

## Акустические приборы и системы

УДК 534.2

В.С. Дідковський, д-р техн. наук, В.П. Заєць, Н.О. Самійленко

### Порівняльний аналіз визначення шумових характеристик транспортних потоків

**В статье описано несколько современных методик расчета шумовых характеристик транспортных потоков и даны сравнительные расчеты для их типичных моделей.**

**In this paper up-date design procedures for noise characteristics of transport streams are described, some comparative calculations for typical analysed models are given.**

#### Вступ

В світі існує декілька акустичних шкіл які ретельно і досконально вивчали і вивчають шумові характеристики транспортних потоків. В Україні до цього часу збереглися надбання, що були зроблені ще за радянських часів. Ще й зараз на території України діє СНиП II-12-77 "Нормы проектирования. Защита от шума" яким регулюється метод розрахунку шумової характеристики транспортних потоків.

Зараз в Україні готуються до видання державні будівельні норми "Захист від шуму", що мають прийти на зміну СНиП II-12-77. Однією з частин нового ДБН буде й метод розрахунку шумових характеристик транспортних потоків та визначення рівнів шуму на прилеглий до автомагістралей території. В даній статті ми зупинимось на порівнянні закордонних методик визначення шумових характеристик транспортних потоків та тих методик, що були в Радянському Союзі які й до тепер використовуються при розрахунках.

Порівняння будемо проводити між німецькими нормами RLS 90/DIN 18005 [1], британським стандартом CoRTN [2], скандинавським стандартом Statens Planverk 48, російськими МГСН 2.04-97 [3], радянським, який й до тепер діє на Україні, СНиП II-12-77 [4] та проектним українським ДБН В.2.6.ХХХХ-200Х «Захист від шуму» [5]

#### 1. Нормативні документи

##### 1.1. Німецькі норми RLS 90/DIN 18005

Розрахунок шумової характеристики за даним стандартом виконується за формулою (1) для точки, що віддалена на 25 метрів від дороги на висоті 4 метри від поверхні землі.

$$L_{m,e} = L_{m,25} + \Delta L_V + \Delta L_{\Gamma} + \Delta L_{\Gamma} + \Delta L_B \quad (1)$$

де  $L_{m,25}$  - базовий рівень звуку на відстані 25м, дБА;

$\Delta L_V$  - поправка, що враховує швидкість руху транспортного потоку, дБА;

$\Delta L_{\Gamma}$  - поправка, що враховує покриття дороги, дБА;

$\Delta L_{\Gamma}$  - поправка, що враховує уклін дороги (градієнт), дБА;

$\Delta L_B$  - поправка, що враховує можливе відбиття від шумозахисних екранів, дБА.

Базовий рівень звуку  $L_{m,25}$ , характеризує транспортний потік в якому легкові автомобілі рухаються зі швидкістю 100 км/год, а вантажні (масою понад 2,8 тон) зі швидкістю – 80 км/год. При цьому вважається, що покриттям дороги є нерифлений асфальт та градієнт нахилу дороги менший за 5 %. Базовий рівень звуку визначається за формулою (2):

$$L_{m,25} = 37.3 + 10 \lg(q \cdot (1 + 0,082p)) \quad (2)$$

де  $q$  – середня кількість транспортних засобів за годину;

$p$  – процент вантажних автомобілів масою понад 2,8 тони.

##### 1.2. Британський стандарт CoRTN

Британський стандарт розраховує шумову характеристику транспортного потоку на відстані 10 м від ближнього краю дороги. За модель дороги приймається лінія, що розташована на відстані 3,5 м від краю дороги і на висоті 0,5 м від поверхні дороги.

Як і в попередньому стандарті величина шумової характеристики визначається на основі значення базового рівня шуму та декількох поправок, і розраховується за формулою (3)

$$L = L_{10} + \Delta L_V + \Delta L_{\text{вант}} + \Delta L_{\Gamma}, \quad (3)$$

де  $L_{10}$  – базовий рівень звуку на відстані 10 м від краю дороги, дБА;

$\Delta L_V$  – поправка, що враховує різну швидкість руху автомобільного потоку, дБА;

$\Delta L_{\text{вант}}$  – поправка, що враховує наявність вантажних автомобілів, дБА;

$\Delta L_{\Gamma}$  – поправка, що враховує градієнт дороги.

Базовий рівень звуку характеризує автомобільний потік, що рухається зі швидкістю 75 км/год, без врахування вантажних автомобілів і визначається за формулою (4).

$$L_{10} = 42,2 + 10 \lg q, \quad (4)$$

де  $q$  те саме що у формулі (2).

### 1.3. Скандинавський стандарт Statens Planverk 48

$$L_{\text{Аекв}} = L_{\text{Аекв}}(10) + dL_V + dL_N + dL_{TF} + dL_{AV} + dL_{MS} + dL_G, \quad \text{дБа} \quad (5)$$

$L_{\text{Аекв}}(10)$  - базовий рівень звуку, яким обрано рівень звуку, що характеризує транспортний потік з інтенсивністю 1000 транспортних засобів за годину, що рухається з середньою швидкістю 50 км/год, на відстані 10 м від середини полоси руху і висоті 1,5 м від поверхні землі.

$$L_{\text{Аекв}}(10) = 68 \text{ дБ} \quad (6)$$

### 1.4. Стандарт Російської Федерації МГСН 2.04-97

Шумова характеристика транспортного потоку розраховується на відстані 7,5 м від осі ближньої

смуги руху на висоті 1,5 м від полотна дороги.

$$L_{\text{Аекв}} = 10 \lg Q + 13,3 \lg V + 4 \lg(1 + \rho) + \Delta L_{A1} + \Delta L_{A2} + 15, \quad \text{дБа} \quad (7)$$

де  $Q$  - інтенсивність руху, од/год;

$V$  - середня швидкість транспортного потоку, км/год;

$\rho$  - відсоток вантажних транспортних засобів (з вантажопідйомністю більше 1,5 т) від загального потоку;

$\Delta L_{A1}$  - поправка, що враховує вид покриття дороги (при асфальтобетонному покритті - 0 дБа, при цементобетонному +3 дБа);

$\Delta L_{A2}$  - поправка, що враховує прокольний уклон дороги, дБа.

### 1.5. СНиП II-12-77 «Захист від шуму»

Дані норми і правила діяли на території колишнього Радянського Союзу і й досі лишається діючим на території України. Шумова характеристика транспортного потоку визначається згідно таблиці 1 і залежить від категорії дороги.

Таблиця 1

Категорія вулиці або дороги	Кількість смуг руху в обох напрямках	Шумова характеристика транспортного потоку $\Delta L_{\text{Аекв}}$ в дБа
Швидкісні дороги	6	86
	8	87
Магістральні вулиці та дороги:		
Загальноміського значення:		
неперервного руху	6	84
	8	85
регульовані	4	81
	6	82
районного значення	4	81
	6	82
дороги вантажного транспорту	2	79
	4	81
Вулиці та дороги місцевого значення:		
жилі вулиці	2	73
	4	75
дороги промислового та комунально-складського призначення	2	79

Таблиця 2

Тип покриття проїжджої частини вулиці або дороги	Величина поправки $\Delta L_{\text{Д покр}}$ , дБа
Асфальт	0
Цементобетон	+ 3
Бруківка	+ 5

## 1.6. Проект ДБН «Захист від шуму»

Еквівалентний, коригований за кривою «А», рівень звуку, що є шумовою характеристикою транспортного потоку згідно ГОСТ 20444-85 визначається згідно з формулою (8)

$$L_{A \text{ екв}} = 44 + 0,26V + 10 \lg(N_3 / V_3) + \Delta L_{A \text{ покp}} + \Delta L_{A \text{ ухил}} \quad (8)$$

де  $V$  – середня швидкість транспортного потоку на перегоні, км/год, яка визначається згідно з формулою

$$V = \frac{(V_{\text{л}}N_{\text{л}} + V_{\text{вл}}N_{\text{вл}} + V_{\text{вс}}N_{\text{вс}} + V_{\text{вв}}N_{\text{вв}})}{N_{\text{л}} + N_{\text{вл}} + N_{\text{вс}} + N_{\text{вв}}}, \quad (9)$$

де  $V_{\text{л}}$ ,  $N_{\text{л}}$  – відповідно швидкість та інтенсивність руху легкових автомобілів та їх модифікацій для перевезення вантажів, а також вантажних автомобілів з дозволеною максимальною масою до 3,5 т включно, од/год (легкі автомобілі);

$V_{\text{вл}}$ ,  $N_{\text{вл}}$  – відповідно швидкість та інтенсивність руху вантажних автомобілів та автобусів з дозволеною максимальною масою до 5 т включно, од/год (вантажні легкі автомобілі);

$V_{\text{вс}}$ ,  $N_{\text{вс}}$  – відповідно швидкість та інтенсивність руху вантажних автомобілів та автобусів з дозволеною максимальною масою від 5 до 12 т включно, а також тролейбусів, од/год (вантажні середні автомобілі);

$V_{\text{вв}}$ ,  $N_{\text{вв}}$  – відповідно швидкість та інтенсивність руху вантажних автомобілів та автобусів з дозволеною максимальною масою понад 12 т, од/год (вантажні важкі автомобілі);

$N_3$  – зведена (за звуковою енергією) інтенсивність руху в од/год, яка визначається згідно з формулою

$$N_3 = N_{\text{л}} + 4N_{\text{вл}} + 6N_{\text{вс}} + 8N_{\text{вв}}; \quad (10)$$

$V_3$  – зведена (відносно швидкості легких автомобілів) середня швидкість транспортного потоку на перегоні, км/год, яка визначається згідно з формулою

$$V_3 = (V_{\text{л}} + 1,14V_{\text{вл}} + 1,18V_{\text{вс}} + 1,22V_{\text{вв}}) / 4; \quad (11)$$

$\Delta L_{A \text{ покp}}$  – поправка у дБА, що враховує тип покриття проїжджої частини вулиці або дороги, яка визначається згідно з табл. 2;

$\Delta L_{A \text{ ухил}}$  – поправка у дБА, що враховує позовжній ухил вулиці або дороги.

## 2. Аналіз

### 2.1 Залежність рівня шуму від інтенсивності руху

Інтенсивність руху найбільш впливовий показник зміни шумової характеристики транспортного потоку. Розглянемо його вплив на при-

кладі транспортного потоку, що рухається по горизонтальній (без ухилу) дорозі із середньою швидкістю 70 км/год та не містить вантажних автомобілів:

- відсоток вантажних автомобілів 0%;
- швидкість руху  $V=70$  км/год;
- уклін дороги  $0^\circ$ ;
- кількість смуг руху в обох напрямках – 4;
- шумозахисних екранів – немає;
- інтенсивність руху  $Q$  змінна від 1000 до 10000 автомобілів за годину.

Результати розрахунку за нормативними документами різних країн наведені на рис. 1.

**Примітка.** Тут і далі результат розрахунку за RLS90 приведений до відстані 10 м від дороги, тобто збільшений на  $20 \lg(25/10) \approx 8$  дБ!

Як видно з графіка, що наведено на рис. 1, європейські норми дуже вдало між собою погоджені і значення розрахованих рівнів звуку не відрізняються більш ніж на 1 дБ. В той же час значення розраховані за російським МГСН 2.04 – 97 є заниженими до 3 дБ в порівнянні з європейськими. В той же час за проектом українського ДБН «Захист від шуму» розрахункові значення є вищими на 1,5 – 2 дБ за європейськими, що можна пояснити якістю наших доріг.

Спільним для усіх розрахунків є залежність рівня звуку від інтенсивності руху, що виражається як  $L_{A \text{ екв}} : 10 \lg Q$ . Тому дану залежність слід вважати однозначно визначеною при розробці нової методики визначення шумової характеристики транспортного потоку.

### 2.2 Залежність рівня шуму від швидкості руху та відсотка вантажних автомобілів

Швидкість руху автомобільного потоку є важливим чинником, що впливає на його шумову характеристику, але за деякими методиками розрахунку цей показник пов'язаний з наявністю в транспортному потоці вантажних автомобілів які мають різний поділ в різних країнах. Тому проведемо комплексний аналіз зміни шумової характеристики від зміни швидкості транспортного потоку та кількості вантажних автомобілів в ньому.

- відсоток вантажних (понад 2,8 тони) автомобілів 0% - 30%;
- швидкість руху легкових автомобілів  $V=40-110$  км/год;
- швидкість руху вантажних автомобілів  $V_{\text{в}}=0,75V$  км/год;
- уклін дороги  $0^\circ$ ;
- кількість смуг руху в обох напрямках – 4;
- шумозахисних екранів – немає;
- інтенсивність руху 6000 автомобілів за годину.

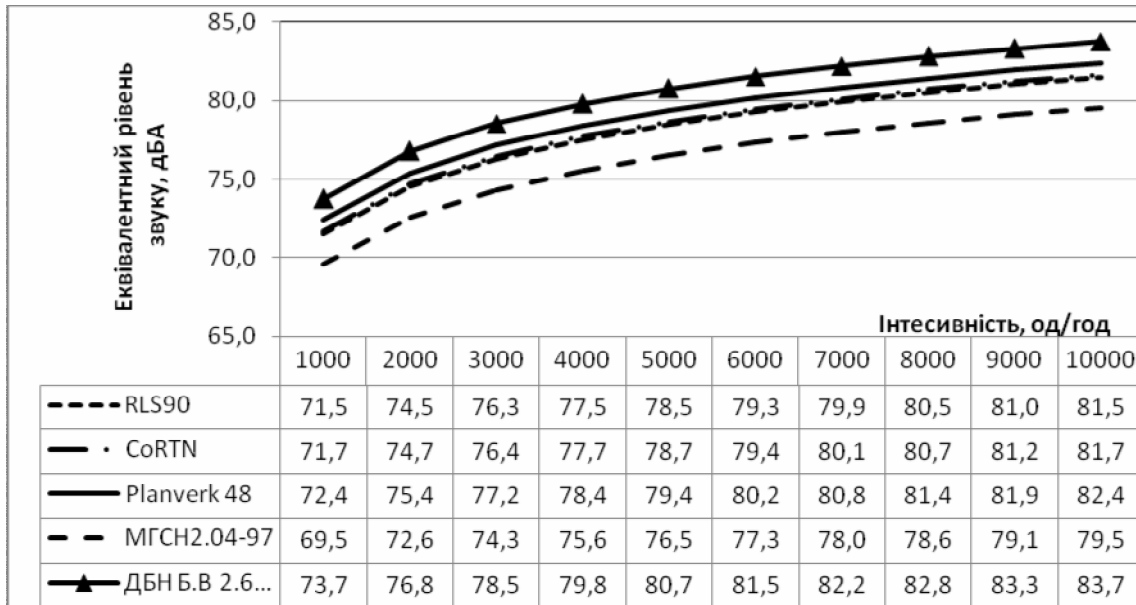


Рис.1. Залежність еквівалентного рівня звуку шумової характеристики транспортного потоку від інтенсивності руху

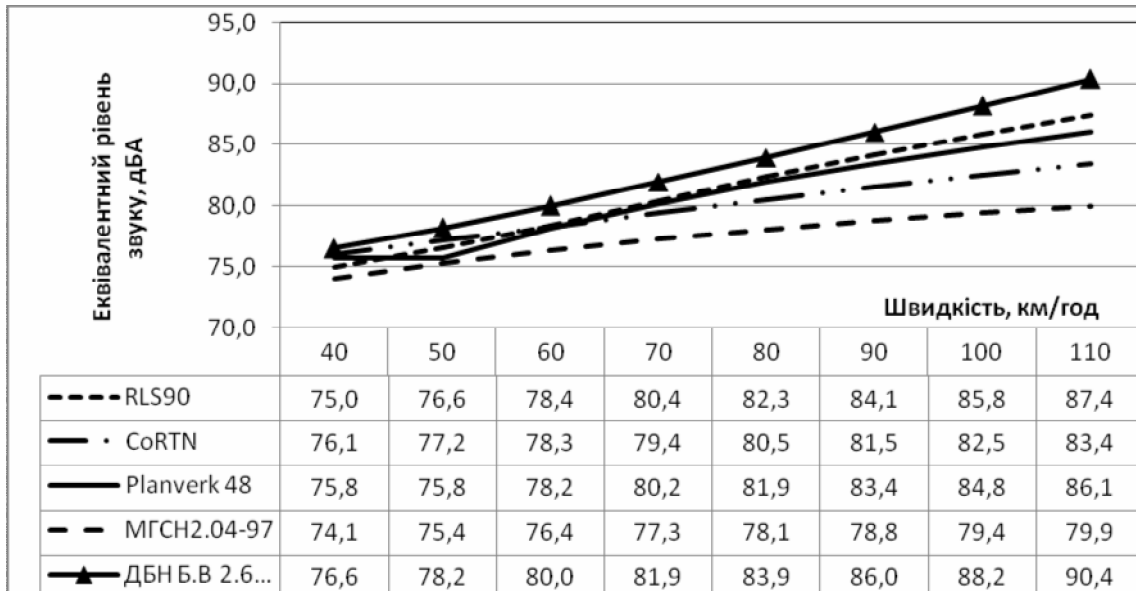


Рис.2. Залежність еквівалентного рівня звуку шумової характеристики транспортного потоку від швидкості автомобільного потоку. При відсутності вантажних автомобілів ( $\rho=0\%$ ).

Результати розрахунку за нормативними документами різних країн наведені на рисунку 2-4 в залежності від відсотка вантажних автомобілів.

**Примітка.** При розрахунку за проектом ДБН Б.В 2.6... розподіл вантажних автомобілів за максимальною дозволеною масою є рівномірним, тобто  $N_{вл}=N_{вс}=N_{вв}$  і швидкість для всіх категорій вважалась однаковою.

Як видно з графіків на рис. 2-4 розбіжність значень при розрахунку між європейськими нормами становить не більше 4 дБ на високих швидкостях до 110 км/год. В цілому ж зі збільшенням швидкості на 10 км/год рівень звуку зростає від 1 до 2 дБ за різними методиками для

для потоку легкових автомобілів, і від 0,7 дБ до 1,7 дБ для транспортного потоку при 30% вантажних автомобілів.

Розрахунок за проектом ДБН Б.В 2.6... також відповідає цим закономірностям зміни рівня звуку від швидкості руху. Однак самі рівні звуку є дещо вищими за європейські, що можна пояснити об'єктивними причинами (значно більшим середнім віком автомобілів в Україні ніж в країнах Європи).

Розрахунок за МГСН 2.04 – 97 теж відповідає зміні рівня звуку 0,6 – 1,0 дБ при збільшенні швидкості руху на кожні 10 км/год, але самі значення рівнів звуку є значно, до 8 дБ, занижені, що важко пояснити.

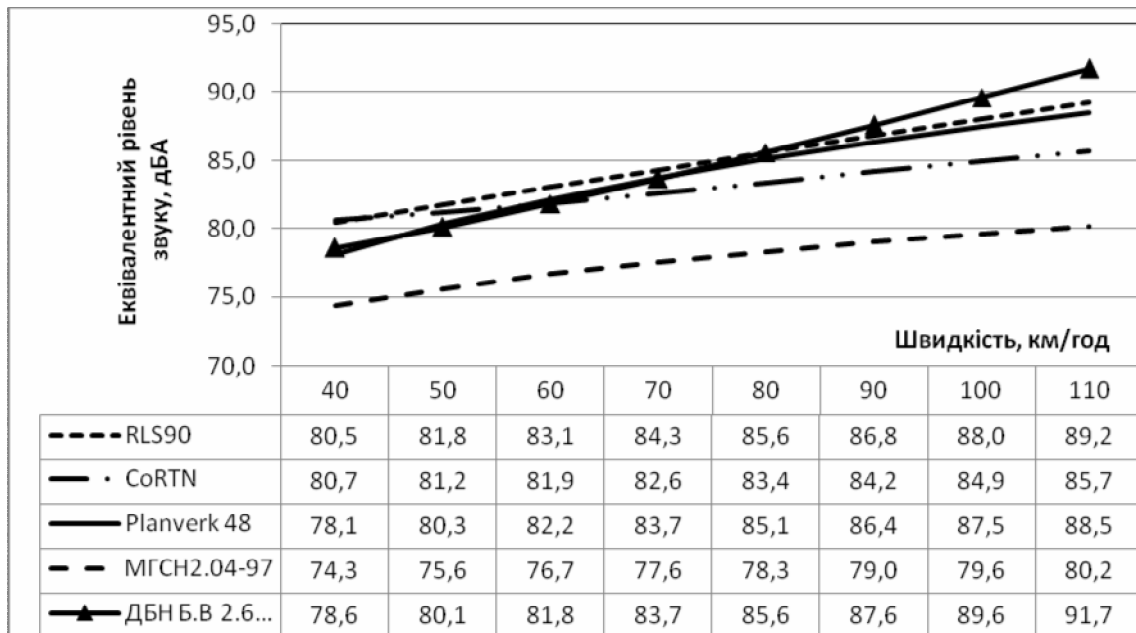


Рис. 3. Залежність еквівалентного рівня звуку шумової характеристики транспортного потоку від швидкості автомобільного потоку. При середній кількості вантажних автомобілів ( $\rho=15\%$ )

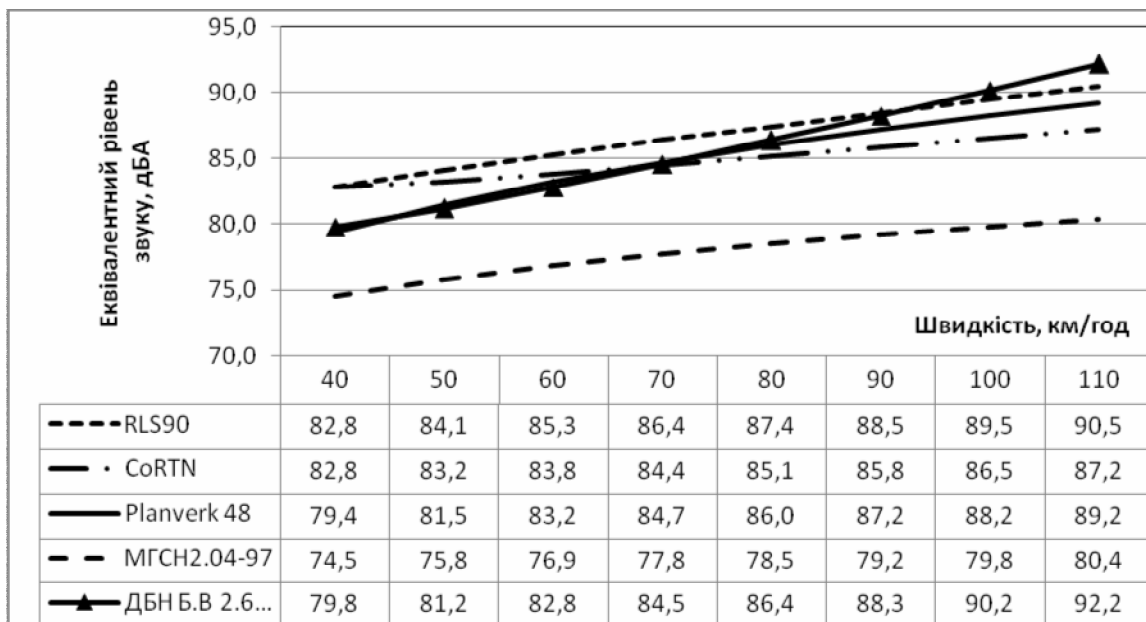


Рис. 4. Залежність еквівалентного рівня звуку шумової характеристики транспортного потоку від швидкості автомобільного потоку. При великій кількості вантажних автомобілів ( $\rho=30\%$ )

### 2.2 Залежність рівня шуму від градієнта та частки вантажних автомобілів.

Оскільки в усіх методиках поправка на градієнт є окремою поправкою, то будимо порівнювати самі значення поправки між собою в залежності від значення ухили дороги.

Результати розрахунку наведені на рис.5.

**Примітка.** При розрахунку за британською методикою CoRTN не враховувалась зміна

швидкості руху вантажного транспорту при різних ухилах дороги.

Як видно з рис. 5 при значній кількості вантажних автомобілів (рис. 6) значення поправки за скандинавською методикою Planverk 48, методикою МГСН 2.04-97 та проектом ДБН Б.В.2.6... збігаються. Також можна зауважити, що за німецькими нормами RLS90 поправка на кількість вантажних автомобілів при різних ухилах дороги відсутня.

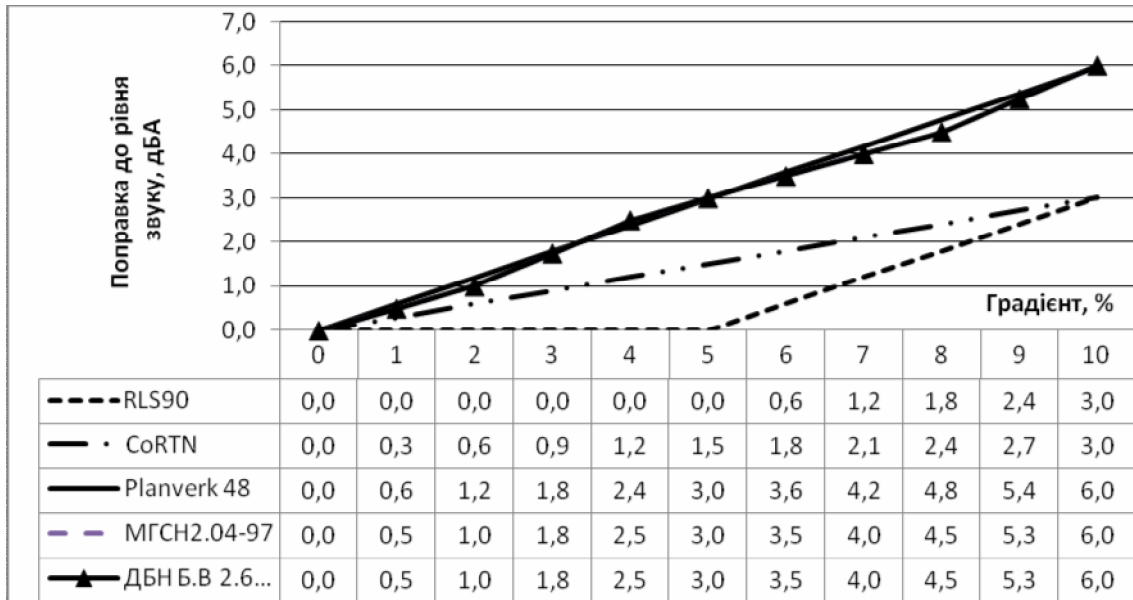


Рис. 5. Збільшення рівня звуку від ухилу дороги, при значній кількості вантажних автомобілів ( $\rho=20\%$ )

### Висновки

1. Проаналізовано різні складові розрахунку шумової характеристики транспортного потоку, наведено порівняльні графіки.

2. Виявлено, що при збільшенні інтенсивності руху рівень звуку відповідає логарифмічній залежності, а саме:  $L_{A_{екв}} : 10 \cdot \lg Q$ , що відповідає методиці розрахунку, яка наведена в проекті ДБН «Захист від шуму».

3. Залежність рівня звуку від швидкості транспортного потоку складає 1 - 2 дБ при зміні швидкості руху на кожні 10 км/год. Хоча при більш детальному аналізі можна помітити, що на великих швидкостях понад 80 км/год при розрахунку за проектом ДБН «Захист від шуму» ця залежність дещо відрізняється від європейських і має завищені значення.

4. Зміна рівня звуку від ухилу дороги в російському МГСН 2.04-97 та проекті ДБН Б.В 2.6... мають однакові значення та визначені таблично. Ці значення збігаються з скандинавськими нормами та перевищують значення,

що надаються в RLS90 та CoRTN на величину до 3 дБ.

5. За всіма методиками розрахунку проводяться для рівнів звуку, що виражені в дБА.

### Література

1. DIN 18005-1-2002 Noise abatement in town planning - Part 1: Fundamentals and directions for planning.
2. User's Manual, SoundPLAN (<http://www.soundplan.com>).
3. Пособие к МГСН 2.04-97 Проектирование защиты от транспортного шума и вибраций жилых и общественных зданий, М. ГУП «НИИЦ», 1999 – 42 с.
4. СНиП II-12-77 Нормы проектирования. Защита от шума М. Стройиздат, 1978 – 50 с.
5. ДБН Б В. 2.6... 200...(Перша редакція) Захист від шуму, К., Мінрегіонбуд України, 2008.