



- © М.В. Коротченко, зав. відділу,
- © Ю.С. Шевченко (ДерждорНДІ)

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ АКУСТИЧНИХ ЕКРАНІВ НА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРОГАХ УКРАЇНИ

Анотація. Транспортний шум є одним з істотних факторів фізичної дії на оточуюче середовище. Значний розвиток транспорту обумовив необхідність вирішення проблеми зниження шуму від транспортних потоків.

Метою роботи було дослідити ефективність реального акустичного екрана вздовж автомобільної дороги Київ – Чоп. На основі отриманих експериментальних даних зробити порівняння з теоретично розрахованими значеннями.

Ключові слова: акустичне поле, імпедансна поверхня, шумозахисний екран.

Аннотация. Транспортный шум является одним из существенных факторов физического воздействия на окружающую среду. Значительное развитие транспорта обусловило необходимость решения проблемы снижения шума от транспортных потоков.

Целью работы было исследовать эффективность реального акустического экрана вдоль автомобильной дороги Киев – Чоп. На основании полученных экспериментальных данных сделать сравнение с теоретически рассчитанными значениями.

Ключевые слова: акустическое поле, импедансная поверхность, шумозащитный экран.

Annotation. Transport noise is one of the essential factors of physical activity on the environment. Significant development of transport has led to the need to address the problem of reducing noise from traffic.

The aim of the work was to investigate the effectiveness of real acoustic screen along the road Kyiv – Chop. Based on the experimental data to make a comparison with theoretically calculated values.

Key words: acoustic field, surface impedance, noise screen.

У найбільш промислово розвинених країнах на долю автомобільного транспорту припадає від 60 % до 80 % екологічного забруднення навколишнього середовища, у тому числі й акустичного. Значний розвиток транспорту обумовив необхідність вирішення проблеми зниження шуму від транспортних потоків, а не тільки від акустичного випромінювання окремого автомобіля.

Одним із методів зниження шуму є зменшення шуму на шляху його розповсюдження. Найбільш ефективним методом зниження шуму від транспортних потоків є використання шумозахисних заходів зниження шуму: акустичних екранів, захисних стінок, елементів рельєфу місцевості (земляних валів, горбів, забудови), тунелів, смуг зелених насаджень.

Акустичне поле за перешкодами формується за рахунок наступних ефектів: відбиття звукових хвиль, їх дифракції на елементах конструкцій, дивергенції звуку, інтерференції звукових хвиль після відбиття

від поверхні землі як до, так і після перешкоди та затухання у навколишньому середовищі. Міжнародний досвід свідчить про те, що використання акустичних екранів є найбільш привабливим методом зниження шуму згідно з критерієм ефективність / вартість. Використання екранів дозволяє забезпечити зниження шуму відповідно до вимог нормативних документів. На стадії проектування важливе значення мають розрахункові методи, що дозволяють отримати достовірні результати ефективності екранів для конкретних умов їх використання.

Міжнародний досвід проектування екранів базується на комплексному аналізі факторів, що впливають на їх впровадження: ефективність зниження шуму екранами, зміна ландшафту, вплив на повсякденне життя населення, яке потрапляє під вплив шуму від дороги, безпека транспортного руху, економічні чинники застосування екранів.

Метою роботи було дослідити ефективність реального акустичного екрана вздовж автомобільної



дороги Київ – Чоп. На основі отриманих експериментальних даних зробити порівняння з теоретично розрахованими значеннями.

Дослідження ефективності зниження шуму акустичним екраном проводилося для трьох різних положень вздовж екрана, як показано на **рис. 1**.

При математичному моделюванні акустичну ефективність екрана визначали за формулою:

$$\Delta L_{\text{екр}} = -10 \lg \left| \frac{P_{\text{екр}}}{P_{\text{б/екр}}} \right|^2, \quad (1)$$

де $P_{\text{екр}}$, $P_{\text{б/екр}}$ – відповідно звуковий тиск в точці прийому звуку при розповсюдженні акустичних хвиль з екраном і без екрана.



Рис. 1. Геометрична конфігурація досліджуваної ділянки автомобільної дороги: ТВ – точка вимірювання; ТВ₁ – 1 м від поверхні екрана, ТВ₂ – 2 м від поверхні фасаду житлової забудови, АЕ – акустичний екран, ЖБ – житлова забудова; (а), (б), (в) – положення 1, 2 та 3 відповідно (див. табл. 1)

При виборі характеристик екрана його акустичну ефективність визначали наступною залежністю:

$$\Delta L_{\text{эф_екр}} = \Delta L_{\text{б/екр}} - \Delta L_{\text{екр_с}}, \quad (2)$$

де $\Delta L_{\text{б/екр}}$, $\Delta L_{\text{екр}}$ – відповідно значення зниження рівнів звукового тиску у контрольній точці без екрана та з встановленим екраном.

Розрахунки ефективності екрана виконували у третино-октавних (октавних) смугах частот.

Модель, що розглянута у цій роботі, враховує геометричні параметри екрана, ефекти відбиття звукових хвиль від підстильної поверхні, поглинання акустичних коливань в атмосферному повітрі, а також вплив додаткових відбиттів.

Зниження рівня шуму в точці прийому без встановленого екрана розраховували за формулою:

$$\Delta L_{\text{б/екр}} = \Delta L_{\text{div}} + \Delta L_{\text{abs}} - \Delta L_{\text{ground}} - \Delta L_{\text{refl}_s}, \quad (3)$$

де ΔL_{div} – зниження шуму завдяки ефекту дивергенції звукової хвилі [2];

ΔL_{abs} – зниження шуму при поглинанні звукової хвилі в атмосферному повітрі [2];

ΔL_{ground} – зниження / підвищення шуму за рахунок ефектів інтерференції звукових хвиль при відбиванні від поверхні землі [5];

ΔL_{refl} – зниження / підвищення шуму за рахунок ефектів інтерференції звукових хвиль при відбиванні від вертикальних поверхонь, таких, як фасади житлової забудови [6].

Зниження рівня шуму в точці контролю з встановленим екраном розраховували за формулою:

$$\Delta L_{\text{екр}} = \Delta L_{\text{scr}} + \Delta L_{\text{div}} + \Delta L_{\text{abs}} - \Delta L_{\text{ground}} - \Delta L_{\text{refl}}, \quad (4)$$

де ΔL_{scr} – ефект дифракції звукових хвиль на перешкодах, що розташовані на шляху поширення звукових хвиль [3, 4].

Формування променевої картини для тонкого акустичного екрана з прямими променями через верхню та бокові кромки та променями відбитими від поверхні землі наведено на **рис. 2**. Поверхня землі вважалась імпедансною в математичному моделюванні. При дослідженні ефективності екрана на автомобільній дорозі Київ – Чоп поверхня землі як до, так і після екрана – це щебенево-мастиковий асфальтобетон, що при моделюванні вважається абсолютно відбиваючою поверхнею.

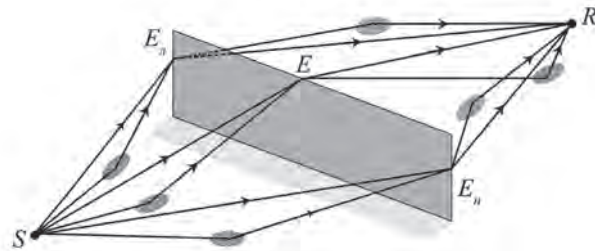


Рис. 2. Розрахункова схема тонкого акустичного екрана кінцевої довжини: S – джерело шуму, R – приймач шуму (точка контролю), E – верхня кромка акустичного екрана, E_n – права кромка екрана, E_d – ліва кромка екрана

Таким чином, сумарне зниження шуму після встановлення екрана кінцевої довжини розраховували за формулою:

$$\Delta L_{\text{scr}} = 10 \lg \left[10^{0.1 \Delta L_{\text{scr}_L}} + 10^{0.1 \Delta L_{\text{scr}_R}} + 10^{0.1 \Delta L_{\text{scr}_E}} \right], \quad (5)$$

де $\Delta L_{\text{верх_екр}}$ – зниження шуму при розповсюдженні звукових променів через верхню кромку екрана;

ΔL_{SEdR} – зниження шуму при розповсюдженні звукових променів через ліву кромку екрана;

ΔL_{SEnR} – зниження шуму при розповсюдженні звукових променів через праву кромку екрана.

Розповсюдження звукових променів через верхню та бокові кромки екрана розраховували за формулою (4) для кожного променя.

У результаті дослідження ефективності акустичних екранів було відмічено, що встановлені



Таблиця 1

Результати порівняння експериментально отриманих даних та математичних розрахунків ефективності акустичних екранів (ЕАЕ)

Ділянка автомобільної дороги	Розташування точки виміру	Виміряний еквівалентний рівень шуму, дБА	Виміряна ЕАЕ, дБА	Розрахована ЕАЕ, дБА
Положення 1	Перед шумозахисним екраном	71,6	10	39,1
	За шумозахисним екраном	61,6		
	За шумозахисним екраном перед житловою забудовою	63,5	6,3	29,5
Положення 2	Перед шумозахисним екраном	73,2	10,5	34,8
	За шумозахисним екраном перед житловою забудовою	62,7		
Положення 3	Перед шумозахисним екраном	75,9	14,9	36,9
	За шумозахисним екраном	61,0		
	За шумозахисним екраном перед житловою забудовою	64,3	11,6	32,5

шумозахисні екрани виконують функцію шумозахисту, але в недостатньому обсязі, тому що різниця між нормативними значеннями еквівалентного рівня шуму (65 дБА згідно СНиП II–12–77 [7]) та виміряними рівнями шуму незначна. Рівень такого зниження можна було б досягти посадкою зелених насаджень. Виміряні значення ефективності шумозахисних екранів наведені у **табл. 1** та становлять від 6 – 15 дБА. Проте ефективність акустичних екранів даної висоти для заданих положень транспортного потоку, точки вимірювання та житлової забудови повинна становити не менше ніж 30 дБА.

Ефективність акустичного екрана із заданими параметрами розраховували за допомогою математичної моделі. Результати розрахунків за математичного моделювання і виміряні результати шуму на дорозі, для порівняння, наведені у **табл. 1**.

Із даних **табл. 1** видно, що **теоретична ефективність зниження транспортного шуму екраном значно вища за реально виміряну!**

Для всіх досліджуваних положень спостерігається зниження ефективності акустичних екранів за рахунок додаткових відбиттів від поверхні фасадів житлової забудови. У результаті конструктивної інтерференції, що має місце при даних умовах, підвищенні рівня звукового тиску перед фасадом будівлі може досягати до 2,0–4,0 дБА згідно з математичним моделюванням та 2,0 – 3,3 дБА згідно з отриманими експериментальними даними.

Висновки

Проведене експериментальне та теоретичне дослідження ефективності акустичних екранів на ділянках автомобільної дороги Київ – Чоп, де встановлені шумозахисні екрани. Результати експериментального дослідження показали, що встановлені шумозахисні екрани не повністю виконують свої функції зниження шуму, про що свідчать теоре-

тичні розрахунки екранів аналогічних параметрів. Із даних **табл. 1** видно, що розраховані значення значно вищі, тобто шумозахисні екрани повинні забезпечувати зниження шуму від 30 дБА для таких розташувань екрана і житлової забудови.

Зниження шумозахисних функцій екрана пояснюється наступними факторами: його недосконалою конструкцією; при розташуванні точки вимірювання перед фасадами житлової забудови в формування звукового поля вносять зміни – додаткові відбиття від вертикальної поверхні фасаду [6] тощо.

Враховуючи сказане вище, потрібно на етапі розроблення проекту автомобільної дороги і розділу ОВНС проводити математичне моделювання для виробу оптимальних параметрів шумозахисних екранів з погляду ефективність / вартість.

ЛІТЕРАТУРА

- 1. Kotzen Benz.** Environmental noise barriers: a guide to their acoustic and visual design / Benz Kotzen and Colin English. – 2nd ed. – Abingdon: Taylor & Francis, 2009. – 282 p.
- 2. Дідковський В.С.** Основи акустичної екології / В.С. Дідковський, В.Я. Акименко, О.І. Запоржець та ін. – Кіровоград: Імпекс ЛТД, 2001. – 520 с.
- 3. Menounou P.** A correction to Maekawa's curve for the insertion loss behind barriers / P. Menounou // J. Acoust. Soc. Am. – 2001. – 110(4). – P. 1828 – 1838.
- 4. Шевченко Ю.С.** Аналіз формул розрахунку ефективності акустичних екранів на вулицях / Ю.С. Шевченко // Вісник НАУ. – 2010. – № 4(45). – С. 94 – 99.
- 5. Chien C.F.** A note on the calculation of sound propagation along an impedance surface / C.F. Chien // Journal of Sound and Vibration. – 1980. – 69(2). – P. 340 – 343.
- 6. Шевченко Ю.С.** Моделювання впливу фасаду будівлі на формування звукового поля / Ю.С. Шевченко, О.М. Береговий, В.Г. Парашанов // Вісник НАУ. – 2012. – № 1(50). – С. 242 – 247.
- 7. СНиП II–12–77.** Защита от шума.