



**Ministry of Education and Science of Ukraine  
Ukrainian State University of Science and Technologies**

**Building, architecture and infrastructure**

(faculty)

**Transport infrastructure**

(department)

**Explanatory Note**

to Master's Thesis

**magistr**

(higher education degree)

**on the topic:** Development of measures to reduce noise pollution when designing a highway

**according to educational curriculum:** 192 Construction and civil engineering

**in the Speciality:** Motor roads

**Done by the student** of the group: TI 2421

/ Dmytro PERCHUK /

(name, surname)

**Scientific Supervisor:**

/Full Professor Mykola KURHAN /

(position, name, surname)

**Normative controller:**

/ Associate Professor Sergiy BAIDAK /

(position, name, surname)

**Supervisors:**

/ Senior Lecturer Nelia KHMELEVSKA /

(position, name, surname)

**Міністерство освіти і науки України**  
**Український державний університет науки і технологій**

**Факультет:** Будівництво, архітектура та інфраструктура

**Кафедра:** Транспортна інфраструктура

**Рівень вищої освіти:** Магістр

**Освітня програма:** Будівництво та експлуатація транспортної інфраструктури

**Спеціальність:** Будівництво та цивільна інженерія

**ЗАТВЕРДЖУЮ:**

Завідувач кафедри

Олексій ПЮТЬКІН

(підпис)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

## ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу \_\_\_\_\_ магістр  
(ступінь вищої освіти)

студенту **Перчуку Дмитру Петровичу**

**Тема роботи:** Розробка заходів для зменшення шумового забруднення при проєктуванні автомагістралі

**Керівник роботи:** Курган Микола Борисович, професор, доктор технічних наук

Затверджена наказом від 02.10.2025 №1401 ст.

**2. Строк подання** студентом роботи – 15 січня 2026 р.

**3. Вихідні дані до роботи:**

Район проєктування – Рівненська область	Розрахункова швидкість, км/год – 100-130
Початковий пункт – км 360+305	Інтенсивність руху дорожніх транспортних засобів – 20-40 тис. авт/добу
Кінцевий пункт – км 370+110	Категорія дороги – І
Довжина ділянки дороги, км – 9,8	Кількість смуг руху – 4
Керівний похил, ‰ – 30	Конструкція дорожнього одягу – асфальтобетон

**4. Зміст пояснювальної записки:**

**1 Аналітична частина**

1.1 Аналіз стану питання щодо реконструкції автомобільних доріг в Рівненській області.  
Мета роботи.

1.2 Огляд наукових досліджень за зазначеною проблемою

1.3 Норми проєктування плану і поздовжнього профілю при реконструкції автомобільної дороги.

**2 Основна частина**

2.1 Технічна характеристика об'єкту

2.2 Аналіз методик розрахунку рівня дорожнього шуму

2.3 Порівняльний аналіз британської та української методик

2.4 Методика розрахунку дорожнього шуму від транспортних засобів

<b>3 Економічна частина</b>			
3.1 Розробка варіантів захисту від шумового забруднення			
3.2 Обґрунтування рекомендованого варіанту			
<b>4 Охорона праці та захист навколишнього середовища</b>			
4.1 Охорона праці під час виконання робіт з монтажу захисних екранів			
4.2 Заходи щодо зменшення впливу шуму на етапі реконструкції автомобільної дороги			
<b>5. Перелік графічного матеріалу:</b> Конструкції дорожнього одягу, що прийняті для техніко-економічного порівняння. Презентація на 12-15 слайдах			
<b>6. Консультанти розділів роботи:</b>			
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Завдання видав:	Завдання прийняв:
		(підпис, дата)	(підпис, дата)
1-3,4	Курган М. Б., професор		
2	Хмелевська Н.П. ст. викладач		

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Відсотки
1	Аналіз стану питання щодо реконструкції автомобільних доріг в Рівненській області. Мета роботи.	02.10.2025	10
2	Огляд наукових досліджень за зазначеною проблемою. Вимоги і норми проектування плану й профілю при реконструкції автомобільної дороги	16.10.2025	10
3	Технічна характеристика об'єкту. Методика розрахунку рівня дорожнього шуму	01.11.2025	20
4	Дослідження впливу різних факторів на рівень шумового забруднення (інтенсивність транспортного потоку, швидкість руху тощо)	20.11.2025	30
5	Розробка варіантів захисту від шумового забруднення. Обґрунтування рекомендованого варіанту	11.12.2025	10
6	Заходи з охорони праці та пропозиції щодо зменшення впливу шуму на етапі будівництва й експлуатації автодороги	15.01.2026	10
7	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри	02.10.2025	10
8	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії	<b>За розкладом ЕК</b>	<b>100</b>

**Студент**

\_\_\_\_\_ Дмитро ПЕРЧУК

(підпис)

**Керівник роботи**

\_\_\_\_\_ Микола КУРГАН

(підпис)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи магістра:

60 с., 13 рис., 10 табл., 25 джерел.

**Найменування роботи:** Розробка заходів для зменшення шумового забруднення при проєктуванні автомагістралі

**Об'єктом дослідження** є автомагістраль як лінійний транспортний об'єкт та процес формування шумового впливу автомобільного транспорту на навколишнє середовище.

**Предметом дослідження** є інженерні, планувальні та організаційні заходи зі зниження рівня шумового забруднення при проєктуванні автомагістралей.

**Метою магістерської роботи** є обґрунтування та розроблення ефективних заходів щодо зменшення шумового впливу автомобільного транспорту на прилеглі території на етапі проєктування автомагістралі. Для досягнення поставленої мети в роботі виконано аналіз основних джерел транспортного шуму, розглянуто нормативні показники оцінювання шумового навантаження, а також досліджено вплив геометричних параметрів дороги, складу транспортного потоку та типу дорожнього покриття на рівень шуму.

У роботі проаналізовано сучасні інженерні рішення з шумозахисту, зокрема шумозахисні екрани, земляні вали, спеціальні типи дорожніх покриттів, а також планувальні рішення трасування автомагістралей. Запропоновано комплексний підхід до зниження шумового забруднення, що поєднує технічні та організаційні заходи з урахуванням економічної доцільності та екологічних вимог.

Практичне значення роботи полягає в можливості використання отриманих результатів та запропонованих заходів під час проєктування і реконструкції автомагістралей з метою зменшення негативного впливу транспортного шуму на навколишнє середовище та підвищення якості життя населення.

**Ключові слова:** АВТОМАГІСТРАЛЬ, ШУМОВЕ ЗАБРУДНЕННЯ, ТРАНСПОРТНИЙ ШУМ, ШУМОЗАХИСНІ ЗАХОДИ, ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП.....</b>	<b>6</b>
<b>1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА .....</b>	<b>8</b>
1.1 Аналіз стану питання щодо реконструкції автомобільних доріг в Рівненській області. Мета роботи. ....	8
1.2 Огляд наукових досліджень за зазначеною проблемою.....	9
1.2.1 Вплив транспортного шуму на здоров'я та якість життя .....	10
1.2.3 Моделювання та вимірювання транспортного шуму.....	11
1.2.4 Інженерні заходи зниження шуму (екрани, покриття, планування, організація руху).....	11
1.3 Норми проєктування плану і поздовжнього профілю при реконструкції автомобільної дороги. ....	12
<b>2 ОСНОВНА ЧАСТИНА .....</b>	<b>18</b>
2.1 Технічна характеристика об'єкту.....	18
2.2 Огляд методів оцінювання рівня дорожнього шуму .....	20
2.3 Порівняльний аналіз британської та української методик.....	24
2.4 Методика розрахунку дорожнього шуму від транспортних засобів.....	26
<b>3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....</b>	<b>34</b>
3.1 Розробка варіантів захисту від шумового забруднення .....	34
3.1.1 Загальні положення.....	34
3.1.2 Розрахунок рівнів шуму від руху автомобільного транспорту .....	36
3.2 Обґрунтування рекомендованого варіанту. Захист за допомогою шумозахисних споруд .....	41
3.2.1 Компанія «ЄВРОФОРМАТ» .....	41
3.2.2 ТОВ «АТ Механіка».....	44
3.2.3 Шумозахисні екрани «Саундлюкс».....	46
<b>4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА</b>	<b>49</b>
4.1 Охорона праці під час виконання робіт з монтажу захисних екранів .....	49
4.2 Заходи щодо зменшення впливу шуму на етапі реконструкції автомобільної дороги .....	52
<b>ВИСНОВКИ І РЕКОМЕНДАЦІЇ .....</b>	<b>55</b>
<b>ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....</b>	<b>57</b>

## ВСТУП

Розвиток автомобільної транспортної інфраструктури є одним із пріоритетних напрямів соціально-економічного розвитку держави, що забезпечує мобільність населення, ефективне функціонування економіки та інтеграцію регіонів. Водночас зростання інтенсивності автомобільного руху, підвищення швидкісних режимів і збільшення частки вантажного транспорту призводять до посилення негативного впливу на навколишнє середовище, зокрема до зростання рівня шумового забруднення.

Шум від автомагістралей є одним із найбільш поширених і небезпечних чинників техногенного впливу на населення. Тривала дія підвищених рівнів транспортного шуму негативно впливає на здоров'я людини, спричиняє порушення сну, зниження працездатності, підвищення рівня стресу та ризик розвитку серцево-судинних захворювань. Особливої актуальності проблема шумового забруднення набуває в умовах наближення автомагістралей до житлової забудови.

Важливе значення у зниженні шумового навантаження має етап проектування автомобільних доріг, оскільки саме на цій стадії можливо передбачити найбільш ефективні, технічно обґрунтовані та економічно доцільні заходи шумозахисту. Раціональне трасування автомагістралей, оптимізація геометричних параметрів дороги, вибір конструкції дорожнього покриття, а також застосування інженерних і організаційних заходів дозволяють суттєво зменшити негативний вплив транспортного шуму ще до введення дороги в експлуатацію.

У зв'язку з цим розробка заходів для зменшення шумового забруднення при проектуванні автомагістралей є актуальним науково-практичним завданням, що відповідає сучасним вимогам екологічної безпеки, сталого розвитку та нормативним документам у сфері дорожнього проектування.

Ця проблема залишається актуальною і для нових транспортних коридорів. Наразі близько 40% протяжності магістральних автомобільних доріг в Україні перебуває в зоні впливу населених пунктів, як міських, так і

сільських.

Метою магістерської роботи є обґрунтування та розроблення комплексу ефективних інженерних і організаційних заходів щодо зниження шумового впливу автомобільного транспорту на прилеглі території на етапі проектування автомагістралі.

Для досягнення поставленої мети в роботі передбачається вирішення таких основних завдань: аналіз джерел та факторів формування транспортного шуму; дослідження нормативних показників оцінювання шумового забруднення; розгляд сучасних методів і засобів шумозахисту; обґрунтування доцільності застосування запропонованих заходів з урахуванням технічних, економічних та екологічних вимог.

## 1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

### 1.1 Аналіз стану питання щодо реконструкції автомобільних доріг в Рівненській області. Мета роботи.

Рівненська область є важливим транспортно-логістичним регіоном Західної України, через який проходять міжнародні та національні автомобільні коридори, що забезпечують зв'язок між центральними регіонами держави та країнами Європейського Союзу. Інтенсивність транспортних потоків на основних автомагістралях області постійно зростає, що зумовлює підвищене навантаження на дорожню інфраструктуру та навколишнє середовище.

У межах державної програми «Велике будівництво» в Рівненській області основні роботи з реконструкції та капітального ремонту виконувалися на автомобільних дорогах міжнародного та національного значення, зокрема М-06 Київ – Чоп, Н-22 Устилуг – Луцьк – Рівне та М-19 Доманове – Чернівці – Теремблече. Водночас при реалізації проектів основний акцент робився на покращенні транспортно-експлуатаційних показників, тоді як заходи зі зменшення шумового впливу часто мали обмежений або фрагментарний характер.

Зокрема, для автомобільної дороги М-06 Київ – Чоп прогнозується суттєве зростання інтенсивності транспортних потоків, яке на окремих ділянках до 2030 року може перевищувати 20–25 тис. транспортних засобів на добу. Прогнозні оцінки базуються на застосуванні сучасних методів транспортного моделювання з урахуванням наявних даних про інтенсивність руху, перспектив соціально-економічного розвитку регіону та демографічних змін.

У процесі експлуатації та реконструкції автомобільних доріг значну увагу приділяють підвищенню пропускної спроможності, безпеки дорожнього руху та довговічності дорожнього одягу. Водночас проблема шумового забруднення, яке виникає внаслідок руху транспортних засобів, залишається однією з найменш вирішених, особливо на ділянках, що проходять поблизу житлової забудови, соціальних об'єктів та рекреаційних зон.

Автомобільний транспорт є одним із основних джерел акустичного

навантаження на довкілля. Підвищення швидкості руху, збільшення частки великовантажних транспортних засобів, а також незадовільний технічний стан окремих ділянок доріг сприяють зростанню рівнів транспортного шуму. За відсутності ефективних шумозахисних заходів це негативно впливає на здоров'я населення, знижує комфорт проживання та суперечить сучасним вимогам екологічної безпеки.

Реконструкція автомобільних доріг у Рівненській області, зокрема автомагістралей із високою інтенсивністю руху, дедалі частіше здійснюється з урахуванням сучасних нормативних вимог до безпеки та екологічності. Однак на практиці заходи зі зниження шумового впливу або реалізуються частково, або взагалі не передбачаються на етапі проектування. Це зумовлює необхідність комплексного підходу до проектування автомагістралей, який поєднує технічні, планувальні та інженерно-екологічні рішення.

Аналіз сучасного стану реконструкції автомобільних доріг в області свідчить про актуальність впровадження ефективних шумозахисних заходів уже на стадії проектування. Такий підхід дозволяє не лише зменшити негативний вплив транспортного шуму, а й забезпечити відповідність автомобільних доріг європейським стандартам сталого розвитку та екологічної безпеки.

Метою магістерської роботи є розробка комплексу технічних та організаційних заходів щодо зменшення шумового забруднення при проектуванні автомагістралі, з урахуванням умов реконструкції автомобільних доріг Рівненської області, сучасних нормативних вимог та принципів екологічної безпеки.

## **1.2 Огляд наукових досліджень за зазначеною проблемою**

Проблема зменшення шумового забруднення при проектуванні та реконструкції автомагістралей у наукових дослідженнях розглядається як міждисциплінарна: поєднує транспортне планування, дорожнє проектування, будівельну акустику, екологічну безпеку та охорону здоров'я. У сучасній літературі переважає підхід «джерело – шлях поширення – приймач», що

дозволяє обґрунтовувати рішення як на рівні конструкції дороги, так і на рівні територіального планування й захисту прилеглої забудови.

### **1.2.1 Вплив транспортного шуму на здоров'я та якість життя**

У міжнародній практиці ключовим узагальнювальним документом є рекомендації ВООЗ (Environmental Noise Guidelines for the European Region) [1], де дорожній шум пов'язують із порушенням сну, підвищеним рівнем дискомфорту (annoyance) та ризиками для серцево-судинної системи; для оцінювання впливу широко використовують показники  $L_{den}$  та  $L_{night}$ . Ці показники є базовими стандартами в Європейському Союзі (згідно з Директивою 2002/49/EC) [2] і тепер активно впроваджуються в Україні для стратегічного оцінювання шумового забруднення, особливо від автомобільних доріг та залізниць. Показник  $L_{den}$  - це середньодобовий рівень шуму, який описує загальний акустичний дискомфорт протягом усієї доби (24 години).

$L_{night}$  - це середній рівень шуму за нічний період (8 годин, з 23:00 до 07:00). Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) рекомендує, щоб  $L_{night}$  біля житлових будинків не перевищував 40 дБ, щоб уникнути негативних наслідків для здоров'я (серцево-судинні захворювання, стрес).

Відповідно, на етапі проектування автомагістралей акцент зміщується від «фіксації фактичних перевищень» до попереджувального планування, коли шумозахист закладається в проєктні рішення ще до будівництва/реконструкції.

### **1.2.2 Нормативно-методичні підходи (ЄС та Україна)**

Європейська система управління шумом спирається на Директиву 2002/49/EC (Environmental Noise Directive) [2], яка запроваджує обов'язковість стратегічних шумових карт та планів дій для основних джерел шуму (зокрема, автомобільних доріг) із періодичним переглядом. Для уніфікації розрахунків у країнах ЄС діє Commission Directive (EU) 2015/996 щодо спільних методів оцінювання шуму (CNOSSOS-EU).

В Україні проектування захисту від шуму регламентується, зокрема, вимогами ДБН В.1.1-31:2013 «Захист територій, будинків і споруд від шуму» [3], де наведені принципи вибору планувальних та акустичних заходів, а також

підходи до оцінки шумового режиму при будівництві/реконструкції. Окремо для автомобільних доріг важливим є галузевий документ ГБН В.2.3-37641918-556:2015 «Автомобільні дороги. Споруди шумозахисні. Вимоги до проєктування» [4], що деталізує вимоги до шумозахисних споруд уздовж доріг.

### **1.2.3 Моделювання та вимірювання транспортного шуму**

Наукові праці підкреслюють, що обґрунтування шумозахисних рішень має базуватися на поєднанні натурних вимірювань і прогнозного моделювання (для порівняння альтернатив). Для інженерних прогнозів поширення звуку в довкіллі часто застосовують методи, узгоджені зі стандартом ISO 9613-2, який описує розрахунок ослаблення звуку під час поширення назовні. Для опису/оцінювання параметрів екологічного шуму в міжнародній практиці широко використовують підходи стандартів серії ISO 1996 (показники, процедури оцінювання, вимірювання). Окремий важливий напрям — порівняння акустичних властивостей покриттів. Для цього застосовують стандартизовані методи, зокрема ISO 11819-2 (CPX-метод), який дозволяє оцінювати вплив типу дорожньої поверхні на шум при домінуванні «шина-покриття».

У прикладних транспортних дослідженнях (особливо в США) поширеним інструментом є FHWA Traffic Noise Model (TNM), що використовується для прогнозу рівнів шуму та оцінювання ефективності бар'єрів, рельєфу, забудови тощо.

### **1.2.4 Інженерні заходи зниження шуму (екрани, покриття, планування, організація руху)**

Рішення щодо заходів зниження шуму зазвичай групують у три блоки.

1. Заходи на шляху поширення (шумозахисні екрани, насипи/виїмки, зелені смуги). Українські дослідження та огляди акцентують, що одним із найефективніших інструментів є шумозахисні екрани, ефективність яких залежить від висоти/довжини, герметичності, матеріалів (звукопоглинальні/звуківідбивальні) та конфігурації верхньої кромки [3; 7]. Питання проєктування та вимоги до таких споруд систематизовані в галузевих нормах

[4]. Окремі прикладні роботи на матеріалі українських доріг описують натурні вимірювання ефективності шумозахисних екранів на ділянках у низці областей, зокрема із згадуванням Рівненської області [6].

2. Заходи на рівні джерела (низькошумні покриття). Міжнародні дослідження показують, що «тихі» поверхні (пористі та інші оптимізовані склади) можуть забезпечувати відчутне зниження шуму «шина-покриття», але ефект залежить від структури поверхні та з часом може зменшуватися через зношування/забивання пор. Класичним джерелом з тематики шинно-дорожнього шуму є довідник Sandberg & Ejsmont [11], а також оглядові матеріали щодо низькошумних поверхонь [12].

3) Організаційні та планувальні заходи (швидкість, склад потоку, об'їзди, планування забудови). Дослідження підкреслюють роль швидкості та частки вантажного транспорту: зі збільшенням швидкості зростає внесок шуму контакту «шина-покриття», тому зниження шуму часто досягається комбінацією: оптимізація швидкісного режиму, винесення транзитного потоку в об'їзди, бар'єри/земляні вали та використання відповідних типів покриття [7-10].

### **1.3 Норми проектування плану і поздовжнього профілю при реконструкції автомобільної дороги.**

Проектування плану та поздовжнього профілю автомобільної дороги при її реконструкції здійснюється з урахуванням чинних нормативних документів [17], які регламентують геометричні параметри дороги, умови безпеки руху, пропускну здатність та комфортність для користувачів. Основною метою реконструкції є приведення існуючих параметрів дороги у відповідність до сучасних вимог з урахуванням перспективної інтенсивності руху та розрахункової швидкості.

Норми проектування плану дороги. План автомобільної дороги визначає просторове положення осі траси та включає прямі, кругові й перехідні криві. При реконструкції особлива увага приділяється усуненню геометричних елементів, що обмежують швидкість руху та знижують рівень безпеки.

Мінімальні радіуси кругових кривих у плані встановлюються залежно від категорії дороги та розрахункової швидкості руху. За умови підвищення швидкості руху під час реконструкції необхідно збільшувати радіуси кривих або застосовувати комплексні інженерні заходи, зокрема влаштування віражів, оптимізацію параметрів перехідних кривих та коригування поперечного похилу проїзної частини.

Перехідні криві є обов'язковим елементом при поєднанні прямих і кругових ділянок, оскільки забезпечують плавну зміну відцентрового прискорення та підвищують комфортність і безпеку руху. Їх довжина визначається залежно від швидкості руху, радіуса кругової кривої та умов поперечного профілю.

Норми проектування поздовжнього профілю. Поздовжній профіль автомобільної дороги характеризується системою ухилів, вертикальних кривих та переломів профілю. При реконструкції дороги важливим є дотримання гранично допустимих поздовжніх ухилів, які впливають на динаміку руху транспортних засобів, витрати палива, рівень шуму та викидів шкідливих речовин.

Максимальні поздовжні ухили призначаються залежно від категорії дороги, розрахункової швидкості та рельєфу місцевості. Для забезпечення плавності руху між ділянками з різними ухилами передбачаються опуклі та увігнуті вертикальні криві, радіуси яких повинні забезпечувати необхідну видимість у поздовжньому напрямку, зокрема видимість для зупинки.

Особливості реконструкції існуючих доріг. На відміну від нового будівництва, реконструкція автомобільної дороги виконується в умовах існуючої забудови, інженерних споруд та обмежених смуг відведення. У зв'язку з цим проектні рішення щодо плану і поздовжнього профілю часто приймаються на основі техніко-економічного порівняння кількох варіантів з урахуванням обсягів земляних робіт, вартості перебудови та впливу на навколишнє середовище.

Оптимізація геометричних параметрів траси при реконструкції дозволяє

підвищити безпеку та швидкість руху, зменшити аварійність, а також створити передумови для зниження шумового навантаження на прилеглі території.

Приклад вигляду плану зображено на рисунку 1.1.

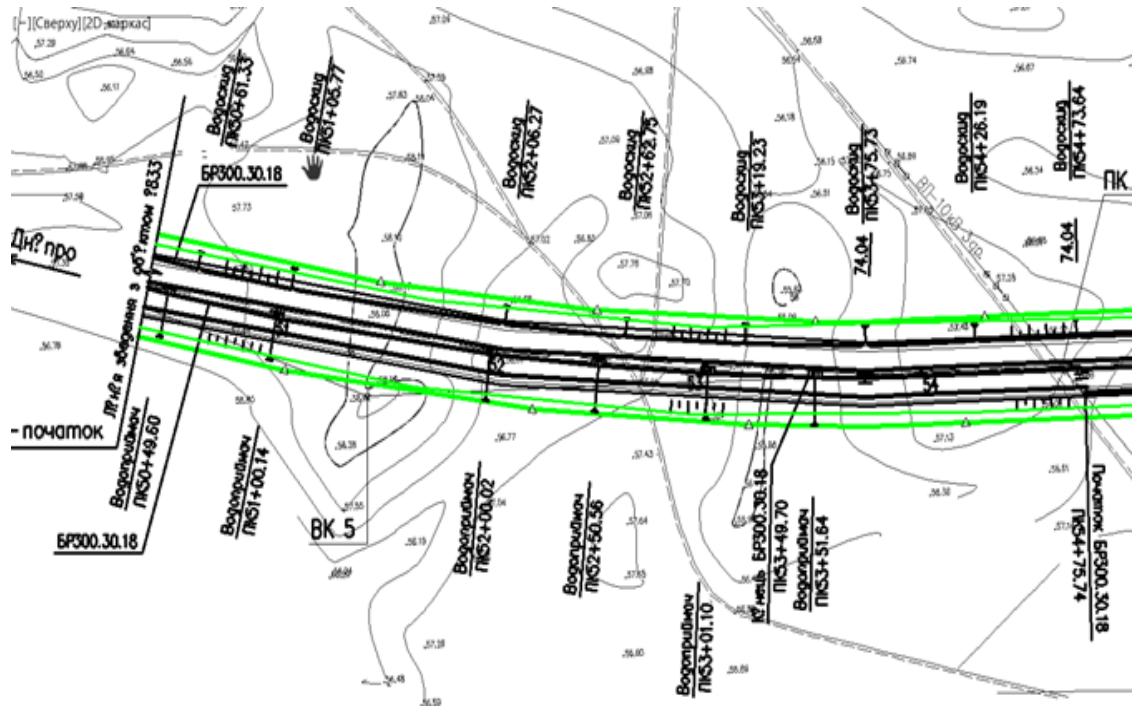


Рисунок 1.1 – План автомобільної дороги

Для елементів плану (рис. 1.1) та поздовжнього профілю (рис. 1.2) основні параметри необхідно призначати відповідно до прийнятої категорії автодороги такими:

- поздовжні похили до 30 %;
- відстань видимості за умови зупинки транспортного засобу – не менше ніж 450 м;
- радіуси кривих у плані – понад 3000 м;
- радіуси опуклих кривих у поздовжньому профілі – понад 70000 м;
- радіуси увігнутих кривих у поздовжньому профілі – понад 8000 м;
- довжину опуклих кривих у поздовжньому профілі – понад 300 м;
- довжину увігнутих кривих у поздовжньому профілі – понад 100 м.

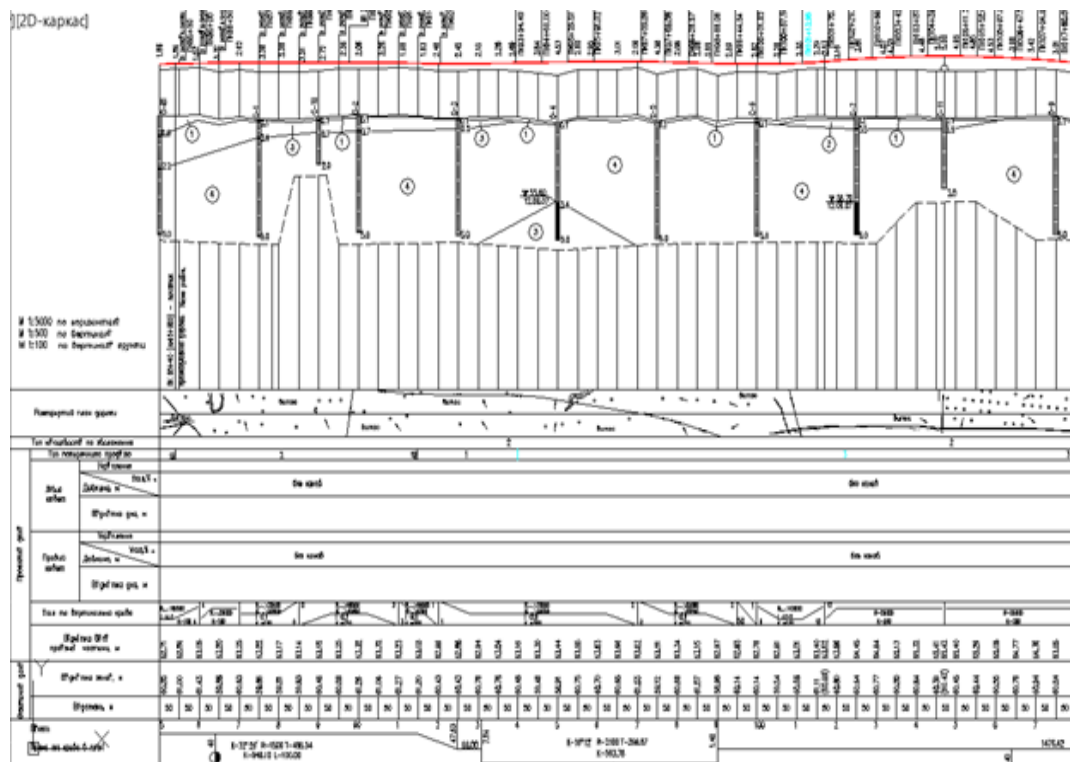


Рисунок 1.2 – Поздовжній профіль автомобільної дороги

У разі, коли через складні умови рельєфу або інші місцеві фактори дотримання встановлених нормативних вимог є неможливим або їх виконання пов'язане зі значними обсягами робіт і суттєвими фінансовими витратами, під час проєктування автомобільних доріг допускається зменшення нормативних параметрів до гранично допустимих значень, які визначаються відповідно до проєктних і розрахункових швидкостей згідно з таблицею 1.1.

Конструктивні рішення земляного полотна повинні відповідати чинним галузевим нормативам з урахуванням категорії автомобільної дороги, висоти насипів і глибини виїмок, типу дорожнього покриття, технологічних умов виконання робіт, а також природно-кліматичних і інженерно-геологічних характеристик проєктної ділянки. При цьому основними вимогами є забезпечення надійної стійкості та довговічності земляного полотна і дорожнього одягу за умови мінімізації витрат на будівництво та експлуатацію, раціонального використання земельних ресурсів і зменшення негативного впливу на навколишнє природне середовище.



укісними частинами; в) основу насипу – природний ґрунтовий масив, що залягає нижче насипного ґрунту або робочого шару; г) основу виїмки – ґрунтовий масив, розташований нижче робочого шару; д) укісні частини виїмки; е) споруди для відведення поверхневих вод; ж) споруди для зниження рівня або відведення підземних (ґрунтових) вод; з) геотехнічні споруди та конструкції, призначені для захисту земляного полотна від небезпечних інженерно-геологічних процесів.

### **Висновок до розділу 1**

Огляд літератури показує, що найбільш обґрунтованим є комплексний підхід:

- розрахунок і моделювання шуму за стандартизованими методами та з використанням показників  $L_{den}/L_{night}$ ;
- добір низькошумних конструкцій дорожнього одягу на основі методів оцінювання акустики покриттів;
- проєктування шумозахисних споруд і планувальних рішень у місцях наближення до житлової забудови.

Саме такий підхід доцільно застосовувати для проєктування реконструкції автомагістралей у Рівненській області з урахуванням локальної забудови та структури транспортних потоків.

## 2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

### 2.1 Технічна характеристика об'єкту

Ділянка автомобільної дороги км 360 – км 370, розташована в Рівненській області, є складовою частиною автомобільної магістралі міжнародного значення та входить до транспортної мережі, що забезпечує зв'язок між великими містами України, а також вихід на транскордонні транспортні маршрути. Функціональне призначення цієї ділянки зумовлює підвищені вимоги до її технічного стану, безпеки дорожнього руху та екологічних характеристик.

Проектні та експлуатаційні параметри ділянки загалом відповідають сучасним вимогам дорожнього будівництва. У процесі експлуатації та реконструкції передбачено комплекс заходів, спрямованих на покращення якості дорожнього покриття, підвищення рівня безпеки руху та зменшення негативного впливу транспорту на навколишнє середовище.

Основні технічні характеристики досліджуваної ділянки включають:

- тип дорожнього покриття – асфальтобетон підвищеної міцності, розрахований на інтенсивний рух великовагового транспорту;
- рівень безпеки дорожнього руху – наявність бар'єрного огороження, горизонтальної розмітки підвищеної видимості, дорожніх знаків і технічних засобів організації руху;
- екологічні заходи – улаштування шумозахисних екранів на ділянках, наближених до житлової забудови, а також модернізація систем поверхневого водовідведення;
- транспортна ефективність – забезпечення необхідної пропускну здатності з метою зменшення заторів і скорочення часу перевезення.

Досліджувана ділянка є важливою ланкою транспортного коридору, що сприяє економічному розвитку регіону, забезпечує ефективне обслуговування транзитних і внутрішніх перевезень та формує підвищене транспортне навантаження.

Автомагістраль у межах Рівненської області, зокрема ділянка км 360 –

км 370, запроектована за параметрами автомобільної дороги категорії Ia з чотирма смугами руху (по дві смуги в кожному напрямку), що забезпечує високий рівень пропускної здатності та безпеки. Проектна інтенсивність руху для дороги такого класу перевищує 14 000 транспортних одиниць на добу в еквіваленті легкових автомобілів.

При проектуванні враховано нормативні вимоги до геометричних параметрів, зокрема ширину смуг руху 3.75 м, наявність розділової смуги та зміцнених узбіч, що є обов'язковими для автомагістралей відповідного рівня. Застосовані інженерні рішення спрямовані на забезпечення розрахункової швидкості руху до 150 км/год, що досягається завдяки використанню плавних радіусів горизонтальних кривих (не менше 1200 м) та обмеженню максимальних поздовжніх ухилів до 30%. Це сприяє підвищенню комфорту руху, зниженню витрат палива та рівня транспортного шуму.

На теперішній час на ділянці автомобільної дороги М-06 Київ – Чоп між населеними пунктами Крилів – Грушвиця (рис. 2.1), що входить до меж досліджуваної території, виконуються ремонтні роботи. Вони є складовою частиною комплексних заходів з утримання та відновлення автомобільної дороги міжнародного значення і передбачають ремонт дорожнього покриття, оновлення елементів дорожньої інфраструктури, модернізацію з'їздів, а також встановлення шумозахисних екранів.

Загалом технічний стан дорожнього покриття на досліджуваній ділянці є неоднорідним і потребує системного підходу до реконструкції, особливо на ділянках поблизу штучних споруд, мостів та підходів до них, де спостерігаються прояви колійності та підвищеного зносу покриття. Реалізація запланованих заходів спрямована на підвищення безпеки дорожнього руху, покращення експлуатаційних характеристик дороги та зменшення шумового впливу на прилеглі території.

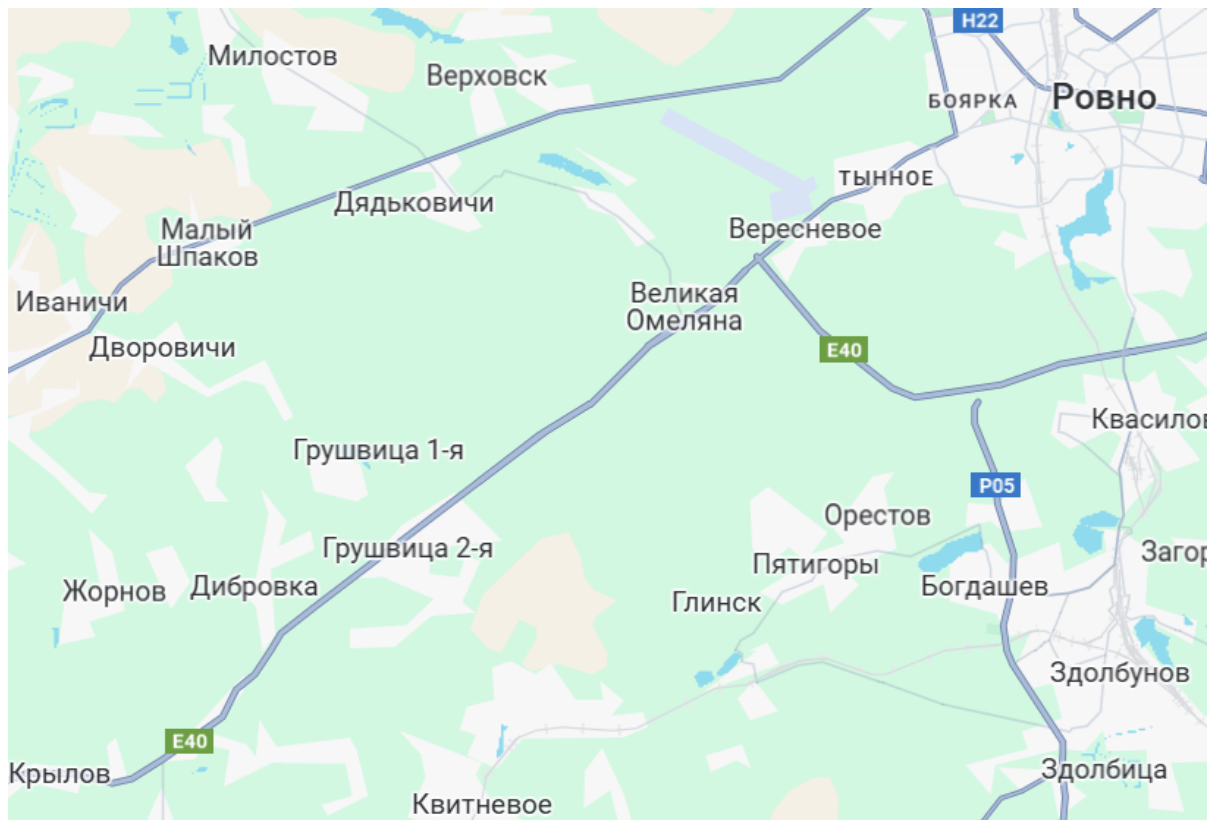


Рисунок 2.1 – План траси ділянки автодороги Крилів – Грушвиця – Рівне

## 2.2 Огляд методів оцінювання рівня дорожнього шуму

Оцінювання рівня шумового впливу від автомобільних доріг є необхідним етапом під час проектування, реконструкції та експлуатації автомагістралей. Результати розрахунків рівня дорожнього шуму використовуються для визначення відповідності проектних рішень чинним санітарним нормам, обґрунтування необхідності застосування шумозахисних заходів і вибору їх оптимальних параметрів.

*Загальні підходи до оцінювання дорожнього шуму.*

Методики розрахунку рівня дорожнього шуму базуються на визначенні еквівалентного рівня звуку, який формується транспортним потоком у заданій точці простору. При цьому враховуються характеристики джерела шуму, умови його поширення та особливості сприйняття шуму людиною. У сучасній практиці найбільш поширеними є розрахункові методи, що дозволяють прогнозувати рівні шуму ще на стадії проектування дороги [17-19].

Основними факторами, які враховуються в методиках розрахунку

дорожнього шуму, є:

- інтенсивність руху транспортного потоку;
- склад потоку (частка легкових і вантажних автомобілів);
- швидкість руху транспортних засобів;
- тип і стан дорожнього покриття;
- геометричні параметри дороги;
- відстань від джерела шуму до точки розрахунку;
- наявність перешкод і шумозахисних споруд.

*Методика розрахунку за еквівалентним рівнем шуму.*

Традиційні методики оцінювання дорожнього шуму ґрунтуються на визначенні еквівалентного рівня звуку  $L_{eq}$ , який характеризує середню енергію шуму за певний період часу. Такий підхід широко застосовується для локальних розрахунків і дозволяє оцінити вплив окремої ділянки дороги на навколишню територію.

Перевагами цього методу є відносна простота розрахунків і можливість використання обмеженої кількості вхідних даних. Водночас недоліком є недостатній облік добових коливань інтенсивності руху та підвищеної чутливості населення до шуму у вечірній і нічний час.

*Методики з використанням показників  $L_{den}$  та  $L_{night}$*

Сучасні європейські та міжнародні підходи до оцінювання шумового впливу передбачають застосування інтегральних показників  $L_{den}$  та  $L_{night}$ , які враховують добовий розподіл транспортного потоку та різний ступінь сприйняття шуму в денний, вечірній і нічний періоди.

Показник  $L_{den}$  характеризує середньодобовий рівень шуму з урахуванням штрафних поправок для вечірнього та нічного часу, тоді як  $L_{night}$  використовується для оцінювання шумового впливу в нічний період і його впливу на умови сну населення. Застосування цих показників є обов'язковим при складанні шумових карт і стратегічних планів управління шумом.

$L_{den}$  та  $L_{night}$  – це інтегральні акустичні показники, що застосовуються для оцінювання шумового впливу транспорту на населення з урахуванням

добової нерівномірності руху та підвищеної чутливості людини до шуму у вечірній і нічний час.

Показник  $L_{den}$  характеризує середньодобовий рівень шуму, сформований транспортним потоком протягом 24 годин, із введенням коригувальних надбавок для вечірнього та нічного періодів. Доба поділяється на три часові інтервали: денний період – 07:00–19:00; вечірній період – 19:00–23:00 (з урахуванням штрафної надбавки +5 дБ); нічний період – 23:00–07:00 (з урахуванням штрафної надбавки +10 дБ). Такі надбавки відображають підвищений негативний вплив шуму на населення у вечірній та нічний час. Показник  $L_{den}$  використовується для комплексної оцінки шумового навантаження, побудови шумових карт та обґрунтування заходів шумозахисту при проектуванні автомобільних доріг.

Показник  $L_{night}$  визначає середній рівень шуму в нічний період (23:00–07:00) без застосування штрафних поправок. Цей показник використовується переважно для оцінювання впливу транспортного шуму на умови сну та здоров'я населення, а також для визначення необхідності впровадження обмежень руху або додаткових шумозахисних заходів у нічний час.

Практичне значення показників у дорожньому проектуванні показники  $L_{den}$  та  $L_{night}$  застосовуються для:

- оцінювання відповідності проектних рішень санітарним нормам;
- визначення зон з перевищенням допустимих рівнів шуму;
- обґрунтування встановлення шумозахисних екранів, земляних валів та інших захисних споруд;
- порівняння ефективності різних варіантів трасування та організації руху.

Обидва показники вимірюються в децибелах з А-корекцією (дБА), що відповідає особливостям сприйняття звуку людиною.

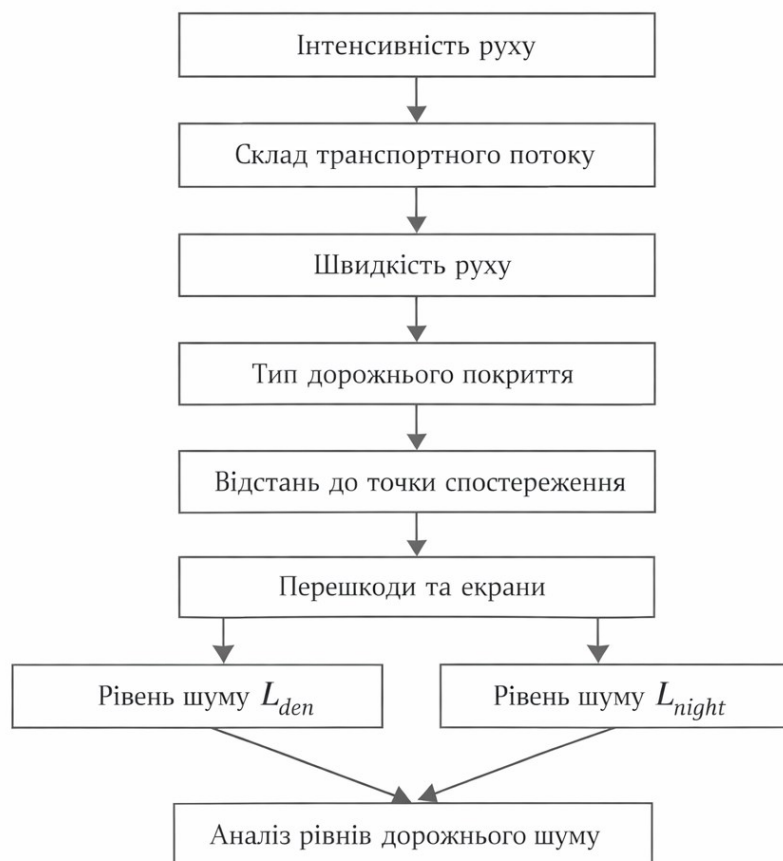


Рисунок 2.1 – Загальна схема розрахунку рівня шуму

З розвитком інформаційних технологій широкого поширення набули комп'ютерні моделі розрахунку дорожнього шуму, які реалізують складні алгоритми поширення звуку з урахуванням рельєфу місцевості, забудови, метеорологічних умов та наявності шумозахисних споруд. Такі моделі дозволяють отримувати просторові розподіли рівнів шуму та будувати шумові карти.

Перевагою комп'ютерного моделювання є висока точність результатів і можливість аналізу різних варіантів проєктних рішень. Недоліком є потреба у значному обсязі вихідних даних і спеціалізованого програмного забезпечення.

Аналіз існуючих методик розрахунку рівня дорожнього шуму свідчить, що вибір конкретного підходу залежить від мети дослідження, стадії проєктування та доступності вихідних даних. Для попередніх оцінок доцільно застосовувати спрощені методики на основі еквівалентного рівня шуму, тоді як

для детального проєктування та обґрунтування шумозахисних заходів рекомендовано використовувати інтегральні показники  $L_{den}$  і  $L_{night}$  у поєднанні з комп'ютерним моделюванням.

Застосування сучасних методик розрахунку рівня дорожнього шуму є необхідною умовою прийняття обґрунтованих інженерних рішень, спрямованих на зменшення шумового забруднення при проєктуванні автомагістралей.

### **2.3 Порівняльний аналіз британської та української методик**

Однією з найбільш відомих і широко застосовуваних методик розрахунку дорожнього шуму є британська методика CRTN (Calculation of Road Traffic Noise), розроблена Лабораторією транспорту та дорожніх досліджень спільно з Департаментом транспорту Великобританії у 1975 році та оновлена у 1988 році [20]. Дана методика дозволяє визначати середньорічний рівень транспортного шуму з урахуванням інтенсивності руху, складу транспортного потоку, швидкості руху, геометричних параметрів дороги, відстані до об'єкта спостереження, а також метеорологічних факторів.

Оцінювання шумового впливу в Україні здійснюється відповідно до вимог ДБН В.1.1-31:2013 «Захист територій, будинків і споруд від шуму» та національних стандартів, зокрема ДСТУ ISO 9613-2 [13], які регламентують методи розрахунку поширення шуму в зовнішньому середовищі. Українська методика орієнтована переважно на визначення гранично допустимих і середньодобових рівнів шуму з урахуванням санітарних норм, функціонального призначення територій та місцевих умов експлуатації.

Порівняльний аналіз методик свідчить, що британський підхід характеризується вищим рівнем деталізації та універсальністю, оскільки спрямований на довгострокове прогнозування шумового впливу при плануванні дорожньої інфраструктури. Натомість українська методика більшою мірою адаптована до оцінювання санітарного впливу шуму на населення та контролю відповідності нормативним вимогам.

Український підхід орієнтований передусім на забезпечення безпеки та

охорони здоров'я населення, що зумовлює використання в розрахунках найбільш несприятливих умов експлуатації. Основною особливістю національної методики є застосування максимальних або середньодобових значень рівня шуму, які визначаються на основі пікової інтенсивності транспортного потоку. При цьому враховуються такі основні вихідні параметри:

- середня та максимальна інтенсивність руху транспортних засобів;
- склад транспортного потоку з урахуванням частки вантажного транспорту;
- швидкісний режим руху;
- тип і технічний стан дорожнього покриття;
- відстань від краю проїзної частини до точки розрахунку;
- наявність природних і штучних перешкод поширенню звуку.

В Україні дана методика найчастіше використовується при оцінюванні санітарного впливу шуму на населення, зокрема під час розроблення проєктів нового будівництва або реконструкції автомобільних доріг.

Основні відмінності між британською та українською методиками оцінювання шумового впливу наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Основні відмінності методик оцінювання дорожнього шуму

Параметр	Британська методика (CRTN)	Українська методика (ДБН)
Тип розрахунків	Середньорічні показники	Максимальні значення або середньодобові
Вплив погоди	Враховується детально	Враховується спрощено або не враховується
Транспортний потік	Детальна сегментація транспорту	Менш деталізована сегментація
Географічні умови	Прямолінійні траси, характерні для Великобританії	Більша увага до складного рельєфу
Сфера застосування	Переважно для проєктування нових доріг	Для контролю дотримання санітарних норм

Кліматичні та метеорологічні умови в українських методиках, як правило, враховуються у спрощеному вигляді, без детальної корекції на напрям і швидкість вітру або температурну стратифікацію повітря. Водночас більше уваги приділяється впливу рельєфу місцевості, зелених насаджень, забудови та шумозахисних споруд, що відповідає реальним умовам експлуатації автомобільних доріг в Україні.

Особливе місце в національній практиці займає використання інтегральних показників  $L_{den}$  та  $L_{night}$ , які застосовуються для оцінювання відповідно середньодобового та нічного шумового навантаження. Їх використання дозволяє враховувати добову нерівномірність транспортних потоків і підвищену чутливість населення до шуму у вечірній та нічний періоди, що є особливо важливим при проектуванні автомагістралей поблизу житлової забудови.

Українська методика широко застосовується під час проектування нового будівництва та реконструкції автомобільних доріг, а також при розробленні проектної документації на стадії оцінки впливу на довкілля (ОВД). Її перевагою є адаптованість до національних нормативів і практичних умов експлуатації, тоді як недоліком залишається менший рівень деталізації окремих факторів порівняно з сучасними міжнародними методиками. Запозичення окремих елементів методики CRTN може сприяти підвищенню точності прогнозних оцінок при проектуванні сучасних автомагістралей.

## **2.4 Методика розрахунку дорожнього шуму від транспортних засобів**

Для визначення рівня дорожнього шуму в роботі використано методику розрахунку шуму від руху транспортних засобів, яка ґрунтується на оцінюванні базового рівня шуму  $L_{10}$  за одну годину та за 18-годинний період. Базовий рівень шуму визначається на еталонній відстані 10 м від найближчого краю проїжджої частини автомобільної дороги.

Модель враховує основні параметри транспортного потоку та дороги, зокрема інтенсивність і склад руху, середню швидкість транспортних засобів,

поздовжній ухил дороги та тип дорожнього покриття. При розрахунках приймаються стандартні припущення: помірна швидкість вітру та сухе дорожнє покриття, що відповідає умовам застосування методики.

Етапи розрахунку рівня дорожнього шуму/

Процедура розрахунку включає п'ять послідовних етапів:

1. Поділ дорожньої схеми на сегменти таким чином, щоб коливання рівня шуму в межах одного сегмента не перевищували 2 дБА.

2. Розрахунок базового рівня шуму на відстані 10 м від краю проїжджої частини для кожного сегмента залежно від швидкості, інтенсивності та складу руху. Транспортний потік розглядається як лінійне джерело шуму, розташоване на висоті 0,5 м над поверхнею дороги та на відстані 3,5 м від краю транспортного засобу.

3. Оцінювання рівня шуму з урахуванням ослаблення внаслідок відстані та можливого екранування.

4. Коригування рівня шуму з урахуванням відбиття звуку від будівель і фасадів, а також геометрії сегмента (кут огляду джерела шуму).

5. Об'єднання результатів для всіх сегментів з метою отримання прогнозованого рівня шуму в розрахунковій точці прийому.

Розрахунок рівня дорожнього шуму ґрунтується на визначенні базового рівня шуму  $L_{10}$ , який характеризує рівень звуку, що перевищується протягом 10 % часу спостереження. Базовий рівень шуму визначається на еталонній відстані 10 м від найближчого краю проїжджої частини.

Базовий рівень шуму для погодинної інтенсивності руху визначається за формулою:

$$L_{10}(1\text{год}) = 42.2 + 10\text{Log}(q) \text{ (дБА)}, \quad (2.1)$$

де  $q$  – інтенсивність руху транспортних засобів за 1 годину, авт./год.

Базовий рівень шуму для 18-годинного періоду визначається як:

$$L_{10}(18\text{год}) = 29.1 + 10\text{Log}(Q) \text{ (дБА)} \quad (2.2)$$

де  $Q$  – середня 18-годинна інтенсивність руху, авт./год.

При цьому приймається, що:

- базова швидкість руху  $V = 75$  км/год;
- частка важких транспортних засобів  $P = 0\%$ ;
- поздовжній ухил дороги  $G = 0\%$ .

Враховуючи середню швидкість руху, відсоток важких транспортних засобів та похил дороги рівень шуму повинен бути відкоригованим.

Зокрема, виправлення для важких транспортних засобів та швидкості визначаються за допомогою наступних виразів:

$$\Delta_{pV} = 33 \text{Log} \left( v + 40 + \frac{500}{v} \right) + 10 \text{Log} \left( 1 + \frac{5P}{v} \right) - 68.8 \text{ (дБА)} \quad (2.3)$$

де середня швидкість  $V$  залежить від типу дороги. Відсоток важких транспортних засобів визначається як:

$$P = \frac{100f}{q} = \frac{100F}{Q} \quad (2.4)$$

де  $f$  і  $F$  – відповідно погодинний і 18-годинний потік важких транспортних засобів.

Значення  $V$ , яке буде використано в рівнянні (2.3), залежить від похилу дороги. Зокрема, для доріг з похилом, швидкість руху в попередньому відношенні буде зменшена на величину  $\Delta V$ , яка визначається як:

$$\Delta V = \left[ 0.73 + \left( 2.3 - \frac{1.15P}{100} \right) \frac{P}{100} \right] G \text{ (км/год)} \quad (2.5)$$

де  $G$  – похил дороги, виражений у відсотках.

Додаткова поправка на шум від руху на похилах визначається за формулою:

$$\Delta_G = 0.3G \text{ (дБА)} \quad (2.6)$$

Шум також залежить від дорожнього покриття. Для доріг, які непроникні і на яких швидкість руху, що використовується у виразі (2.3),

становить  $V > 75$  км / год, застосовується поправка до базового рівня шуму:

–  $\Delta_{TD} = 10 \text{Log}(90TD + 30) - 20$  (дБА) для бетонних поверхонь;

–  $\Delta_{TD} = 10 \text{Log}(20TD + 60) - 20$  (дБА) для бітумної поверхні,

де TD – глибина текстури покриття.

Якщо  $V \leq 75$  (км / год), то поправка дорівнює:

–  $\Delta_{TD} = -1$  (дБА) для бітумного дорожнього покриття;

–  $\Delta_{TD} = -3.5$  (дБА) для стійких дорожніх покриттів.

Поправка до рівня шуму залежно від типу дорожнього покриття при швидкості руху  $V > 75$  км/год визначається за формулою:

$$\Delta_{TD} = -10 \text{Log} \left( \frac{d'}{13.5} \right) \text{ (дБА)} \quad (2.7)$$

де  $d'$  – найкоротша відстань між ефективним джерелом і приймачем.

Остання поправка пов'язана з перешкодами для поширення, наприклад, характер поверхні землі між краєм проїжджої частини та точкою приймача: трав'яниста земля, оброблювані поля тощо або наявність будівель, стін, загороджень тощо.

Швидкість з урахуванням виправлення швидкісного режиму, яка враховує вплив великовантажних транспортних засобів, розраховується за (2.8), результати наведені в таблиці 2.2.

$$V - \Delta V \text{ км / год} \quad (2.8)$$

**Вихідні дані, які прийняті для моделі.** При виконанні розрахунків розглядається дорога I-а категорії з такими параметрами та умовами:

– інтенсивність руху транспортних засобів складає 20 000 авт. / добу

– середня швидкість руху приймається в діапазоні від 50 до 170 км / год з інтервалом в 20 км/год.

– склад вантажних автомобілів приймається в діапазоні від 20 до 40% від загальної кількості автомобілів.

– похил дорожнього покриття складає  $G=15\%$ .

– покриття виконане з асфальтобетону.

**Розрахунок базового рівня шуму.** Базовий рівень шуму – основний рівень шуму який розраховується виходячи з кількості автомобілів які проїжджають в певному місці за якийсь період часу, без врахування будь-яких факторів які можуть впливати на нього.

Розраховуємо базовий рівень шуму в інтервалах за 1 та 18 годин, без урахування типу автомобіля:  $q = 500$  автомобілів за 1 год;  $Q = 671$  автомобілів за 18 год.

Таблиця 2.2 – Швидкість з урахуванням виправлення від великовантажних транспортних засобів

V, км/год	20 % вантажних	30 % вантажних	40 % вантажних
50	46,0	44,0	42,0
70	66,0	64,0	62,0
90	86,0	84,0	82,0
110	106,0	104,0	102,0
130	126,0	124,0	122,0
150	146,0	144,0	142,0
170	166,0	164,0	162,0

Результати розрахунків з урахуванням важких транспортних засобів з середнім швидкісним режимом руху від 50 до 170 км/год наведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Корегування шуму для важких транспортних засобів (формула 2.3)

Швидкість, км/год	$\Delta_{pV1}$	$\Delta_{pV2}$	$\Delta_{pV3}$
50	1,4	2,8	3,8
70	2,4	3,6	4,6
90	3,9	5,0	5,9
110	5,3	6,3	7,2
130	6,8	7,7	8,4
150	8,1	8,9	9,6
170	9,3	10,1	10,8

Дані таблиці 2.3 свідчать, що зі збільшенням швидкості руху та частки великовантажних транспортних засобів величина коригування рівня шуму  $\Delta r$  зростає. Найбільший вплив важких транспортних засобів спостерігається при швидкостях понад 110 км/год, що підтверджує необхідність урахування їх частки при прогнозуванні рівнів дорожнього шуму.

За результатами, наведеними в таблиці 2.3, побудовано залежності коригування рівня дорожнього шуму від частки великовантажного транспорту для різних швидкостей руху (рис. 2.3).

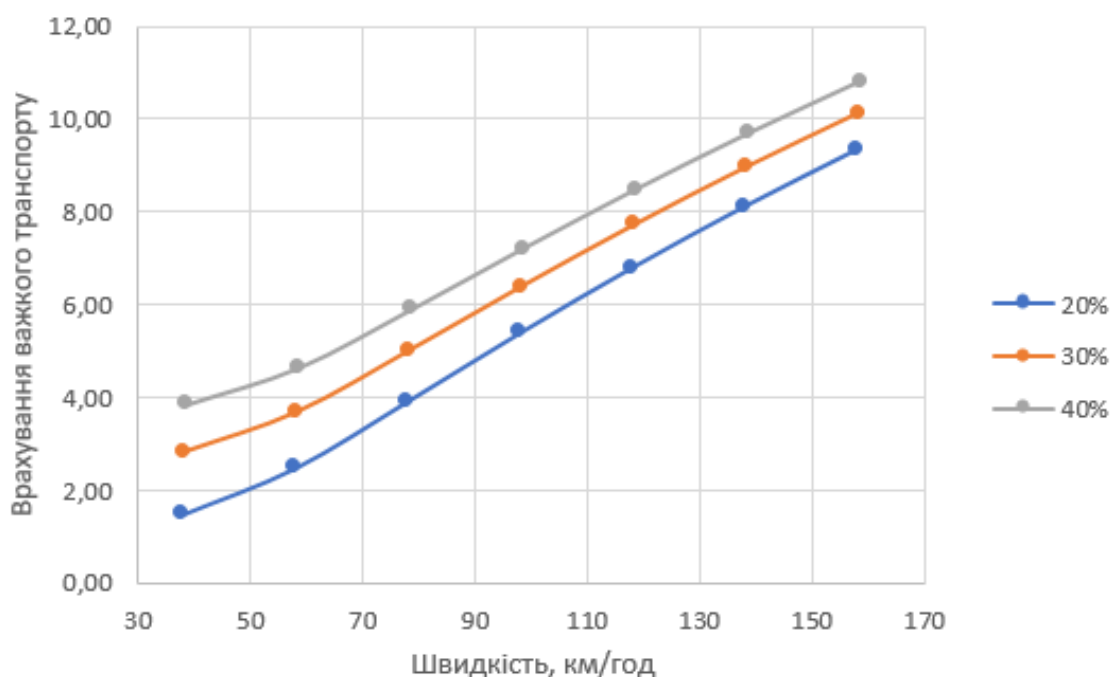


Рисунок 2.3 – Діаграма впливу частки великовантажних транспортних засобів та швидкості руху на коригування рівня дорожнього шуму

Отримані залежності підтверджують, що вплив важких транспортних засобів на шумове навантаження посилюється при швидкостях руху понад 100–110 км/год, що обґрунтовує необхідність урахування їх питомої ваги при прогнозуванні рівнів дорожнього шуму.

Поправка на додатковий шум від руху на поздовжніх похилах визначається за формулою (2.6) і для похилу 15% становить  $\Delta G = 4,5$  дБ(А).

Поправка до базового рівня шуму з урахуванням типу дорожнього покриття для швидкостей руху 50 та 70 км/год приймається рівною  $\Delta TD = -1$

дБ(А). Для інших швидкісних режимів поправка визначається за формулою (2.7) з урахуванням глибини текстури покриття  $TD = 0,8$  мм.

Ослаблення шуму залежно від відстані до точки приймача визначається за формулою

$$\Delta_{dist} = -20 \log_{10} \left( \frac{d'}{10} \right),$$

де  $d' = 4,2$  м. Отримане значення становить 7,5 дБ(А).

Підсумкові значення рівня шуму за одну годину з урахуванням усіх коригувальних факторів наведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Підсумкове значення для рівня шуму за 1 годину, дБА

Швидкість, км/год	$L_{(10)1}$ (1год)	$L_{(10)2}$ (1год)	$L_{(10)3}$ (1год)
50	81,7	83,1	84,1
70	82,7	83,9	84,9
90	84,0	85,1	86,0
110	84,8	86,4	87,3
130	86,9	87,8	88,6
150	88,2	89,0	89,8
170	89,4	90,2	90,9

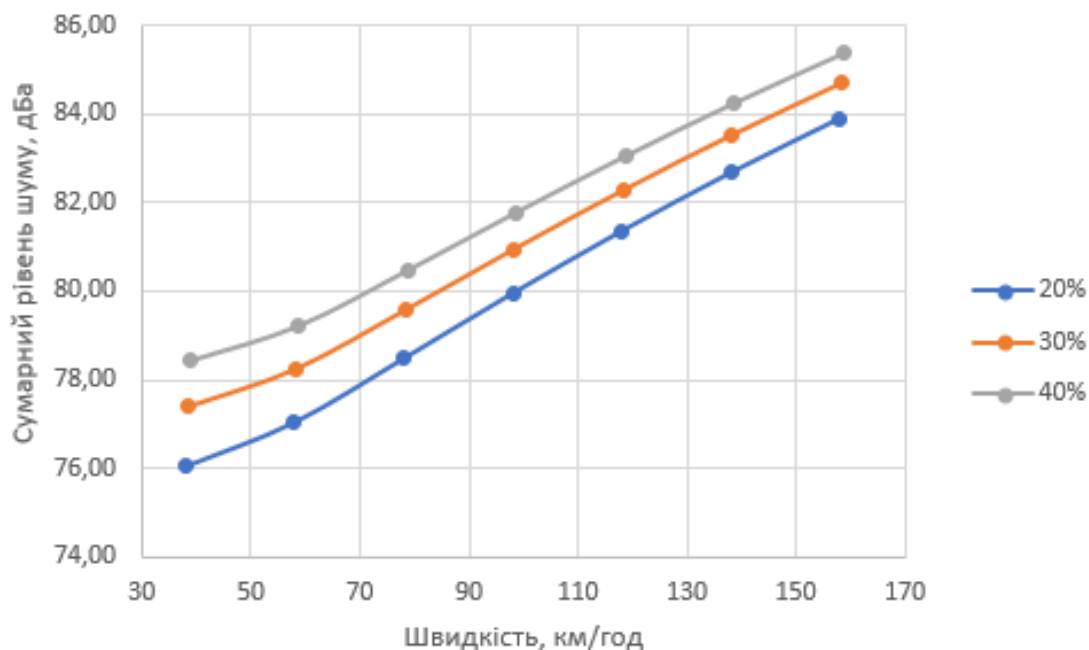


Рисунок 2.4 – Діаграма впливу швидкості руху та частки великовантажних транспортних засобів на сумарний рівень дорожнього шуму

## Висновки до розділу 2

Аналіз результатів виконаних розрахунків дозволяє зробити висновок, що зі збільшенням швидкості руху транспортного потоку спостерігається стале зростання сумарного рівня шуму за будь-якої частки великовантажних автомобілів у складі потоку.

Отримані залежності підтверджують, що вплив важких транспортних засобів на шумове навантаження посилюється при швидкостях руху понад 100–110 км/год.

Зі збільшенням питомої ваги великовантажного транспорту рівень шумового навантаження зростає, що підтверджує значний вплив важких транспортних засобів на формування акустичного середовища поблизу автомобільної дороги.

## **3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА**

### **3.1 Розробка варіантів захисту від шумового забруднення**

#### **3.1.1 Загальні положення**

Автомагістраль у Рівненській області, зокрема ділянка км 360 – км 370, запроєктована з чотирма смугами руху (по дві смуги в кожному напрямку) відповідно до категорії 1а, що забезпечує високий рівень пропускну здатності та безпеки дорожнього руху. Існуюча ширина проїзної частини автомобільної дороги становить 32,0–34,0 м, з розділовою смугою шириною 4,0 м, на якій встановлено двобічне металеве бар'єрне огородження. Покриття проїжджої частини виконане з асфальтобетону.

Автомобільна дорога є джерелом шуму широкого частотного діапазону, що формується внаслідок взаємодії транспортних засобів з дорожнім покриттям, роботи двигунів та аеродинамічних процесів. З метою зниження рівня шумового впливу на прилеглу житлову забудову в межах досліджуваної ділянки передбачається застосування шумозахисних екранів.

У розрахунковій моделі транспортний потік розглядається як лінійне джерело шуму, що складається з окремих транспортних засобів, які, у свою чергу, представляються як сукупність точкових джерел шуму. До таких джерел належать шум взаємодії коліс з дорожнім покриттям, шум силової установки та інші складові, розташовані на різних висотах відносно поверхні дороги. Окремі точкові джерела вважаються некогерентними між собою.

Для моделювання процесів поширення звуку використано припущення геометричної акустики, відповідно до яких звукове поле транспортного засобу описується у вигляді променевої моделі. У межах даного дослідження розглядається однорідне середовище, а розрахункова точка приймача шуму вважається такою, що розташована в дальньому звуковому полі джерела. Таким чином, рух транспортних засобів моделюється вздовж горизонтального лінійного сегмента дороги, розташованого на рівній поверхні землі.

При визначенні ефективності шумозахисних екранів розглядаються

розрахункові перетини, що з'єднують джерело шуму (ДШ) і розрахункову точку (РТ). Зменшення рівня шуму за екраном відбувається внаслідок утворення зони акустичної тіні. Водночас повне екранування шуму є неможливим через дифракцію звукових хвиль на верхній кромці екрану (рис. 3.1).

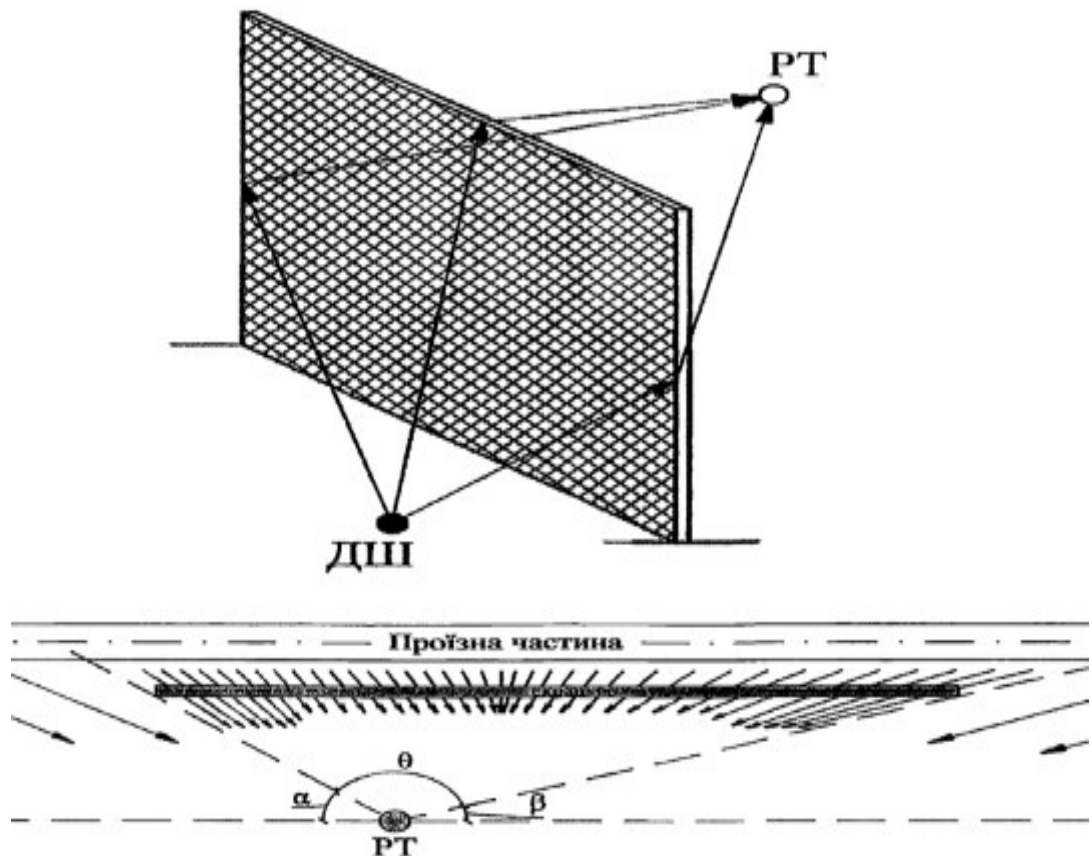


Рисунок 3.1 – Шляхи поширення звуку навколо екрану:  $\theta$  – кут перекриття екраном ділянки дороги (кутовий розмір екрану, який видно з РТ)

Основним параметром, що визначає акустичну ефективність шумозахисного екрану-стілки, є його висота. У разі розташування автомобільної дороги у виїмці важливу роль також відіграють глибина виїмки та крутість укосів.

Шумозахисні екрани встановлюються, як правило, на відстані 1,8–3,7 м від зовнішньої кромки укріпленої смуги узбіччя (кромки асфальтобетонного покриття проїзної частини). З метою підвищення безпеки дорожнього руху між

екраном і проїзною частиною, на відстані 1,0–2,8 м від споруди, передбачається встановлення однобічного дорожнього металевих бар'єрного огороження, яке зменшує наслідки можливого наїзду транспортного засобу на конструкцію екрану.

Конструкція шумозахисного екрану передбачає використання вертикально закріплених стояків, які забезпечують фіксацію та надійне утримання панелей. Як стояки застосовуються зварні двотаврові балки з фланцевою п'ятою, призначеною для анкерного кріплення до фундаменту.

### 3.1.2 Розрахунок рівнів шуму від руху автомобільного транспорту

Розрахунок рівнів шуму від руху автомобільного транспорту виконано відповідно до вимог ДБН В.1.1-31:2013 «Захист територій, будинків і споруд від шуму», ДСТУ-Н Б В.1.1-33:2013 «Настанова з розрахунку та проектування захисту від шуму сельбищних територій» та ДСТУ-Н Б В.1.1-35:2013 «Настанова з проведення розрахунку шуму в приміщеннях і на територіях» [21-24].

Умовний акустичний центр транспортного потоку прийнято таким, що розташований по осі найближчої до розрахункової точки смуги руху на висоті 1,0 м від рівня поверхні проїзної частини. Розрахунок виконано для території, що безпосередньо прилягає до житлової забудови. Допустимі рівні еквівалентного шуму для такої території становлять: у денний час (з 8:00 до 22:00) – 55 дБА, у нічний час (з 22:00 до 8:00) – 45 дБА.

Фактичні рівні шуму в розрахунковій точці визначалися за залежністю

$$L_{\text{Атер}} = L_{\text{Аекв}} - \Delta L_{\text{Авідст}} - \Delta L_{\text{Апов}} \quad (3.1)$$

де  $L_{\text{Аекв}}$  – відповідна шумова характеристика джерела шуму, дБА,

$\Delta L_{\text{Авідст}}$  – поправка у дБА, що враховує зниження рівня звуку в залежності від відстані  $r$ , м між джерелом шуму ДШ і розрахунковою точкою РТ:

$$L_{\text{Авідст}} = 10 \lg \frac{\pi r(2r+A+B)+AB}{\pi(2+A+B)+AB} \quad (3.2)$$

$\Delta L_{\text{Апов}}$  – поправка у ДБА, що враховує зниження рівня звуку внаслідок затухання звуку в повітрі:

$$\Delta L_{\text{Апов}} = \frac{5r}{1000}, \quad (3.3)$$

де  $r$  – відстань від акустичного центру джерела шуму до розрахункової точки, м.

Рух автотранспорту приймаємо на ділянці розміром  $A = 3$  м,  $B = 15$  м.

Відповідно до ситуаційної карти були визначені розрахункові точки, обрані на території найближчих житлових будинків. Нижче наведено розрахунок для найближчої обраної точки РТ, яка знаходиться на відстані 45 м.

1. Розрахунок фактичного рівня звуку для РТ,  $r = 45,0$  м за формулою (3.2):

$$L_{\text{Авідст}} = 10 \lg \frac{3,14 * 45 * (2 * 45 + 3 + 15) + 3 * 15}{3,14(2 + 3 + 15) + 3 * 15} = 21,50 \text{ дБА}$$

Зниження рівня звуку внаслідок затухання звуку в повітрі за формулою (3.3):

$$\Delta L_{\text{Апов}} = \frac{5 * 45}{1000} = 0,22 \text{ дБА}$$

удень:  $L_{\text{Атер}} = 84,00 - 21,50 - 0,22 = 62,28$  дБА,

уночі:  $L_{\text{Атер}} = 80,00 - 21,50 - 0,22 = 58,28$  дБА

Як видно, фактичні рівні звуку на території житлової забудови, перевищують нормативні.

З метою зменшення звукового тиску передбачається будівництво шумозахисного екрану.

А) Розрахунок екрана висотою 3,5 м

Згідно з [23] зниження рівня звуку екраном-стілкою  $\Delta L_{\text{Аекр.ст}}$ , дБА, визначають за рисунком 3.2 в залежності від виду джерела шуму та числа Френеля  $N$ :

$$N = \frac{2\delta}{\lambda} \quad (3.4)$$

де  $\delta$  – різниця довжин шляхів звукового променя, м; визначається згідно з 9.2;

$\lambda$  – розрахункова довжина звукової хвилі, яку приймають: для автомобілів і автобусів 0,84 м; для залізничних поїздів 0,42 м; для джерел шуму усередині груп житлових будинків – 0,21 м.

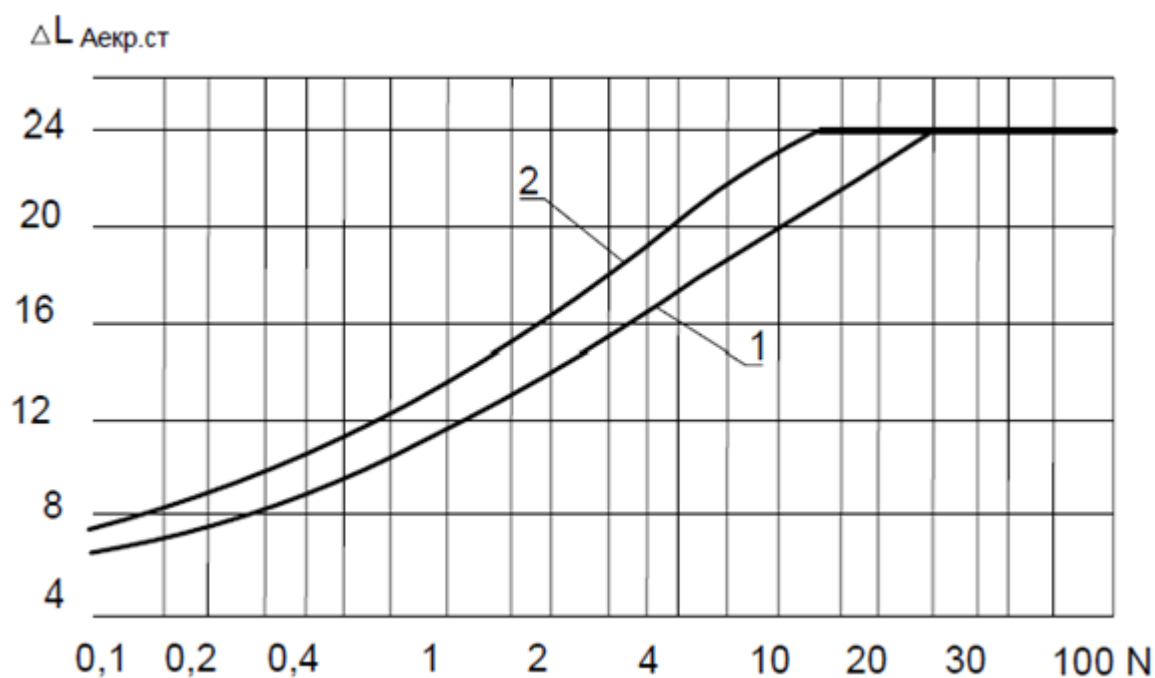


Рисунок 3.2 – Графік для визначення зниження рівня звуку екраном-стілкою (1 – транспортні потоки; 2 – окремі транспортні засоби і локальні джерела шуму)

При розрахунках зниження рівня звуку шумозахисними екранами розглядаються розрахункові перетини, що з'єднують ДШ і РТ. Зниження рівня шуму екранами відбувається в результаті утворення за ними звукової тіні. Але повного зниження шуму не відбувається через дифракцію звукових хвиль (рис. 3.1).

Зниження шуму екраном  $\Delta L_{\text{Аекр}}$  визначається за графіком на рис. 3.3 в залежності від різниці довжин шляхів проходження звуку  $\delta$  – різниця між геометричною відстанню ДШ і РТ та найкоротшою відстанню між ДШ і РТ, м.

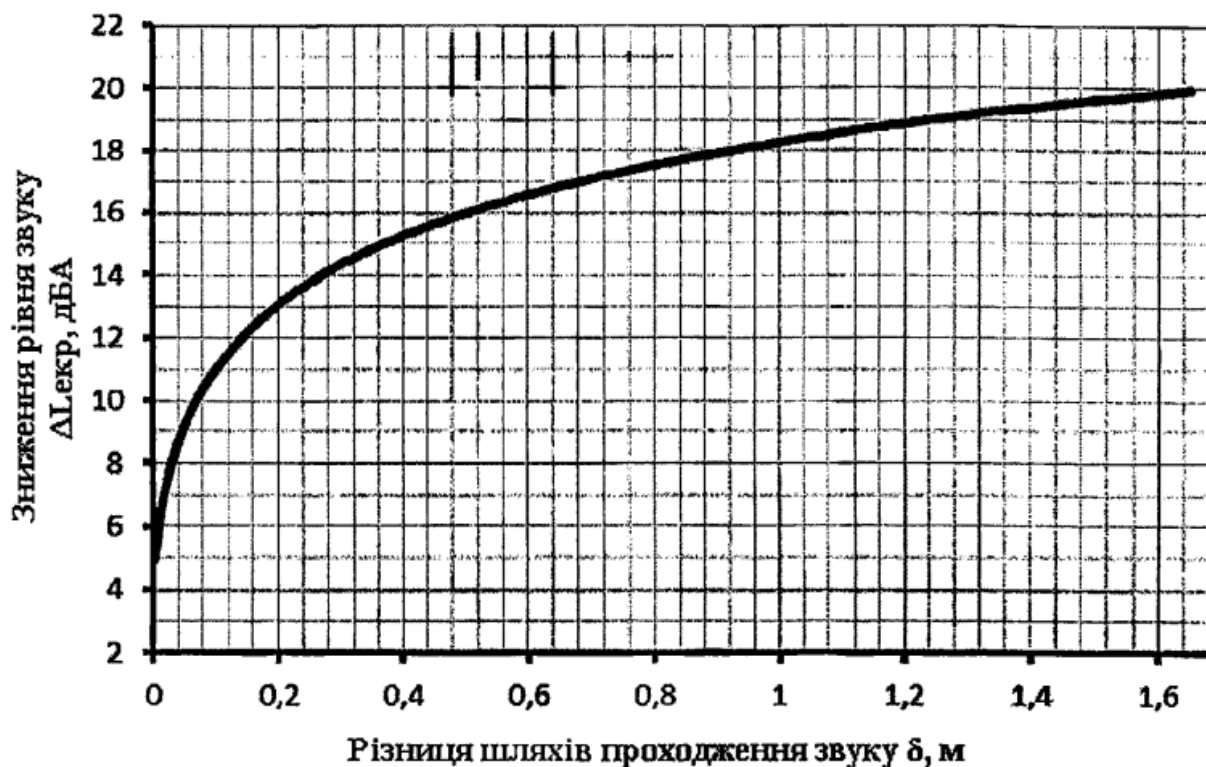


Рисунок 3.3 – Графік для визначення зниження рівня звуку екраном

Відповідно до рисунка 3.4 різниця довжин шляхів звукового променю  $\delta$ , м, визначається за формулою:

$$\delta = a + b - c \quad (3.5)$$

де  $a$  – найкоротша відстань між умовним акустичним центром джерела шуму та верхнім ребром екрана, м; при цьому, умовний акустичний центр потоків засобів автомобільного, залізничного та водного транспорту треба розташовувати на осі найдальшої від розрахункової точки смуги (шляху) руху на висоті 1 м від рівня поверхні проїзної частини вулиці або дороги (головки рейки, водної гладі), а для трансформаторів і джерел шуму усередині груп житлових будинків – у геометричному центрі джерела шуму;

$b$  – найкоротша відстань між розрахунковою точкою та верхнім ребром екрана, м;

$c$  – найкоротша відстань між умовним акустичним центром джерела шуму та розрахунковою точкою, м.

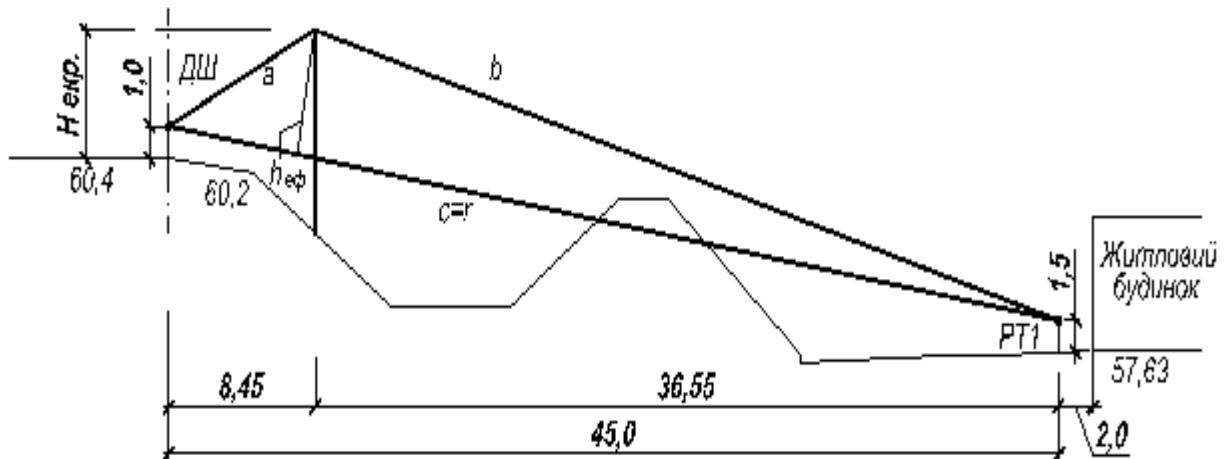


Рисунок 3.4 – Схема розташування довжин шляхів звукового променю

Для шумозахисного екрану висотою 3,5 м різниця довжин шляхів звукового променю становить  $\delta = 0,52\text{м}$ , що забезпечує зниження рівня шуму на 12,20 дБА. У результаті рівень шуму зменшується до:

- 50,08 дБА у денний час;
- 46,08 дБА у нічний час.

Таким чином, екран висотою 3,5 м забезпечує відповідність нормативам лише у денний період.

Для шумозахисного екрану висотою 4,0 м різниця довжин шляхів звукового променя становить  $\delta = 0,73\text{м}$ , що відповідає зниженню рівня шуму на 13,10 дБА. Рівні шуму при цьому становлять:

- 49,18 дБА у денний час;
- 45,18 дБА у нічний час.

Отримані значення відповідають нормативним вимогам як для денного, так і для нічного періодів.

Порівняльні результати розрахунків наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Порівняння ефективності шумозахисних екранів

Варіант	Денний рівень, дБА	Нічний рівень, дБА	Відповідність нормам
Без екрана	62,28	58,28	Не відповідає
Екран 3,5 м	50,08	46,08	Частково
Екран 4,0 м	49,18	45,18	Відповідає

За результатами проведених розрахунків встановлено, що застосування шумозахисного екрану висотою 4,0 м від рівня проїзної частини є оптимальним рішенням для забезпечення нормативних рівнів шуму на прилеглий до автомагістралі житловій території.

### **3.2 Обґрунтування рекомендованого варіанту. Захист за допомогою шумозахисних споруд**

За результатами розрахунків рекомендується встановлення шумозахисних екранів висотою 4,0 м. Завданням цієї роботи є вибір типу шумозахисного екрану, отже й відомої компанії, яка виготовляє такі екрани для автомобільних доріг. Оціночними показниками є поглинання шуму і вартість повного комплексу робіт. Нижче наведено відомі в Україні виробники **[Помилка! Джерело посилання не знайдено.]**.

#### **3.2.1 Компанія «ЄВРОФОРМАТ»**

«ЄВРОФОРМАТ» є одним із провідних вітчизняних виробників та постачальників інженерних конструкцій для транспортної інфраструктури, зокрема шумозахисних екранів для автомобільних доріг і автомагістралей. Підприємство спеціалізується на розробці, виготовленні та впровадженні комплексних рішень з акустичного захисту територій, що прилягають до транспортних коридорів.

Продукція компанії «ЄВРОФОРМАТ» включає різні типи шумозахисних екранів: поглинаючі, відбивні та комбіновані, які можуть виконуватися з використанням металевих касет, перфорованих панелей із мінераловатним наповнювачем, прозорих полімерних елементів або їх

поєднання. Такі конструкції дозволяють досягати значного зниження рівня транспортного шуму та адаптувати шумозахисні споруди до конкретних умов місцевості та щільності забудови.


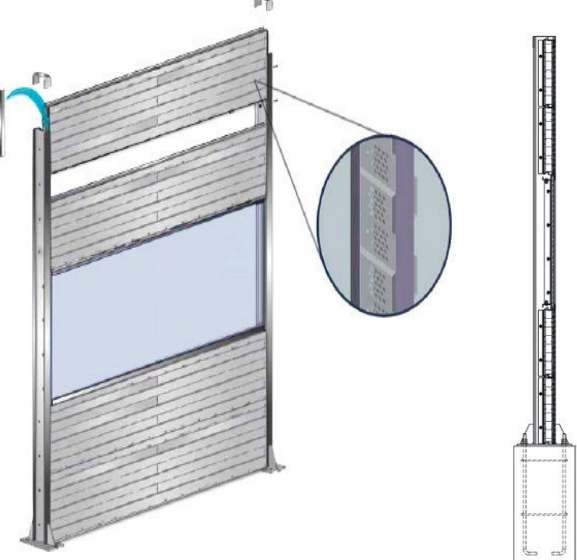
Шумозахисні екрани, що пропонуються компанією, відповідають вимогам чинних нормативних документів України щодо міцності, довговічності та акустичної ефективності. Конструктивні рішення передбачають використання металевих стояків, анкерних фундаментів і модульних панелей, що забезпечує можливість швидкого монтажу, заміни окремих елементів та експлуатаційної надійності споруд у складних кліматичних умовах.

Важливою перевагою рішень компанії «ЄВРОФОРМАТ» є можливість індивідуального проектування шумозахисних екранів із урахуванням геометрії дороги, поздовжнього профілю, відстані до житлової забудови та розрахункових рівнів шуму. Це дозволяє оптимізувати висоту і конструкцію екранів з метою досягнення нормативних рівнів акустичного навантаження при мінімальних витратах.

З огляду на технічні характеристики та відповідність нормативним вимогам, шумозахисні екрани компанії «ЄВРОФОРМАТ» можуть бути рекомендовані для застосування як один із варіантів інженерного захисту від транспортного шуму на досліджуваній ділянці автомагістралі.

Компанія «ЄВРОФОРМАТ» розробила та виготовляє шумозахисні екрани для автомобільних доріг, які успішно пройшли механічні та акустичні випробування. Пропонуються різні типи шумозахисних екранів, зокрема шумовідбивні (прозорі та непрозорі) та шумопоглинаючі (непрозорі з наповнювачем) (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Конструктивні особливості шумозахисних екранів компанії «ЄВРОФОРМАТ»

Тип екрану	Конструктивні особливості
<p>1. Шумопоглинаючі екрани</p> 	<p>Основним конструктивним елементом шумозахисного екрана є шумопоглинальна панель. Панель виконується з оцинкованого металу або алюмінієвих сплавів товщиною 0,7–1,2 мм з подальшим нанесенням полімерного покриття. Шумопоглинальна панель може виконуватися як без перфорації, так і з перфорованою передньою стінкою, що сприяє підвищенню її звукопоглинальних властивостей. Конструктивно панель виконана у вигляді коробка та заповнюється мінераловатним звукопоглинальним матеріалом.</p>
<p>2. Шумовідбивні екрани</p> 	<p>Основним конструктивним елементом шумовідбивного екрана є шумовідбивна касета, яка виконується з акрилового скла або монолітного полікарбонату з межею міцності не менше 60 МПа та світлопропускну здатністю не менше 88 %. Завдяки високій світлопропускній здатності такі екрани забезпечують візуальний огляд дорожнього простору та запобігають виникненню так званого тунельного ефекту.</p>
<p>3. Комбіновані екрани</p> 	<p>Конструкція комбінованих шумозахисних екранів передбачає поєднання шумопоглинальних панелей із шумовідбивними касетами, що дозволяє одночасно зменшувати рівень шуму за рахунок його поглинання та контролювати поширення звукових хвиль шляхом відбиття.</p>

Вартість шумозахисних екранів визначається сукупністю факторів, зокрема геометричними параметрами, типом і матеріалами конструкції, умовами монтажу та іншими технічними вимогами.

### **3.2.2 ТОВ «АТ Механіка»**

АТ Механіка є вітчизняним підприємством, що спеціалізується на проєктуванні, виготовленні та монтажі металоконструкцій для об'єктів транспортної інфраструктури, зокрема шумозахисних екранів для автомобільних доріг і автомагістралей. Компанія має досвід реалізації інженерних рішень для зниження шумового впливу транспорту в умовах щільної забудови та складних експлуатаційних умов.

Шумозахисні екрани, що пропонуються ТОВ «АТ Механіка», виконуються переважно у вигляді модульних металевих конструкцій із застосуванням шумопоглинальних та комбінованих панелей. Як основні матеріали використовуються оцинкована сталь із захисним полімерним покриттям, а також багатошарові панелі з мінераловатним звукопоглинальним заповнювачем, що забезпечує необхідний рівень акустичної ефективності.

Конструктивні рішення передбачають використання сталевих вертикальних стояків, закріплених на фундаментних елементах, а також уніфікованих панелей, що дозволяє варіювати висоту шумозахисного екрана залежно від розрахункових рівнів шуму та особливостей ділянки дороги. Такий підхід забезпечує гнучкість проєктних рішень і можливість адаптації екранів до конкретних умов місцевості.

Шумозахисні конструкції ТОВ «АТ Механіка» відповідають вимогам чинних нормативних документів України щодо міцності, довговічності та експлуатаційної надійності. Застосування типових конструктивних елементів сприяє спрощенню монтажу та зменшенню вартості робіт, що є важливим чинником при впровадженні шумозахисних заходів на протяжних ділянках автомагістралей.

З урахуванням технічних характеристик і конструктивних особливостей, шумозахисні екрани виробництва ТОВ «АТ Механіка» можуть розглядатися як

один із можливих варіантів інженерного захисту від транспортного шуму на досліджуваній ділянці автомобільної дороги.

Конструкція екранів складається з вертикально закріплених двотаврових балок або інших фіксуючих елементів і встановлених в них акустичних перфорованих панелей. Панелі можливо установлювати в декілька рядів по висоті, табл. 3.2. Шумопоглинання екрану 30 дБА.

Таблиця 3.2 – Конструктивні особливості панелі

Тип панелі	
	<p>Панелі являють собою тришарову конструкцію, що складається з тонколистової металевої обшивки та середнього шару між ними, виконаного зі звукопоглинального пористо-волокнистого матеріалу.</p> <p>Для запобігання випаданню волокон через перфоровані отвори та захисту звукопоглинального шару від зовнішніх впливів передбачено спеціальний захисний прошарок.</p>

Облицювання виконують з перфорацією з однієї сторони панелей, або з обох сторін. Металеві облицювання мають повздовжні рельєфні поверхні для забезпечення жорсткості і виготовляються методом прокату. Між профілями встановлюються ребра жорсткості. З торців панелі закриваються торцевими кришками з гумовими ущільнювачами. Конструкція і розташування вертикально закріплених опор забезпечує фіксацію та утримання панелей.

В залежності від висоти екрану і його кліматичного розташування розраховується навантаження на екран за ДБН В.1.2-2, розмір фундаментних болтів для кріплення опор до поверхні або глибина закріплення опор в

фундаменті, табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Основні розміри та технічні характеристики шумозахисних панелей

№ з/п	Найменування показника	Значення показника	
		Основне виконання	Додаткові варіанти
1	Довжина L, мм	4000	1500, 2000, 3000
2	Висота H, мм	975	500, 1105
3	Товщина B, мм	130	
4	Індекс ізоляції повітряного шуму $R_w$ , не менше, дБ	30	




### 3.2.3 Шумозахисні екрани «Саундлюкс»

Саундлюкс є виробником шумозахисних систем, що застосовуються для зниження рівня транспортного шуму на автомобільних дорогах, автомагістралях та інших об'єктах транспортної інфраструктури. Продукція компанії орієнтована на використання в умовах щільної забудови та підвищених вимог до акустичного захисту прилеглих територій.

Шумозахисні екрани «Саундлюкс» виконуються у вигляді модульних конструкцій із застосуванням шумопоглинальних, шумовідбивних та комбінованих панелей. Основними матеріалами є оцинкована сталь із полімерним антикорозійним покриттям, звукопоглинальні мінераловатні наповнювачі, а також прозорі полімерні матеріали для шумовідбивних елементів. Таке поєднання дозволяє забезпечувати необхідну акустичну ефективність і водночас зберігати оглядовість дорожнього простору.

Конструктивні рішення шумозахисних екранів «Саундлюкс» передбачають використання вертикальних металевих стояків, закріплених на фундаментних елементах, та панельного заповнення, що дозволяє змінювати висоту екрана залежно від розрахункових рівнів шуму. Модульний принцип побудови конструкцій спрощує монтаж і технічне обслуговування споруд, а також забезпечує можливість заміни окремих панелей у процесі експлуатації.

Таблиця 3.4 – Конструктивні особливості шумозахисних панелей

Тип панелі	Конструктивні особливості
<p>Шумопоглинаюча перфорована</p>  <p>панель</p>	<p>Шумопоглинальна перфорована панель Панель являє собою багат шарову конструкцію, оптимально підбрану для захисту від транспортного шуму. Коефіцієнт звукопоглинання становить до 0,9, індекс ізоляції повітряного шуму <math>R_w</math> – до 33 дБ.</p>
<p>Антивандальна панель (без перфорації)</p> 	<p>Антивандальна панель є багат шаровою конструкцією без перфорованої лицьової обшивки. Відсутність перфорації забезпечує підвищену стійкість до механічних пошкоджень. Як правило, такі панелі розміщуються в нижній частині шумозахисного екрана.</p>
<p>Світлопрозора панель</p> 	<p>Світлопрозора панель являє собою металеву раму з оцинкованої сталі, пофарбовану за каталогом RAL, із закріпленим світлопрозорим заповненням. Як заповнення використовуються багат шарові склопакети або монолітний полікарбонат товщиною 8–12 мм.</p>

Шумозахисні системи «Саундлюкс» відповідають вимогам чинних нормативних документів щодо міцності, довговічності та експлуатаційної надійності. Їх застосування дозволяє ефективно знижувати рівень транспортного шуму та забезпечувати дотримання санітарно-гігієнічних норм на прилеглих до автомагістралей територіях.

З урахуванням конструктивних особливостей та акустичних характеристик, шумозахисні екрани «Саундлюкс» можуть бути розглянуті як один із можливих варіантів реалізації інженерних заходів із захисту від транспортного шуму на досліджуваній ділянці автомобільної дороги.

Шумозахисні екрани «Саундлюкс» призначені для зниження рівня шуму вздовж автомобільних та залізничних шляхів, а також у промислових зонах (табл. 3.4). Шумопоглинання екранів може досягати значення до 33 дБА. Це означає, що екран може ефективно зменшувати рівень шуму до цього значення, залежно від його конструкції, типу використаних матеріалів і умов встановлення.

Конструкція шумозахисних екранів «Саундлюкс» включає фундаментну частину, вертикальні несучі стійки і заповнення у вигляді спеціалізованих шумопоглинаючих або світлопрозорих панелей.

Висота і довжина екрана, а також конкретний тип застосовуваних шумопоглинаючих перфорованих панелей визначаються на підставі технічного завдання замовника, або на підставі вимірів фактичного рівня шуму від джерела і акустичних розрахунків.

### **Висновки до розділу 3**

За результатами порівняння встановлено, що акустична ефективність шумозахисних екранів усіх розглянутих виробників перебуває в близькому діапазоні та визначається насамперед висотою екрана, типом панелей і умовами їх розташування відносно проїзної частини. Вибір конкретного виробника не має вирішального впливу на рівень зниження шуму за умови дотримання нормативних вимог і правильного проєктування.

При виборі оптимального варіанта шумозахисного екрана для досліджуваної ділянки автомобільної дороги доцільно керуватися результатами акустичних розрахунків, конструктивною доцільністю, умовами монтажу та економічними показниками, а не лише виробником.

## **4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА**

### **4.1 Охорона праці під час виконання робіт з монтажу захисних екранів**

Під час монтажу шумозахисних екранів, що належать до будівельно-монтажних робіт, необхідно передбачати комплекс заходів, спрямованих на запобігання негативному впливу на працівників небезпечних і шкідливих виробничих факторів. До основних небезпечних факторів, що можуть виникати під час виконання монтажних робіт, належать:

- розташування робочих місць поблизу перепаду по висоті 1,3 м і більше;
- наявність машин і механізмів, що рухаються, їх робочих органів, а також переміщення конструкцій і матеріалів;
- можливість обвалення елементів будівельних конструкцій і споруд;
- падіння матеріалів, монтажних елементів та інструменту;
- виконання робіт у зоні впливу повітряних ліній електропередачі;
- підймання вантажів, маса яких перевищує вантажопідйомність механізмів;
- недостатня жорсткість або стійкість конструкцій, що може призвести до їх руйнування під час монтажу;
- перекидання машин або падіння їх окремих частин;
- недостатня освітленість робочих місць;
- підвищена напруга в електричному колі, замикання якого може відбутися через тіло людини.

За наявності зазначених небезпечних і шкідливих виробничих факторів безпека монтажних робіт повинна забезпечуватися відповідно до вимог чинних нормативно-правових актів з охорони праці, а також рішень проектно-технічної документації, зокрема проекту організації будівництва (ПОБ) та проекту виконання робіт (ПВР).

З метою забезпечення безпечних умов праці під час монтажу шумозахисних екранів необхідно передбачати такі організаційно-технічні

заходи:

- точне визначення місця встановлення вантажопідіймального крана із зазначенням його марки та позначенням небезпечних зон під час роботи (рис. 4.1);

- зазначення маси вантажів, що піднімаються, та контроль за недопущенням перевищення вантажопідйомності механізмів;

- забезпечення безпеки робочих місць при виконанні робіт на висоті, у тому числі застосування інвентарних помостів, огорожень і засобів індивідуального захисту;

- визначення раціональної послідовності монтажу та забезпечення безпечного встановлення конструктивних елементів шумозахисних екранів;

- забезпечення стійкості змонтованих конструкцій і їх окремих елементів у процесі виконання робіт;

- зазначення схем і способів укрупнювального складання елементів конструкцій із урахуванням умов монтажу.

Під час виконання монтажних робіт безпеку праці необхідно забезпечувати з урахуванням вимог розділу 7 НПАОП 45.2-7.02-12 [25], а також інших чинних нормативних документів у галузі охорони праці та будівництва.



Рисунок 4.1 – Монтаж акустичних екранів

У робочій зоні виконання монтажних робіт не допускається проведення інших видів робіт, а також перебування сторонніх осіб, не задіяних у монтажі конструкцій шумозахисних екранів. Межі небезпечних зон повинні бути визначені в проєкті виконання робіт та позначені відповідними попереджувальними знаками.

Фарбування та антикорозійний захист конструкцій і обладнання у випадках, коли ці роботи виконуються безпосередньо на будівельному майданчику, необхідно здійснювати до піднімання конструкцій на проєктну відмітку. Після встановлення конструкцій на проєктне положення фарбування та антикорозійний захист допускається виконувати лише в місцях стиків і з'єднань, що утворилися в процесі монтажу.

Розпакування та розконсервування обладнання і конструктивних елементів, що підлягають монтажу, необхідно виконувати у спеціально відведеній зоні, визначеній у ПВР. Дані операції слід здійснювати на спеціальних стелажах або прокладках висотою не менше 100 мм, що забезпечує стійке положення елементів і зменшує ризик їх пошкодження. Під час розконсервування забороняється застосування інструментів і матеріалів із

вибухо- та пожежонебезпечними властивостями.

Стропування конструкцій і обладнання необхідно виконувати із застосуванням вантажозахоплювальних засобів, які забезпечують можливість дистанційного розстропування з робочого горизонту у разі, коли відстань до замка вантажозахоплювального пристрою перевищує 2,0 м. Це дозволяє знизити ризик травмування працівників та підвищити рівень безпеки під час виконання монтажних операцій.

#### **4.2 Заходи щодо зменшення впливу шуму на етапі реконструкції автомобільної дороги**

Під час реконструкції автомобільної дороги в Рівненській області на ділянці км 360 – км 370, запроектованої з чотирма смугами руху відповідно до категорії Іа, передбачено комплекс інженерно-технічних та організаційних заходів, спрямованих на зменшення негативного впливу транспортного шуму на навколишнє середовище та населення прилеглих територій.

До основних заходів зі зниження шумового впливу належать:

Встановлення шумозахисних екранів. Уздовж ділянки автомобільної дороги, зокрема в місцях її проходження поблизу житлової забудови, передбачено монтаж шумозахисних екранів. Такі конструкції є одним із найбільш ефективних засобів зниження рівня шуму, що поширюється від транспортного потоку, та забезпечують дотримання санітарно-гігієнічних норм.

Застосування шумопоглинальних матеріалів. Під час реконструкції дорожнього покриття та допоміжних конструкцій використовуються матеріали з підвищеними звукопоглинальними властивостями, що сприяє зменшенню інтенсивності шуму, зумовленого взаємодією коліс транспортних засобів з проїзною частиною.

Озеленення прилеглих територій. Передбачено висадку дерев і кущів уздовж автомобільної дороги. Зелені насадження виконують додаткову шумозахисну функцію, зменшуючи поширення звукових хвиль, а також покращують естетичний стан та екологічні умови території.

Регулювання швидкісного режиму руху. На окремих ділянках

автомобільної дороги можливе запровадження обмежень швидкості руху транспортних засобів, що дозволяє знизити рівень шуму, зумовлений роботою двигунів та аеродинамічними ефектами.

Забезпечення належного технічного стану дорожнього покриття. Регулярне обслуговування та своєчасний ремонт дорожнього покриття сприяють зменшенню шуму, який виникає внаслідок нерівностей, деформацій та пошкоджень проїзної частини.

Зазначені заходи відповідають сучасним вимогам і практикам у сфері зниження шумового впливу під час реконструкції та експлуатації автомобільних доріг.

Одним із найбільш суттєвих негативних чинників, пов'язаних із функціонуванням автомобільних доріг в умовах урбанізації, є шумове забруднення. Основним джерелом такого забруднення є транспортний шум, що формується внаслідок інтенсивного руху транспортних засобів різних категорій. У зв'язку з цим розроблення та впровадження ефективних шумозахисних заходів є актуальним завданням на етапі реконструкції автомобільних доріг (рис. 4.2).



Рисунок 4.2 – Загальний вигляд шумозахисних екранів

Для зменшення акустичного впливу на прилеглі території на досліджуваній ділянці передбачено застосування сучасних шумозахисних екранів. Основні характеристики таких конструкцій полягають у наступному:

- шумозахисні екрани виконуються з металу, полікарбонату, залізобетону, деревини, ПВХ та композитних матеріалів;
- використання полікарбонатних елементів забезпечує прозорість конструкцій і зменшує їх візуальний вплив на навколишнє середовище;
- висота шумозахисних екранів зазвичай становить 3–5 м та визначається залежно від рівня транспортного шуму і особливостей конкретної ділянки дороги;
- екрани встановлюються переважно поблизу населених пунктів, зокрема Крилів, Грушвиця, Рівне та інших.

Застосування зазначених шумозахисних заходів дозволяє суттєво знизити рівень транспортного шуму та забезпечити відповідність експлуатації автомобільної дороги вимогам чинних екологічних і санітарних нормативів.

## ВИСНОВКИ І РЕКОМЕНДАЦІЇ

У магістерській роботі розглянуто проблему шумового забруднення, що виникає під час функціонування автомобільних доріг, та обґрунтовано інженерні заходи щодо зменшення впливу транспортного шуму на навколишнє середовище і населення прилеглих територій на прикладі ділянки автомагістралі в Рівненській області км 360 – км 370. Актуальність дослідження зумовлена зростанням інтенсивності руху транспортних засобів і необхідністю забезпечення нормативних санітарно-гігієнічних умов проживання в зоні впливу автомобільних доріг.

У ході дослідження встановлено, що транспортний шум є одним із домінуючих факторів негативного впливу автомобільних доріг, рівні якого без застосування спеціальних заходів можуть перевищувати допустимі значення. Аналіз сучасних методик оцінювання шуму підтвердив доцільність використання інтегральних показників  $L_{den}$  та  $L_{night}$ , які дозволяють комплексно враховувати добову нерівномірність руху транспорту та підвищену чутливість населення до шуму у вечірній і нічний періоди.

На досліджуваній ділянці автомобільної дороги було розраховано декілька варіантів шумозахисних екранів із різною висотою. За результатами порівняльної оцінки обрано варіант конструкції, що відповідає чинним нормативним вимогам щодо допустимих рівнів шуму. Прийнята висота шумозахисних екранів становить 4 м, що забезпечує зниження рівня транспортного шуму на величину до 30 дБА та дозволяє досягти нормативних показників шумового навантаження на прилеглих територіях.

Виконаний аналіз конструктивних рішень шумозахисних екранів різних виробників показав, що ефективність зниження шуму визначається насамперед висотою екрана, типом застосованих панелей та умовами їх розміщення відносно проїзної частини. Встановлено, що застосування модульних шумозахисних екранів із шумопоглинальними, шумовідбивними та комбінованими панелями є найбільш доцільним інженерним рішенням для захисту прилеглих до автомагістралі територій.

Запропонований комплекс заходів, який включає встановлення шумозахисних екранів, використання шумопоглинальних матеріалів дорожнього покриття, озеленення прилеглих територій та регулювання швидкісного режиму руху, дозволяє суттєво знизити рівень транспортного шуму та забезпечити відповідність експлуатації автомобільної дороги чинним екологічним і санітарним нормам. Особливу увагу в роботі приділено питанням охорони праці під час монтажу шумозахисних екранів, що забезпечує безпечні умови виконання будівельно-монтажних робіт.

У цілому результати виконаної магістерської роботи підтверджують ефективність запропонованих технічних рішень і можуть бути використані під час проєктування та реконструкції автомобільних доріг загального користування з метою зменшення шумового навантаження та покращення якості життя населення.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. World Health Organization. *Environmental Noise Guidelines for the European Region*. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe, 2018.
2. Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise (Environmental Noise Directive).
3. ДБН В.1.1-31:2013. *Захист територій, будинків і споруд від шуму*. Чинні з 01.06.2014.
4. ГБН В.2.3-37641918-556:2015. *Автомобільні дороги. Споруди шумозахисні. Вимоги до проектування*.
5. Commission Directive (EU) 2015/996 of 19 May 2015 establishing common noise assessment methods according to Directive 2002/49/EC (CNOSSOS-EU).
6. Ласлов С.В. [публікація з УДК 625.7:504.06 про транспортний шум та шумозахисні екрани; наведені дані вимірювань на дорогах у т.ч. Рівненської області], 2023.
7. Талах Л.О., Формазюк В.І. *Засоби зменшення шуму на автодорогах (Road Noise Reduction Measures)*. World scientific and technical trends. Conference proceedings, December 2024. DOI: 10.30890/2709-1783.2024-36-00-019.
8. Заєць В.П. Зниження шуму шумозахисними екранами // *Східно-Європейський журнал передових технологій*. 2012. № 6/10(60). С. 25–33.
9. Ковальчук В.В. Шумозахисні заходи на автомобільних дорогах // *Дороги і мости*. 2023. Вип. 28. С. 265–274.
10. Hastings A.L. *Traffic Noise Model 3.0: Technical Manual*. FHWA-НЕР-20-012. Federal Highway Administration, 2019.
11. Sandberg U., Ejsmont J.A. *Tyre/Road Noise Reference Book*. INFORMEX, 2002.
12. *Low-noise road surfaces* (оглядовий матеріал щодо низькошумних покриттів і підходів до зниження шуму).

13. ISO 9613-2:1996. *Acoustics — Attenuation of sound during propagation outdoors — Part 2: General method of calculation.*
14. ISO 1996-1:2016 та ISO 1996-2:2017. *Acoustics — Description, measurement and assessment of environmental noise.*
15. ISO 11819-2:2017. *Acoustics — Measurement of the influence of road surfaces on traffic noise — Part 2: The close-proximity (CPX) method.*
16. Настанова з розрахунку та проектування захисту від шуму сельбищних територій. ДСТУ-Н Б В.1.1-33:2013. Київ, Мінрегіон України. 2014. – 42 с.
17. Державні будівельні норми України. Споруди транспорту. Автомобільні дороги. Частина I. Проектування. Частина II. Будівництво. ДБН В.2.3-4-2015. [Текст] – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2015.
18. Claudio Guarnaccia, T. Lenza, Nikos E Mastorakis J. Quartieri A Comparison between Traffic Noise Experimental Data and Predictive Models Results/International Journal of Mechanics 5(4) January 2011. – С. 379-386.
19. Заєць В.П. Методи визначення шуму транспортних потоків/ В.П. Заєць, В.С. Дідовський, М.В. Контар // Акустичний вісник. Київ, 2009. Т.12, №2. – С. 25-30.
20. Anon, Calculation of Road Traffic Noise, London, United Kingdom Department of Environment and welsh Office Joint Publication, HMSO, 1975p.
21. Автомобільні дороги. Споруди шумозахисні. Вимоги до проектування : ГБН В.2.3-37641918-556:2015 [Чинний від 2015-12-01]. – К.: Мінінфраструктури України, 2015. – 30 с.
22. ДБН В.1.1-31:2013 Захист територій, будинків і споруд від шуму. – Видання офіційне. – К.: Мінрегіон України, 2014
23. ДСТУ-Н Б В.1.1-33:2013 Настанова з розрахунку та проектування захисту від шуму сельбищних територій. – Видання офіційне. – К.: Мінрегіон України, 2014

24. ДСТУ-Н Б В.1.1-35:2013 Настанова з проведення розрахунку шуму в приміщеннях і на територіях. – Видання офіційне. – К.: Мінрегіон України, 2013

25. НПАОП 45.2-7.02-12 Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення (ДБН). – Видання офіційне. – К.: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2012. - С. 59 – 62.