

2. Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України. Наказ від 10.01.2006 р.№7. Рекомендованих норм накопичення твердого побутового сміття для населених пунктів України.

РОЛЬ ЗЕЛЕНИХ КОНСТРУКЦІЙ У ЗМЕНШЕННІ ШУМОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ МІСТ

*Шумбар К.В., аспірант, Щербак А.І., аспірант,
Василенко Л.О., доц., к.т.н.
Київський національний університет будівництва і архітектури,
м. Київ, Україна
lesya.kiev@ukr.net*

Останні десятиліття характеризуються зростанням ущільнення міст, що створює значний тиск на існуючу інфраструктуру та негативно впливає на екологічні й соціальні умови в містах. Згідно з даними ООН, понад половина світового населення проживає в міських районах, і прогнозується, що до 2030 року кількість міського населення може зрости на 60%. Дефіцит земельних ресурсів змушує зводити будівлі в безпосередній близькості до швидкісних доріг або автобусних терміналів, що піддає мешканців серйозному впливу шумового забруднення. Дослідження показали, що у 2000 році понад 44% населення Європейського Союзу зазнавали впливу шуму від дорожнього руху, який перевищував 55 дБ. Шум від дорожнього руху в урбанізованих районах є серйозною екологічною проблемою. За оцінками, близько 44% населення Європейського Союзу у 2000 році зазнавали впливу шуму від дорожнього руху поблизу своїх осель, який перевищував рекомендований Всесвітньою організацією охорони здоров'я (ВООЗ) поріг, що може викликати негативні наслідки для здоров'я [1]. Після забруднення повітря ВООЗ визначає шум другою за важливістю екологічною проблемою для здоров'я мешканців міст. У відповідь на це Всесвітня організація охорони здоров'я рекомендувала, щоб тривалий вплив шуму від дорожнього руху не перевищував 53 дБ у період день-вечір-ніч і 45 дБ вночі [2]. Враховуючи ці рекомендації, пошук ефективних рішень для зменшення шумового забруднення довкілля є надзвичайно актуальним.

Міста, що прагнуть створити стійкий урбаністичний спосіб життя, виявили, що зелені насадження є ключовим інструментом для зменшення шумового забруднення. Сучасні містобудівники активно шукають можливості для озеленення міських територій, зокрема все більшої популярності набуває озеленення будівель і споруд через впровадження зелених конструкцій, таких як зелені покриття та вертикальні системи озеленення.

Вертикальні системи озеленення – це загальний термін, що охоплює різноманітні типи конструкцій, такі як (не)прямі зелені фасади та різні системи зелених стін. Усі ці системи складаються з рослинності, субстрату та вертикальної поверхні і можуть бути застосовані як в інтер'єрах, так і зовні приміщень. Щодо використання рослинності для звукоізоляції будівель, більшість досліджень здебільшого фокусуються на внеску зелених покриттів у акустичну ізоляцію, тоді як згадки про зелені стіни є рідкісними. Крім того, оскільки існує обмежена кількість досліджень, які стосуються зниження шуму за рахунок вертикальних систем озеленення будівель, слід враховувати, що ці конструкції значно різняться за будовою, і, відповідно, їх акустичні властивості будуть різними [3].

Багато наукових досліджень щодо звукопоглинання рослинністю здебільшого зосереджуються на акустичних ефектах зелених поясів дерев та рослинності вздовж доріг [4]. Відомо, що рослинність може знижувати рівень шуму трьома основними способами. По-перше, звук відбивається та розсіюється (дифрагується) через рослинні елементи, такі як стовбури, гілки та листя. Другий механізм полягає в поглинанні звукових хвиль рослинністю, що відбувається через механічні коливання рослинних частин, які перетворюють звукову енергію на теплову. Додатковий внесок у загасання роблять термов'язкі ефекти на поверхні рослин. Третій механізм – це руйнівна інтерференція звукових хвиль. Рослинність створює акустично м'який (пористий) ґрунт, завдяки якому відбувається посилення ґрунтового ефекту, що сприяє більш ефективному зменшенню звукових хвиль на низьких частотах, зокрема тих, що характерні для шуму двигунів транспортних засобів (приблизно 0,100 кГц) [5].

Загалом, звукоізоляційний ефект рослинності в міських умовах вважається незначним, із зниженням рівня шуму в межах 5-10 дБ. На ефективність рослинності як звукоізолятора впливають численні фактори, зокрема вид рослин, розмір захисного екрану, а також його форма та розташування відносно джерела шуму. Рослинність здатна знижувати рівень шуму до 8 дБ, а в деяких випадках і більше [5].

З аналізу кількох досліджень, що вивчають акустичну ізоляційну здатність зелених стін, можна зробити висновок про їх позитивний вплив на покращення акустики будівель та міського середовища. Однак результати цих експериментів варіюють, а різноманітність підходів ускладнює точне визначення реального внеску зелених стін у забезпечення шумоізоляції.

Автори [6] провели дослідження акустичного впливу вертикальних систем озеленення на втрати звуку в стінах будівлі. Результати показали, що втрати звуку значно загасають на середніх частотах завдяки поглинаючому ефекту підкладки, тоді як на високих частотах спостерігається менше загасання через розсіювання звуку від зелені. Зниження на низьких та середніх частотах становить приблизно 5–10 дБ, а на високих – від 2 до 3,9 дБ, з максимальним значенням 8,8 дБ для однієї системи. Дослідження також показало, що коефіцієнт звукопоглинання зеленої стіни перевищує значення інших будівельних матеріалів, зростаючи зі збільшенням частоти та площі покриття.

Позитивні результати були також отримані Фернандес-Брегоном та ін. у дослідженні впливу вертикальної зелені на зменшення шуму у приміщенні, де середнє зниження рівня звуку становило від 2% до 3% з урахуванням частот, сприйманих людським вухом [7].

Горошенков та ін. провели експеримент в імпедансній трубці для кількісної оцінки здатності чотирьох різних видів рослин поглинати звук на акустично твердій поверхні або на вершині пористого ґрунту [8]. З отриманих результатів зроблено висновок, що коефіцієнт поглинання звуку рослинами контролюється переважно щільністю площі листя та кутовою орієнтацією листя. Таким чином, вищі значення акустичного поглинання досягаються при більшій щільності площі листя та більшій кутовій орієнтації листя.

Автори провели чисельне дослідження шуму дорожнього руху, який є найважливішим і поширеним джерелом навколишнього шуму в міському середовищі та потенціалом озеленення огорожувальних конструкцій для досягнення безшумності [1]. Дослідження показало, що ефективність рослинності значно залежить від параметрів матеріалу: при використанні акустично м'якої цегли максимальний ефект залишається нижче 2 дБ. Проте, за коефіцієнта відбиття 0,95, можливі втрати до 4,4 дБ для повністю рослинних фасадів. Показано, що субстрат для зелених стін має високу пористість і низьку щільність, що впливає на акустичну поведінку, з високими значеннями поглинання на низьких частотах.

Кількість досліджень потенціалу зелених стін як засобу звукоізоляції обмежена, а застосовані методики суттєво варіюються, що ускладнює отримання узгоджених висновків. Внаслідок цього виникає потреба у вимірюванні акустичних характеристик зелених конструкцій в лабораторних умовах. Такі дослідження дозволять поглибити знання про внесок вертикальних систем зелених насаджень у зниження шуму як у міському, так і в будівельному масштабі.

Перелік посилань:

1. Van Renterghem T., Botteldooren D. Reducing the acoustical façade load from road traffic with green roofs. *Building and Environment*. 2009. 44. P. 1081–1087. 10.1016/j.buildenv.2008.07.013.
2. Tadeu A., Carrilho J., Cortês A., Ferreira F., Almeida J. Acoustic absorption, scattering, and diffusion provided by green roof systems. *Building and Environment*. 2024. 262. 111778. 10.1016/j.buildenv.2024.111778.
3. Pérez G., Rincón L., Vila A., González J.M., Cabeza L.F. Green vertical systems for buildings as passive systems for energy savings. *Applied Energy*. 2011. 88. P. 4854–4859. 10.1016/j.apenergy.2011.06.032.
4. Van Renterghem T., Botteldooren D., Verheyen K. Road traffic noise shielding by vegetation belts of limited depth. *Journal of Sound and Vibration*. 2012. 331. P. 2404–2425. 10.1016/j.jsv.2012.01.006.

5. Azkorra Z., Pérez G., Coma J., Cabeza L.F., Bures S., Álvaro J.E., Erkoreka A., Urrestarazu M. Evaluation of green walls as a passive acoustic insulation system for buildings. *Applied Acoustics*. 2015. 89. P. 46–56. 10.1016/j.apacoust.2014.09.010.

6. Wong N.H., Kwang Tan A.Y., Tan P.Y., Chiang K., Wong N.C. Acoustics evaluation of vertical greenery systems for building walls. *Building and Environment*. 2010. 45. P. 411–420. 10.1016/j.buildenv.2009.06.017.

7. Bakker J., Lugten M., Tenpierik M. Applying vertical greening systems to reduce traffic noise in outdoor environments: Overview of key design parameters and research methods. *Building Acoustics*. 2023. 30. P. 315–338. 10.1177/1351010X231171028.

8. Horoshenkov K.V., Khan A., Benkreira H. Acoustic properties of low growing plants. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2013. 133. P. 2554–2565. 10.1121/1.4798671.

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ЗЕЛЕНИХ КОНСТРУКЦІЙ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ПОВІТРЯ В УРБАНІЗОВАНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

*Щербак А.І., аспірант, Шумбар К.В., аспірант,
Кравченко М.В., к.т.н., доц..*

*Київський національний університет будівництва і архітектури,
м. Київ, Україна
andron.vr@gmail.com*

Забруднення повітря є глобальною проблемою, що посилюється зі зростанням урбанізації, збільшенням щільності населення в містах, інтенсивним дорожнім трафіком та промисловою діяльністю. В Україні викиди забруднюючих речовин в атмосферу від промислових і дифузних джерел складаються переважно з п'яти основних груп: летких органічних сполук (VOC), оксиду вуглецю (CO), твердих частинок (PM), оксидів азоту (NO_x) та діоксиду сірки (SO₂).

Перспективним напрямком сучасних наукових досліджень урбанізованого середовища є розробка нових підходів до оцінки екосистемних функцій зелених насаджень. Аналіз передового світового досвіду та впровадження інноваційних технологій, таких як зелені конструкції, дозволяють краще розуміти їх екосистемні послуги та отримувати дані про масштаб і ефективність впливу рослинності. Зелені конструкції представляють собою біотехнічні системи, які об'єднують будівельні елементи та архітектурні форми з живими рослинами, формуючи інтегровану систему живих і неживих компонентів біогеоценозів