

УДК 534.322.3.08

## МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ШУМУ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ

В. П. ЗАЄЦЬ\*, В. С. ДІДКОВСЬКИЙ\*\*, М. В. КОНТАР\*\*

\*Науково-дослідний інститут будівельних конструкцій, Київ

\*\*Національний технічний університет України "КПІ", Київ

Одержано 30.06.2009

Проведено короткий огляд методів визначення шумової характеристики транспортних потоків. Дано порівняльний аналіз розрахункових і вимірних значень рівнів шуму від транспортних потоків на прилеглий до автомагістралі території.

Проведен краткий обзор методов определения шумовой характеристики транспортных потоков. Дан сравнительный анализ расчетных и измеренных значений уровней шума от транспортных потоков на прилегающей к автомагистрали территории.

The techniques for determining the traffic noise performance have been considered in brief. The calculated and measured values of the traffic noise levels in the territory adjacent to the arterial high-way have been compared and analyzed.

### ВСТУП

Акустична екологія стала сьогодні одним з головних проблемних напрямків, у рамках яких відстежується вплив негативних факторів на людський організм. При цьому саме транспортний рух створює найбільші проблеми для захисту людини від надмірного впливу високих рівнів звуку.

Законом України від 3 червня 2004 р. N 1745-IV "Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо захисту населення від впливу шуму" регламентується вивчення, перевірка, дослідження та захист людини від шуму. Саме методи математичного розрахунку й прогнозування шумових полів від транспортних потоків є інструментом, який може допомогти проектувальникам і архітекторам не порушувати існуючих норм у галузі акустичної екології при будівництві нових автомагістралей.

На теперішній час в Україні чинний СНиП II-12-77 [1], в якому наведено прядок розрахунку рівнів шуму в розрахункових точках від різних джерел. Розглянемо, яким чином вирішується питання знаходження рівнів звуку від транспортних потоків за рекомендаціями, поданими у цьому нормативному документі.

### 1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Дослідимо існуючу шумову ситуацію біля Московського мосту в м. Києві. Прилегла до нього автомобільна магістраль на час проведення вимірювань мала 6 смуг руху автомобільного транспорту, в складі якого 10 % становили вантажні автомобілі

та автобуси. Середня швидкість руху була близько 70 км/год. Висота мосту над рівнем землі – 14 м, заміри здійснювались у точках на відстані 25, 50 та 100 м від краю мосту на висоті 1.5 м від рівня землі. Між мостом і точками вимірювань не було зелених насаджень (земля з рідким трав'яним покривом). Загальна ширина мосту становила 30 м. Вимірювання проводилися згідно з ГОСТ 20444-85 і ГОСТ 23337-78 [2, 3].

Схема взаємного розміщення транспортного потоку та розташування точок вимірювання наведено на рис. 1.

### 2. РОЗРАХУНОК ЗА СНиП II-12-77

Звертаючись до СНиП II-12-77, знаходимо два методи розрахунку, якими можна скористатися для вирішення даної задачі.

#### Перший метод

Якщо джерело шуму та розрахункові точки розташовані на території житлової забудови або на майданчиках підприємств, октавні рівні звукового тиску  $L$  (дБ) у розрахункових точках необхідно визначати за формулою

$$L = L_P - 15 \lg r + 10 \lg \Phi - \frac{\beta_a r}{1000} - 10 \lg \Omega,$$

де  $L_P$  – октавний рівень звукової потужності джерела шуму, дБ;  $\Phi$  – фактор направленості джерела шуму, безрозмірний, визначається дослідним шляхом (для джерел шуму з рівномірним випромінюванням звуку слід приймати  $\Phi = 1$ );  $r$  – відстань від

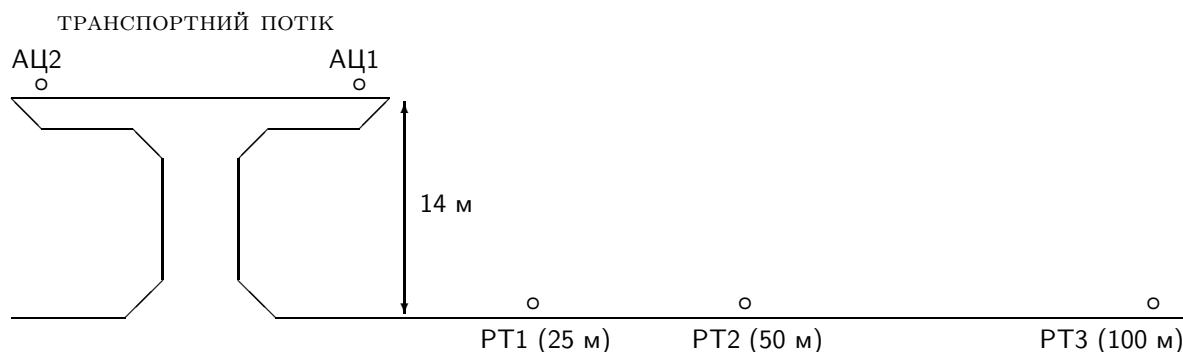


Рис. 1. Схема взаємного розташування транспортного потоку та розрахункових точок:  
 АЦ1 – акустичний центр шуму транспортного потоку (без урахування екранування мостом);  
 АЦ2 – акустичний центр шуму транспортного потоку (з урахуванням екранування мостом)

Табл. 1. Розрахункові значення рівнів звуку в розрахункових точках за даними СНиП II-12-77

Відстань до РТ, м	$L_{A\text{екв}}$ , дБА	$\Delta L_{A\text{від}}$ , дБА	$\Delta L_{A\text{екр}}$ , дБА	$\Delta L_{A\text{зел}}$ , дБА	$L_{A\text{тер}}$ , дБА
25	84	7	0	0	77
50	...	10	...	...	74
100	...	16	...	...	68

джерела шуму до розрахункової точки, м;  $\Omega$  – просторовий кут випромінювання звуку (для джерел звуку що розташовані у просторі  $\Omega = 4\pi$ , а на поверхні території –  $2\pi$ );  $\beta_a$  – згасання звуку в атмосфері.

У нашому випадку ця формула не могла бути застосована з двох причин:

- 1) незрозуміло, який просторовий кут брати для транспортного потоку, що рухається по мосту;
- 2) неможливо визначити рівень звукової потужності транспортного потоку.

#### Другий метод

Рівень звуку  $L_{A\text{тер}}$  (дБА) в розрахунковій точці на території об'єкта, який треба захистити від шуму, необхідно визначати за формулою

$$L_{A\text{тер}} = L_{A\text{екв}} - \Delta L_{A\text{від}} - \Delta L_{A\text{екр}} - \Delta L_{A\text{зел}},$$

де  $L_{A\text{екв}}$  – шумова характеристика джерела шуму, дБА;  $\Delta L_{A\text{від}}$  – зниження рівня звуку в залежності від відстані між джерелом шуму та розрахунковою точкою, дБА;  $\Delta L_{A\text{екр}}$  – зниження рівня звуку кранами на шляху його поширення, дБА;  $\Delta L_{A\text{зел}}$  – зниження рівня звуку смугами зелених насаджень, дБА. Як бачимо, розрахунок відбувається лише для рівнів звуку без урахування частотної характеристики шуму транспортного потоку.

Скориставшись довідковими даними, наведеними в цьому ж розділі СНиП, визначаємо розрахункові значення рівнів звуку, які “мають” спостерігатись на території (табл. 1). Оскільки в даному документі прямо не вказано, де потрібно брати акустичний центр шуму транспортного потоку, вважалось, що  $\Delta L_{A\text{екр}} = 0$ . Втім, у інших джерелах [4, 5] наводяться дані, що для транспортних потоків без улаштування екрана акустичний центр обирається на висоті 1 м від поверхні дороги на осі ближньої до розрахункової точки (РТ) смуги руху транспорту.

#### 3. РОЗРАХУНОК ЗА ПОСІБНИКОМ ДО МГСН 2.04-97

За даними посібника шумова характеристика транспортних потоків  $L_{A\text{екв}}$ , дБА, може бути визначена за формулою

$$L_{A\text{екв}} = 10 \lg Q + 13.3 \lg V + 4 \lg(1 + \rho) + \Delta L_{A1} + \Delta L_{A2} + 15,$$

де  $Q$  – інтенсивність руху, од/год (див. табл. 2);  $V$  – середня швидкість потоку, км/год;  $\rho$  – частка засобів вантажного й громадського транспорту;  $\Delta L_{A1}$  – поправка, яка враховує вид покриття проїжджої частини вулиці чи дороги, дБА (для

Табл. 2. Вихідні дані для розрахунку шумової характеристики транспортного потоку та її значення

Параметр	$Q$ , од/год	$V$ , км/год	$\rho$	$\Delta L_{A1}$ , дБА	$\Delta L_{A2}$ , дБА	$L_{A \text{ екв}}$ , дБА
Значення	8400	70	0.1	0	1	80

Табл. 3. Розрахункові значення рівнів звуку в розрахункових точках за даними посібника до МГСН 2.04-97

Відстань до РТ, м	$L_{A \text{ екв}}$ , дБА	$\Delta L_{A3}$ , дБА	$\Delta L_{A4}$ , дБА	$L_{A \text{ екв тер}}$ , дБА
25	80	4	0	76
50	...	6.5	...	73.5
100	...	9	...	71

Табл. 4. Розрахункові значення рівнів звукового тиску в октавних смугах частот

Відстань до РТ, м	$L_{A \text{ екв тер}}$ , дБА	Рівні звукового тиску, дБ, в октавних смугах з середньо-геометричними частотами, Гц					
		125	250	500	1000	2000	4000
25	76	78	75	72	72	69	63
50	73.5	75.5	72.5	69.5	69.5	66.5	60.5
100	71	73	70	67	67	64	58

асфальтобетону  $\Delta L_{A1}=0$ , а для цементобетону – 3 дБА);  $\Delta L_{A2}$  – поправка, яка враховує прокольний ухил вулиці чи дороги, дБА.

Очікуваний еквівалентний рівень звуку  $L_{A \text{ екв тер}}$ , який створюється потоком засобів автомобільного транспорту в розрахунковій точці, знаходиться за формулою

$$L_{A \text{ екв тер}} = L_{A \text{ екв}} - \Delta L_{A3} - \Delta L_{A4},$$

де  $\Delta L_{A3}$  – зниження рівня шуму в залежності від відстані до осі ближньої смуги руху транспорту до розрахункової точки, дБА;  $\Delta L_{A4}$  – поправка, що враховує вплив відбитого звуку, дБА.

Скориставшись наведеними в посібнику довідковими даними, визначаємо розрахункові рівні звуку, що “мають” спостерігатися на території (табл. 3, 4). Таким чином, посібник до МГСН 2.04-97 дозволяє визначити октавні рівні звукового тиску за відомими рівнями звуку в розрахункових точках.

#### 4. РОЗРАХУНОК ЗА ДОВІДНИКОМ ПРОЕКТУВАЛЬНИКА

В довіднику проектувальника [6] наведено розрахунок акустичного поля для неекранованої ділянки дороги і для ділянки дороги з екраном.

При аналізі шумової ситуації поблизу Московського мосту розглянемо два випадки: без урахування екранування поля самим мостом і з екрануванням.

#### Без урахування екранування мостом

Для відкритої ділянки дороги рівень звуку розраховується таким чином:

$$L_{A \text{ св}} = L_{A \text{ екв}} - \Delta L_{A \text{ від}} - \Delta L_{A \text{ пок}} - \Delta L_{A \text{ пов}} - \Delta L_{A \text{ зел}} - \Delta L_{A \alpha}.$$

Тут  $L_{A \text{ екв}}$  – шумова характеристика транспортного потоку;  $\Delta L_{A \text{ від}}$  – зниження рівня звуку в залежності від відстані між джерелом шуму та розрахунковою точкою, дБА;  $\Delta L_{A \text{ пок}}$  – зниження рівня звуку за рахунок впливу покриття території, дБА;  $\Delta L_{A \text{ пов}}$  – зниження рівня звуку за рахунок затування звуку в повітрі, дБА;  $\Delta L_{A \text{ зел}}$  – зниження рівня звуку смугами зелених насаджень, дБА;  $\Delta L_{A \alpha}$  – зниження рівня звуку в зв'язку з обмеженням кута видимості дороги, дБА.

За номограмами й таблицями, наведеними в [6], визначимо всі складові для розрахунку рівня звуку для розрахункових точок і зведемо ці значення до табл. 5. Оскільки в довіднику не наводяться значення для шумових характеристик різних

Табл. 5. Розрахункові значення рівнів звуку в розрахункових точках за даними довідника

Відстань до РТ, м	$L_{A\text{екв}}$ , дБА	$\Delta L_{A\text{від}}$ , дБА	$\Delta L_{A\text{пок}}$ , дБА	$\Delta L_{A\text{пов}}$ , дБА	$\Delta L_{A\text{зел}}$ , дБА	$\Delta L_{A\alpha}$ , дБА	$L_{A\text{св}}$ , дБА
25	82	4.5	0	0.12	0	0	77.4
50	...	7	0	0.25	...	...	74.7
100	...	9	0	0.5	...	...	72.5

Табл. 6. Значення рівнів звуку в розрахункових точках за даними довідника при урахуванні екранування мостом

Відстань до РТ, м	$L_{A\text{екв}}$ , дБА	$\Delta L_{A\text{від}}$ , дБА	$\Delta L_{A\text{пок}}$ , дБА	$\Delta L_{A\text{пов}}$ , дБА	$\Delta L_{A\text{зел}}$ , дБА	$L_{A\text{екр}}$ , дБА	$\Delta L_{A\alpha}$ , дБА	$L_{A\text{св}}$ , дБА
25	82	7	0	0.13	0	14	0	60.9
50	...	8	0	0.28	...	11	...	62.7
100	...	9.5	0	0.6	...	8	...	63.9

Табл. 7. Розрахункові значення рівнів звукового тиску в октавних смугах частот

Відстань до РТ, м	$L_{A\text{екв тер}}$ , дБА	Рівні звукового тиску, в октавних смугах з середньо-геометричними частотами, Гц					
		125	250	500	1000	2000	4000
без урахування екранування							
25	77.4	84.4	79.4	75.4	70.4	67.4	61.4
50	74.7	81.7	76.7	72.7	67.7	64.7	58.7
100	72.5	79.5	74.5	70.5	65.5	62.5	56.5
з урахуванням екранування мостом							
25	60.9	67.9	62.9	58.9	53.9	50.9	44.9
50	62.7	69.7	64.7	60.7	55.7	52.7	46.7
100	63.9	70.9	65.9	61.9	56.9	53.9	47.9

транспортних потоків, то для  $L_{A\text{екв}}$  прийемо рівні, які отримані при натурних вимірюваннях.

### З урахування екранування мостом

Для екранованої ділянки дороги рівень звуку розраховується як

$$L_{A\text{св}} = L_{A\text{екв}} - \Delta L_{A\text{від}} - \Delta L_{A\text{пок}} - \Delta L_{A\text{пов}} - \Delta L_{A\text{зел}} - \Delta L_{A\alpha} - \Delta L_{A\text{екр}},$$

де  $\Delta L_{A\text{екр}}$  – додаткове зниження рівня звуку екраном, дБА.

Оскільки при екрануванні акустичний центр необхідно брати на дальній від розрахункової точки смуги, то розрахункова відстань зміниться. Відповідно зміняться й поправки на зменшення рівня звуку в залежності від відстані.

Як бачимо з табл. 6, урахування екранування самим мостом шуму транспортного потоку, який

рухається по ньому, досить суттєво (до 14 дБ) зменшує рівень звуку в розрахункових точках. Рівні звукового тиску в октавних смугах, розраховані за відомим рівнем звуку, наведені в табл. 7.

### 5. НАТУРНІ ВИМІРЮВАННЯ

При натурних вимірюваннях фіксувалися як власна характеристика транспортного потоку, так і рівні звукового тиску в точках на відстані 25, 50 і 100 м від мосту (див. табл. 8). Порівнюючи ці результати з даними табл. 1, 3 та 5, бачимо, що рівні звуку на прилеглий до автомагістралі території, розраховані без екранування мостом, виявилися завищеними на 3÷5 дБА. При урахуванні екранування згідно з методикою, наведеною в [4], одержані рівні звуку значно нижчі від вимірених величин.

Порівнюємо дані натурних експериментів з результатами розрахунку октавних рівнів звуково-

Табл. 8. Виміряні значення рівнів звукового тиску в октавних смугах частот

Відстань до РТ, м	$L_{A \text{ екв тер}}$ , дБА	Рівні звукового тиску в октавних смугах з середньо-геометричними частотами, Гц					
		125	250	500	1000	2000	4000
Шумова хар-ка	82	78	75	76	78	74	62
25	72	63	61	59	59	55	41
50	71	66	59	58	57	52	39
100	69	63	55	54	53	48	34

Табл. 9. Поправки для знаходження рівнів звукового тиску (дБ) в октавних смугах частот відносно відомого знання рівня звуку (дБА)

Методика	Поправки $\Delta L$ для знаходження звукового тиску в октавних смугах з середньо-геометричними частотами, Гц					
	125	250	500	1000	2000	4000
За посібником до МГСН 2.04-97	+2	-1	-4	-4	-7	-13
За довідником проектувальника	+7	+2	-2	-7	-10	-16
За результатами вимірювання (Московський міст)	-4	-7	-6	-4	-8	-20
За результатами вимірювання (Червонозоряний проспект)	-3	-3	-4	-4	-7	-20

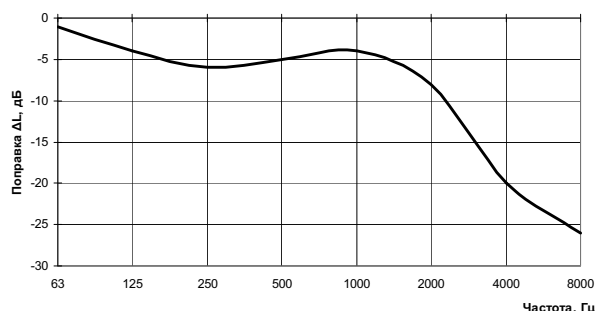
го тиску різними методами за відомою величиною рівня звуку. Як результат одержуємо рекомендовані величини поправок для кожного з методів у відповідних частотних смугах (див. табл. 9).

## ВИСНОВКИ

1. Рівні звукового тиску, розраховані за довідником проектувальника [4], на окремих частотах відрізняються від виміряних на величину до 8 дБ, що є неприйнятним.
2. Розрахунок рівнів звукового тиску за посібником до МГСН 2.04-97 у смузі середніх частот досить точно співпадає з результатами натурних вимірювань, однак існує необхідність коригування поправок для низьких (125, 250 Гц) і високих (4000 Гц) частот.
3. Для визначення звукового тиску (дБ) в октавних смугах частот за відомою величиною рівня звуку (дБА) запропоновано користуватись графіком залежності поправки  $\Delta L$  від частоти (див. рис. 2).
4. При проектуванні нових транспортних об'єктів найбільш прийнятним видається під-

хід, який передбачає вимірювання рівнів звукового тиску в октавних смугах частот на автомагістралях, з аналогічними автомобільною завантаженістю, кількістю смуг і геометричним розташуванням. Наприклад, Московський міст у м. Києві був обраний за аналог для оцінювання рівнів звуку й звукового тиску для Подільського мостового переходу, що будується.

5. Враховуючи вимоги нормативних документів, які регламентують допустимі рівні шуму [7,

Рис. 2. Графік частотної залежності поправки  $\Delta L$

8], слід проводити розрахунки та вимірювання для октавної смуги частот 63 Гц.

6. Для забезпечення більш точного й детального аналізу з метою прогнозування доцільно продовжити вимірювання шумових характеристик транспортних потоків на різних автомагістралях.

1. *СНиП II-12-77*.– Нормы проектирования. Защита от шума.
2. *ГОСТ 20444-85*.– Шум. Транспортные потоки. Методы измерения шумовой характеристики.
3. *ГОСТ 23337-78*.– Шум. Метод измерения шума на

селитебной территории и в помещениях жилых и общественных зданий.

4. *Г. Л. Осипов, В. Е. Коробков, А. А. Климухин и др.* Защита от шума в градостроительстве / Под ред. Г. Л. Осипова.– М.: Стройиздат, 1993.– 96 с.
5. *В. И. Заборов, М. И. Могилевский, В. Н. Мякшин, Е. П. Самойлюк* Справочник по защите от шума и вибрации жилых и общественных зданий / Под ред. В. И. Заборова.– К.: Будивельник, 1989.– 160 с.
6. *Пособие к МГСН 2.04-97*.– Проектирование защиты от транспортного шума и вибраций жилых и общественных зданий.
7. *СН 3077-84*.– Санитарные нормы допустимого уровня шума в помещениях жилых и общественных зданий и на территории жилой застройки.
8. *ДБН “Захист від шуму”* (проект). – К.: НДІБК, 2008.