



• © Р.Я. Качмар, канд. техн. наук, доцент (НУ «Львівська політехніка»)

ОЦІНЮВАННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ТА ЕКОНОМІЧНИХ ВТРАТ ВІД ШУМУ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ МІСТА ЛЬВОВА

Анотація. Визначено шумове навантаження на вулицях міста та побудована модель рівнів виміряного та еквівалентного шуму залежно від інтенсивності транспортного потоку, години доби та дня тижня. Розраховано економічні втрати від транспортного шуму по вартості шкоди для здоров'я людей.

Ключові слова: забруднення, екологічний ефект, інтенсивність, перехрестя, транспорт, шум.

Аннотация. Определено уровень шума на улицах города и построена модель уровней измеренного и эквивалентного шума в зависимости от интенсивности транспортного потока, времени суток и дня недели. Рассчитано экономические потери от влияния транспортного шума на здоровье людей.

Ключевые слова: загрязнения, экологический эффект, интенсивность, перекресток, транспорт, шум.

Annotation. The noise exposure on city streets is measured. According to traffic intensity, time of day and day of week, the model of measured and equivalent noise levels is built. The economic costs of traffic noise were calculated on the valuable basis of human's health recovery.

Keywords: pollution, environmental impact, intensity, crossroads, transport, noise.

Вступ

У багатьох містах світу збільшення кількості транспорту та недостатній рівень його технічного обслуговування, недосконалість існуючої вулично-дорожньої мережі, відсутність захисних екранів призвели не тільки до зросту рівня токсичних компонентів у повітрі, а й до збільшення шумового навантаження доквілля.

Звичайно для нових міст із прогнозованим на стадії проектування рівнем транспортного навантаження, коли житлові та промислові будівлі розташовані віддалено від транспортних магістралей із використанням відомих способів екранування від шуму і розсіювання шкідливих викидів, це питання менш болюче, порівняно зі старими містами, транспортна інфраструктура яких поглинула вузькі історичні забудови.

Так, при моделюванні сучасних транспортних потоків намагаються врахувати усі чинники, які впливають на зміну пропускної здатності перехресть та інтенсивності руху транспорту на вулично-дорожній мережі міст. Водночас, при збільшенні пропускної здатності перехресть і усуненні, так званих, "вузьких" місць, недостатньо уваги приділяється врахуванню таких супутніх чинників зросту інтенсивності транспортного потоку, як збільшення рівня шумового навантаження прилеглих територій.

Рівень транспортного шуму теж є важливим аспектом сучасного життєвого простору, джерелом його фізичного забруднення. Транспортний шум спричиняють за рахунок роботи різні типи двигунів автомобілів, шини та елементи підвіски, гальма та аеродинамічні особливості транспорту. Вивченням рівня шуму, який створюється автомобілями присвячено велику кількість досліджень. Це питання вивчали А.З. Філіппов, В.В. Рудзінський, О.А. Загородній та інші. Не применшуючи наукового вкладу та прикладного характеру проведених досліджень, потрібно наголосити, що сучасні міста України, у яких існує велика кількість "вузьких" місць через межування житлової забудови різних століть (характерно для м. Львова) та відсутність коштів на вдосконалення й розвиток вулично-дорожньої мережі не відповідають чинним методикам визначення рівня еквівалентного шуму на прогонах транспортного потоку.

Практично відсутні граничні рівні транспортного шуму на магістральних вулицях, його рівень обмежується лише санітарними вимогами: 55 дБА для території житлової забудови (двори, внутрішні проїзди тощо), 40 дБА в житловому приміщенні вдень і 30 дБА вночі.

Водночас не передбачено вимір рівня шуму потоку автомобілів на найбільш навантажених

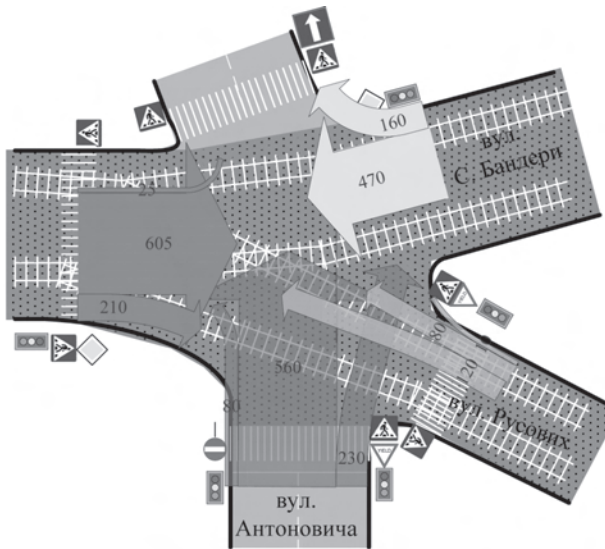


Рис. 1. План-схема перехрестя в районі Привокзальної з епіорами зведеної інтенсивності потоків та напрямку їх подальшого руху (час вимірювання 12⁰⁰)

ділянках руху – перехрестях, а саме на них спостерігаються максимальні рівні транспортного шуму.

Тому на основі аналізу попередніх досліджень було сформульовано такі завдання:

- проаналізувати способи, методи та засоби визначення рівня шуму транспортних потоків;
- розробити методику та провести експериментальні дослідження залежності шуму транспортних потоків від часу доби та дня тижня, інтенсивності, густини та складу транспортного потоку;
- провести економічну оцінку впровадження заходів зі зменшення рівня шуму транспортних потоків.

Задля вирішення цих завдань було використано попередні дослідження типових транспортних потоків, характерних для м. Львова [1]. Для дослідження рівня шуму транспортних потоків міста використано шумомір ВШВ 003.

Основна частина

Згідно з вимогами стандарту методика вимірювання шуму від руху транспорту створена тільки для прогонів дороги на віддалі не менше 50 м від перехрестя та зупинок маршрутних транспортних засобів. Хоча саме на перехрестях створюється найбільший шумовий фон. Тому вимірювання рівня шуму на перехресті проводилося за методикою ГОСТу 20444-85 – вимірювальний мікрофон розташовувався на віддалі від осі першої смуги руху 7,5 м, на висоті 1,5 м. Мікрофон скеровувався у бік транспортного потоку в напрямку центру перехрестя. За допомогою фотокамери у режимі відео, відбувалося одночасне фіксування інтенсивності руху на перехресті та переміщення стрілки шумоміра. Всі дані, а саме дата, час, температура повітря, тип та стан дорожнього покриття на момент проведення виміру, фіксувались і заносились в протокол вимірювань. Тривалість заміру встановлено на рівні 6 хвилин, що забезпечує точність

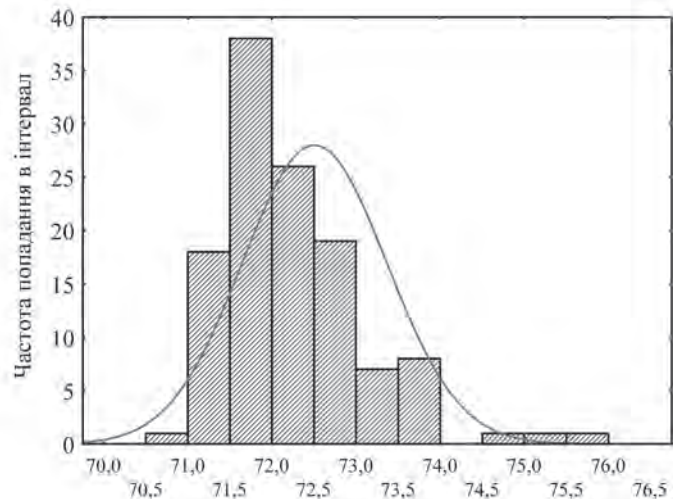


Рис. 2. Розподіл рівня шуму транспортного потоку на обраному перехресті вулиць

в межах 1 дБА. При подальшому опрацюванні кожні 3 секунди визначалася реальна та приведена інтенсивність руху із врахуванням коефіцієнтів приведення типу транспортних засобів та значення максимального рівня шуму за цей проміжок.

За результатами спостережень рівня транспортного шуму на обраному перехресті, протягом 2009-2012 років, проведено визначення математичного сподівання рівня шуму на перехресті, побудовано гістограми розподілів шуму, як за період проведення вимірювань, так і за годинами доби та дня тижня. В результаті апроксимації отримано поліноми залежності рівня вимірюваного транспортного шуму від реальної та приведеної інтенсивностей потоку транспорту.

Для прикладу на рис. 1 наведено план-схему досліджуваного перехрестя з вказанням епіор приведеної інтенсивності перехресних потоків та напрямку їх подальшого руху (час заміру 12⁰⁰). Найбільша приведена інтенсивність транспортного потоку спостерігається в напрямку руху по вулиці Бандерії з напрямку вулиці Антоновича (відповідно 1470 і 870 авт/год).

Причому вулиця Степана Бандери через перетин трамвайних потоків і виступаючих над дорожнім полотном рейок, змушує водіїв транспортних засобів зменшувати швидкість руху, а потім інтенсивно розганятися, що призводить до зростання рівня шуму від коливань елементів підвіски і роботи двигуна автомобіля.

На основі аналізу рівнів шумового забруднення при описаній інтенсивності руху транспортного потоку побудовано гістограму розподілів рівня шуму на перехресті (рис. 2).

Математичне сподівання рівня шуму за період вимірювання дорівнює 72,49 дБА. Водночас існують



пікові значення рівня транспортного шуму, які створюються окремими транспортними засобами, зокрема різними звуковими сигналами. Через неперервний потік транспортних засобів з усіх напрямків на перехресті рівень фонового шуму не знижується нижче 70,5 дБА.

При оцінюванні економічної складової екологічних втрат зазвичай визначають затрати на лікування і виплати за листами непрацездатності через хвороби громадян, викликаних внаслідок забруднення довкілля; затрат на відновлення зелених і лісових насаджень; затрат на відновлення будівель і споруд через кислотні дощі [2].

При розрахунку економічних втрат враховують також соціальну складову – втрату здоров'я кожної людини зокрема і нації загалом, руйнування довкілля, порушення екологічної рівноваги, яке може призвести до непередбачених негативних наслідків.

Для розрахунку економічних втрат від шуму за базу взято центральну частину м. Львова із його основними автомагістралями. Площа центральної частини склала приблизно 1 км². Загальна протяжність вулиць центральної частини міста – 10,73 км, а тих, які прилягають до неї – 11,74 км.

Спостереженнями встановлено, що усереднена інтенсивність руху різних типів АТЗ у м. Львові для досліджуваних ділянок вулично-дорожньої мережі змінюється від 1800 до 2500 авт/год залежно від годин доби, днів тижня та пори року. Найбільші значення інтенсивності обумовлені максимальною пропускною здатністю перехрест'я і спостерігаються у годину-пік.

Втрати від транспортного шуму на лінійних конфліктних об'єктах розраховують відповідно

до вартості шкоди, завданної здоров'ю людей. Річні нормативні (по відношенню до прийнятого нормативу $L_i \approx 35$ дБА) втрати визначаються [3]:

$$P = \sum(k_{L_i} \cdot N_i) \Phi \cdot S \cdot C_e \cdot k, \text{ грн./год.} \quad (1)$$

де k – соціальний коефіцієнт екологічних втрат ($k = 1,5$ [3]); N_i – питоме число споживачів екологічного впливу, люд/км; Φ – річний фонд часу, год; S – протяжність досліджуваної ділянки, км; C_e – питома годинна вартість ВВП (в нормальних екологічних умовах $C_e = 0,3$ грн./люд.год [3]).

Як розрахункове значення річного фонду часу найчастіше приймають $\Phi = 3600$ год/рік ($300 \times 12 = 3600$ год/рік). Однак для дуже завантажених об'єктів, розташованих на магістральних вулицях чи дорогах, ця цифра може бути збільшена до 4200 год/рік. В той час як для мало завантажених об'єктів величина річного фонду часу може бути зменшена до 2500 год/рік. При розрахунках можна приймати будь-яке значення річного фонду часу в діапазоні від 2500 до 4200 год/рік.

Кількість споживачів екологічного впливу визначиться із урахуванням водіїв і пасажирів, пішоходів та кількості мешканців прилеглих будинків.

Кількість водіїв і пасажирів N_1 [3], які потрапляють під вплив шуму обчислюється:

$$N_1 = (40 \cdot \Delta A + 1,5) \cdot Q / V, \text{ люд/км} \quad (2)$$

де ΔA – частка громадського транспорту в потоці; Q – інтенсивність руху авт/год; V – швидкість руху потоку, км/год.

Кількість пішоходів N_2 , які потрапляють під вплив шуму обчислюється [3]:

$$N_2 = \sum Q_n / V_n, \text{ люд/км} \quad (3)$$

де $\sum Q_n$ – сумарна інтенсивність руху пішоходів (зокрема рух переходами і тротуарами), люд/год;

Таблиця 1

Економічне обґрунтування втрат від дії шуму на довкілля

№ п/п	Приведена інтенсивність, авт/год	Рівень шуму, що створюється (за моделлю), дБА	Довжина вулично-дорожньої мережі, км	Втрати, грн/рік
Нинішня ситуація				
1.	1800	72	22,47	8568592,2
2.	2000	72,4	22,47	9329426,4
3.	2200	72,7	22,47	10065302,7
4.	2400	72,9	22,47	10766042,6
5.	2600	73,1	22,47	11479639,3
Застосування екранування місцевості				
1.	1800	47	22,47	1389259,6
2.	2000	47,4	22,47	1550590,9
3.	2200	47,7	22,47	1703224,1
4.	2400	47,9	22,47	1843228,2
5.	2600	48,1	22,47	1988081,6
Заборона руху ТЗ в центральній частині міста				
1.	1800	72	11,74	4476870,2
2.	2000	72,4	11,74	4874386,6
3.	2200	72,7	11,74	5258863,1
4.	2400	72,9	11,74	5624981,8
5.	2600	73,1	11,74	5997817,8
Заборона руху ТЗ в центральній частині міста і застосування екранів				
1.	1800	47	11,74	725852,6
2.	2000	47,4	11,74	810144,1
3.	2200	47,7	11,74	889890,9
4.	2400	47,9	11,74	963039,6
5.	2600	48,1	11,74	1038721,8

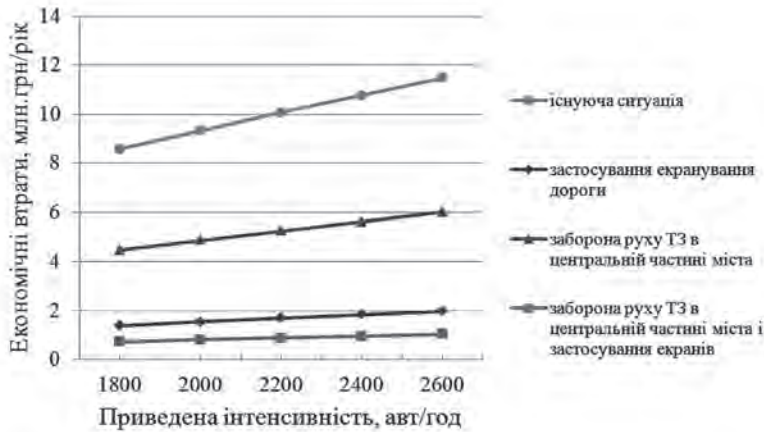


Рис. 3. Залежність величини економічних втрат дії шуму транспортних потоків від приведеної інтенсивності автомобілів

V_n – швидкість руху пішоходів, км/год (прийнято $V_n = 4$ км/год тротуари; $V_n = 5$ км/год переходи).

Для наближених розрахунків кількості мешканців прилеглих будинків N_3 , залежно від типу і призначення будівлі приймають [3]:

$$N_3 \approx (0,7 \dots 1,0) N_{вік}, \text{ люд/км} \quad (4)$$

де $N_{вік}$ – кількість вікон прилеглих (до 50 м) будівель, що виходять на досліджувану вулицю, вікон/км; k_{Li} – коефіцієнт питомих втрат національного доходу ВВП від збільшеного рівня шуму для кожної категорії споживачів:

$$k_{Li} = 1,8 \cdot 10^{-7} \cdot Li^{3,39} - 0,0312 \quad (5)$$

де L_i – приведений до споживача рівень шуму.

Приведений рівень шуму обчислюється:

- для водіїв $L_1 = L_0 + \Sigma d_1$,
- для пішоходів $L_2 = L_0 + \Sigma d_2$,
- для жителів $L_3 = L_0 + \Sigma d_3$,

де L_0 – рівень створюваного шуму; Σd_i – сума поправок при розрахунку створюваного шуму, дБА (враховується тип покриття, озеленення, екранування місцевості, ширина вулиці та висота забудови, дисперсія швидкості).

Коли ми підставимо всі значення у формулу (1), отримаємо загальні втрати створені в існуючих умовах автомобільним транспортом (табл. 1) при різному значенні інтенсивності руху.

Задля зміни нинішньої ситуації для м. Львова було проведено визначення екологічного і економічного ефектів при використанні можливих заходів захисту від шуму – екранування місцевості та введення заборони на в'їзд у центральну частину міста.

Із допомогою сучасних екранів можна знизити створюваний рівень шуму на 25-30 дБА, а заборона в'їзду в центральну частину міста транспортних засобів дасть змогу зменшити протяжність вуличної мережі.

Проведено обчислення загальних втрат від дії шуму з врахуванням наведених заходів (табл. 1, рис. 3). Ефективним є зниження рівня транспортного шуму при застосуванні екранів (рис. 3), з допомогою яких можна його зменшити до безпечного рівня. Порівняно з вартістю одного квадратного метру екрана, а це від 65 до 250 євро, можна зробити висновок щодо доцільності застосування стосовно втрат

від дії шуму, які обчислюються мільйонами гривень на рік.

Не менш актуальним заходом щодо зменшення рівня шуму є часткове усунення джерела шуму – заборона в'їзду транспорту в центральну частину міста. Цей непопулярний захід призведе до збільшення кількості автомобілів на прицентральній частині вулично-дорожньої мережі, що своєю чергою за обмеженої пропускної здатності призведе до збільшення часу затримки транспортних потоків. Водночас, як показали розрахунки (табл. 1), заборона в'їзду дасть змогу не тільки знизити рівень шумового навантаження на пішоходів і жителів центральної частини міста, а й отримати зменшення суми річних економічних втрат для середньої інтенсивності руху транспорту 2000 авт/год на 4,5 млн грн/рік.

Висновки

На основі проведених досліджень сформовано висновки:

- рівень шуму створюваного транспортними потоками більший ніж допустимі санітарні норми у 1,3 рази;
- рівень шуму на перехресті визначається значенням приведеної інтенсивності, густини та складу транспортного потоку, години доби;
- при рості швидкості руху переважає шум від автомобільних шин, а на режимах розгону – шум від роботи двигуна, причому шумове навантаження різко зростає при проходженні електротранспорту;
- на режимах розгону істотний рівень шуму створюють автомобілі з дизелями великої потужності, особливо маршрутних транспортних засобів;
- після розв'язання поставлених завдань, для подальшого вирішення проблеми негативного впливу транспортного шуму на мешканців міста було обчислено економічні втрати;
- величина втрат при застосуванні сучасних шумозахисних екранів для середньої інтенсивності руху 2000 авт/год складатиме 1,55 млн грн/рік, що на 7,8 млн грн менше за їх відсутності.

Подальше опрацювання вулично-дорожньої мережі дасть змогу детальніше дослідити розподіл рівня шуму транспортних потоків міста Львова, визначити проблемні місця і завдяки застосуванню екранування чи заборони руху знизити вплив автотранспорту на населення міста.

ЛІТЕРАТУРА

1. J. Fornalchyk, R. Kachmar. Selective assessment of environmental side of traffic in Lviv // Energetic and ecological aspects of agricultural production. Faculty of Production Engineering Warsaw University of Life Sciences – Warsaw (Poland). – 2010. – P. 59-66.
2. Экология и экономика природопользования: Учебник для вузов/ Под ред. проф. Э.В. Гирусова. – М.: ЮНИТИ, 2000. – 455 с.
3. Определение потерь в дорожном движении: Монография / Ю.А. Врубель, Д.В. Капский, Е.Н. Кот. – Мн.: БНТУ, 2006. – 240 с.