

КОМБІНОВАНИЙ ШУМОЗАХИСНИЙ БАР'ЄР З ІНТЕГРОВАНИМИ СОНЯЧНИМИ БАТАРЕЯМИ

Лежнева О. І.¹, Вакуленко К. Є.²

¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет

²Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова

Анотація. Оцінено шумове забруднення як фактор антропогенного навантаження на навколишнє середовище. Наведено досвід європейських країн щодо використання шумозахисних екранів з інтегрованими сонячними батареями, описано їхні типи та конструктивні особливості. Запропоновано модель комбінованого шумозахисного бар'єра з інтегрованими сонячними батареями, яка може бути використана для захисту міського середовища від шуму, звукових хвиль та хімічних сполук відпрацьованих газів двигунів внутрішнього згорання.

Ключові слова: транспортний шум, звуковий тиск, звукова хвиля, шумозахисні екрани, сонячні батареї.

Вступ

Постійне зростання інтенсивності транспортних потоків щорічно супроводжується посиленням техногенного навантаження на населення сучасних міст. Із збільшенням кількості транспортних засобів та швидкості їхнього пересування вулицями великих міст світова спільнота визначила шум як один із головних чинників, що погіршують рівень життя людей. Порівняно з Україною, міжнародне співтовариство перебуває на багато кроків попереду в питаннях боротьби з транспортним шумом. Шумове забруднення навколишнього середовища є актуальною проблемою для більшості країн Європейського союзу, що мають розвинену інфраструктуру.

Роботи дослідників показали, що шум несприятливо впливає практично на всі системи організму людини, викликаючи в ньому як короточасні, так і тривалі й стійкі функціональні зміни, що спричиняють виникнення захворювань серцево-судинної, нервової та інших систем, а також ослаблення імунної системи організму [1]. Надмірний шум може стати причиною нервового виснаження, психічної пригніченості, вегетативного неврозу, виразкової хвороби, розладу ендокринної та серцево-судинної систем. Шум заважає людям працювати та відпочивати, знижує продуктивність праці й збільшує травматизм на виробництві й у побуті [2].

Негативний вплив шуму, обумовлений його фізичними параметрами (рівень звукового тиску, інтенсивність, тривалість впливу, постійний або непостійний шум тощо), особливістю людського організму (вік, стать, стан здоров'я та ін.) та впливом супутніх факто-

рів, що можуть підсилити шкідливий вплив шуму. Вплив транспортного шуму на людину можна розглядати в різних аспектах, зокрема щодо [3]:

- водіїв;
- працівників адміністративних і офісних будівель, лікарень, шкіл та інших об'єктів з особливими вимогами до рівнів шуму, які розташовані поблизу автомобільних доріг;
- мешканців будинків, що розташовані в безпосередній близькості до автомобільних шляхів із значною інтенсивністю руху.

Фізично уникнути шумового забруднення неможливо, можна лише суб'єктивно його не помічати. Емоційна й фізична напруга, пов'язана з постійним шумовим дискомфортом, призводить до шумового стресу. Тому проблема шумового забруднення транспортними магістралями довкілля є не менш актуальною, ніж хімічного, оскільки проведені дослідження визначають нові аспекти негативного акустичного впливу на здоров'я мешканців великих міст.

Аналіз публікацій

Необхідність боротьби з шумом в Україні закріплена законодавчо відповідно до закону загальної дії «Про охорону навколишнього середовища». Проникливий у приміщення або на територію шум не має перевищувати нормативних величин, встановлених будівельними нормами та правилами, стандартами й санітарними нормами.

Санітарні норми допустимого шуму обумовлюють необхідність розроблення технічних, архітектурно-планувальних та адмініст-

ративних заходів, спрямованих на створення відповідного до гігієнічних вимог шумового режиму як у міській забудові, так і в будівлях різного призначення, що дозволяють зберегти здоров'я та працездатність населення.

Основними критеріями забезпечення акустичного комфорту на території житлової забудови є нормативні еквівалентні рівні шуму селищної території – 55 дБА в денний і 45 дБА в нічний час доби [4].

Мешканці великих міст зазнають впливу шуму впродовж тривалого часу, тому для них дія шуму є особливо небезпечною. Загальний внесок транспортного шуму в акустичний фон селищної зони оцінюється на рівні 60–80 %. Установлено, що транспортний шум впливає на мешканців селищної зони, яка розташована поблизу автомобільних доріг, упродовж 15–18 годин на добу [5].

В умовах руху транспорту вулицями міста на рівні шуму, що випромінюються транспортними потоками в навколишнє середовище, впливають такі фактори, як характеристики транспортного потоку та характеристики довкілля [6].

Транспортний потік є складною системою взаємодії різних видів транспортних засобів із дорогою. Деякі дослідники вважають, що рух транспортних засобів у потоці можливо представити як детермінований та безперервний процес [7]. Інші вважають його стохастичним процесом, оскільки його характеристики допускають прогнозування лише з деяким ступенем вірогідності [8].

Прагнення дослідників зробити прогностичну модель зовнішнього шуму автомобільних доріг якомога точнішою змушує залучати для розгляду значну кількість факторів, що характеризують дорожні умови, стан дорожнього полотна, зовнішні фактори та параметри транспортного потоку, які здійснюють різний внесок у загальний процес шумовипромінювання та створюють розбіжності в кінцевому результаті, що в підсумку погіршує прогностичні властивості математичної моделі.

Проведений аналіз наявних математичних моделей для визначення очікуваного рівня шуму транспортного потоку дозволяє зробити висновок, що більшість прогностичних моделей мають такий вигляд [1–4]:

$$L = A \pm B \lg N \pm C \lg V, \quad (1)$$

де A, B, C – константи; N – величина інтенсивності руху транспортних засобів, авт./год;

V – середня швидкість руху транспортних засобів в потоці, км/год.

Отже, збільшуючи кількість додаткових інформативних показників у прогностичній моделі без урахування суттєвості їхнього внеску в загальний процес шумовипромінювання можна отримати результати, які не будуть наближені до реальності.

Проблема боротьби з міськими шумами тісно пов'язана з раціональним перетворенням міського середовища, яке має йти шляхом ліквідації або скорочення кількості джерел шуму, локалізації зони емісії шуму, зниження рівня звуку джерел і захисту від шуму місць перебування людини.

На сьогодні накопичений величезний практичний досвід застосування різноманітних шумозахисних заходів для зниження автотранспортного шуму. У Японії, США, Німеччині, Італії, Канаді, в Австралії, Швеції та інших країнах встановлені десятки тисяч кілометрів акустичних екранів. Японія, Франція та Німеччина використовують шумопоглинальне дорожнє покриття для зменшення шуму шин автомобілів. Для зниження рівня звуку на шляху його поширення успішно застосовуються насипи й зелені насадження. Розроблення комплексу шумозахисту здійснюється відповідно до необхідного зниження рівня звуку, а вибір екранних споруд пояснюється насамперед міркуваннями ефективності шумозахисних заходів та їхньою вартістю, а також вимогами безпеки, особливостями експлуатації та естетичним сприйняттям.

У зв'язку з проблемою забезпечення людства енергоресурсами сьогодні потрібні нові джерела й кардинальні зміни у виробництві, розподілі, транспортуванні та споживанні енергії, що ґрунтуються на принципово нових технологіях. Усе більш перспективним стає використання альтернативних джерел енергії, серед яких одну з основних позицій утримує сонячна енергія.

Як показав зарубіжний досвід, повний потенціал використання сонячної енергії можна розкрити, якщо інтегрувати елементи сонячних батарей у різні будівельні конструкції, наприклад, у дах і стіни комерційних і промислових будівель. Також ефективним рішенням є поєднання сонячних батарей із шумозахисними екранами. Такий підхід дозволяє отримати ефективний захист від шуму разом із виробленням «чистої» електроенергії.

У проектуванні шумозахисних екранів з інтегрованими сонячними батареями зазвичай виникають такі проблеми [9]:

- затінення й низька інтенсивність сонячного випромінювання;
- забруднення й руйнування панелей сонячних батарей;
- фізичні обмеження для розміщення;
- вітрові навантаження;
- вандалізм і крадіжки.

У разі поліпшення вже наявних шумозахисних екранів часто доводиться стикатися з проблемою затінення й низької інтенсивності сонячного випромінювання. У районах промзон і вздовж трас з інтенсивним транспортним потоком може виникати ситуація, коли фотоелементи сонячної батареї швидко забруднюються та зношуються. Варто приділяти особливу увагу вітровим навантаженням, що діють на екран і фотоелементи. Однією з найпоширеніших і серйозних проблем є крадіжки й вандалізм.

Перевагами використання шумозахисних бар'єрів з інтегрованими сонячними батареями є [10]:

- зменшення вартості сонячної батареї, оскільки основою є шумозахисні екрани;
- подвійне використання земельних ресурсів, що дозволяє застосовувати землю по краях дороги як для захисту від шуму, так і для виробництва електроенергії;
- позитивне сприйняття населенням;
- близьке розташування до районів, що потребують електроенергії і захист від шуму;
- позитивний вплив на екологічну ситуацію.

Для ефективного використання панелей сонячних батарей у шумозахисних екранах необхідно, щоб на кожен метр екрана доводилося від 1 до 5 квадратних метрів сонячної батареї. Варто зазначити, що замість шумозахисних екранів можна використовувати безпосередньо саму панель сонячної батареї, але водночас для забезпечення необхідного захисту від шуму треба, щоб кожен квадратний метр конструкції важив мінімум 25 кг [11]. У Мадридському інституті акустики був проведений експеримент, який показав, що панель сонцезахисної батареї з основою з кераміки дозволяє досягти зниження шуму в 32 дБ.

Перший успішний досвід застосування шумозахисних екранів з елементами сонячних батарей був реалізований у Швейцарії 1989 року, після чого в деяких країнах європейської співдружності також наслідували цей приклад.

На сьогодні існує шість основних типів шумозахисних екранів з інтегрованими сонячними батареями [10].

Досвід експлуатації показав, що найбільші показники шумозахисту порівняно з іншими типами мають екрани з розташованими зигзагом сонячними батареями, а так само з касетною і ступінчастою конфігурацією сонячних батарей. Варіант з установкою сонячних батарей зверху шумозахисного екрана зазвичай застосовується для вдосконалення вже наявних екранів. У цьому разі найбільший захист від шуму забезпечується, якщо панелі сонячної батареї повернені в бік дороги. До такого типу належить, наприклад, перший побудований екран із сонячною батареєю, розташований у Швейцарії уздовж траси А13. Він містить 2 208 полікристалічних фотоелементів японської фірми Куосега загальною площею 968 м², спрямованих у бік проїжджої частини під кутом 45 градусів. Цей шумозахисний екран з інтегрованою сонячною батареєю виробляє 110 000 кВтч на рік [12].

Ступінчата установка сонячних батарей є недорогим способом удосконалення вже побудованих шумозахисних екранів, особливо в тих випадках, коли необхідно поліпшити показники захисту від шуму. Така конфігурація демонструє непогані шумозахисні показники, однак необхідно брати до уваги ефект самозатемнення, який може негативно позначатися на показниках вироблення електроенергії.

Двосторонні сонячні панелі здатні перетворити сонячну енергію, що потрапляє як на лицьовий, так і на задній бік панелі, і зазвичай використовуються в разі орієнтації дороги Північ-Південь. І у випадку двосторонньої та вертикальної конфігурації (що використовується в орієнтації дороги Схід-Захід) панелі сонячних батарей можуть бути безпосередньо шумозахисним екраном. Вимірювання показали, що вертикальні й двосторонні панелі сонячних батарей, які використовуються як шумозахисні екрани, мають такі самі шумозахисні властивості, як і звичайний екран.

У Європі найбільше застосовуються шумозахисні екрани із сонячними батареями, розташованими зигзагом або мають касетну конфігурацію. Їхні високі шумозахисні якості досягаються завдяки використовуваним матеріалам і куту нахилу безпосередньо панелей, який може становити від 35 до 75 градусів.

У табл. 1 наведені приклади вже реалізованих шумозахисних екранів з інтегрованими сонячними батареями [5].

Таблиця 1 – Реалізовані проекти шумозахисних екранів з інтегрованими сонячними батареями

Орієнтовна загальна потужність	Країна	Оцінена кількість зекономлених викидів парникових газів
5,3 МВт	Німеччина автотраса А3, А94, А22, В31, В57, А6, А620, А31, А96, А23	5 ГВтч
1,6 МВт	Італія автотраса S.S. 434, А22	1,5 ГВтч
216 кВт	Нідерланди автотраса А9	200 МВтч
340 кВт	Швейцарія автотраса А2, А1	310 МВтч
145 кВт	Австрія автотраса А2, А1	140 МВтч
63 кВт	Франція автотраса А21	50 МВтч
24 кВт	Австралія	19 МВтч

У Європі закріплена практика, за якою шумозахисні екрани, що є основою для сонячних батарей, контролюються муніципальною владою, тоді як безпосередньо сонячні батареї належать енергетичним компаніям.

Мета і постановка завдання

Мета дослідження полягає в розробленні інженерної конструкції для абсорбування шкідливих речовин відпрацьованих газів двигунів внутрішнього згоряння, відображення та поглинання звукових хвиль, забезпечування умов безпеки дорожнього руху та підвищення енергоефективності.

Конструкція комбінованого шумозахисного бар'єра з інтегрованими сонячними батареями

В основу запропонованої моделі комбінованого шумозахисного бар'єра поставлено завдання вдосконалити шумозахисний екран таким чином, щоб він виконував одночасно декілька завдань [13]:

- 1) абсорбція шкідливих речовин відпрацьованих газів двигунів внутрішнього згоряння;
- 2) відбивання звукової хвилі;
- 3) шумопоглинання;

4) дотримання умов безпеки дорожнього руху;

5) підвищена енергоефективність.

Поставлена мета досягається завдяки тому, що в інженерній споруді одночасно використовуються різні матеріали, а Y-подібна конструкція шумозахисного бар'єра дозволяє зекономити на його висоті (рис. 1).

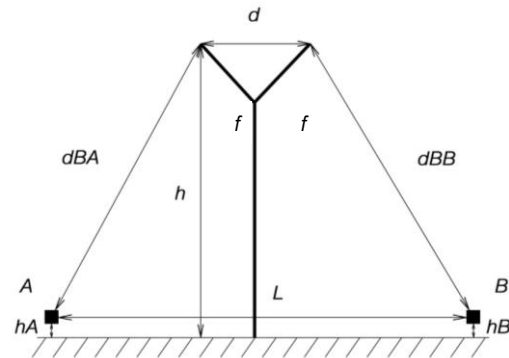


Рис. 1. Конструкція шумозахисного бар'єра з інтегрованими сонячними батареями: А – об'єкт, що захищається від шуму; В – джерело шуму; С – комбінований шумозахисний бар'єр; h – висота бар'єра; l – відстань від джерела шуму до об'єкта, що захищається; d_{BB} – відстань від джерела шуму до першої дифракційної кромки; d_{BA} – відстань від другої дифракційної кромки до об'єкта, що захищається інженерною конструкцією; d – відстань між дифракційними кромками бар'єра; h_A – висота приймача шуму; h_B – висота умовного акустичного центру джерела шуму; f – сонячні елементи

Дифракційні явища, що виникають на гранях бар'єра, суттєво впливають на його ефективність, особливо в області низьких частот. Тому, у конструкції шумозахисного бар'єра необхідно передбачити такі конструктивні елементи, що сприятимуть зменшенню поширення вторинних (дифракційних) акустичних хвиль, які огинають бар'єр та потрапляють до ділянки території, що захищається. Цій вимозі повною мірою відповідає захисна інженерна конструкція Y-подібного профілю із звукопоглинальною поверхнею.

Вибір такої форми шумозахисного бар'єра зумовлений:

- 1) можливістю зменшення дифракції на його кромці;
- 2) запобіганням утворення фронту відбитої звукової хвилі, що дає змогу не встановлювати захисний бар'єр із протилежного боку автомобільної дороги;

3) можливістю підбору модулів бар'єра під заданий спектр транспортного шуму;

4) простотою монтажу та експлуатації.

Крім того, Y-подібна конструкція шумозахисного екрана дозволяє зекономити на його висоті. Це є суттєвою перевагою для великогабаритних об'єктів захисту, наприклад, багатоповерхових споруд.

На рис. 2 зображено конструктивний устрій складових елементів комбінованого шумозахисного бар'єра з інтегрованими сонячними батареями.

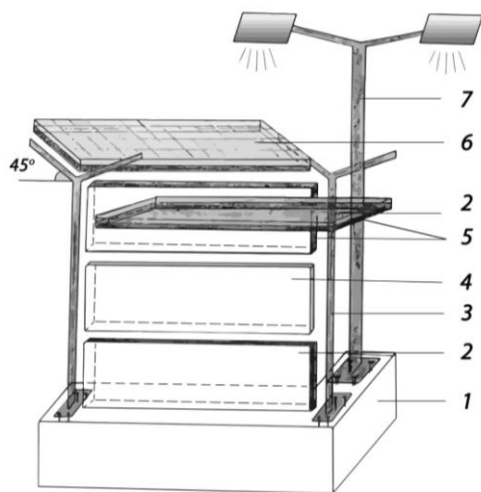


Рис. 2. Конструктивний устрій складових елементів комбінованого шумозахисного бар'єра: 1 – абсорбувальний шар бетонної конструкції шумозахисного бар'єра; 2 – перфорований металевий модуль; 3 – опорні стійки; 4 – звуковідбивні прозорі модулі; 5 – звукопоглинальні матеріали; 6 – елементи сонячних батарей; 7 – ліхтарі вуличного освітлення.

Ефективність використання запропонованого пристрою досягається таким чином.

В абсорбувальний шар бетонної конструкції 1 додається каталізатор. Фотокаталітичний бетон виготовляється за технологією, згідно з якою в рецептуру бетону додаються наночастинки каталізатора – діоксиду титану (TiO_2). Під впливом ультрафіолетових променів сонячного світла діоксид титану активує кисень у навколишньому повітрі. Кисень взаємодіє з оксидами азоту таким чином, що утворюються іони нітриту, які, взаємодіючи з вапном у цементі, перетворюються в нітрати та змиваються водою. Обсяг змитих нітратів настільки малий, що ним можна знехтувати. Додавання діоксиду титану в цемент покращує механічні властивості одержуваних бетонів. Фотокаталітична активність

бетонів на основі діоксиду титану за умови регулярного чищення активної поверхні зберігається через багато років після початку застосування.

На бетонній конструкції закріплюються опорні стійки 3 для розміщення звукопоглинальних і звуковідбивних модулів та сонячних батарей, верхня частина яких має Y-подібну форму з кутом нахилу 45° .

У конструкції захисного бар'єра застосовуються звукопоглинальні матеріали 5 для зниження вторинних акустичних проявів транспортного потоку внаслідок відбиття акустичних хвиль від поверхні бар'єра в протилежний бік. Як сировину для виробництва звукопоглинальних матеріалів можна застосовувати полімери органічного походження, композиційні матеріали, мінеральні волокна тощо.

З урахуванням того, що призначення захисного бар'єра полягає не тільки в зниженні акустичного складника впливу транспортних потоків на прилеглу територію, але й ступеня інгредієнтного забруднення, вибір наповнювача звукопоглинальних модулів здійснюється з урахуванням можливих абсорбційних якостей матеріалу. З огляду на це можливим є зниження ступеня загазованості не тільки на примігстральних територіях, але й безпосередньо в зоні руху автотранспортних потоків.

Такі вимоги задовольняють вуглецеві матеріали. Як сировину для них можна використовувати будь-які речовини, що містять вуглець: целюлоза, торф, кам'яне вугілля, синтетичні полімерні матеріали та ін. Вуглецеві матеріали можуть бути в різних формах: гранульовані, волокнисті, пористі, плівкові.

Шум транспортного потоку є непостійним, тому звукопоглинальний матеріал має бути ефективним у широкій області частот. Ефективність звукопоглинального матеріалу значною мірою обумовлюється низкою його характеристик, таких як товщина, питома площа поверхні пор, загальний обсяг наскрізних каналів, щільність тощо. Виходячи з міркувань зручності монтажу та подальшої експлуатації, доцільним є використання вуглецевих матеріалів у вигляді рулонних матеріалів із волокнистою структурою, а також у вигляді пористих плит. Для фіксації звукопоглинального матеріалу в модулі та попередженні його висипання із конструкції захисного екрана можна використовувати тканинні оболонки, які можуть бути виготовлені, наприклад, зі скляного або капронового во-

локна. З метою підвищення рівня пожежної безпеки конструкції можливо є оброблення тканинних оболонок антипіренами.

Звукопоглинальний матеріал розміщується в перфорованому металевому модулі 2, який забезпечує необхідну жорсткість конструкції.

У зв'язку з необхідністю забезпечення зорового комфорту мешканців селищної зони та достатньої видимості водіїв шумозахисні екрани доцільно виготовляти прозорими, але це погіршує їхні захисні властивості. На цій моделі пропонується комбінувати світлопрозорі та звукопоглинальні модулі.

Для того, щоб не перешкоджати користувачам огляду дороги, мешканцям знизити відчуття замкнутості простору, зменшити стомлюваність водіїв і пасажирів, тим самим забезпечити умови безпеки дорожнього руху, у конструкцію шумозахисного бар'єра рекомендується додавати прозорі панелі 4. Для цього можна використовувати прозорі матеріали – монолітне поліметилметакрилатне скло, а також напівпрозорі – полікарбонат.

Повний потенціал сонячної енергії можна розкрити, якщо інтегрувати елементи сонячних батарей в інженерні конструкції. Ефективним вирішенням є поєднання сонячних батарей із шумозахисними екранами. Такий підхід дозволяє отримати ефективний захист від шуму разом із виробленням «чистої» електроенергії.

Перевагами використання шумозахисних бар'єрів з інтегрованими сонячними батареями є такі:

- зменшення вартості сонячної батареї, оскільки основою є шумозахисний бар'єр;
- подвійне використання земельних ресурсів, що дозволяє використовувати землю на краях дороги як для захисту від шуму, так і для виробництва електроенергії;
- позитивне сприйняття населенням;
- близьке розміщення до районів, що потребують як електроенергії, так і захисту від шуму;
- позитивна дія на екологічну ситуацію.

Універсальність конструкції захисного бар'єра, що пропонується, підтверджується тим, що він може бути придатним для розміщення ліхтарів вуличного освітлення 7, у яких джерелом живлення є сонячні батареї, що розташовуються у верхній частині бар'єра. Така комбінація є економічно доцільною як з боку капіталовкладень на будів-

ництво системи зовнішнього освітлення, так і з боку його енергоефективності.

Розроблена корисна модель може бути використана для захисту від шуму, звукових хвиль та хімічних сполук відпрацьованих газів двигунів внутрішнього згоряння міського середовища, житлових будівель та пішохідних зон.

Висновки

Комбінований шумозахисний бар'єр з інтегрованими сонячними батареями, є інженерною спорудою, що складається з фундаменту, звукопоглинальних, звуковідбивних модулів та елементів сонячних батарей, який відрізняється тим, що має Y-подібний профіль, оснащений металевими з перфорацією модулями, заповненими звукопоглинальним матеріалом (полімери органічного походження, композиційні матеріали, мінеральні волокна, тощо) та звуковідбивними прозорими або напівпрозорими модулями, установлений на фундамент із фотокаталітичного бетону, до того ж енергія, отримана від сонячних батарей, передається до ліхтарів вуличного освітлення, також установлених на цьому фундаменті.

Література

1. Murphy E., King T. Environmental Noise Pollution, Noise Mapping, Public Health and Policy. University of Hartford, CT, Elsevier Inc., 282, 2014.
2. James P. Noise Pollution. Advanced Air and Noise Pollution Control, 2, 441–452, 2005.
3. Berg W., Borgmann K., Hiemesch O. Traffic and environment (Vol. 3). Springer Science & Business Media, 2004.
4. Passchier-Vermeer W., Passchier W.F. Noise exposure and public health. Environmental health perspectives, 108(suppl 1), 123–131, 2000.
5. Singh N., Davar S. Noise pollution-sources, effects and control. Journal of Human Ecology, 16(3), 181–187, 2004.
6. Lezhneva E., Vakulenko K., Galkin A. Assessing of traffic noise pollution of road transport in urban residential. Romanian Journal of Transport Infrastructure. Article No. 2, Romanian Journal of Transport Infrastructure, Vol. 8, 2019, No.1. P. 34–52.
7. Лежнева О.І. До питання визначення екологічних характеристик транспортних потоків. *Вісник ХНАДУ*. Харків: ХНАДУ, 2019. Вип. № 86. Т. 2. С. 141–147.
8. Berglund B., THOMAS Lindvall T., eds. Guidelines for community noise. World Health Organization, 1995.

9. PV in Non Building Structures a design guide. Task 7. Report IEA PVPS T7-02:2000. April 2001.
10. Photovoltaic noise barrier – Canada. Dorothy Remmer, Jose Rocha. August 2008.
11. PV soundless – world record “along the highway” – a PV sound barrier with 500 kwp and ceramic based PV modules M. Grottko, T. Suker, R. Eyra, J. Goberna, O. Perpinan, A. Voigt, A. Thiel and K. Kellner. September 2003.
12. Results of the monitoring programmer N.J.C.M. van der Borg M.J. Jansen. February 2003.
13. Патент України № 136314, 12.08.2019 Комбінований шумозахисний бар’єр з інтегрованими сонячними батареями / О.І. Лежнева.

References

1. Murphy E., King T. Environmental Noise Pollution, Noise Mapping, Public Health and Policy. University of Hartford, CT, Elsevier Inc., 282, 2014.
2. James P. Noise Pollution. Advanced Air and Noise Pollution Control, 2, 441–452, 2005.
3. Berg W., Borgmann K., Hiemesch O. Traffic and environment (Vol. 3). Springer Science & Business Media, 2004
4. Passchier-Vermeer W., Passchier W.F. Noise exposure and public health. Environmental health perspectives, 108(suppl 1), 123–131, 2000.
5. Singh N., Davar S. Noise pollution-sources, effects and control. Journal of Human Ecology, 16(3), 181–187, 2004.
6. Lezhneva E., Vakulenko K., Galkin A. Assessing of traffic noise pollution of road transport in urban residential. Romanian Journal of Transport Infrastructure. Article No. 2, Romanian Journal of Transport Infrastructure, Vol. 8, 2019, No.1. P. 34–52.
7. Lezhneva E.I. (2019). Do pitannya viznachennya ekologichnih karakteristik transportnih potokiv. Vestnyk KhNADU. No 86, part 2, pp. 141–147 (in Ukr.)
8. Berglund B., THOMAS Lindvall T., eds. Guidelines for community noise. World Health Organization, 1995.
9. PV in Non Building Structures a design guide. Task 7. Report IEA PVPS T7-02:2000. April 2001.
10. Photovoltaic noise barrier – Canada. Dorothy Remmer, Jose Rocha. August 2008.
11. PV soundless – world record “along the highway” – a PV sound barrier with 500 kwp and ceramic based PV modules M. Grottko, T. Suker, R. Eyra, J. Goberna, O. Perpinan, A. Voigt, A. Thiel and K. Kellner. September 2003.
12. Results of the monitoring programmer N.J.C.M. van der Borg M.J. Jansen. February 2003.
13. Lezhneva E.I. Kharkiv National Automobile and Highway University (2019). *Combined noise barrier with integrated solar panels*, Ukraine, Pat. 136314.

Лежнева Елена Іванівна¹, к.т.н., доц. каф. екології, legnevaelena@gmail.com.
тел. (057) 707-37-41

Вакулєнко Катєрина Євгеніївна², к.т.н., доц. каф. транспортних систем і логістики, vakulenko.e@ukr.net

¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет, вул. Ярослава Мудрого, 25, м. Харків, 61002, Україна

²Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекєтова, вул. Маршала Бажанова, 17, м. Харків, 61002, Україна

Combined noise shield with integrated solar panels

Abstract. The article is devoted to the assessment of the noise load of road transport on the environment of large cities. **Goal.** The goal is to develop engineering structures to neutralize harmful substances from internal combustion engines, display and absorb sound waves, ensure road safety and improve energy efficiency. **Methodology.** The experience of European countries on the use of noise protection screens with integrated solar batteries is presented. The types and design features of solar panels are presented. **Results.** A model of a combined noise protection barrier with integrated solar batteries is proposed. This screen can be used to protect the urban environment from noise, sound waves and chemical compounds of internal combustion engines. **Originality.** The combined noise barrier with integrated solar panels is an engineering structure consisting of a foundation, sound-absorbing, sound-reflecting modules and solar cells, which differs in that it has a Y-shaped profile equipped with metal perforated modules filled with sound-absorbing material (polymers of organic origin, composite materials, mineral fibers, etc.) and sound-reflecting transparent or translucent modules, installed on a foundation made of photocatalytic concrete, and the energy obtained from the solar panels is transferred to street lights, which are installed on the foundation of the screen. **Practical value.** The invention can be used to protect against noise, sound waves and chemical compounds of exhaust gases of internal combustion engines of urban environment, residential buildings and pedestrian areas.

Key words: traffic noise, sound pressure, sound wave, noise screens, solar panels.

Lezhneva Elena¹, PhD, Assoc. Prof., Department of Ecology, ph. (057) 707-37-41, legnevaelena@gmail.com

Vakulenko Katerina², PhD, Assoc. Prof., Department of Transport systems and Logistics, vakulenko.e@ukr.net

¹Kharkiv National Automobile and Highway University

²O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv.