

УДК 504.055(045)

Ю.С. Шевченко, асп.

## МЕТОД КАРТОГРАФУВАННЯ ШУМУ ВІД ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ У СУЧАСНОМУ МІСТІ

Національний авіаційний університет  
E-mail: shevchenko24.12@gmail.com

*Наведено метод побудови карти шуму міста. Проведено експериментальні дослідження та математичне моделювання рівнів шуму від транспортних потоків. Проаналізовано стан акустичного середовища міста на основі створеної двовимірної горизонтальної карти шуму. Виконано адаптацію існуючих методів картографування шуму. Запропоновано рекомендації щодо зниження акустичного навантаження в місті.*

**Ключові слова:** карта шуму, транспортні потоки, шумове забруднення.

### Постановка проблеми

Карти шуму є джерелом інформації про акустичний ландшафт на території міст, а також ефективним інструментом контролю та впровадження методів зниження шуму.

Карти шумового забруднення навколишнього середовища міст повинні містити таку інформацію:

- існуюча та прогнозована акустична ситуація;
- перевищення нормативних значень рівнів шуму;
- кількість людей, що перебуває на територіях із підвищеним рівнем шуму;
- кількість житлових будинків, лікарень, шкіл та інших об'єктів, чутливих щодо шуму.

Карти шуму мають графічний вигляд.

Для оцінювання впливу шуму на населення як індикатори обирають еквівалентні рівні звуку в денний і нічний періоди доби.

### Аналіз досліджень і публікацій

Методики створення як горизонтальних, так і вертикальних перерізів з нанесенням контурів рівного шуму були розроблені ще в 70-80 рр. минулого століття [1–3].

Сьогодні існують різноманітні прикладні програми для розрахунку рівнів шуму та графічного зображення контурів шуму.

**Метою** роботи є:

- розробка нових алгоритмів горизонтальних двовимірних карт шуму на прикладі невеликого міста;
- дослідження шумового забруднення міста;
- аналіз отриманої інформації;
- розроблення пропозицій щодо зниження шуму від транспортних потоків на території житлової забудови м. Бурштин.

### Побудова карти шуму

Метод побудови карти шуму для міста складається з двох основних етапів: мікро- та макромасштабного моделювання акустичного середовища.

Мікромасштабне моделювання акустичного середовища включає математичне моделювання:

- точкових джерел шуму – окремих автомобілів;
- транспортного потоку як лінійного некогерентного джерела шуму;
- ефектів поширення шуму від джерела шуму до його приймача.

Результатом мікромасштабного моделювання є розрахунок рівнів звукового тиску в точці прийому [4].

Основним завданням макромасштабного моделювання є числове інтегрування рівнів шуму від окремих сегментів лінії шуму (транспортного потоку) в точці прийому. Останнім етапом макромасштабного моделювання є вибір індикаторів шуму та їх графічне зображення.

У роботі [4] індикатором шуму був обраний еквівалентний рівень шуму за 1 год в денний період доби.

Рівні шуму в точці приймача визначали за формулою

$$L = L_p - A_{exc}, \quad (1)$$

$$A_{exc} = \Delta L_{div} + \Delta L_{abs} + \Delta L_{scr} - \Delta L_{gr} - \Delta L_{ref} + \Delta L_g,$$

де  $L_p$  – рівень звукової потужності джерела шуму;

$A_{exc}$  – додаткове зниження шуму при його поширенні;

$\Delta L_{div}$  – зниження шуму завдяки ефекту дивергенції звукової хвилі [5];

$\Delta L_{abs}$  – зниження шуму при поглинанні звукової хвилі в атмосферному повітрі [5];

$\Delta L_{scr}$  – ефект дифракції звукових хвиль на перешкодах, що розташовані на шляху поширення звукових хвиль [6; 7];

$\Delta L_{gr}$  – зниження/підвищення шуму за рахунок ефектів інтерференції звукових хвиль при відбиванні від поверхні землі [8];

$\Delta L_{ref}$  – зниження/підвищення шуму за рахунок ефектів інтерференції звукових хвиль при відбиванні від таких вертикальних поверхонь, як фасади будинків [9];

$\Delta L_g$  – зниження шуму смугами зелених насаджень [5].

Рівень шуму від окремих автомобілів та транспортних потоків розраховувався на основі модифікованої європейської моделі [4; 10].

Рівень звукової потужності визначався для кожної категорії транспортних засобів [11].

У результаті експериментальних досліджень визначено:

- адекватність існуючої моделі для використання в невеликому місті України;
- емпіричні коефіцієнти для кожної категорії транспортних засобів, що вносили поправки на стан автомобільних доріг міста та склад регіонального парку (рис. 1).

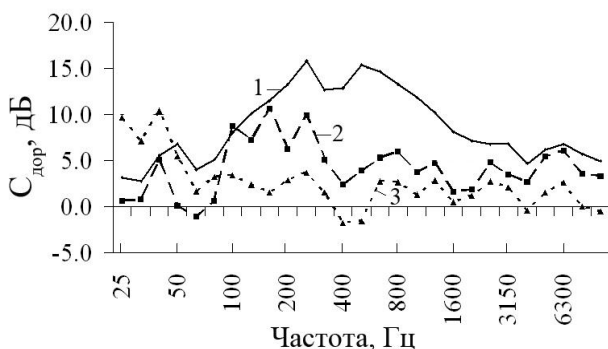


Рис. 1. Емпіричні коефіцієнти стану дорожнього покриття для трьох категорій транспортних засобів:

- 1 – легкові автомобілі;
- 2 – важкі транспортні засоби з двома осями та більше, ніж 4 колесами;
- 3 – важкі транспортні засоби з більше, ніж двома осями

### Експериментальне дослідження стану акустичного середовища міста

Основними факторами, що впливають на рівні шуму, створювані транспортними потоками, є [4; 10]:

- склад;
- інтенсивність;
- швидкість руху;
- стан дорожнього покриття.

Рівні шуму в точках прийому визначаються факторами поширення шуму від джерела до приймача:

- відстань, що проходять звукові промені;
- характер підстеляючої поверхні;
- перешкоди на шляху розповсюдження шуму.

Через м. Бурштин проходять:

- автошлях Н 09 (автомобільний шлях національного значення на території України загальною довжиною 422 км);
- автошлях Т 0910 (автомобільний шлях територіального значення Бурштин – Калуш).

Спостереження показали наявність пошкоджень різного характеру на дорожніх покриттях автомобільних доріг міста. Склад регіонального автомобільного парку значно відрізняється від складу автопарку сучасних міст.

Спостереження складу та інтенсивності транспортних потоків  $Q$ , що проходять через місто, дозволило отримати вихідні дані для подальшого математичного моделювання. Результати дослідження інтенсивності та складу транспортних потоків за 1 год в денний період доби для різних категорій транспортних засобів на автошляхах Н 09 та Т 0910 показано на рис. 2.

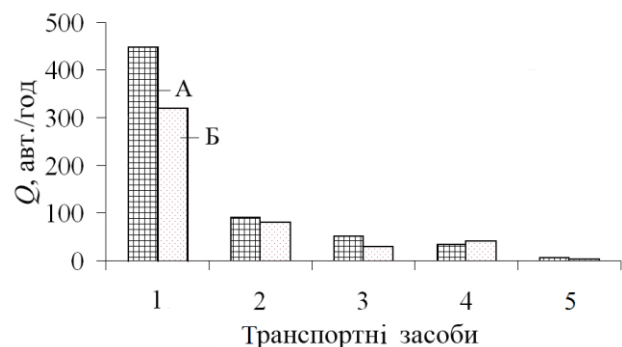


Рис. 2. Інтенсивність транспортних потоків:

- 1 – легкові автомобілі;
- 2 – мікроавтобуси та легкові автомобілі з причепами;
- 3 – важкі транспортні засоби з двома осями та більше, ніж 4 колесами;
- 4 – важкі транспортні засоби з більше, ніж двома осями;
- 5 – мотоцикли;
- А – по вул. Міцкевича;
- Б – по вул. Бандери

Для дослідження адекватності математичної моделі та визначення необхідних емпіричних коефіцієнтів проводили вимірювання еквівалентних рівнів шуму в референтних точках на території житлової забудови та вздовж автомобільних шляхів м. Бурштин.

Рівні шуму від транспортних потоків вимірювали згідно з ГОСТ 20444-85 [12].

Для визначення еквівалентних рівнів шуму кожен замір тривав 15 хв. Отримані результати перераховували для еквівалентних рівнів шуму, створюваних відповідними транспортними потоками за 1 год.

Результати дослідження адекватності математичної моделі результатам вимірювання рівнів шуму від транспортних потоків у м. Бурштин показано на рис. 3.

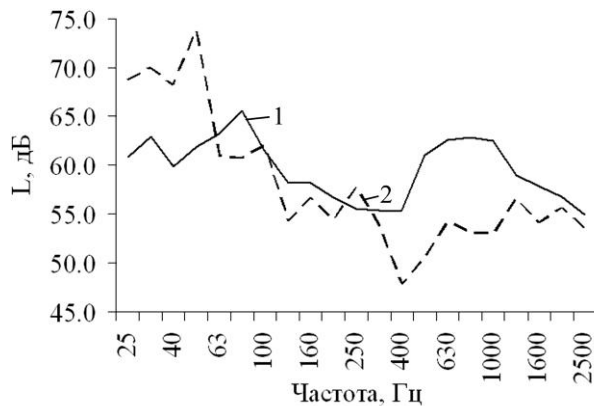


Рис. 3. Порівняння результатів моделювання (1) та експериментальних досліджень (2)

Згідно з санітарними нормами [13] рівні шуму на території житлової забудови на відстані 2 м від фасаду будівлі не повинні перевищувати 55 дБА з 7.00 до 23.00 (денний час) та 45 дБА з 23.00 до 7.00 (нічний час).

Аналіз результатів зіставлення виміряних та допустимих рівнів шуму на території житлової забудови для внутрішніх дворів, де шум від автомобільних шляхів екранується будівлями, показав, що рівні шуму на території житлової забудови не перевищують допустимих рівнів шуму, встановлених санітарно-гігієнічними вимогами.

Для двору по вул. Калуській еквівалентний рівень шуму  $L_{\text{Аекв}}$  становить 49 дБА, по вул. Будівельників з боку вул. Міцкевича 53 дБА, по вул. Будівельників з боку вул. Бандери 43 дБА, що не перевищує допустиме значення 55 дБА.

Перевищення допустимих рівнів шуму спостерігається вздовж основних транспортних шляхів.

Для визначення ефективності зелених насаджень уздовж основної магістралі (автошляху Н 09) рівні шуму вимірювали за кущами та між кущами, де насаджень немає.

Результати дослідження показали, що зниження шуму зеленими насадженнями не є ефективним через недостатню густину зелених насаджень та значні проміжки між кущами (рис. 4).

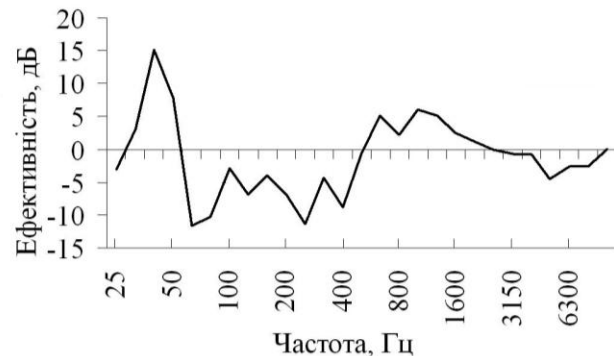


Рис. 4. Ефективність зелених насаджень по вул. Міцкевича

Зниження шуму в місцях, де кущів немає, визначається ефектами позитивної інтерференції при відбиванні звукових хвиль від поверхні землі, наприклад, трави.

Для моделювання рівнів шуму використовували програмний код Matlab, а графічне зображення отриманих даних створювали за допомогою прикладного програмного забезпечення NMPLOT.

На карті шуму м. Бурштин показано (рис. 5):

- еквівалентні рівні шуму за 1 год за шкалою А для денного періоду доби для висоти приймача 1,2 м;
- контури шуму для 70, 60, 50 дБА.

Найвищі рівні шуму спостерігаються вздовж магістральних шляхів.

Висока інтенсивність руху транспорту на автошляхах Н 09 і Т 0910 та пошкодження дорожніх покриттів призводить до перевищення допустимих рівнів шуму на 55 дБА.

Для зони житлової забудови, що немає безпосереднього виходу до автомобільних шляхів (у середині житлових мікрорайонів) еквівалентні рівні шуму не перевищують допустимих норм (55 дБА).

Для першого ешелону житлових будівель уздовж основних автомобільних шляхів спостерігається перевищення допустимих рівнів.

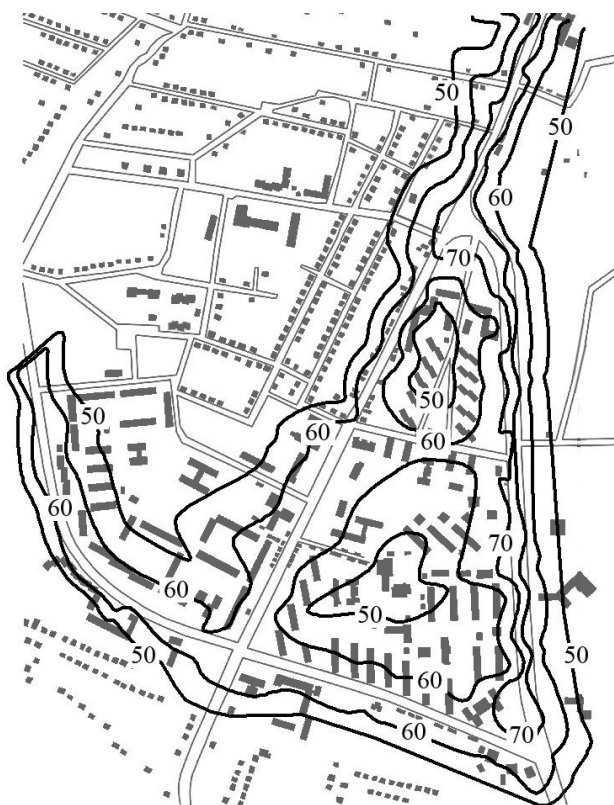


Рис. 5. Двовимірна горизонтальна карта шуму м. Бурштин

Для зниження шуму потрібно [14]:

- ремонт дорожніх покриттів з використанням пористих покриттів (табл. 1);
- створення зелених насаджень уздовж шляхів;
- використання акустичних екранів;
- звукоізоляція житлових будинків.

Таблиця 1

**Зниження шуму для пористих дорожніх покриттів**

Тип дорожнього покриття	Транспортні засоби	Зниження шуму, дБ
1-шаровий пористий асфальт 0/16 мм	Легкі	-3,7
	Важкі	-4,5
2-шаровий пористий асфальт 4/8 мм – 11/16 мм	Легкі	-6,2
	Важкі	-6,5

Ефективність тонкого акустичного екрану висотою 3 м для відстані шуму між лінією транспортного потоку та приймачем шуму 30 м показано на рис. 6.

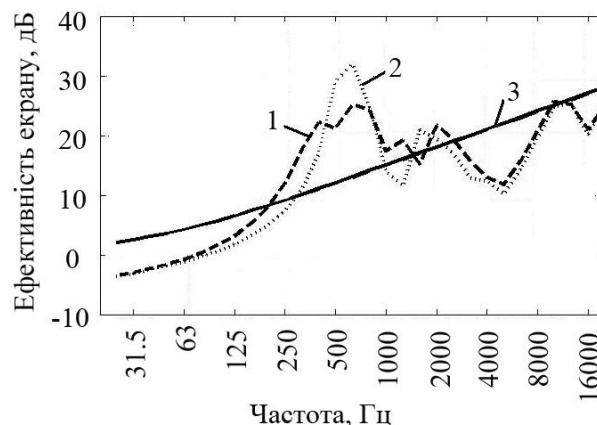


Рис. 6. Акустична ефективність екрану для різних типів поверхні землі:

- 1 – бетон перед екраном/бетон за екраном;
- 2 – бетон перед екраном/трава за екраном,
- 3 – відбиття від поверхні відсутнє

Згідно з табл. 2 для 70 % дослідженої території не спостерігається перевищення допустимих рівнів шуму.

Таблиця 2

**Відносна частка території міста для контурів шуму**

$L_{Аекв}$ , дБА	Частина території міста з нанесеними контурами шуму, %
50	39
55	29
60	19
65	10
70	3

**Висновки**

Аналіз стану акустичного середовища міста за допомогою створеної карти шуму показав, що картографування є ефективним інструментом моніторингу шуму. Карта шуму дозволяє отримати інтегральне подання накопиченої інформації для розроблення методів зниження шуму та прогнозування змін акустичного навантаження.

Запропоновано нові розрахункові моделі з урахуванням парку транспортних засобів, інтенсивності транспортних потоків, стану дорожнього покриття, рельєфу місцевості.

Розроблені методи математичного моделювання дозволяють спростити процес створення карт шуму, уникнути великої кількості експериментальних досліджень та запропонувати ефективні методи зниження акустичного навантаження в сучасному місті.

### Література

1. *Майер В.В.* Градостроительные меры борьбы с шумом / В.В. Майер. – М.: Стройиздат, 1975. – 215 с.
2. *Самойлюк Е.П.* Борьба с шумом в градостроительстве / Е.П. Самойлюк. – К.: Будівельник, 1975. – 128 с.
3. *Kang J.* Urban Sound Environment / Jian Kang. – London: Taylor & Francis, 2006. – 304 p.
4. *Шевченко Ю.С.* Моделирование шума автомобильного транспорта в місті / Ю.С. Шевченко // Матеріали Х міжнар. наук.-техн. конф. «АВІА-2011», 19-21 квіт. 2011 р.: тези доповіді. – К.: НАУ, 2011. – Т.4. – С. 27.4–27.7.
5. *Дідковський В.С.* Основи акустичної екології / В.С. Дідковський, В.Я. Акименко, О.І. Запорожець та ін. – Кіровоград: Імпекс ЛТД, 2001. – 520 с.
6. *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.
7. *Шевченко Ю.С.* Аналіз формул розрахунку ефективності акустичних екранів на вулицях / Ю.С. Шевченко // Вісник НАУ. – 2010.– № 4 (45). – С. 94–99.
8. *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.
9. *Шевченко Ю.С.* Моделирование влияния фасада будівлі на формування звукового поля / Ю.С. Шевченко, О.М. Береговий, В.Г. Паращенко // Вісник НАУ. – 2012.– № 1 (50). – С. 242–247.
10. *Engineering method for road traffic and railway noise after validation and fine-tuning*, Harmonoise WP 3, Technical Report HAR32TR-040922-DGMR20, written by Renez Nota, Robert Barelds, Dirk van Maercke, agreed by Hans van Leeuwen, 2005.
11. *ГОСТ 31330.1-2006* (ИСО 11819-1:1997). Шум. Оценка влияния дорожного покрытия на транспортный шум. Ч. 1. Статистический метод. – Введ. 01.06.2007. – М.: Стандартиформ, 2007. – 43 с.
12. *ГОСТ 20444-85.* Шум. Транспортные потоки. Методы измерения шумовой характеристики. – Режим доступа: <http://vsegost.com/Catalog/20/20016.shtml>
13. *СН 3077-84.* Санитарные нормы допустимого шума в помещениях жилых и общественных зданий и на территории жилой застройки. – Режим доступа: [http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/v7\\_84400-84](http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/v7_84400-84)
14. *Blokland G.* Aging of low noise road surfaces and procedure to implement them in a classification system / Gijsjan van Blokland // Proceedings of "Inter-Noise 2011", September, 4-7 2011, Osaka, Japan.

Стаття надійшла до редакції 20.06.2012.