УДК 625.7

• © Є.Б. Угненко, докт. техн. наук, професор,
• © В.С. Гавриш (ХНАДУ)

ВИЗНАЧЕННЯ АКУСТИЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ПРИДОРОЖНЬОГО ПРОСТОРУ ТА ОСНОВНИХ ШУМОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКУ

Анотація. *Розглянуто основні методи визначення шумових характеристик транспортних потоків. Представлені залежності для прогнозування еквівалентного рівня шуму і результати натурних вимірів рівнів звуку на експериментальних ділянках автомобільних доріг. Проведено аналіз виміряних рівнів звуку і розрахункових значень рівнів звуку, що отримані за допомогою аналітичного методу.*

Ключові слова: *автомобільна дорога, транспортний шум, акустична емісія, транспортний потік, придорожній простір, експлуатаційний стан, проїзна частина, еквівалентний рівень шуму.*

Аннотация. *Рассмотрены основные методы определения шумовых характеристик транспортных потоков. Представлены зависимости для прогнозирования эквивалентного уровня шума и результаты натурных измерений уровней звука на экспериментальных участках автомобильных дорог. Проведен анализ измеренных уровней звука и расчетных значений уровней звука, полученных с помощью аналитического метода.*

Ключевые слова: *автомобильная дорога, транспортный шум, акустическая эмиссия, транспортный поток, придорожное пространство, эксплуатационное состояние, проезжая часть, эквивалентный уровень шума.*

Annotation. *In the article the basic methods of traffic noise characteristics. Presented dependence to predict the equivalent noise level and field research results of sound levels on experimental sections of highways. The analysis of the sound levels measured and calculated values of sound levels obtained using the analytical method.*

Keywords: *road, traffic noise, acoustic emission, traffic, roadside space, operational status, roadway, equivalent noise level.*

Вступ

Основні шумові характеристики транспортних потоків залежать від інтенсивності, швидкості й питомої ваги вантажних автомобілів у потоці, організації руху, дорожніх умов і експлуатаційного стану проїзної частини. У нинішній час розроблені розрахункові методи, які дозволяють встановлювати ті чи інші шумові характеристики при русі транспорту в умовах населених пунктів, а саме, методи натурних вимірів, аналітичні методи і методи моделювання. Метод натурних вимірів дозволяє досліджувати вплив перерахованих вище параметрів на реальному транспортному потоці, встановлювати санітарно-гігієнічну оцінку шуму на відповідний період часу. Метод натурних вимірів, що дозволяє визначати шумові характеристики транспортних потоків (ШХТП), а також рівні звуку від транспортного руху на сельбищних територіях, у приміщеннях житлових і громадських будівель, введений у низку стандартів.

Аналітичний метод, пов'язаний з використанням детермінованих та імовірнісних моделей, дозволяє прогнозувати транспортний шум.

Та при роботі з вказаними вище методами виникають специфічні завдання, багато з яких ще не вирішені: відсутня єдина термінологія, немає єдиної думки щодо використання в розрахунках шумових характеристик транспортних потоків на різних стадіях будівництва та реконструкції автомобільних доріг тієї або іншої моделі руху транспортних потоків в умовах населених пунктів. Не повною мірою враховується спільний вплив дорожніх умов і експлуатаційного стану проїзної частини на акустичне забруднення придорожнього простору [1].

Метою експериментальних досліджень – дослідити спільний вплив дорожніх умов та експлуатаційного стану проїзної частини на акустичне забруднення придорожнього простору населених пунктів: визначити основні шумові характеристики транспортних потоків, розглянути співставність результатів натурного експерименту й аналітичних розрахунків.

Основна частина

Численні натурні виміри, що проведені на експериментальних ділянках автомобільних доріг, дозволили виявити кореляційний зв'язок для рівня шумового фону $L_ф$ в години пік:

$$L_ф = 10\times\lg Q - 6 - DL_ф, \qquad (1)$$

де Q – чисельність населення, чол.;

$L_ф = 0$ для малих і середніх населених пунктів;

$L_ф = 10$ дБА для периферійних районів.

Із введенням державного стандарту на допустимий зовнішній шум автотранспортних засобів, промислові

Таблиця 1

Розрахункові значення рівнів звуку автомобілів

Показники	Автотранспортні засоби					
	легкові	вантажні з повною масою, т				автобуси
		до 2	2-5	5-8	понад 8	
Середньозважене значення рівня звуку L_{50i}, дБА	74	75,5	82,2	87,5	89	85
Середньоквадра-тичне відхилення δ, дБА	3,0	3,0	3,0	3,0	2,6	2,3
Розрахункове значення рівня звуку L_{50i}^{*}	75	76,3	83,5	88,5	89,6	85,4
Примітка *. Значення L_{50i} прийняті з урахуванням довірчого інтервалу для оцінки його невідомого математичного очікування при заданій значимості оцінки 0,95.						

підприємства Європи почали випускати автомобілі з регламентованою шумовою характеристикою. Збільшення шорсткості дорожнього покриття призводить до збільшення рівня звуку одиночного автомобіля:

$$\Delta L\lambda_{М} = 3\cdot\lg\lambda_{М} / 0,3, \qquad (2)$$

де $\lambda_{М}$ – макрошорсткість в межах від 0,3 мм до 10,0 мм.

З урахуванням викладеного вище можна встановити прогнозований еквівалентний рівень шуму в розрахункових точках придорожньої смуги населеного пункту за залежністю:

$$L_{Аекв} = 10\cdot\lg[\frac{Q}{4\cdot10^{0,1\Delta\Phi}} + 1,2\cdot10^{-9}\cdot N_1\cdot\xi_m\cdot V^{2,4}\cdot\lambda_m^{0,3}\cdot$$

$$\cdot(\sum_{i=1}^{f_n}\rho_i\cdot10^{0,1}\cdot50^i)\sum_l^m\frac{1}{d_m}] \qquad (3)$$

де N_1 – пропускна здатність однієї смуги руху (авт/год) на даній ділянці дороги при сталій середній швидкості руху V, км/год;

f_n – кількість врахованих типів автомобілів в транспортному потоці;

l_m – величина шорсткості дорожнього покриття, мм;

r_i – відсоток i-го типу автомобіля в потоці,%;

L_{50i} – рівень звуку i-го автомобіля на відстані 7,5 м від осі смуги руху при швидкості руху 50 км/год, дБА;

d_m – відстань від точки розрахунку до осі смуги руху з порядковим номером m, м;

ξ_m – коефіцієнт, що враховує дорожні умови й експлуатаційний стан проїзної частини.

Для визначення аналітичної залежності годинного еквівалентного рівня звуку як функції від параметрів, що характеризують транспортний потік, стан покриття і шумовий фон прийнято ряд ідеалізацій. В якості розрахункових значень L_{50i} були прийняті дані, отримані в результаті експериментальних досліджень, які наведені у **табл. 1.**

Експериментальні дослідження відносяться до класу пасивних, оскільки не дозволяють варіювати фактори, які зумовлюють встановлення рівнів акустичного забруднення придорожнього простору.

Особливу увагу було приділено вибору експериментальних ділянок. Дослідження проводили на ділянках автомобільних доріг: М-03 Київ – Харків, М-06 Київ – Чоп.

Натурні виміри еквівалентного рівня транспортного шуму проведені за діючими стандартами України [4]. Для експериментальних досліджень використовували інтегруючий прецизійний шумомір 00026 фірми RFT (Німеччина). Для транспортних потоків з інтенсивністю понад 1 000 авт/год тривалість вимірювань складала 15 хвилин, а з інтенсивністю від 500 авт/год до 1 000 – 20 хвилин.

Планом експерименту було визначено вибірку обсягом 15 вимірювань шумових характеристик транспортних потоків (ШХТП). Результати порівнянь виміряних і розрахованих величин ШХТП наведені у **табл. 2**.

Отримані похибки $\nabla_{дин.}$ і $\nabla_{ст.}$ визначені як $L_{вим.}-L_{дин.}$ і $L_{вим.}-L_{ст.}$, були досліджені на однорідність із застосуванням критерію Вілкоксона при значимості 0,01. Встановлено, що похибки $\nabla_{дин.}$ і $\nabla_{ст.}$ за даним обсягом вибірки є однорідними та їх розподіл близький до нормального пакету.

Таким чином, розрахункова математична модель, представлена залежністю (3), добре узгоджується як з результатами натурних спостережень, так і з результатами розрахунку за статистичною моделлю.

У результаті експериментальних досліджень на акустичному полігоні були отримані карти рівнів шуму в придорожній смузі населеного пункту прийомами планування і забудови, де криві рівних рівнів звуку визначають відносне зниження рівня звуку від джерела забруднення – першої осі руху автомобілів по проїзній частині автомобільної дороги (**рис. 1**). Розроблена номограма для визначення рівня акустичного забруднення придорожнього простору (**рис. 2**).

Висновки

У результаті проведення експериментальних досліджень встановлено, що зовнішній рівень звуку транспортних потоків значно залежить від швидкості руху автомобілів, дорожніх умов та основних експлуатаційних показників автомобільних доріг.

Численні натурні виміри дозволили виявити кореляційний зв'язок та отримати залежність для визначення рівня шумового фону $L_{ф}$ у години пік. Також

Таблиця 2

Результати натурних вимірів та аналіз розрахункових формул

Інтенсивність авт/год	Швидкість, км/год	Склад потоку по типах автомобілів ρ_i, %							Рівні звуку, дБА			Похибка, дБА	
		Легкові автомобілі	автобуси		вантажні автомобілі з масою								
			Мерседес	Ікарус	до 2 т	від 2 т до 5 т	від 5 т до 8 т	Понад 8 т	$L_{вим}$, м	$L_{ст.}$	$L_{дин.}$	$\nabla_{ст.}$	$\nabla_{дин.}$
570	66,8	62,1	5,1	9,5	5,8	5,8	4,8	6,4	73,8	73,0	71,2	+0,8	+2,6
750	60,0	64,0		3,0	8,3	8,1	9,2	7,4	72,5	72,0	72,5	+0,5	+0,5
720	68,6	76,7		4,3	6,4	6,2		6,4	77,7	75,4	74,6	+2,3	+3,1
1020	65,4	73,3	2,9	6,8	4,3	3,4	5,0	4,3	76,1	76,2	74,2	-0,1	+1,9
630	72,1	67,6		4,3	7,0	7,0	6,5	8,5	72,8	72,7	75,7	+0,1	-2,9
630	78,9	62,4		4,0	7,0	7,0	9,3	10,3	75,5	75,0	73,7	+0,5	+1,8
660	75,4	66,4		8,1	25,5				76,4	74,0	74,4	+2,4	+2,0
360	68,9	63,3		1,7	20,0	15,0			68,7	70,8	70,1	-2,1	-1,3
480	65,0	67,5	6,3	6,3	5,0	4,9	5,0	5,0	72,1	71,3	73,1	+0,8	-1,0
570	62,5	62,1	5,3	4,2	14,2	14,2			74,6	71,9	73,3	+2,7	+1,3
600	66,1	60,0		5,2	9,0	10,8	6,0	9,0	73,5	73,5	72,3	0	+1,2
840	72,9	72,1		5,1	11,4	11,4			74,4	75,9	73,1	-1,5	+1,3
540	72,1	78,9	5,6	9,7	3,8		2,0		76,0	72,0	73,1	+4,0	+2,9
660	76,4	66,4		4,6	9,7	10,7		8,6	74,6	74,0	73,1	+0,6	+1,5
690	71,8	67,9		4,4	9,2	9,2		9,3	74,3	72,9	71,9	+1,4	+2,4

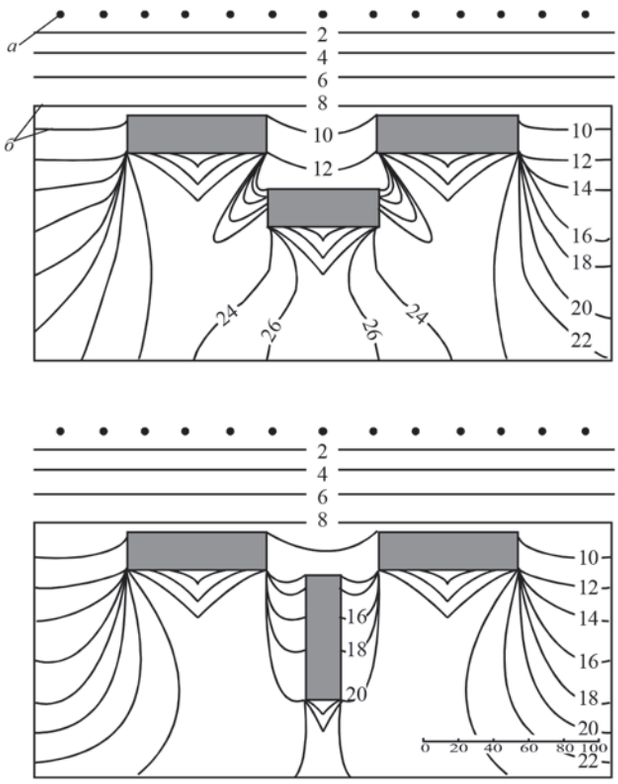

Рис. 1. **Карти шуму примагістральних територій для різних варіантів планування і забудови, дБА:**
а – джерело шуму; б – криві рівних рівнів звуку

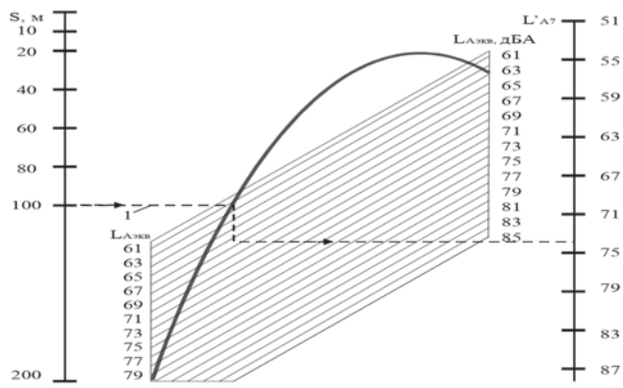

Рис. 2. **Номограма для визначення рівня акустичного забруднення придорожнього простору**

встановлено залежність для прогнозування еквівалентного рівня шуму в розрахункових точках придорожньої смуги населених пунктів, що враховує дорожні умови й експлуатаційний стан проїзної частини.

ЛІТЕРАТУРА

1. Угненко Е.Б. Методология проектирования реконструкции автомобильных дорог с учетом экологических показателей : моногр. / Е.Б. Угненко. – Харьков: ХНАДУ, 2008. – 184 с.

2. Луканин В.Н. Промышленно-транспортная экология. – М.: Транспорт, 2004. – 274 с.

3. Стольберг Ф.В. Экология города. – К.: Либра, 2000. – 465 с.

4. Шум. Транспортные потоки. Методы измерения шумовой характеристики: ГОСТ 20444-85. – М.: Издательство стандартов, 1985. – 18 с.

5. Шум. Оценка влияния дорожного покрытия на транспортный шум: ГОСТ 31330.1-2006. – Москва, 2006. – 49 с.