

УДК 613.164:613.644:519.253

В. О. БАРАННИК, К. В. ДАНОВА, Л. С. ПОПОВА, А. І. РЕШЕТЧЕНКО

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, Україна

ТРИВАЛІСТЬ ЕЛЕМЕНТАРНИХ ПОДІЙ В СТРУКТУРІ ШУМУ ДОРОЖНЬОГО РУХУ ВЕЛИКОГО МІСТА

За даними серійних реєстрацій рівнів шуму дорожнього руху на вулицях Харкова визначені автокореляційні функції, що характеризують тривалість елементарних подій посилення або послаблення інтенсивності шуму через проїзд повз вимірювальний прилад окремих або груп транспортних засобів. З'ясовано, що середня тривалість таких подій транспортного потоку може значно перевищувати встановлений нормативами період у 2-3 або 5-6 секунд для реєстрації рівнів шуму, що генерується дорожнім рухом. У таких умовах оцінка похибок визначення еквівалентних рівнів шуму за даними стандартних вимірювань не може бути виконана з використанням звичайних статистик через корельованість серійних вибірок.

Ключові слова: шум, шумове забруднення, автокореляційна функція, дорожній рух.

Постановка проблеми

Вже тривалий час шумове забруднення міського середовища визнається шкідливим фактором, що негативно впливає на стан здоров'я міського населення великих міст Європи. Проведеними дослідженнями *in situ* підтверджено, що надмірний міський вуличний шум є не тільки джерелом подразнення нервової системи (наприклад, [1–3]), але й за тривалий час дії підвищує імовірність серцево-судинних захворювань, зокрема інфаркту міокарда [4, 5]. З метою протидії такому впливу в країнах ЄС послідовно впроваджується спеціальна Директива Європейської комісії 2002/49/ЄС від 25 червня 2002 року [6].

В даній статті було проведено автокореляційний аналіз даних натурних спостережень шуму дорожнього руху на урбанізованих територіях з метою виявлення наявності статистичної залежності в серійних вибірках миттєвих рівнів шуму з малими періодами відліків.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Зокрема, в країнах ЄС у зростаючих масштабах крок за кроком удосконалюється та впроваджується спільна система моніторингу шумового забруднення міського середовища транспортним рухом, виявлення і контролю «гарячих точок» з надмірною експозицією шумом, прийняття управлінських рішень та інформування міського населення щодо проблеми шуму [7].

Підписавши 27 червня 2014 року і ратифікувавши 16 вересня 2014 року Угоду про

асоціацію з ЄС, Україна взяла курс на всебічне зближення з європейською спільнотою практично у всіх сферах державного і суспільного буття, включаючи охорону довкілля. Це означає, що у перспективі національні компетентні органи мають забезпечити впровадження системи моніторингу шумового забруднення міського середовища у відповідності із загальними вимогами вказаної директиви. Основою будь-якої системи моніторингу міського шуму є система регулярного отримання, аналізу і систематизованого відображення даних натурних спостережень. Для аналізу даних натурних спостережень можуть залучатися моделі (імовірнісні або детерміновані) різного рівня складності, проте провідна роль належить дослідженням *in situ* з наступним використанням статистичних індикаторів рівня шумового забруднення

Виклад основного матеріалу

Підписавши 27 червня 2014 року і ратифікувавши 16 вересня 2014 року Угоду про асоціацію з ЄС, Україна взяла курс на всебічне зближення з європейською спільнотою практично у всіх сферах державного і суспільного буття, включаючи охорону довкілля. Це означає, що у перспективі національні компетентні органи мають забезпечити впровадження системи моніторингу шумового забруднення міського середовища у відповідності із загальними вимогами вказаної директиви. Основою будь-якої системи моніторингу міського шуму є система регулярного отримання, аналізу і систематизованого відображення даних натурних спостережень. Для аналізу даних натурних спостережень можуть залучатися моделі (імовірнісні або детерміновані) різно-

го рівня складності, проте провідна роль належить дослідженням *in situ* з наступним використанням статистичних індикаторів рівня шумового забруднення

На жаль сучасний стан контролю шумового забруднення міського середовища від транспортного руху в великих містах країни ще далекий від європейських рекомендацій. Не торкаючись усіх недоліків, що властиві стандартам [8, 9], якими по суті досі керуються державні органи в проведенні контролю шумового забруднення міських територій, звернемо увагу лише на те, що вони повністю ігнорують наявність похибок оцінок еквівалентних рівнів шуму за даними вимірювань. Так, у відповідності до [9], еквівалентний рівень шуму на межі житлової забудови має визначатися за формулою

$$L_{A,T} = 10 \lg \left[\frac{1}{T} \int_0^T E(t) dt \right] \approx 10 \lg \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{0,1 L_{A,i}} \right], \quad (1)$$

де T – це опірний інтервал оцінки рівня шуму (30 хвилин);

$E(t) = P_A^2(t) / P_0^2$ – квадрат відношення звукового тиску, що реєструється в момент часу t з включеною частотною характеристикою «А» приладу, до порогового тиску звука;

n – розмір серійної вибірки вимірювань миттєвих рівнів шуму;

$L_{A,i}$ – складові серійної вибірки вимірювань миттєвих рівнів шуму, дБА.

Саме величина (1) має порівнюватися з нормативами допустимих рівнів шуму для денного (55 дБА) і нічного (45 дБА) часу доби. І таке порівняння має виконуватися з урахуванням похибки оцінювання інтеграла відповідною сумою в (1). Статистичний підхід визначення названої похибки передбачав би розрахунок стандартного відхилення S складових

вибірки з подальшим визначенням півширини довірчого інтервалу

$D = t_{\alpha, n-1} s / \sqrt{n}$ за обраним рівнем значущості

α та величиною ступенів свободи $n - 1$ для зворотного розподілу Стюдента $t_{\alpha, n-1}$.

Але необхідною умовою такого оцінювання є наявність статистичної незалежності вибірки. Проте, є підстави для сумніву щодо виконання цієї умови. Для перевірки наявності статистичної залежності елементів серійної вибірки можна звернутися до кореляційного аналізу, розраховуючи вибірковий коефіцієнт автокореляції:

$$K(j \times \Delta t) = \frac{\sum_{i=1}^m E_{A,i} \bar{E}_{A,i} E_{A,i+j} \bar{E}_{A,i+j}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m E_{A,i} \bar{E}_{A,i}^2} \sqrt{\sum_{i=1}^m E_{A,i+j} \bar{E}_{A,i+j}^2}};$$

$$\bar{E}_{A,i} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m E_{A,i}; \quad \bar{E}_{A,i+j} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m E_{A,i+j},$$

де $j \cdot \Delta t = \tau$ є часовий зсув ($j = 0, 1, 2, \dots$), с;

Δt – період реєстрації миттєвих рівнів шуму у серії, с.

В [8] наведено робочий приклад розрахунку еквівалентного рівня шуму дорожнього руху за даними серійної вибірки, що містить 300 миттєвих рівнів шуму з інтервалом відбору 2 секунди. На рисунку 1 зображено графік залежності величини вибіркового коефіцієнту автокореляції $K(\tau)$ від величини часового зсуву τ , що розрахований за рядами розміром у 200 елементів від початкового елементу серійної вибірки [8].

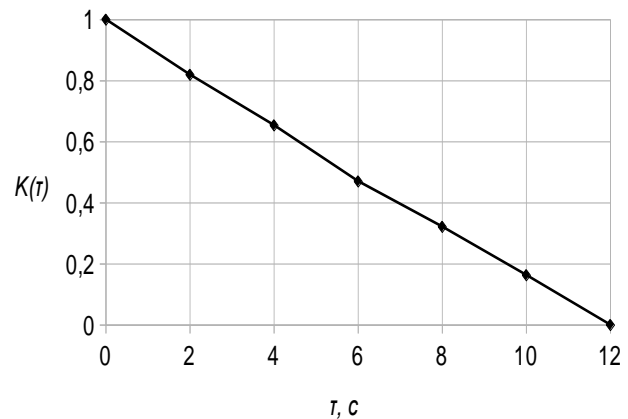


Рис. 1. Автокореляційна функція шуму дорожнього руху за серійною вибіркою з частотою відбору один відлік за дві секунди (за даними [8])

Цей графік наочно демонструє наявність кореляції між сусідніми елементами серійної вибірки, що розглядається. Інтервал автокореляції у даному випадку складає 12 секунд.

Аналогічно, в [9] наведено робочий приклад розрахунку еквівалентного рівня шуму, що наводиться дорожнім рухом в приміщенні, за даними серійної вибірки, що містить 360 миттєвих рівнів шуму з інтервалом відбору 5 секунд. На рисунку 2 зображено аналогічний графік вибіркової автокореляційної функції

$K(\tau)$, що також розрахована за рядами розміром у 200 елементів від початкового елементу серійної вибірки і демонструє довжину інтервалу автокореляції у 30 секунд. Цей розподіл наочно демонструє наявність тісної кореляції сусідніх елементів серійної вибірки.

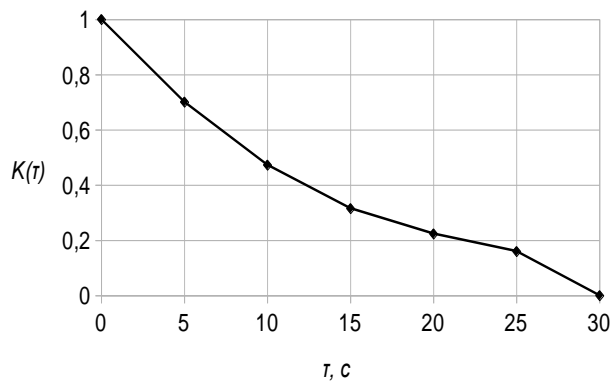


Рис. 2. Автокореляційна функція шуму дорожнього руху за серійною вибіркою з частотою відбору один відлік за 5 секунд (за даними [9])

На додаток звернемось до результатів власних спостережень миттєвих рівнів шуму дорожнього руху на вулицях Харкова, що були зареєстровані у складі 16 серійних вибірок розміром більше двохсот елементів кожна з частотою відбору в одне вимірювання за секунду. Вимірювання проводилися за загальними правилами [8, 9] з використанням каліброваного стандартним чином шумоміра DT-8852. На рисунку 3 для прикладу наведено один графік вибіркової автокореляційної функції, що демонструє наявність інтервалу автокореляції довжиною у 19 секунд. Інші серії також характеризувалися наявністю автокореляційних інтервалів різної тривалості.

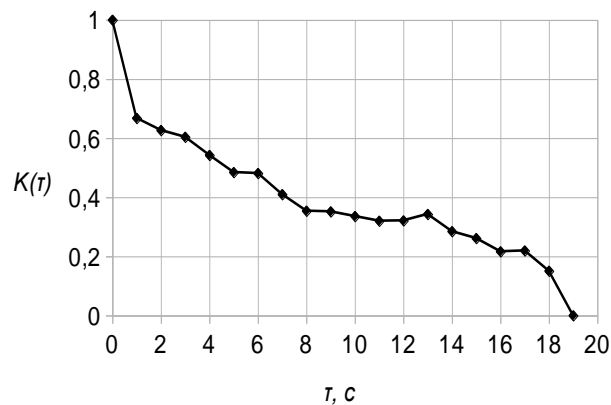


Рис. 3. Приклад автокореляційної функції вуличного шуму дорожнього руху за даними серійної вибірки з частотою один відлік за секунду

Висновки

Наведені результати автокореляційного аналізу даних натурних спостережень шуму дорожнього руху великого міста дозволяють зробити висновок щодо наявності статистичної залежності в серійних вибірках миттєвих рівнів шуму з малими (до кількох десятків секунд) періодами відліків. Таке явище можна віднести на прояв елементарних подій у спостереженнях загального явища міського вуличного шуму, пов'язаних з проходами повз увімкнений шумомір окремих або груп транспортних засобів,

кожний з яких супроводжуються явним підвищенням рівня шуму з наступним його послабленням до фонового. Такі події можуть тривати від кількох до кількох десятків секунд, напевно, в залежності від структури і інтенсивності транспортного потоку. Ця обставина заважає використанню звичайних статистик для розрахунку дисперсій (стандартних відхилень) серійних вибірок [8, 9] з метою визначення похибок оцінки еквівалентних рівнів шуму міста, джерелом якого є дорожній рух.

Література

- Schultz, T. (1978) Synthesis of social surveys on noise annoyance. *J. Acoust. Soc.*, 64, 377–405.
- Fidell, S., Barber, D., Schultz, T. (1991) Updating a dosage-effect relationship for the prevalence of annoyance due to general transportation noise. *J. Acoust. Soc. Am.*, 89, 221–233.
- Fields, J. (1999) An Updated Catalog of 360 Social Surveys of Residents Reactions to Environmental Noise (1943–1993). *Atlanta, GA: Georgia Institute of Technology.*
- Babisch, W., Ising, H., Elwood, P., Sharp, D., & Bainton, D. (1993) Traffic noise and cardiovascular risk: The Caerphilly and Speedwell studies, second phase. *Risk estimation, prevalence and incidence of ischemic heart disease. Arch. Environ. Health*, 48, 406–413.
- Miedema, H., Vos, H. (1998) Exposure-response relationships for transportation noise. *J. Acoust. Soc. Am.*, 104(6), 3432–3445.
- Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council of 25.06.2002 Relating to the Assessment and Management of Environmental Noise (2002) *Official Journal of the European Communities*, 189, 12–25.
- Guidance Note for Noise (2016): Licence Applications, Surveys and Assessments in Relation to Scheduled Activities (NG4). *Environmental Protection Agency, Office of Environmental Enforcement (OEE)*, 80.
- ГОСТ 20444-85 Шум. Транспортные потоки. Методы измерения шумовой характеристики [Текст]. – Введ. 1985. – Москва, 1985. – 37 с.
- ГОСТ 23337-78 Шум. Методы измерения шума на селитебной территории и в помещениях жилых и общественных зданий [Текст]. – Введ. 1978. – Москва, 1984. – 21 с.

References

- Schultz, T. (1978) Synthesis of social surveys on noise annoyance. *J. Acoust. Soc.*, 64, 377–405.
- Fidell, S., Barber, D., Schultz, T. (1991) Updating a dosage-effect relationship for the prevalence of annoyance due to general transportation noise. *J. Acoust. Soc. Am.*, 89, 221–233.
- Fields, J. (1999) An Updated Catalog of 360 Social Surveys of Residents Reactions to Environmental Noise (1943–1993). *Atlanta, GA: Georgia Institute of Technology.*
- Babisch, W., Ising, H., Elwood, P., Sharp, D., & Bainton, D. (1993) Traffic noise and cardiovascular risk: The Caerphilly and Speedwell studies, second phase. *Risk estimation, prevalence and incidence of ischemic heart disease. Arch. Environ. Health*, 48, 406–413.

5. Miedema, H., Vos, H. (1998) Exposure-response relationships for transportation noise. *J. Acoust. Soc. Am.*, 104(6), 3432–3445.
6. Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council of 25.06.2002 Relating to the Assessment and Management of Environmental Noise (2002) *Official Journal of the European Communities*, 189, 12–25.
7. Guidance Note for Noise (2016): Licence Applications, Surveys and Assessments in Relation to Scheduled Activities (NG4). *Environmental Protection Agency, Office of Environmental Enforcement (OEE)*, 80.
8. Standard 20444-85 Noise. Transport flows. Methods for measuring noise performance (1985), 37.
9. Standard 23337-78. Noise. Methods of measuring noise in the residential area and in the premises of residential and public buildings (1984), 21.

Рецензент: д-р техн. наук проф. Ф.В. Стольберг, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна

Автор: БАРАННИК Валерій Олександрович
кандидат фізико-математичних наук, доцент
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – v_barannik@ukr.net

Автор: ДАНОВА Каріна Валеріївна
кандидат технічних наук, доцент
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – BGD204@yandex.ru

Автор: ПОПОВА Луїза Сергіївна
студент
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – luisa.popova@gmail.com

Автор: РЕШЕТЧЕНКО Альона Ігорівна
аспірант
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – alena.reshetchenko@gmail.com

DURATION OF ELEMENTARY EVENTS IN THE STRUCTURE OF NOISE OF ROAD MOTION OF THE GREAT CITY

V. Baranik, K. Danova, L. Popova, A. Reshetchenko

O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine

To characterize the duration of the elementary events of noise increase or decrease due to the car passes by the noise meter, the autocorrelation functions were calculated on the serial samples of the street noise level registrations.

It was shown that the duration of mentioned transport flow events can be significantly larger than standard periods of 2-3 or 5-6 seconds prescribed for the registration of the street noise levels generated by the city transport.

Under these conditions the standard deviation of equivalent noise level assessments cannot be estimated by the use of the usual statistics.

Keywords: noise, noise pollution, auto-correlation function, road traffic.