

## БУДІВНИЦТВО ТА ЦИВІЛЬНА ІНЖЕНЕРІЯ

УДК 625.7:504.06

DOI: 10.30977/BUL.2219-5548.2023.103.0.176

## ШУМОВЕ ЗАБРУДНЕННЯ ПРИЛЕГЛИХ ДО АВТОМОБІЛЬНОЇ ДОРОГИ ТЕРИТОРІЙ ТА ДЕЯКІ ЗАСОБИ БОРОТЬБИ З НИМ

Дорожко Є. В.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

**Анотація.** У статті порушено питання, пов'язані із забрудненням навколишнього середовища шумом від автомобільного транспорту на дорогах, розглянуто можливі способи вирішення цих проблем. Стаття має оглядовий характер і висвітлює системний підхід, що ґрунтується на загальнонаукових методологічних принципах, що беруть до уваги об'єкти як системи. Об'єктами дослідження в цій статті є шумове навантаження від автомобільної дороги та засоби захисту від нього. Розглянуто декілька способів захисту від шумового забруднення прилеглих до автомобільної дороги селітебних територій.

**Ключові слова:** автомобільна дорога, шумове навантаження, шумозахисні екрани, шумозахисні бар'єри, шумопоглинальні конструкції, матеріали для шумозахисних екранів, шумозахисні принципи, транспортні засоби, шумове забруднення, шумозахисні конструкції.

## Вступ

В епоху урбанізації та надшвидкостей шумове забруднення стало серйозною проблемою, що впливає на наше повсякденне життя. Від галасливих вулиць міст до постійного гулу промислових підприємств небажані звуки проникають у наше середовище, порушуючи спокій і впливаючи на самопочуття [1, 2, 3]. Постійна експозиція до зростання рівня шуму може суттєво позначитися на фізичному та психічному здоров'ю людини. Цей надмірний шум може викликати негативні наслідки, такі як нервово-перевантаження, психічне виснаження, різні види неврозів, виразкову хворобу, порушення роботи ендокринної та серцево-судинної систем, а також призвести до швидкого втомлення, погіршення пам'яті, концентрації уваги. Збільшення рівня шуму вже на 10 децибелів може знизити продуктивність на 5–8 % [4].

Крім впливу на фізичне та психічне здоров'я, шум від автомобільних доріг також може знижувати ринкову ціну нерухомості в цьому районі, що становить проблему для власників нерухомості та може вплинути на їхні інвестиції.

Отже, важливо приділяти увагу звуковому забрудненню в околицях автомобільних доріг і розглядати методи та стратегії для зменшення його впливу на житлові будови. Зокрема йдеться про шумовий бар'єр та вибір місць для нових житлових об'єктів, що мінімізують негативний вплив шуму на якість життя мешканців.

## Аналіз публікацій

Аналіз наукових досліджень [6–10] виявив, що для вимірювання шумових характеристик транспортних потоків і місцевих джерел шуму використовуються два показники: еквівалентний рівень шуму ( $L_{Aeq}$ ) та максимальний рівень шуму ( $L_{Amax}$ ), що вимірюються в децибелах (дБА). Ці вимірювання здійснюються на відстані 7,5 м від центральної осі найближчої до краю смуги руху транспорту з точки розрахунку.

Дослідження, подані в роботі [5], розглядали вплив фізико-механічних параметрів матеріалів на звукопоглинальні властивості шумозахисних екранів. Відповідно до результатів [6], геометрична конструкція протектора шин автотранспортних засобів також впливає на рівень шуму.

Дослідження вказують на те, що погодні умови також значно впливають на рівень шуму, змінюючи його на величину від 6 до 10 дБ. У роботі [7] встановлено, що зі збільшенням температури довкілля зростає рівень шуму.

У праці [8] досліджено вплив конструкції дорожнього покриття на рівень шумового навантаження. Гладке дорожнє покриття зменшує рівень шуму [9]. Тонкий гладкий шар бітуму знижує рівень шуму на 4–5 дБА порівняно із звичайним асфальтовим покриттям.

У роботі [10] розглядається питання оптимальної форми шумозахисних екранів та їх впливу на візуальне сприйняття учасниками

дорожнього руху. Також наголошується на необхідності гармонізації форм і розмірів екранів з прилеглою житловою забудовою.

Однак у розробленні дорожнього покриття із зниженими показниками шумового навантаження важливо зважати на безпеку дорожнього руху.

### Мета та постановка завдання

Метою є аналіз шумового забруднення від автомобільних доріг та аналіз рішень для зниження такого виду забруднення.

Це дослідження спрямоване на аналіз заходів для зниження рівня шуму, що виникає внаслідок транспортного руху, та створення комфортних умов для мешканців населених пунктів, які перебувають поблизу автомобільних доріг.

### Проблематика шумового забруднення від автомобільних доріг

Безумовно, негативний вплив шуму від автомобільних доріг на житлові будови може виявитися більш глибоким, ніж може здатися на перший погляд. Наведемо додаткові аспекти, які варто брати до уваги.

– Забруднення повітря. Разом із шумом дорожній рух часто супроводжується викидами шкідливих речовин, таких як вуглеводні та оксиди азоту, що можуть погіршити якість повітря в районі автомагістралей. Це, як правило, викликає проблеми з диханням та загрожує здоров'ю мешканців.

– Зростання ризику дорожньо-транспортних пригод. Надмірний шум від дорожнього руху може вплинути на увагу водіїв та пішоходів, що збільшує ризик аварій і травм.

– Вплив на дитячий розвиток. Діти, які мешкають у районах з інтенсивним рухом автомобільного транспорту, можуть стикатися зі складнощами в навчанні та розвитку унаслідок постійного шуму та стресових ситуацій.

– Зменшення комфорту й задоволення від життя. Постійний шум може позбавити мешканців можливості насолоджуватись спокоєм і тишею у своєму житлі, відібрати радість від відпочинку на власній території.

З огляду на ці фактори важливо розглядати та впроваджувати заходи для зменшення шумового забруднення в районах із житловими будовами поруч з автомагістралями. Це може передбачати встановлення шумових бар'єрів (екранів), обмеження швидкості руху автомобілів та розроблення більш еко-

логічних і тихих видів транспорту для міського об'єднання.

Звукове забруднення від автомобільних доріг може також впливати на соціальну взаємодію та якість спілкування мешканців житлових об'єктів. Наведемо приклади.

- Зниження можливостей для зовнішньої взаємодії. Шум від дорожнього руху може обмежувати здатність мешканців проводити час надворі та спілкуватися із сусідами. Це спричиняє зменшення соціальної активності та здорової спільноти в районі.

- Погіршення психосоціального благополуччя. Постійний шум може викликати подразнення та роздратування у мешканців, що надалі впливатиме на їхні взаємовідносини, зокрема сімейні та міжособисті.

- Зменшення привабливості району для нових мешканців. Наявність інтенсивного шуму може зробити житловий район менш привабливим для потенційних покупців чи орендарів нерухомості, що зрештою вплине на ринкову ціну житла та інвестиції в розвиток району.

- Залучення уваги до екологічних питань. Звукове забруднення від автомагістралей може стимулювати обговорення та усвідомлення екологічних проблем у містах, спонукаючи до пошуку більш стійких та екологічно чистих рішень для міського планування і транспортної інфраструктури.

Отже, питання шумового забруднення від автомобільних доріг варто розглядати як складний і багатогранний проблемний аспект, що потребує уваги як з боку місцевих влад, так і з боку громади для забезпечення кращої якості життя та сприяння здоровому та зручному середовищу для всіх.

Крім вже згаданих аспектів, важливо враховувати деякі інші, пов'язані з негативним впливом шуму від автомобільних доріг на житлові будови.

- Порушення сну. Постійний шум може спричинити проблеми зі сном для мешканців, особливо для тих, чий спальні розташовані в безпосередньому сусідстві з дорогою. Порушений сон може впливати на фізичне та психічне здоров'я, призводячи до втоми та незадоволеності якістю сну.

- Ефекти на навколишню природу. Шум від автомобільних доріг також може мати негативний вплив на природу, зокрема дику. Він може відлякувати диких тварин, заважати їхньому розмноженню та міграції, а також порушувати екологічний баланс у природних резерватах.

– Втрата доступу до зелених зон. Збільшення автотранспортного руху та звукового забруднення може призвести до втрати можливостей для відпочинку в зелених зонах та парках, які стають менш привабливими через шумовий контекст.

– Психологічний стан та емоції. Надмірний шум може впливати на психоемоційний стан мешканців, призводячи до роздратованості, стресу та незадоволеності, що позначається на загальному рівні щастя та життєвої задоволеності.

З огляду на перелічені аспекти важливо звернути увагу на більш комплексні рішення для зменшення шумового забруднення в міських об'єктах і планування розвитку, що сприяє створенню більш комфортних умов для життя та взаємодії в міських середовищах.

### Шумозахисні екрани на автомобільних дорогах

Зважаючи на наведене вище, необхідні вдосконалені рішення в галузі проектування та планування автомобільних доріг для зменшення шумового навантаження на житлові території та збільшення екологічного комфорту. Одним із таких засобів можуть слугувати шумозахисні екрани.

Шумозахисні екрани, також відомі як шумові бар'єри, є спеціальними конструкціями, призначеними для зменшення рівня шуму, що надходить від дорожнього руху, промислових установок або інших джерел шуму [7]. Їх використовують для забезпечення комфорту та безпеки жителів у місцях, де великий рівень шуму може бути небезпечним для здоров'я та якості життя. Шумозахисні екрани бувають різних видів та виготовлені з різних матеріалів залежно від особливостей умов і вимог.

Наведемо деякі основні характеристики та види шумозахисних екранів.

Види шумозахисних екранів:

– вертикальні: встановлюються біля дороги або інших джерел шуму й можуть мати різну висоту та дизайн;

– горизонтальні: розташовані на дахах або над забудовою та можуть бути використані для зменшення шуму від джерел, що розміщені вище від приймача, таких як літаки, або, можливо, шляхопроводи, розташовані неподалік і джерело шуму яких розміщене вище (наприклад, одноповерхових будинків).

Матеріали для шумозахисних екранів:

– бетон: бетонні панелі часто використовуються для будівництва шумозахисних екранів, оскільки вони ефективно поглинають звук;



Рис. 1. Бетонний шумозахисний екран

– метал: металеві екрани можуть бути встановлені на бетонних основах і надають стійкість до атмосферних умов;

– дерево: дерев'яні шумозахисні екрани зазвичай мають природний вигляд і можуть бути використані в природних ландшафтах;



Рис. 2. Металевий шумозахисний екран



Рис. 3. Дерев'яний шумозахисний екран

– скло: скляні екрани зазвичай встановлюються в місцях, де важливо забезпечити візуальну доступність, наприклад, на залізничних станціях або платформах метро.



Рис. 4. Скляний шумозахисний екран



Рис. 5. Пластиковий шумозахисний екран

– пластик: досить часто використовується на автомобільних дорогах;  
 – плексиглас: застосовують на автомобільних дорогах, мостових спорудах.



Рис. 6. Пластиковий шумозахисний екран

Характеристики шумозахисних екранів:

– коефіцієнт звукової поглинальності: вказує, наскільки ефективно екран поглинає шум. Вищий коефіцієнт вказує на кращу шумозахисну властивість;

– висота та довжина: розміри екранів важливі для визначення їх ефективності в зменшенні шуму;

– дизайн: може бути різним і відповідати вимогам до візуального вигляду.

Монтаж і розташування:

– шумозахисні екрани мають бути розташовані між джерелами шуму й мешканцями або іншими місцями, що потребують захисту від шуму. Оптимальне розташування залежить від конкретних умов;

– монтаж може передбачати використання стовпців, фундаментів, амортизуючих матеріалів і систем для кріплення панелей екрана.

Ефективність:

– ця ознака шумозахисних екранів залежить від багатьох факторів, зокрема типу дороги або джерела шуму, рельєфу місцевості, метеорологічних умов і конструкції самого екрана;

– у деяких ситуаціях можуть бути необхідні додаткові заходи, наприклад ізоляція будівель або шумозахисні вікна, для досягнення бажаного рівня шумозахисту.

Звукоізоляція, звуковідбиття та звукоабсорбція:

– звукоізоляція полягає в унеможливленні проникнення звуку крізь екран. Для цього важливо мати щільні матеріали та якісні з'єднання;

– звукоабсорбція означає поглинання звуку екраном. Деякі матеріали, зокрема акустичні панелі, мають властивості зменшення відбиття звуку;

– звуковідбиття – це явище, коли звук, що наближається до екрана, відбивається від його поверхні та відбувається в напрямку від нього. Звуковідбиття важливо розглядати як частину загальної акустичної характеристики шумозахисного екрана, оскільки воно впливає на те, як екран взаємодіє із джерелами шуму та прилеглою територією. Наведемо деякі важливі аспекти звуковідбиття.

Коефіцієнт відбиття звуку ( $R$ ):

– коефіцієнт відбиття звуку визначає, яка частина звуку, що наближається до екрана, відбивається від нього;

– високий коефіцієнт відбиття (наприклад,  $R = 0,9$ ) вказує на високу здатність екрана відбивати звук.

Поверхневі властивості:

– склад матеріалу та оброблення поверхні екрана мають вагомe значення. Матеріали з гладкими поверхнями зазвичай відбивають більше звуку, ніж матеріали з пористою або текстурною поверхнею, які зазвичай поглинають звук.

Кут відбиття:

– кут падіння звуку на екран і кут відбиття можуть впливати на те, де буде розташовано відбитий звук. Якщо звук падає під кутом, то він може відбитися в більш віддаленому місці.

Дифузія звуку:

– деякі екрани створюють умови для дифузії звуку, тобто розсіювання його в багато різних напрямків. Це може допомогти знизити концентрацію відбитого звуку в певних місцях.

Масштаб екрана:

– висота та довжина шумозахисного екрана можуть впливати на звуковідбиття. Довший екран може забезпечувати більшу охопленість джерела шуму.

Звуковідбиття буває корисним для спрямування шуму від джерела подалі від житлових територій або для зниження впливу шуму на прилеглі об'єкти. Зважаючи на цей аспект у проєктуванні шумозахисних систем, можна досягти кращих результатів у сфері зменшення шуму та комфорту для мешканців.

Вимоги до проєктування:

– для успішного проєктування шумозахисних екранів важливо брати до уваги фактори, наприклад: швидкість руху транспорту, тип дороги, густоту руху та метеорологічні умови;

– проєктування має передбачати аналіз впливу на прилеглу територію та середовище.

Переваги для здоров'я та життя:

– шумозахисні екрани зменшують ризики виникнення захворювань, пов'язаних із шумом, зокрема стрес, проблеми зі сном, втрата слуху й серцево-судинні захворювання;

– покращення якості життя мешканців може бути однією з основних переваг шумозахисних заходів.

Інновації в шумозахисті:

– удосконалення технологій та матеріалів дають змогу розробляти більш ефективні шумозахисні системи;

– розроблення «розумних» шумозахисних систем, що реагують на зміну умов і

забезпечують максимальний шумозахист у реальному часі.

Загальна мета шумозахисних екранів полягає в тому, щоб забезпечити комфортне та безпечне оточення для мешканців у зоні дії шумових джерел. Оптимальний дизайн і вибір матеріалів можуть суттєво покращити результати в цьому важливому аспекті міського планування та життя спільноти.

### Інші можливі засоби боротьби з шумовим забрудненням від автомобільних доріг

Для зменшення поширення шуму від джерела до житлових зон через автодорогу важливо ретельно розробляти інфраструктуру доріг, зокрема планування траси, визначення поперечного профілю та розташування смуг для зменшення звукових ефектів. Однак у багатьох ситуаціях виконання цих вимог повністю не можливе через обмеженості дорожнього середовища та інфраструктури.

Залежно від ступеня захисту території від транспортного шуму можуть використовуватися різні типи звукоізоляційних пристроїв, такі як виїмки, стіни, кавальєри, смуги зелених насаджень, шумозахисні будівлі. Комбінування цих елементів дає змогу оптимально зменшити вплив транспортного шуму на прилеглі житлові зони.

Акустичне проєктування дорожнього покриття:

– використання спеціальних матеріалів для дорожнього покриття може значно знизити шум, що виникає під час руху автомобілів. Наприклад, застосування гумових асфальтобетонів або пористого асфальту значно зменшить шумове навантаження.

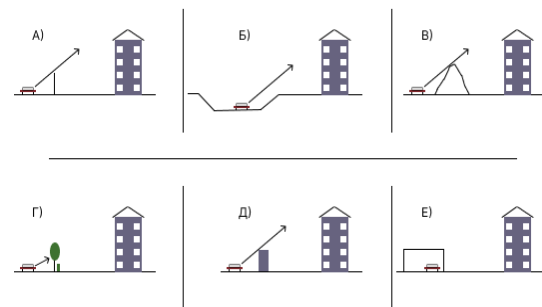


Рис. 7. Типи шумозахисту: А – шумозахисний екран; Б – виїмка; В – насип (кавальєр); Г – смуга зелених насаджень; Д – шумозахисна будівля (може бути промисловою, наприклад склади тощо); Е – галерея

### Висновки

У процесі проектування та будівництва шумозахисних екранів варто брати до уваги питання екологічної стійкості, використовуючи, наприклад, матеріали з високою відновлюваною здатністю або матеріали, які можна переробити.

За допомогою правильного вибору матеріалів, конструкцій та розміщення шумозахисних екранів можна значно зменшити рівень шуму в навколишньому середовищі та покращити якість життя мешканців. У кожній конкретній ситуації необхідно проводити обґрунтоване інженерне оцінювання та розробляти індивідуальний план для досягнення оптимальних результатів у шумозахисті.

Загальна ефективність шумозахисних екранів визначатиметься значною кількістю факторів, і для кожного конкретного проєкту важливо проводити детальний аналіз і розробку, зважаючи на особливі потреби й умови.

### Література

1. Гільов В.В., Макарова В.Н. Забезпечення екологічної безпеки промислового регіону. *Вісник Придніпровської державної академії академії та архітектури*. Дніпропетровськ, 2015. № 4 (205). С. 62–67.
2. Гільов В.В., Макарова В.Н., Трошин М.Ю. Оцінка якості та безпеки життєдіяльності населення, яке проживає на території з багатоповерховою забудовою за фактором шумового забруднення. *International Scientific Journal*. Київ: Спринт-Сервіс, 2015. № 1. С. 14–17.
3. Road traffic noise and health-related quality of life: A cross-sectional study [Онлайн-ресурс] / D. Welch et al. *Noise & Health*. 2013. Vol. 15.
4. Stephen A., Matheson P. Stansfeld Noise pollution: non-auditory effects on health [Онлайн-ресурс]. *British Medical Bulletin*. 2003.
5. Summary of Noise Barriers Constructed By December 31, 2010. Washington, DC: U.S. Department of Transportation, July 2012.
6. Ahmed A., Fahim M.A., Seddeq H.S. Noise prediction for outdoor cooling systems; case study. *Journal of American Science*, 2010. № 6 (11). P. 899–905.
7. Fleming, G. Gregg, Rickley E. Performance Evaluation of Experimental Highway Noise Barriers. Report No. DOT-VNTSC-FHWA-94-16 and FHWA-RD-94-093. Cambridge MA: John A. Volpe National Transportation Systems Center. 1994.
8. Fleming Gregg G., Rickley E. Parallel Barrier Effectiveness: Dulles Noise Barrier Project. Report No. FHWA-RD-90-105 and DOT-TSC-FHWA-90-1. Cambridge MA: U.S. Department of Transportation, John A. Volpe National Transportation Systems Center, Acoustics Facility.
9. Gordon, C.G., Galloway, W.J., Kugler, B.A., Nelson, D.L. (1971). NCHRP Report 117: Highway Noise: A Design Guide for Highway Engineers. HRB, National Research Council, Washington, D.C.
10. Highway Noise Barriers: Performance, Maintenance and Safety (Video). Cambridge, MA: John A. Volpe National Transportation Systems Center, 1996, october.

### References

1. Gilev, V.V., Makarova, V.N. (2015). Ensuring environmental safety of an industrial region. *Bulletin of the Prydniprovsk State Academy of Academy and Architecture*. Dnipropetrovsk, no. 4 (205), p. 62–67
2. Gilev, V.V., Makarova, V.N., Troshin M.Y. (2015). Evaluation of the quality and safety of life of the population living in the territory with multi-storey buildings by the factor of noise pollution. *International Scientific Journal*. Kyiv: Sprint-Service, no. 1, p. 14–17.
3. Welch, D., Shepherd, D., Dirks, K.N., McBride, D., Marsh, S. (2013). Road traffic noise and health-related quality of life: A cross-sectional study [Онлайн-ресурс]. *Noise & Health*, vol. 15.
4. Stephen, A., Matheson, P. (2003). Stansfeld Noise pollution: non-auditory effects on health [Онлайн-ресурс]. *British Medical Bulletin*.
5. Summary of Noise Barriers Constructed By December 31 2010. Washington, DC: U.S. Department of Transportation, July 2012.
6. Ahmed, A., Fahim, M.A., Seddeq, H.S. (2010). Noise prediction for outdoor cooling systems; case study. *Journal of American Science*, no. 6 (11), p. 899–905.
7. Fleming, G. Gregg, Rickley E. (1994). Performance Evaluation of Experimental Highway Noise Barriers. Report No. DOT-VNTSC-FHWA-94-16 and FHWA-RD-94-093. Cambridge MA: John A. Volpe National Transportation Systems Center.
8. Fleming, Gregg G., Rickley E. (1990). Parallel Barrier Effectiveness: Dulles Noise Barrier Project. Report No. FHWA-RD-90-105 and DOT-TSC-FHWA-90-1. Cambridge MA: U.S. Department of Transportation, John A. Volpe National Transportation Systems Center, Acoustics Facility.
9. Gordon, C.G., Galloway, W.J., Kugler, B.A., Nelson, D.L. (1971). NCHRP Report 117: Highway Noise: A Design Guide for Highway Engineers. HRB, National Research Council, Washington, D.C.
10. Highway Noise Barriers: Performance, Maintenance and Safety (Video). Cambridge, MA: John A. Volpe National Transportation Systems Center, 1996, october.

Дорожко Євген Вікторович, к.т.н., доц. каф. проектування доріг, геодезії і землеустрою, evgeniy.dorozhko@gmail.com, тел. +380680699722.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, 61002, Україна, м. Харків, вул. Ярослава Мудрого, 25.

**Noise pollution of the territories adjacent to the automobile road and some means of fighting it**

**Abstract. Problem.** The article discusses the issues related to environmental pollution by road traffic noise and considers possible solutions to these problems. The article has a review character and applies a systematic approach based on general scientific methodological principles that take into account objects as systems. The objects of study in this article are the noise load from the highway and the means of protection against it. Several methods of protection against noise pollution of residential areas adjacent to the highway are considered. **Goal.** The goal is to analyze noise pollution from highways and analyze solutions to reduce this pollution. **Methodology.** This research is aimed at analyzing measures to reduce the level of noise arising from traffic and create comfortable conditions for residents of settlements located near highways. **Results.** Environmental sustainability can be taken into account in the design and construction of noise barriers by using, for example, materials with high renewable amendability or materials that can be recycled. With the right choice of materials, design and placement of noise barriers, a significant

reduction in environmental noise levels can be achieved and the quality of life of the occupants can be improved. In each case, a sound engineering assessment should be carried out and an individualized plan developed to achieve optimal noise protection results. The overall effectiveness of noise barriers will be determined by a large number of factors, and each project should be analyzed and designed in detail to meet specific needs and conditions. **Practical value.** These measures help to improve the quality of life and preserve the health of residents by creating comfortable and safe living conditions. The general approach to noise protection in residential areas involves integrated planning, which takes into account the noise characteristics of transport routes and roads, as well as the design of buildings and the internal layout of housing. This helps to create favourable conditions for residents and reduce the negative impact of noise on their physical and psychological health.

**Key words:** highway, noise load, noise barriers, noise barriers, noise-absorbing structures, materials for noise barriers, noise protection principles, vehicles, noise pollution, noise protection structures.

**Dorozhko Yevhen,** Ph.D, Associate Professor of the Department of Highway Design, Geodesy and Land Management, evgeniy.dorozhko@gmail.com, tel. +380680699722.

Kharkiv National Automobile and Highway University, 25, Yaroslava Mudroho str., Kharkiv, 61002, Ukraine.

---