

УДК 629.3.015

М.В. Хворост, С.А. Грязнова, В.В. Малишева

*Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова,***ДОСЛІДЖЕННЯ ШУМОВИПРОМІНЮВАННЯ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ В ПОТОЦІ**

Впровадженню ефективних заходів щодо зменшення несприятливого акустичного навантаження транспортного потоку на сельбищну зону, що оточує транспортні магістралі, передують дослідження випромінювання шуму автотранспортних засобів в потоці. Проведені експериментальні дослідження дозволили отримати статистичну базу для створення математичної залежності рівнів шуму від кількості легкових автомобілів, що дозволяє визначати очікуваний рівень шуму декількох транспортних одиниць, які рухаються одночасно. Також отримані орієнтовні значення рівнів шуму деяких видів автотранспортних засобів, що рухаються в потоці.

Ключові слова: транспорт, шум, транспортний потік, транспортна магістраль, легковий автомобіль, статистична обробка, прогностична модель.

Постановка проблеми

Вирішення проблеми підвищення рівня безпеки транспортних магістралей для оточуючого середовища великих промислових міст є одним з основних завдань для сучасних мегаполісів. Постійне збільшення кількості транспортних засобів призводить до зростання екологічної небезпеки для мешканців, погіршує якість життя біля транспортних магістралей та несприятливо впливає на стан здоров'я людей.

Шум, зокрема транспортний, несприятливо впливає майже на всі системи організму людини, викликаючи в нього як короточасні, так і тривалі й стійкі функціональні зміни, що приводять до виникнення захворювань серцево-судинної, нервової й іншої систем, а також ослабленню імунної системи організму. Надмірний шум може стати причиною нервового виснаження, психічної пригніченості, вегетативного неврозу, виразкової хвороби, розладу ендокринної й серцево-судинної систем [1]. Шум заважає людям працювати й відпочивати, знижує продуктивність праці й збільшує травматизм на виробництві й у побуті.

Загальний внесок транспортного шуму в акустичний фон сельбищної зони оцінюється на рівні 60 – 80 % [2,3]. Встановлено, що транспортний шум впливає на мешканців сельбищної зони, яка розташована поблизу автотранспортних шляхів, упродовж 15-18 годин на добу. Також зазначено, що для сельбищної зони основну проблему становить саме низькочастотний шум, який має високу проникну здатність та генерується переважно легковими автомобілями.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Дослідженням впливу транспортного шуму на оточуюче середовище займалися наступні вітчизняні та закордонні вчені: Б.Г. Прутков, Є.П. Самойлюк, П.І. Поспелов, О.О. Крузе, Є.Я. Юдін, Г.Л. Осіпов, М.І. Іванов, Р. М. Nelson, MacKenzie Leo Davis, М. Karusta та інші. Дослідниками в різні часи встановлені залежності рівнів звукового тиску шуму транспортних потоків від їх параметрів: інтенсивності, середньої швидкості руху, куту нахилу дорожнього шляху, дорожніх умов та інших показників, які впливають на загальний рівень шумовипромінювання транспортної магістралі.

Прагнення дослідників зробити прогностичну модель зовнішнього шуму транспортних магістралей якомога точнішою змушує включати до розгляду значну кількість факторів, що характеризують дорожні умови, стан полотна, зовнішні фактори та параметри транспортного потоку, які здійснюють різний вклад в загальний процес шумовипромінювання та привносять розбіжності в кінцевий результат, що в підсумку погіршує прогностичні властивості математичної моделі.

По П.І. Поспелову [4] прогностична модель, яка характеризує шум транспортного потоку при інтенсивності руху $N = 60 \div 1500$ од./год виглядає як:

$$L = 50 + 8,8 \lg N \quad (1)$$

де L – рівень шуму транспортного потоку на відстані 7,5 м від вісі найближчої смуги руху транспортної магістралі, дБА;

N – інтенсивність руху, авт./год.

Є.П. Самойлюк [5] запропонував наступну залежність рівня транспортного шуму від інтенсивності потоку автомобілів:

$$L = 50 + 10 \lg N + D, \quad (2)$$

де D – сумарна поправка, яка враховує умови дорожнього руху.

Аналіз математичних залежностей (1-2) для опису шумовипромінювання від характеристик транспортного потоку, отриманих дослідниками, показав, що вони не можуть бути придатними для визначення очікуваних рівнів транспортного шуму у зв'язку із значними змінами в парку автотransпортних засобів, а також кількісному складі автотransпортного потоку. Тому існує необхідність в створенні математичних моделей, які дозволяють прогнозувати транспортний шум для сучасного автотransпортного потоку.

Метою експериментальних досліджень є отримання даних про шумовипромінювання автотransпортних засобів та отримання математичної залежності очікуваного рівня шуму на прикладі одиночного легкового автомобіля.

Вклад основного матеріалу

1. Оцінка шуму транспортних потоків здійснюється на основі стандарту (ГОСТ 20444-85. Шум. Транспортные потоки. Методы измерения шумовой характеристики), котрий визначає, що шумовою характеристикою транспортних потоків є еквівалентний рівень звуку $L_{\text{Лекв}}$, дБА. Вимірювання рівнів шуму проводилися шумоміром типу DT-8852 класу точності 2. Паралельно із замірами рівнів шуму транспортного потоку здійснювався відеозапис, що дозволило отримати докладну інформацію стосовно складу транспортного потоку.

В результаті проведених натурних вимірювань отримані експериментальні дані, стосовно рівнів шуму транспортного потоку взагалі та вкладу окремих транспортних засобів та їх комбінацій.

Отримані експериментальні дані згруповані за наступними групами:

- легковий автомобіль;
- мікроавтобус;
- автобус;
- вантажний автомобіль.

В рамках кожної групи здійснено ранжування. У зв'язку із значною кількістю експериментальних даних, ряд ранжування будувався згідно правила Стерджесу [7, 8]:

$$r = 1 + 3,31 \lg n, \quad (3)$$

де r – кількість інтервалів ранжування;
n – об'єм спостереження.

Для одиночних легкових автомобілів після проведення натурального обстеження отримано 188 значення рівнів шуму, тобто r = 8.

Ширина інтервалу дорівнює

$$h = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{r} = \frac{79,6 - 51,8}{8} = 3,5. \quad (4)$$

Визначимо значення частоти p_i , накопиченої частоти та статистичної функції розподілення:

$$p_i = \frac{m_j}{n}, \quad (5)$$

де m_j – частота появи значень в певному інтервалі

Результати розрахунків наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Інтервальний статистичний ряд шумовипромінювання одиночного легкового автомобіля

Номер інтервального ряду j	Межа інтервалу $x_j - x_{j+1}$	Частота m_j	Частіть p_i	Накопичена частота $m_{j\text{нак}}$	Статистична функція розподілення F_n
1	51,8 – 54,8	4	0,02	2	0,02
2	55,5 – 57,9	2	0,01	3	0,03
3	59,7 – 62,2	5	0,03	6	0,06
4	62,4 – 65,7	25	0,13	19	0,19
5	65,8 – 69,1	35	0,19	38	0,38
6	69,3 – 72,7	55	0,29	67	0,67
7	72,8 – 76,1	53	0,28	95	0,95
8	76,3 – 79,6	9	0,05	100	1,00

За даними табл. 1 побудовано гістограму частоти (рис. 1).

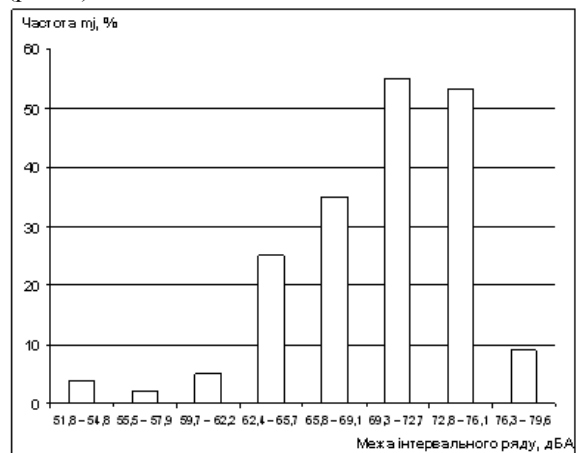


Рис. 1 – Гістограма розподілу частоти рівнів шуму по інтервальних рядах для одиночного легкового автомобіля

Дана гістограма показує, що необхідно виключити грубі промахи із отриманих експериментальних даних. Обробка даних здійснюється за допомогою статистичного критерію Граббса:

$$G_1 = \frac{|x_{\max} - \bar{x}|}{S_1} \text{ та } G_2 = \frac{|\bar{x} - x_{\min}|}{S_1}, \quad (6)$$

де S – середнє квадратичне відхилення даних натурних спостережень, яке визначається як

$$S_1 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}, \quad (7)$$

де x_i – результат i -го спостереження;

\bar{x} – середнє арифметичне значення вимірюваних рівнів шуму;

n – кількість результатів вимірювань.

Перевірка приналежності результатів спостережень нормальному закону розподілення здійснювалася за критерієм Пірсона, який придатний для згрупованих спостережень обсягом більше 50 і визначається як

$$\chi^2 = \sum_1^l \chi_i^2 = \sum_1^l \frac{(m_i - np_i)^2}{np_i}, \quad (8)$$

де m_i – кількість результатів вимірювання інтервалу;

l – кількість інтервалів.

За результатами проведених розрахунків $\chi^2 = 2,42$. При порівнянні цього значення із критичним значенням при кількості ступенів волі $k=8-3=5$, можна зробити висновок про нормальність розподілення при рівні значимості $q=2-10\%$.

Довірчі границі випадкової похибки результату вимірювання визначаються за формулою

$$\varepsilon = t_1 \cdot S, \quad (9)$$

де t_1 – коефіцієнт Стьюдента, який при довірчій ймовірності $P=0,95$ становить 1,96.

Границі невиключеної систематичної похибки θ результату вимірювання за умови підтвердження гіпотези про нормальне розподілення визначається як

$$\theta = k \sqrt{\sum_{i=1}^b \theta_i^2}, \quad (10)$$

де k – коефіцієнт, який визначається довірчою ймовірністю, при $P=0,95$, $k=1,1$;

θ_i – границя i -ї невиключеної систематичної похибки.

Обробка даних за вищезазначеною методикою дозволила отримати орієнтовні значення рівнів шумовипроміювання автотранспортних засобів в умовах руху по транспортній магістралі (табл. 2).

Таблиця 2 – Орієнтовні рівні шумовипроміювання транспортних засобів, що рухаються в потоці

№ з/п	Тип транспортних засобів	Рівень шумовипроміювання, дБА
1	Легковий автомобіль	69,97
2	Мікроавтобус	71,75
3	Автобус	72,5
4	Вантажний автомобіль	72,36
5	Мотоцикл	70,4

Аналіз експериментальних даних, наведених в табл. 2, показав, що по-перше, вони відрізняються від тих, що отримані Є.П. Самойлюком та П.І. Поспеловим [2-3], по причині якісної зміни складу транспортного потоку, та, по-друге, можна зробити висновок про недоцільність дрібного групування транспортних засобів по типах для подальших експериментальних досліджень.

За експериментальними значеннями середніх рівнів шуму легкових автомобілів методом найменших квадратів створено поліноміальну модель

$$y = 70,8 + 0,6x^2 - 1,4x, \quad (11)$$

де x – кількість легкових автомобілів, що проходять повз спостерігача одночасно.

В подальшому, для оцінки впливу транспортного шуму на оточуюче середовище, отриману математичну залежність (11) необхідно записати з урахуванням загасання акустичних коливань в міру віддалення від транспортної магістралі.

Висновки

Таким чином, проведені експериментальні дослідження шумовипроміювання автотранспортних засобів при русі в потоці дозволили встановити, що за сучасних умов необхідно проводити нові дослідження шуму автотранспортного потоку у зв'язку із змінами його кількісного та якісного складу. Отримані орієнтовні дані рівнів шуму різних транспортних засобів можуть стати у пригоді при розробках прогностичних моделей не тільки для одиночних транспортних засобів, але й для більш складних умов.

Література

1. Данова К.В., Данова В.В. Вплив транспортного шуму на людину та шляхи його зниження // Науковий вісник будівництва. – Вип. 55. – Харків: ХДТУБА, 2009. – С. 270-273.
2. Шейкіна Ю.О., Мислюк О.О. Акустичне забруднення селітебного середовища міста від транспортних потоків // Вісник КДПУ імені Михайла Остроградського. – Вип. 5/2007 (46). Частина 1. – Кременчук: Кременчуцький державний політехнічний університет імені Михайла Остроградського, 2007. – С. 144-147.
3. Пономаренко А.Н., Евстафьев В.Н., Скиба А.В., Шейн С.В., Любчак М.П. Санитарно-гигиенические аспекты эксплуатации автомобильного транспорта // Актуальные проблемы транспортной медицины: Медицинский научный журнал. – Вып. 3 (9). – Одесса: Украинский научно-исследовательский институт медицины транспорта, 2007. – С. 53-58.
4. Поспелов П.И. Борьба с шумом на автомобильных дорогах. – М.: Транспорт, 1981. – 88 с.
5. Самойлюк Е.П. Борьба с шумом в градостроительстве. – К.: «Будівельник», 1975. – 128 с.
6. Маркин Н.С. Основы теории обработки результатов измерений. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 176 с.
7. Пинчук С.И. Организация эксперимента при моделировании и оптимизации технических систем: учебное пособие. – Днепропетровск: ООО Независимая издательская организация «Дива», 2008. – 248 с.

Автор: ХВОРОСТ Микола Васильович

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Харків, доктор технічних наук, професор.

E-mail – bgd@kname.edu.ua

Автор: ГРЯЗНОВА Світлана Аркадіївна

Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова, Харків, кандидат технічних наук.

E-mail – gryaznova_sa@mail.ru

Автор: МАЛИШЕВА Вікторія Валеріївна

Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова, Харків.

E-mail – viktoriyamalyshvabgd@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ШУМОИЗЛУЧЕНИЯ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В ПОТОКЕ

Н.В. Хворост, С.А. Грязнова, В.В. Малышева

Внедрению эффективных мер по уменьшению неблагоприятной акустической нагрузки транспортного потока на селітебную зону, окружающую транспортные магистрали, предшествует исследование излучения шума автотранспортных средств в потоке. Проведенные экспериментальные исследования позволили получить статистическую базу для создания математической зависимости уровней шума от количества легковых автомобилей, что позволяет определять ожидаемый уровень шума нескольких транспортных единиц, движущихся одновременно. Также получены ориентировочные значения уровней шума некоторых видов автотранспортных средств, движущихся в потоке.

Ключевые слова: транспорт, шум, транспортный поток, транспортная магистраль, легковой автомобиль, статистическая обработка, прогностическая модель.

STUDY OF THE NOISE SOURCES OF VEHICLES IN THE STREAM

M.V. Khvorost, S.A. Gryaznova, V.V. Malysheva

The implementation of effective measures of reducing of adverse acoustic load of traffic flow on the dwelling zone, which surrounds highways, preceded the studying of the noise emission of the vehicles in the stream. The experimental studies allowed to obtain a statistical base for the creation of mathematical dependence of the noise levels from the number of cars that allows to determine the expected noise level of several transport units, which move simultaneously. The estimated values of the noise levels of some types of vehicles which move in the stream were obtained.

Keywords: transport, noise, traffic, highway, car, statistical processing, predictive model.