2019 Автомобільні дороги. Визначення інтенсивності руху та складу транспортного потоку [Чинний від 2019-02-27]. Вид. офіц. Технічний комітет стандартизації ТК 307 "Автомобільні дороги і транспортні споруди", 2019. 36 с.

139. Моніторинг та підвищення стійкості антропогенно порушених лісів. Збірник рекомендацій УкрНДІЛГА / ред. В. П. Ворона. Харків : Нове слово, 2011. 304 с.

140. Близнюченко О.Г. Біометрія: Монографія. Полтава: Редакційно-видавничий відділ "Тетра" Полтавської державної аграрної академії, 2003. 346 с.

141. Компьютерная биометрика / под ред. В. Н. Носова. М. : Изд-во МГУ, 1990. 232 с.

142. Ермантраут Е. Р., Присяжнюк О. І., Шевченко І. Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті STATISTICA 6.0. Методичні вказівки. Київ : Інститут цукрових буряків УААН, 2007. 55 с.

143. 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.

144. 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.

145. ДСТУ-Н.Б.В 11-35:2013. Настанова з розрахунку шуму в приміщеннях і на територіях. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2014. 58 с.

146. ДСТУ ГОСТ 31296.1:2007. Шум. Опис, вимірювання і оцінка шуму на місцевості. Частина 1. Основні величини і процедура оцінювання (ГОСТ 31296.1-2005 (ISO 1996-1:2003, IDT). [Чинний від 2007-10-17]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2009. 154 с.

147. Guidance Note for Noise: Licence Applications, Surveys and Assessments in Relation to Scheduled Activities. *Environmental Protection Agency, Office of Environmental Enforcement (OEE)*. NG4, January, 2016. 80. URL: [https://www.epa.ie/pubs/advice/noise/NG4%20Guidance%20Note%20\(January%202016%20Update\).pdf](https://www.epa.ie/pubs/advice/noise/NG4%20Guidance%20Note%20(January%202016%20Update).pdf) (дата звернення 12.07.2017).

148. Brown E. H., Hall F. F. Jr. Advances in atmospheric acoustics. *Rev. Geophys. and Space Phys.* 1978. V. 16. N 1. P. 47-110.

149. Гринченко В.Т., Вовк И.В., Мацыпура В.Т. Волновые задачи акустики : монографія. К.: Інтерсервіс, 2013. 572 с.

150. Guidance Note for Noise: Licence Applications, Surveys and Assessments in Relation to Scheduled Activities. *Environmental Protection Agency, Office of Environmental Enforcement (OEE)*. NG4, January, 2016. 80 p. URL: [https://www.epa.ie/pubs/advice/noise/NG4%20Guidance%20Note%20\(January%202016%20Update\).pdf](https://www.epa.ie/pubs/advice/noise/NG4%20Guidance%20Note%20(January%202016%20Update).pdf) (дата звернення 12.07.2017).

151. Защита от шума: СНиПИ II. 12-77. М.: Стройиздат, 1978. 49 с. – URL: <http://gostrf.com/normadata/1/4294854/4294854802.pdf> (дата звернення 12.11.2016).

152. 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.

153. 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.

154. 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.

155. Quantities and procedures for description and measurement of environmental noise. Part 2: Measurement of long term. Wide-area sound, ANSI S12.9-1992/Part2, 1992, American National Standards Institute, Acoustical Society of America, New York.

156. 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.

157. ДБН В.2.3.-4:2015 «Автомобільні дороги» [На заміну ДБН В.2.3-4-2007; чинний від 2016-04-01]. Вид. офіц. Мінрегіон України, 2015. 113 с.

158. 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.

159. ГБН В.2.3-37641918-556:2015. Видання. Автомобільні дороги. Споруди шумозахисні. Вимоги до проектування. [Чинний від 2015-12-01]. Вид. офіц. Київ: Мінінфраструктури України, 2015. 30 с.

160. 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.

161. 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.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Список публікацій здобувача

Наукові праці, в яких опубліковані наукові результати дисертації

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 %.

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 проекції» проведена аналітична робота з опрацювання даних. Участь автора 60 %.

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.

ДОДАТОК Б

Впровадження результатів досліджень у виробництво



ЗАТВЕРДЖУЮ
Директор ДП «ДІАТРАВТОТРАНС
ІЛЮСВАНТОТРАНС»
Лосев Г. Л.
2020 р.

АКТ
впровадження результатів дисертаційної роботи
Решетченко Альони Ігорівни

Даним актом засвідчуємо, що розроблена в дисертаційній роботі Решетченко Альони Ігорівни удосконалена методика проведення експериментальних досліджень техногенного шумового забруднення від лінійних джерел шуму на територіях сельбищних зон, що знаходяться у зоні впливу автомобільних доріг, використана під час планових перевірок транспортних засобів та їх шумових характеристик, з метою недопущення техногенного забруднення придорожнього простору урбосистем.

ЗАТВЕРЖДУЮ

Заступник директора Департаменту
екології та природних ресурсів
Харківської обласної державної
адміністрації



І. КАПУСНИК
2020 р.

АКТ
впровадження результатів дисертаційної роботи
Решетченко Альони Ігорівни

Розроблена в дисертаційній роботі Решетченко Альони Ігорівни удосконалена методика проведення моніторингу атмосферного повітря в частині техногенного шумового забруднення акустичного простору від лінійних джерел шуму впроваджено, як пропозиції вдосконалення матеріалів оцінки впливу на довкілля планової діяльності суб'єктів господарювання з метою недопущення техногенного забруднення придорожного простору урбосистем.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор СКП «Харківзеленбуд» ХМР

Суховай О. С.

2020 р.



АКТ
впровадження результатів дисертаційної роботи
Решетченко Альони Ігорівни

Даний акт затверджує, що результати дисертаційної роботи Решетченко Альони Ігорівни актуальні та мають практичний інтерес для Спеціалізованого комунального підприємства "Харківзеленбуд" Харківської міської ради.

Розроблені у дисертаційному дослідженні «Рекомендації щодо локального озеленення сельбищних зон урбосистем з метою зниження шумового навантаження акустичного простору», можуть використовуватись під час планових заходів із озеленення прибудинкових територій.

ДОДАТОК В

Впровадження результатів досліджень у навчальний процес

ЗАТВЕРДЖУЮ

Перший проректор Харківського
національного університету міського
господарства імені О. М. Бекетова Ф. В. Стадник
«С» 2020 р.

АКТ

**впровадження результатів дисертаційної роботи
Решетченко Альони Ігорівни**

Даним актом засвідчуємо, що матеріали та результати дисертаційної роботи Решетченко А. І. впроваджені в навчальний процес Харківського національного університету міського господарства ім. О.М. Бекетова та використовуються під час підготовки здобувачів освітніх програм «бакалавр» за спеціальностями 101 – Екологія та 183 – Технології захисту довкілля при викладанні дисциплін «Фізичні аспекти екології» та «Вступ до фаху».

Науково-методичні засади та рекомендації наведені у дисертаційній роботі дозволяють підвищити рівень обізнаності студентів та сформувати додаткові знання щодо екологічної безпеки акустичного простору урбанізованих територій.

Декан факультету інженерних мереж
та екології міст
канд. техн. наук, доцент



В. О. Ткачов

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з наукової роботи
Харківського національного
автомобільно-дорожнього
університету



В. О. Богомолов
2020 р.

АКТ**впровадження результатів дисертаційної роботи
Решетченко Альони Ігорівни**

Даним актом засвідчуємо, що матеріали та результати дисертаційної роботи Решетченко А. І. впроваджені в навчальний процес Харківського національного автомобільно-дорожнього університету та використовуються під час підготовки здобувачів освітньої програми «бакалавр» за спеціальністю 101 – Екологія при викладанні дисциплін «Екологічний аудит» та «Моніторинг».

Науково-практичні засади та методичні рекомендації наведені у дисертаційній роботі дозволяють підвищити рівень обізнаності студентів та сформувати додаткові знання щодо екологічної безпеки акустичного простору урбанізованих територій, створюваного автомобільним транспортном зі зменшенням ризиків проведення позапланових дорожньо-будівельних робіт.

Завідувач кафедри екології
д-р. техн. наук, професор

Н. В. Внукова

ДОДТОК Г

Таблиця Г. 1 – Допустимі рівні шуму відповідно до Державних санітарних норм допустимих рівнів шуму в приміщеннях житлових та громадських будинків і на території житлової забудови

№ з/п	Призначення територій	Час доби*	Рівні звуку $L_A_{екв.}$, дБА	Рівні звуку L_A_{max} , дБА
1	Території, які безпосередньо прилягають до будівель лікарень і санаторіїв	день	45	60
		ніч	35	50
2	Території, які прилягають до житлових будинків підвищеної комфортності та котеджів	день	50	65
		ніч	40	55
3	Території, які безпосередньо прилягають до житлових будинків, поліклінік, амбулаторій, диспансерів, будинків відпочинку, пансіонатів, будинків-інтернатів для людей похилого віку та інвалідів, дитячих дошкільних закладів, шкіл та інших навчальних закладів, бібліотек, храмів, музеїв	день	55	70
		ніч	45	60
4	Територія житлової забудови, на яку впливає шум об'єктів будівництва та реконструкції	день	60	75
		ніч	50	65
5	Території, які безпосередньо прилягають до готелів та будівель гуртожитків	день	60	75
		ніч	50	65
6	Території, які безпосередньо прилягають до офісних будівель	день	65	80
7	Майданчики відпочинку на території лікарень і санаторіїв	цілодобово	35	50
8	Майданчики відпочинку на території мікрорайонів і груп житлових будинків, котеджів, будинків відпочинку, пансіонатів, будинків - інтернатів для людей похилого віку та інвалідів, майданчики дитячих дошкільних закладів, шкіл та інших навчальних закладів (незалежно від форм власності)	цілодобово	45	60
9	Території, які безпосередньо прилягають до магазинів, торгових центрів, пасажирських залів аеропортів, вокзалів, приймальних пунктів підприємств побутового обслуговування	цілодобово	70	85

* День (08:00-22:00), ніч (22:00-08:00).

Примітки: Допустимі еквівалентні та максимальні рівні звуку та звукових тисків від транспортних потоків на прилеглих до житлових і громадських будинків територіях (на фасадах першої лінії забудови, які обернені у бік магістральних вулиць загальноміського і районного значення, залізниць, джерел авіаційного шуму) допускається приймати на 10 дБ (А) більшими від наведених у таблиці за умови застосування вікон у таких будинках з відповідною до ситуації звукоізоляційною спроможністю та забезпечення в приміщеннях, які захищаються від шуму, допустимих рівнів.

ДОДАТОК Д

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
853																	
854		Основні статистики, достовірність середніх:															
855		Minimum =	55,60	56,00	55,20	56,60	56,20	55,20	61,20	62,20	59,60	57,40	53,30	51,40	52,20	50,80	58,30
856		Maximum =	72,80	75,80	78,60	78,00	73,40	85,80	91,20	101,90	83,50	81,20	76,30	88,50	61,60	73,60	90,10
857		Dispersion =	9,87	8,15	12,56	14,45	13,23	49,29	25,91	23,56	14,03	17,23	20,51	33,59	3,41	3,50	21,71
858		Std.Deviation =	3,14	2,85	3,54	3,80	3,64	7,02	5,09	4,85	3,75	4,15	4,53	5,80	1,85	1,87	4,66
859		Mean =	61	61	63	62	64	66	70	71	68	64	61	60	57	56	74
860		Coef.Var., % =	5	5	6	6	6	11	7	7	6	6	7	10	3	3	6
861	Statist-10	Mode =	59,30000	62,40000	61,20000	61,60000	64,00000	62,40000	71,80000	70,60000	67,10000	62,40000	59,90000	62,40000	56,20000	56,20000	74,90000
862		Median =	60,60000	61,10000	62,80000	61,60000	64,00000	63,60000	70,10000	70,60000	67,10000	63,20000	60,40000	60,00000	56,60000	56,00000	74,90000
863		Проверка на достоверность средней арифметической															
864		похибка репрез. =	0,17	0,10	0,12	0,20	0,21	0,27	0,27	0,26	0,19	0,20	0,24	0,29	0,10	0,07	0,22
865		t =	367,67	592,25	508,20	319,02	306,88	242,41	259,97	269,53	364,09	322,53	260,31	210,43	586,24	759,71	333,01
866	уровни:	N - 1 =	358	760	806	376	306	672	352	335	405	434	369	409	365	645	433
867	0,05	5% t _{гр} =	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96
868	0,01	1% t _{гр} =	2,58	2,58	2,58	2,58	2,58	2,58	2,58	2,58	2,58	2,58	2,58	2,58	2,58	2,58	2,58
869	0,001	0,1% t _{гр} =	3,29	3,29	3,29	3,29	3,29	3,29	3,29	3,29	3,29	3,29	3,29	3,29	3,29	3,29	3,29
870		достов. сер. =	достов.	достов.	достов.	достов.	достов.	достов.	достов.	достов.	достов.	достов.	достов.	достов.	достов.	достов.	достов.
871		Leq	62	62	65	65	65	72	75	79	70	67	64	66	57	57	
872		Δ ₀	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
873		Δ	1,7	1,7	1,6	1,7	1,6	1,7	1,5	1,6	1,5	1,6	1,7	1,8	1,8	1,8	1
874																	

Рисунок Д. 1 – Фрагмент бази даних MS Excel (*.xls) статистичної обробки даних