

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Київський національний університет будівництва і архітектури

ЕКОЛОГІЯ З ОСНОВАМИ ЗЕЛЕНОГО БУДІВНИЦТВА

Методичні вказівки
до виконання лабораторних робіт
для студентів спеціальностей
Е2 «Екологія» та
G2 «Технології захисту навколишнього середовища»
ОПП «Екологія та охорона навколишнього середовища»

Київ 2026

УДК 504

Укладачі: Т.М. Ткаченко, д-р. техн. наук, професорка;
В.О. Мілейковський, д-р. техн.наук, професор;
К.В. Шумбар, аспірант

Рецензентка М.В. Кравченко, д-р. техн. наук, професорка

Відповідальна за випуск Т.М. Ткаченко, д-р техн. наук, професорка

Затверджено на засіданні кафедри технологій захисту навколишнього середовища та охорони праці, протокол № 5 від «23» грудня 2025 року

В авторській редакції.

Екологія з основами зеленого будівництва: методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів спеціальностей Е45 «Екологія» та G2 «Технології захисту навколишнього середовища» ОПП «Екологія та охорона навколишнього середовища» / Т.М. Ткаченко, В.О. Мілейковський, К.В. Шумбар. – Київ: КНУБА, 2026. – 20 с.

Містять рекомендації до лабораторних робіт з дисципліни «Технології «чистого» виробництва та їх впровадження» для всіх форм навчання. Наведено методики натурних досліджень охолоджувального ефекту та шумопоглинання вертикального озеленення задля захисту довкілля та створення дружнього для людини середовища.

Призначено для студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища».

©КНУБА, 2026

ЗМІСТ

Загальні положення.....	3
Лабораторна робота №1. Натурні дослідження охолоджувального ефекту вертикального озеленення.....	4
Теоретичні основи.....	4
Вибір місця проведення досліджень, прилади й матеріали.....	4
Хід роботи.....	4
Лабораторна робота №2. Натурні дослідження шумопоглинання вертикальним озелененням.....	7
Теоретичні основи.....	7
Вибір місця проведення досліджень, прилади й матеріали.....	13
Хід роботи.....	15
Рекомендована література.....	18
Форма обкладинки звіту.....	19

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

На сьогодні актуальним стає не лише дослідження довкілля, а розроблення технологій зменшення негативного впливу та поліпшення його стану. Ці технології досягли такого рівня, що об'єкти будівництва можуть гармонійно взаємодіяти з довкіллям та одночасно створювати психо-емоційний і фізичний комфорт людині з покращенням її здоров'я.

Вертикальне озеленення є одним з ефективних засобів досягнення зазначеної мети без значних вкладень коштів. У результаті рослини завдяки охолоджувальному ефекту знижують температуру поверхонь зовнішніх стін в теплий період року, а додаткове утеплення дозволяє зменшити тепловтрати в холодний період року навіть без листя при достатній густоті стебел. Крім того, знижується рівень шуму.

Метою лабораторних робіт є кількісне визначення позитивних ефектів від «зелених» конструкцій на промислових об'єктах будівництва задля покращення екологічних, економічних та соціальних аспектів будівлі та довкілля.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1. НАТУРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ОХОЛОДЖУВАЛЬНОГО ЕФЕКТУ ВЕРТИКАЛЬНОГО ОЗЕЛЕНЕННЯ

Теоретичні основи

Рослинні шари «зелених» конструкцій здатні знижувати температуру конструкцій будівлі та довкілля. Причинами цього є:

- транспірація (випаровування вологи через продихи) для вертикального та горизонтального озеленення або евапотранспірація (випаровування вологи з ґрунту та через продихи) для «зелених дахів» та «зелених стін»;
- відбиття сонячної радіації та перетворення її енергії на хімічну, а не теплову.

Ці два ефекти часто змішують, що не є правильним. Випаровування спричиняє «охолоджувальний ефект. **Охолоджувальним ефектом** рослин називається перепад температури, K , з обох боків рослинного шару. Сонячну енергію слід розглядати аналогічно світловідбивним «холодним покрівлям», але до відбиття слід долучити вироблення хімічної енергії.

Системною одиницею вимірювання температури є кельвін. Оскільки на сьогодні у вжитку домінує стоградусна шкала, що має той же крок градуса, то як перехідне положення значення температури виражають у $^{\circ}C$, а перепади температури – у K .

Вибір місця проведення досліджень, прилади й матеріали

Найкращим місцем проведення досліджень є паркан, що не підігрівається сонцем зі зворотного боку, або споруда, що не має кондиціонування повітря, покриті вертикальним озелененням (рис. 1). Вимірювальним приладом є термометр будь-якого типу з межею систематичної похибки не більше $0,2 K$, датчик якого захищено від теплової радіації. У разі відсутності захисту навколо нього можна зробити тепловідбивач, наприклад, з алюмінієвої господарської фольги (рис. 2).

Хід роботи

1. Датчик термометра закріплюють ззовні рослинного шару;
2. Чекають стабілізації показів;
3. Записують n_{ext} його показів $t_{ext,i}$;



Рис. 1. Озеленення паркана та складських споруд КНУБА



а



б

Рис. 2. Проведення дослідів: а – вимірювання температури зовні рослинного шару; б – те ж під рослинним шаром

4. Датчик термометра закріплюють під рослинним шаром;
5. Чекають стабілізації показів;
6. Записують n_{under} його показів $t_{under,j}$. Зазвичай, якщо вони не коливаються, то достатньо трьох повторних відліків.
7. Визначають математичне сподівання (середнє арифметичне) результатів повторних вимірювань температури, відповідно, зовні та під рослинами

$$t_{ext} = \frac{1}{n_{ext}} \sum_{i=1}^{n_{ext}} t_{ext,i}; t_{under} = \frac{1}{n_{under}} \sum_{i=1}^{n_{under}} t_{under,j} \quad (1)$$

8. Підраховують охолоджувальний ефект

$$\Delta t = t_{ext} - t_{under} \quad (2)$$

Результати заносять до табл. 1.

Результати натурального дослідження охолоджувального ефекту

Номер i, j	Температура, °С,	
	зовні $t_{ext,i}$	під рослинним шаром $t_{under,i}$
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		
26		
27		
28		
Сума		
Математичне споді- вання (середнє ар- ифметичне)	$t_{ext} =$	$t_{under} =$

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2. НАТУРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ШУМОПОГЛИНАННЯ ВЕРТИКАЛЬНИМ ОЗЕЛЕНЕННЯМ

Теоретичні основи

Рослинні шари «зелених» конструкцій здатні поглинати шум. У різних джерелах, навіть нормативних, шум визначається по-різному. Зокрема, ДСТУ 2325-93 «Шум. Терміни та визначення» визначає шум як «надмірність різних звуків, коливання частинок довкілля, що сприймається органами слуху людини як небажані, неприємні звуки». ДСТУ 3515-97 «Акустика й електроакустика». Терміни та визначення. Визначає шум з іншої точки зору: «нестійкі або випадкові акустичні коливання, що відзначаються випадковою зміною амплітуди і частоти». Людина сприймає частоту і силу звуку логарифмічно, що обумовлює особливості звукових величин.

Звук характеризується такими фізичними величинами:

- частота коливань f , Гц, або рідко періодом коливань $T = 1/f$, с (середньостатистична людина сприймає частоти звуку в межах від 16 Гц до 20 кГц, причому цей діапазон у людей різний та змінюється з віком);
- довжина хвилі $\lambda = C/f$, м, що залежить від швидкості звуку C , м/с, яка не є константою і залежить від матеріалу, а для газів – ще й від температури
- інтенсивність або сила звуку I , Вт/м², що відповідає енергії, що переноситься за одиницю часу крізь одиницю площі, нормальної до напрямку руху хвилі, середньостатистична людина має поріг чутності $I_0 = 10^{-12}$ Вт/м²;
- рівень інтенсивності звуку $L_I = 10 \lg(I/I_0)$, дБ (частково прив'язано до органу слуху людини, тому має певні ознаки фізіологічної величини, проте в більшості джерел не вважається такою, адже $I_0 = \text{const}$ і може інтерпретуватися як певний стандартний рівень аналогічно 0 і 100 °С чи 273,15 К, які прив'язані до води);
- звуковий тиск P , Па, – амплітуда коливання тиску, поріг чутності середньостатистичної людини вважається $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па.
- рівень звукового тиску $L_p = 20 \lg(P/P_0)$, дБ.

Примітка. Рівні інтенсивності звуку та звукового тиску за визначенням чисельно однакові. При вимірюванні впливу звуку на людину вживають рівень звукового тиску, який безпосередньо сприймає барабанна перетинка

вуха людини та будь-якої тварини, а при акустичних розрахунках, зокрема відокремленні досліджуваного звуку від фонового шуму, використовують рівні інтенсивності звуку, оскільки ці процеси описуються законом збереження енергії, а не тиску. Через зазначену чисельну рівність результати вимірювання шумоміром рівня звукового тиску можна інтерпретувати як рівень інтенсивності звуку, виокремити потрібний звук, виконати розрахунки, а надалі інтерпретувати результат як рівень звукового тиску.

Фізіологічні величини:

- висота тону визначається частотою коливань;
- рівень гучності, фон, – це рівень звукового тиску з частотою 1 кГц, який середньостатистична людина сприймає як такий же гучний, що й звук даної частоти.

Особливість людського сприйняття звуків така, що кожна людина незалежно від віку сприймає звуки схожими, якщо частота їх відноситься як степені двійки. Це є однією з основоположних аксіом теорії музики. У музиці існує своя система інтервалів між частотою звуків, що базується саме на відношенні частот, а не різниці. Діапазон частот, межі якого відрізняються удвічі, називається **октавою**. Вважається, що середньостатистична людина чітко розрізняє звуки лише якщо інтервал між ними не менший за півтон, а в октаві $m = 12$ півтонів. Насправді розрізнення частот залежить від людини. Наприклад, у східній музиці використовують і чвертьтони, які місцеві музики та співаки чітко розрізняють. Дійсні 12 півтонів неточно укладаються в октаву. Проте у сучасній музиці використовують рівномірно темперований лад, якій передбачає точне укладання 12 півтонів до октави, причому нота До знаходиться точно на нижній межі октави, а верхня межа відповідає ноті До наступної октави. Між нотами відстані різні, не всі мають бемоль/дієз.

Музичні октави відраховуються від ноти Ля першої октави, що стандартизовано ISO у 1955 р. як $f_{A4} = 440$ Гц точно. Але і сьогодні залишаються колективи, які приймають вищу еталонну частоту для своїх інструментів та співу (інфляція звуковисотного стандарту). Інтервал від нижньої межі октави (нота До) до ноти Ля становить 9 півтонів точно. У музиці є дев'ять октав (табл. 2), які мають історичні назви відповідно до порядку залучення їх до музики та повноти використання. Найбільш зручною для розрахунків є американська «наукова» нотація, де їх нумерують від нуля (табл. 2).

Музичні октави

Номер <i>o</i> за американською нотацією	Назва	Діапазон частот, Гц	Середня геометрична частота
0	Субконтроктава	16,352...32,703	23,125
1	Контроктава	32,703...65,406	46,249
2	Велика октава	65,406...130,81	92,499
3	Мала октава	130,81...261,63	185,00
4	Перша октава	261,63...523,25	369,99
5	Друга октава	523,25...1046,5	739,99
6	Третя октава	1046,5...2093,0	1480,0
7	Четверта октава	2093,0...4186,0	2960,0
8	П'ята октава	4186,0...8372,0	5919,9
«9»	<i>«Шостої октави» в музиці не існує (див. примітку), але шум у цьому діапазоні найбільш подразливий»</i>	«8372,0...16744»	«11840»

Примітка. Шостої октави не може існувати в музиці, адже людина чутиме лише чистий «синусоїдальний» звук, що лише сильно подразнює нервову систему. Барвистості, самобутності та неповторності звучанню інструментів надають обертони, тобто звуки з частотою, вищою за основну (найнижчу), зокрема гармоніки (в ціле число разів вищої частоти). У даній октаві вони виходять за межі чутливості людського вуха.

Розрахувати частоту a -го півтону від нижньої межі o -ї октави за американською «науковою» нотацією можна за формулою

$$f = f_{A4} \cdot 2^{(m \cdot o + a)/m} / 2^{57/12} = f_{A4} \cdot 2^{(-57 + 12 \cdot o + a)/12}, \text{ Гц} \quad (3)$$

де 57 – кількість півтонів від нижньої межі контроктави до ноти Ля першої октави, $a = 0$ на нижній межі октави. Член $2^{57/12} = 26,908685288118864$ винесено окремо, адже він не залежить від того, на скільки інтервалів m ділити октаву. Щоб поділити октаву на більші інтервали слід у середній частині формули замінити значення m . Якщо інтервалом є тон, $m = 6$.

Серединою октави є середня геометрична частота її меж, що відповідає шостому півтону ($a = 6$) – ноті Фа-дієз або Соль-бемоль

$$f_{aver} = f_{A4} \cdot 2^{o + (1/2)} / 2^{57/12}, \text{ Гц.} \quad (4)$$

Музичні октави незручні для вимірювання шуму через відсутність шостої октави та ірраціональне значення частот крім ноти Фа. Тому при вимірюваннях шуму послуговуються октавними смугами (табл. 3), заданими їхніми середньгеометричними частотами 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 та 8000 Гц. Вони покривають діапазон частот 44,194...11313 Гц. Для наукових досліджень і побудови графіків затухання шуму залежно від частоти ці октавні смуги теж можна поділити на півтони, тони або інші інтервали, якщо прийняти $f_{A4} = 500 \cdot 2^{1/4} \approx 594,6035575013606$ Гц та нумерувати октавні смуги o від одиниці до восьми. Перша октавна смуга матиме середнє геометричне $62,5 \approx 63$ Гц.

Визначення затухання шуму в конструкції виконується шляхом генерування звуку з одного боку та порівняння рівня згенерованого звуку з обох її боків. Якщо необхідно визначити затухання шуму без розділення за спектром або шумомір має фільтри в октавних смугах, генерують білий шум, що містить весь спектр частот в однаковій мірі. При цьому до джерела звуку ставлять достатньо високі вимоги. Для вираження всього спектру звукових частот з урахуванням сприйняття людиною звуку приймають стандартні характеристичні криві, за якими інтегрують рівні звуку. Основних таких кривих чотири – А, В, С і D. Найбільш уживаною є крива А, що відповідає чутливості вуха. Крива С дає більше інформації про низькі частоти (рис. 3). Позначення кривої подають у дужках після позначення децибела – дБ(А), дБ(С). Немає можливості перерахувати рівні шуму за різними кривими, якщо невідомий спектр шуму.

Октавні смуги

Номер о	Назва	Діапазон частот, Гц	Середня геометрична частота (точно)
1	63	44,194...88,388	62,5
2	125	88,388...176,78	125
3	250	176,78...353,55	250
4	500	353,55...707,11	500
5	1000	707,11...1414,2	1000
6	2000	1414,2...2828,4	2000
7	4000	2828,4...5656,9	4000
8	8000	5656,9...11313	8000

Якщо шумомір вимірює лише інтегральний шум за певною кривою і не має функцій перемикавання фільтрів, то можливість побудувати графік затухання шуму залежно від частоти існує. Для цього необхідно по черзі генерувати чисті синусоїдальні звуки, наприклад, всі півтони або тони. При цьому вимоги до джерела звуку знижується, адже його спектр випромінювання не впливатиме на різницю рівнів шуму.

Оскільки при дослідженнях завжди присутній фоновий шум, необхідно між генерацією кожного звуку робити пропуск для заміру фонового шуму. Різниця між рівнем шуму та середньому значенні фонового шуму до та після відповідного звуку і дасть шуканий рівень чистого синусоїдального звуку.

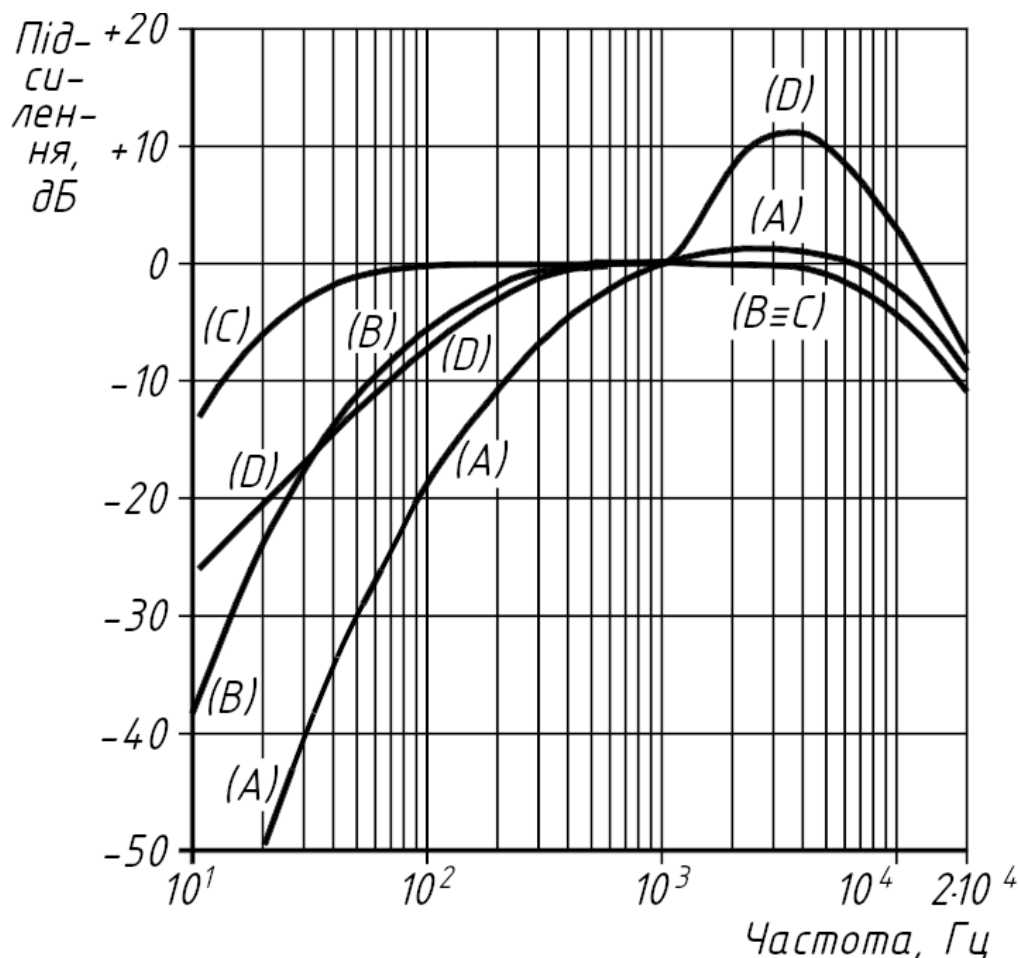


Рис. 3. Характеристичні криві шуму

Якщо під час вимірювання якогось звуку виникне короточасний або сильнозмінний сторонній шум, рівень якого не вдасться виміряти, такий замір слід відбракувати. Рекомендується синхронно з вимірюваннями виконувати аудіо(відео)запис для аналізу.

Якщо шумомір вимірює рівень шуму за характеристичною кривою, то з обох боків конструкції результат вимірювання за відповідною частотою буде збільшено або зменшено на відповідний рівень у децибелах. При відніманні результатів за чистою синусоїдою це підсилення або послаблення буде взаємно знищено. Це стосується лише чистої частоти, а не загального рівня звуку.

Наприклад, з одного боку конструкції фоновий шум має рівень 80 дБ і частоти від 1000 до 10000 Гц. Він буде посилений кривою (A) в межах 0...2 дБ. З іншого боку фоновий шум матиме той же рівень (80 дБ), але басові частоти 100...120 Гц. Він буде послаблений на 7...18 дБ. Різниця показів сягатиме 5...18 дБ при правильній відповіді нуль. Додавати та віднімати рівні шуму різного спектру не можна. Якщо в точку надходить

кілька шумів, результатний шум матиме значення звукового тиску, рівне сумі значень звукових тисків вихідних шумів. Для визначення рівня результатного шуму L_{Σ} , дБ, за рівнями кожного шуму L_i , дБ, використовують визначення децибела. Тоді

$$L_{\Sigma} = 10 \cdot \lg \left(\sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_i}{10}} \right), \text{ дБ}, \quad (5)$$

Вибір місця проведення досліджень, прилади й матеріали

Під час занять створювати достатньо сильні рівні шуму, який пройде стіни, не можна. Також згенерований шум проходитиме вікнами й повітрям приміщення, що спотворить результат. Тому вимірювання виконуватимуться ззовні та під рослинним шаром. Єдиною вимогою до місця вимірювання є те, щоб згенеровані звуки не заважали. Слід знайти мінімум два озеленення різної товщини. Вимірювальним приладом є шумомір, наприклад, НТІ НТ-80А (рис. 3). Джерелом звуку має бути спеціальна акустична система з рівномірним відтворенням усього діапазону частот, або еталонний механічний шумогенератор.

Якщо виконувати заміри на чистих синусоїдальних звуках, то використовується будь-яка акустична система, здатна відтворити потрібний спектр, з динамічними голівками, спрямованими в один бік. Багато з них не відтворюють першу октавну смугу, що для лабораторних робіт допустимо. Портативні акустичні системи на акумуляторах часто мають невеликі динамічні голівки, що не відтворюють і другу октавну смугу. Навіть при видимих сильних вібраціях дифузорові звук може бути ледь чутним. Такі системи для роботи не придатні.

Не придатні також динамічні голівки смартфонів і ноутбуків. Ті, що заявлені як глибокий бас, насправді можуть відтворювати починаючи лише з першої музичної октави (261 Гц), тобто другої половини третьої октавної смуги «250 Гц». При відтворенні непритаманно низьких частот динамічними голівками відбувається обмеження ходу з появою паразитних звуків (стукіт, дзвін, дзижчання, звуки, схожі на «п», тощо). Автори спостерігали на деяких акустичних системах навіть паразитні високі частоти біля 1 кГц.

Перед роботою слід створити аудіофайл з відповідними звуками та пропусками. Для цього слід прийняти кількість ділень кожної октавної смуги. ДСТУ Б В 2.6-86:2009 рекомендує або не ділити октавні смуги, або ділити на три частини. Для наукових досліджень нових матеріалів такі рекомендації є грубими. Можна ділити на 6 (через кожний тон) або 12 (півтон) частин. Більше ніж 12 частин приймати недоцільно, адже більшість людей не розрізняє такі короткі інтервали. Перед кожною октавною смугою рекомендується записати мітку – синтезувати словесну або записати повторний короткий звук як бій годинника.

Рекомендується створювати аудіофайл з високою частотою дискретизації, наприклад, 96000 Гц. У авторів виникали проблеми передавання такого сигналу на підсилювач каналом радіозв'язку. Якщо звук переривчастий, необхідно піднести пристрій, на якому програється файл, якомога ближче до декодера-підсилювача незалежно від специфікацій стандарту радіопередавання.

Розташовують акустичну систему з боку рослин на відстані 5 м від центру досліджуваної частини конструкції під кутом 45° до нормалі до конструкції (рис. 4) та спрямовують до центра досліджуваної частини.

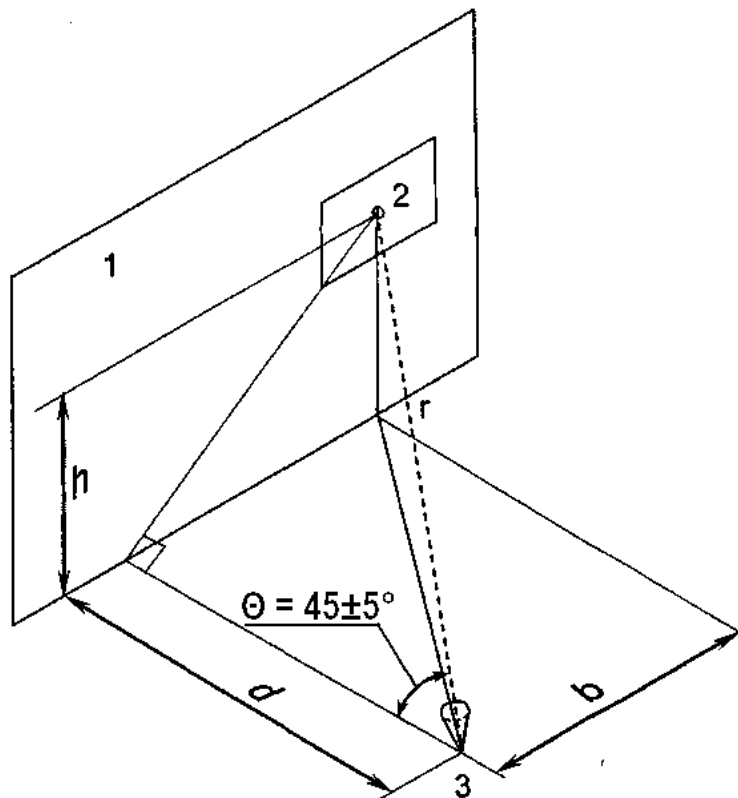


Рис. 4. Розташування джерела звуку за ДСТУ Б В 2.6-86:2009:

1 – конструкція; 2 – досліджувана частина

Площу досліджуваної конструкції має бути рівномірно озвучено. Якщо витримати відстань 5 м неможливо, допускається скоротити її за умови, що у вільному просторі на відповідних відстанях до обох боків конструкції різниця рівнів звуку знаходиться в межах похибки приладу.

Дослідження слід повторювати в шести точках на фрагменті, що досліджується. Точки розміщують максимально рівномірно за площею. Мікрофон слід розміщувати на відстані від центра мембрани мікрофона до поверхні конструкції (листя) не більше 10 мм.

Вісь мікрофона має бути паралельною площині конструкції. Можна розміщувати мікрофон і мембраною до конструкції, але відстань має бути не більшою за 3 мм.

Якщо є вітер, на мікрофон надягають вітрозахисний ковпак. Час усереднення рівня звукового тиску приймається не менше 6 с для частот до 500 Гц і 4 с – для вищих частот.

Хід роботи

Перед початком роботи рекомендується видрукувати достатню кількість бланків у табл. 4 для внесення результатів вимірювання.

1. Уявно намічають шість точок вимірювання;
2. Встановлюють акустичну систему за рис. 4;
3. Для кожної точки вимірювання j встановлюють шумомір ззовні рослин, запускають програвання аудіофайлу зі звуками і записують рівень інтенсивності звуку для кожного звуку k та фонового шуму, відповідно, $L_{ext,i,j,k}$ та $L_{ext,i,j,k \div k+1}$, дБ, де i – номер повтору вимірювання; k – номер частоти звуку; $k \div k+1$ – фоновий шум між звуками k і $k+1$. При цьому $k=0$ відповідає початку дослідження. Нульового звуку немає, а фоновий шум на початку з індексом $0 \div 1$ має бути враховано, як і наприкінці.
4. Для кожної точки вимірювання j встановлюють шумомір під рослинами, запускають програвання того ж аудіофайлу і записують рівень інтенсивності звуку для кожного звуку та фонового шуму, відповідно, $L_{under,i,j,k}$ та $L_{under,i,j,k \div k+1}$, дБ. до табл. 5.
5. Визначають математичне сподівання (середнє арифметичне) $L_{ext,aver,j,f}$ та $L_{under,aver,j,f}$ для кожної відтвореної частоти та кожної тиші між ними в кожній точці окремо

$$\bar{L}_{ext, j, k} = \frac{\sum_{i=1}^{n_{ext, j, k}} L_{ext, i, j, k}}{n_{ext, j, k}}, \text{ дБ}, \quad (6)$$

$$\bar{L}_{ext, j, k \div k+1} = \frac{\sum_{i=1}^{n_{ext, j, k \div k+1}} L_{ext, i, j, k \div k+1}}{n_{ext, j, k \div k+1}}, \text{ дБ}, \quad (7)$$

$$\bar{L}_{under, j, k} = \frac{\sum_{i=1}^{n_{under, j, k}} L_{under, i, j, k}}{n_{under, j, k}}, \text{ дБ}, \quad (8)$$

$$\bar{L}_{under, j, k \div k+1} = \frac{\sum_{i=1}^{n_{under, j, k \div k+1}} L_{under, i, j, k \div k+1}}{n_{under, j, k \div k+1}}, \text{ дБ}; \quad (9)$$

6. Визначають поглинання звуку рослинним шаром з відокремленням звукового тиску від чистого тону за визначенням децибела

$$\begin{aligned} \Delta L_{j, k} &= 10 \cdot \left(\lg \left(10^{\frac{\bar{L}_{ext, j, k}}{10}} - \frac{10^{\frac{\bar{L}_{ext, j, k-1 \div k}}{10}} + 10^{\frac{\bar{L}_{ext, j, k \div k+1}}{10}}}{2} \right) - \right. \\ &\quad \left. - \lg \left(10^{\frac{\bar{L}_{under, j, k}}{10}} - \frac{10^{\frac{\bar{L}_{under, j, k-1 \div k}}{10}} + 10^{\frac{\bar{L}_{under, j, k \div k+1}}{10}}}{2} \right) \right) = \\ &= 10 \cdot \lg \left(\frac{2 \cdot 10^{\frac{\bar{L}_{ext, j, k}}{10}} - 10^{\frac{\bar{L}_{ext, j, k-1 \div k}}{10}} - 10^{\frac{\bar{L}_{ext, j, k \div k+1}}{10}}}{2 \cdot 10^{\frac{\bar{L}_{under, j, k}}{10}} - 10^{\frac{\bar{L}_{under, j, k-1 \div k}}{10}} - 10^{\frac{\bar{L}_{under, j, k \div k+1}}{10}}} \right), \text{ дБ}; \quad (10) \end{aligned}$$

7. Будують графік поглинання звуку (у шести точках на одному рисунку) різних частот, де за абсцисою відкладають октавні смуги та рівномірно поділені рівні в октаві, а за ординатою – поглинання звуку. Між точками може бути суттєва різниця через нерівномірність зростання рослин.

Примітка. Залежно від наявних порожнин серед листя та розмірів озеленення й відстані листового шару від поверхні стіни можливі резонанси на окремих частотах, що призводить до викидів точок затухання шуму. Однак, при достатньо густому озелененні в середньому за октавами шум затухає.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. *Видання*. Громадські будинки та споруди. Основні положення: ДБН В.2.2-9:2018. – 3і зм. №1. – [Чинні від 2019-06-01]. – Київ: Укрархбудінформ, 2019. – IV.43 С.
2. *Видання*. Покриття будівель і споруд: ДБН В.2.6-220:2017. – [Чинні від 2018-01-01]. – Київ: Укрархбудінформ, 2017. – IV.53 С.
3. *Видання*. Склад та зміст проєктної документації на будівництво: ДБН А.2.2-3:2014. – 3і зм. №1 і №2 та поправкою. Київ: Укрархбудінформ, 2014. – III.25 С.
4. *BREEAM*. New Construction V. 7. [Electronic Resource] / BRE. – Electronic data. – Access mode: <https://breeam.com/breeam-newconstructionv7> / (Access date 02.01.2026). – Caption from the screen.
5. *LEED v5 Reference Guide: Building design and Construction* [Electronic Resource] / USGBC. – Electronic data. – Access Mode: <https://www.usgbc.org/leed/v5> / (Access date 02.01.2026). – Caption from the screen.
6. *DGNB Criteria Set New Construction, Buildings, Version 2020 International* [Electronic Resource] / DGNB. – Electronic data. – Access Mode: <https://www.dgnb.de/en/certification/buildings/new-construction> / (Access date 02.01.2026). – Caption from the screen.
7. *WELL v2. The WELL Building Standard™ version 2* [Electronic Resource] / IWBI. – Electronic data. – Access Mode: <https://v2.wellcertified.com/en> / (Access date 02.01.2026). – Caption from the screen.
8. *Видання*. Шум. Терміни та визначення: ДСТУ 2325-93. – [Чинний від 1995-01-01]. – Київ: Держстандарт України, 1993. – 12 с.
9. *Видання*. Акустика й електроакустика. Терміни та визначення: ДСТУ 3515-97. – [Чинний від 1997-07-01]. – Київ: Держстандарт України, 1997. – 137 с.
10. *Видання*. Конструкції будинків і споруд. Звукоізоляція огорожувальних конструкцій. Методи вимірювання: ДСТУ Б В.2.6-86:2009. – [Чинний від 2010-08-01]. Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. – 46 с.
11. Ткаченко Т. Натурні дослідження «охолоджувального ефекту» вертикального озеленення будівель [Електронний ресурс] / Т. Ткаченко // Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання. – 2018. – Вип. 25. – Київ: КНУБА, 2018. – С. 44-49. – Режим доступу: <http://vothp.knuba.edu.ua/article/view/168187>

ДОДАТОК
ФОРМА ОБКЛАДИНКИ ЗВІТУ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Кафедра технологій захисту навколишнього середовища та охорони праці

Звіт
до лабораторної роботи №__
з дисципліни «Технології «чистого» виробництва та їх впровадження»
за темою:

« _____ »

Виконав:

студент(ка) групи _____

Перевірів(ла):

_____ кафедри ТЗНС та ОП

Оцінка:

Дата:

Київ – 20__

Навчально-методичне видання

ЕКОЛОГІЯ З ОСНОВАМИ ЗЕЛЕНОГО БУДІВНИЦТВА

Методичні вказівки
до виконання лабораторних робіт
для студентів спеціальностей
Е2 «Екологія» та
G2 «Технології захисту навколишнього середовища»
ОПП «Екологія та охорона навколишнього середовища»

Укладачі: Т.М. Ткаченко, В.О. Мілейковський, К.В. Шумбар

Підписано до друку 31.01.2026 р. Зам. № 17
Формат 60×84 1/16. Папір офсетний. Друк – цифровий.
Наклад 100 прим. Ум. друк. арк. 1,5.
Друк ЦП «КОМПРИНТ». Свідоцтво ДК №4131 від 04.08.2011 р.
м. Київ, вул. Васильківська, 32
067-209-54-30, 097-533-18-07
email: komprint@ukr.net