

УДК 699.844

д.т.н. Ткаченко В.Б.,

vladimirtkachenko.zsea@gmail.com , orcid.org/0000-0003-2087-7371,

доцент Полікарпова Л.В.,

lily.polikarpova@gmail.com , orcid.org/0000-0003-2539-8353,

Гребенюк І.В.,

saliongsx@yahoo.com , orcid.org/0000-0003-4721-2505,

Черненко А.В.,

arturchernenko.zsea@gmail.com , orcid.org/0000-0003-3892-1556,

Інженерний інститут Запорізького національного університету

DOI: 10.32347/2076-815x.2019.71.390-398

ЕФЕКТИВНІСТЬ АКУСТИЧНОГО ЕКРАНУ МІСЬКОЇ АВТОМОБІЛЬНОЇ ДОРОГИ

Розглянуто ситуацію з шумом на магістральних міських вулицях. Визначено деталі розташування шумозахисного екрану на транзитній автомобільній дорозі крупного міста відносно житлової забудови мікрорайону. Описано методіку визначення рівнів шуму, обладнання для натурних замірів і спосіб розрахунку характеристик. Зроблено висновки щодо ефективності акустичного екрану.

Ключові слова: шум, міська вулиця, автомобільна дорога, акустичний екран, шумозахисний екран, шумовідбиваючий екран, шумопоглинаючий екран

Досвід експлуатації магістральних автомобільних доріг в районах розташування будівель житлового призначення виявив факт виникнення під час руху транспортних засобів підвищеного рівня шуму, який негативно впливає на здоров'я людей, знижує їх працездатність, порушує нервову систему.

Ще недавно в дослідженнях акустичного шуму на міських територіях основна увага приділялася безпосередній реєстрації цього шуму та аналізу його характеристик [1, 2]. Останнім часом актуальною стає задача зниження рівня шуму на заселених територіях, що обумовлюється стрімким збільшенням транспортного потоку [3, 4].

Одним із будівельних способів зниження рівня шуму від транзитного транспорту є зведення шумозахисних екранів з одного або обох боків автомобільних доріг або їх ділянок. Крім цієї функції, шумозахисні екрани також захищають мешканців прилеглих будинків від дорожнього пилу та бруду в осінне-весінній період.

Шум від автомобільного транспорту – це сума з трьох доданків: шум від зчеплення шин з дорожнім покриттям, аеродинамічний шум і шум від роботи двигунів. Тому при проектуванні та зведенні екрана уздовж автомобільної

дороги необхідно прагнути, щоб відбита звукова хвиля не поверталася до автомобілів. Шумозахисний екран створює за собою зону акустичної тіні. Для створення ефекту бар'єру для звукових хвиль для об'єктів захисту вони мають знаходитися нижче цієї тіні (у вертикальній проекції).

Шумозахисні екрани поділяють на шумопоглинаючі та шумовідбиваючі. Головна відмінність шумопоглинаючого екрану полягає в тому, що у складі його конструкції застосовуються спеціальні шумопоглинаючі акустичні панелі з перфорацією. Шумопоглинаючі панелі приймають на себе звукову хвилю, пропускають її всередину панелі через отвори в фасадній стороні, де кінетична енергія звукової хвилі поглинається спеціальним акустичним матеріалом. Таким чином, кінетична енергія звуку гаситься між двома шарами матеріалу [5].

Детальніше класифікацію і конструкцію шумозахисних екранів розглянуто в попередніх роботах [6, 7].

Ефективність акустичних екранів з кожним роком підвищується. Тому екрани, встановлені більш десяти років тому, на сьогоднішній день можуть не відповідати сучасним вимогам. Крім того, в багатьох дослідженнях акустичних екранів вказується, що з часом їх ефективність знижується. Для перевірки цих гіпотез, а також з метою оволодіння сучасними методами оцінки, досліджується ефективність реального акустичного екрана вздовж автомобільної дороги по вулиці Гребельній міста Запоріжжя.

Вулиця Гребельна була збудована на початку 30-х рр. ХХ ст. й отримала назву на честь спорудження греблі ДніпроГЕС. Вона не розглядалась як транспортна магістраль, тому пізніше поблизу дороги були збудовані одноповерхові житлові будинки. Вже в 2005-2006 рр. дорога, що розглядається, в часи «пік» не справлялася з транспортним потоком, постійно виникали затори. У 2007 р. дорогу розширили вдвічі, зробили чотири ряди, транспортне питання вирішили, а житлові будинки опинилися на самому узбіччі. Шум, бруд і пил зробили життя мешканців нестерпним. Тому в 2008 р. розроблено та споруджено шумозахисний екран на ділянці вулиці Гребельній від вулиці Сакко і Ванцетті до вулиці Айнлагської перед домами 7/2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16. Загальна довжина шумозахисного екрану склала 280 м.

Шумозахисний екран (рис. 1) – комбінований, складається з двох частин. Нижня частина висотою 1 м виконана з цегли. Верхня частина висотою 1,5 м є замкненою конструкцією з акрилу, яка складається з двох смуг – передньої товщиною 15 мм і задньої товщиною 10 мм, які знаходяться на відстані знизу 20 мм, угорі – 10 мм. Смуги вигнуті за висотою, замкнені вгорі та знизу смугами і мають кут нахилу 10° убік будинків (рис. 2).

Весь екран складається із 244 секцій довжиною 1 м (рис. 3) та має 12

розривів для дверей. Відносно проїзної частини екран встановлений відразу за пішохідною доріжкою (рис. 4).



Рис. 1. Комбінований шумозахисний екран



Рис. 2. Кут нахилу верхньої частини екрану



Рис. 3. Верхня частина екрана складається із секцій

На іншій стороні дороги розташовано стіни з бетонних плит висотою 4...6 м (рис. 5).



Рис. 4. Відстань шумозахисного екрана від дороги



Рис. 5. Протилежна сторона вулиці



Рис. 6. Розташування житлових будинків

Як видно з рис. 6, житлові будинки розташовані майже відразу за екраном.

Дорога шириною 20 м має чотири смуги (рис. 5...6). Фактично дорога має

транзитне (міжміське) значення (веде до міста Дніпро), при цьому обслуговуючи два «спальних» мікрорайони (Бородинський та Осіпенковський), а також значну частину правого берегу в цілому. Інтенсивність руху велика і вдень, і вночі (вночі трохи менше) а в часи «пік» (з 5 до 9 години ранку) – безперервний потік в обох напрямках по чотирьох смугах.

Дослідження ефективності шумозахисного екрану проводились методом виміру шуму перед екраном і за екраном згідно [8] в трьох точках (поблизу будинків № 4, 10 і 14).

При проведенні вимірювань рівнів шуму вимірювальний шумомір закріплювався на штативі, встановленому в точці вимірювання. При цьому головна вісь вимірювального шумоміра була направлена в сторону основного джерела шуму.

Під час проведення вимірювання шуму оператор, який проводив вимірювання, знаходився від вимірювального мікрофона на відстані не менше 0,5 м для зменшення небажаного відбиття звуку.

Розрахунок шуму виконувався у рівнях звукового тиску L , дБ, в октавних смугах з середньгеометричними частотами 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц.

Вимірювання шуму проводяться окремо для денного (з 8:00 до 22:00 год) і для нічного (з 22:00 до 8:00 год) періодів доби, але у зв'язку з тим, що часи «пік» (з 5 до 9 години ранку) охоплювали і денний, і нічний періоди доби, вимірювання проводили одноразово. Вимірювання в кожній точці проводилися не менш ніж для трьох часових інтервалів.

При вимірюванні шуму мінімальна тривалість кожного випробування була такою, щоб зміни еквівалентного рівня звуку або зміни еквівалентних рівнів звукового тиску в кожній октавній смузі при тимчасовій характеристиці «повільно» становили би протягом 1 хв не більше 0,5 дБА (дБ).

Під час проведення вимірювання шуму фіксувалася вся необхідна інформація про джерело шуму, про місце, час та умови вимірювання, про застосовану апаратуру і про отримані результати вимірювань.

За результатами вимірювань шуму протягом часових інтервалів визначалися характеристики шуму, перераховані за п. 4.3 [8], і відбувалася їх подальша обробка відповідно до розділу 8 [8].

Для вимірювання рівня шуму використовувався шумомір Bruel & Kjaer Type 2203 (рис. 7).

Діапазони вимірювання конденсаторним мікрофоном 1 «В & К» 4131:

- рівень звукового тиску 31...134 дБ;
- рівень звуку (зважений) 22...134 дБ;
- октав-звуковий тиск 20...134 дБ.

На підставі проведених вимірювань склалися протоколи проведення вимірювань шуму та проводилася обробка отриманих результатів.

Згідно [8] еквівалентний рівень звуку (середнє значення рівнів звуку октавних / третьоктавних рівнів звукового тиску) обчислювали за формулою:

$$L_{A_{екв}} = 10 \cdot \lg \sum_{i=1}^n 10^{0,1 \cdot L_i} - 10 \cdot \lg n, \text{ дБ (дБА)}.$$

де L – i -й з виміряних в даній точці октавних / третьоктавних рівнів звукового тиску, дБ, або рівнів звуку, дБА;

$i = 1, 2, 3, \dots, n$, де n – загальна кількість вимірювань в даній точці.



Рис. 7. Шумомір Bruel & Kjaer Type 2203

Результати розрахунків порівнювали з допустимими рівнями шуму для територій, які безпосередньо прилягають до житлових будинків. Згідно таблиці 1 [4] еквівалентний рівень звуку для цих територій має бути 55 дБ в денний час і 45 дБ у нічний. Згідно примітки 5 табл. 1 [4] для будинків по вулиці Гребельній ці показники допускається приймати на 10 дБ більшими, тобто 65 дБ і 55дБ відповідно.

В результаті розрахунків одержано такі показники еквівалентних рівнів звуку:

- будинок № 4 – 70 дБ перед екраном і 67 дБ після екрану;
- будинок № 10 – 72 дБ перед екраном і 68 дБ після екрану;
- будинок № 14 – 68 дБ перед екраном і 65 дБ після екрана.

Екран зменшує рівень звуку тільки на 3...4 дБ. У порівнянні з допустимими рівнями звуку в денний, а ще більше в нічний час, перевищується

на 10...13 дБ навіть з допущеннями примітки 5 табл. 1 [4].

Таким чином, захисний екран по вулиці Гребельній захищає житлові будинки від бруду та пилу, але не захищає від шуму, особливо в нічний час (з 5 до 9 години ранку). При цьому недоліками шумозахисного екрану є:

- 1) нижня частина екрана виконана із цегли і є відбиває шум;
- 2) висота екрану (2,5 м) менше шумовідбивних бетонних стін на протилежній стороні вулиці (4...6 м), і тому спрацьовує ефект відбитого шуму;
- 3) дванадцять розривів в екрані, зроблених для вхідних дверей, суттєво знижують ефективність екрану.

Реконструкція існуючого екрану не ефективна, влаштування нового потребує великих капітальних вкладень, розташування житлових будинків в декількох метрах від магістральної дороги протирічить санітарним нормам. Тому можна зробити висновок, що територія за екраном є придатною лише для промислових об'єктів (як на протилежній стороні вулиці).

Список використаних джерел

1. Методы и средства защиты от шума. *Файловый архив студентов*. URL: <https://studfiles.net/preview/1729147/page/4/>.
2. СН 3077-84. Санитарные нормы допустимого шума в помещениях жилых и общественных зданий и на территории жилой застройки. [Действует с 1984-08-03]. Изд. офиц. Москва: МЗ СССР, 1984. 24 с.
3. ДСТУ-Н Б В.1.1-33:2013. Настава з розрахунку та проектування захисту від шуму сельбищних територій. [Чинний від 2014-06-01]. Вид. офиц. Київ: Мінрегіонбуд України, 2014. 42 с. (Державний стандарт України).
4. ДБН В.1.1-31:2013. Захист територій, будинків і споруд від шуму. [Чинний від 2014-06-01]. Вид. офиц. Київ: Мінрегіонбуд України, 2014. 54 с. (Державні будівельні норми України).
5. Ковязин В.Ф., Глушкова Н.А. Защита жилой зоны поселения от воздействия шума акустическими экранами. *Инновационная наука*. 2015. № 12. Ч. 2.
6. Черненко А.В., Кулябко В.В., Черненко Т.В. Аналіз конструктивних заходів для захисту об'єктів міської забудови від шуму. *Містобудування та територіальне планування*. Київ: КНУБА, 2016. Вип. 62. Ч. 1. С. 319-326.
7. Ткаченко В.Б., Черненко А.В., Черненко Т.В. Аналіз рівня шумового забруднення крупних промислових міст України. *Містобудування та територіальне планування*. Київ: КНУБА, 2017. Вип. 63. С. 434-438.
8. ГОСТ 23337-2014. Шум. Методы измерения шума на селитебной территории и в помещениях жилых и общественных зданий. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200114242>.
9. ГОСТ 20444-2014. Шум. Транспортные потоки. Методы определения шумовой характеристики. [Действует с 2015-07-01]. Изд. офиц. Москва: Стандартинформ, 2015. 42 с.

д.т.н. Ткаченко В.Б., доцент Поликарпова Л.В.,
Гребенюк И.В., Черненко А.В.,

Инженерный институт Запорожского национального университета

ЭФФЕКТИВНОСТЬ АКУСТИЧЕСКОГО ЭКРАНА

ГОРОДСКОЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ

Рассмотрена ситуация с шумом на магистральных городских улицах. Определены детали расположения шумозащитного экрана на транзитной автомобильной дороге крупного города относительно жилой застройки микрорайона. Описаны методика определения уровней шума, оборудование для натурных замеров шума и способ расчета шумовых характеристик. Сделаны выводы относительно эффективности акустического экрана.

Ключевые слова: шум, городская улица, автомобильная дорога, акустический экран, шумозащитный экран, шумоотражающий экран, шумопоглощающий экран

D.Sc.Tech. Tkachenko V.B., as. prof. Polikarpova L.V.,
Hrebenuik I.V., Chernenko A.V.,
Engineering Institute Zaporizhzhia National University

THE EFFICIENCY OF ACOUSTIC SHIELD OF CITY TRANSPORT ROAD

The situation with noise on main city streets is shown. Road traffic noise is the sum of three additions: road clutch tire noise, aerodynamic noise and engine noise. Therefore, during designing and mounting a screen along a highway, one must strive to prevent the reflected sound wave from returning to the cars. The noise shield creates an area of acoustic shadow. They must be below this shadow in vertical projection to create a barrier effect for the sound waves for the building. Noise shields are divided into noise absorbing and noise reflecting screens. The main difference between them is that the structure of noise absorbing screen uses special noise absorbing acoustic panels with perforations. Noise-absorbing panels take on the sound wave, pass it inside the panel through the openings in the front, where the kinetic energy of the sound wave is absorbed by a special acoustic material. Thus, the kinetic energy of sound is extinguished between two layers of material. Site details of noise-defensive shield on the transit road of large city along the settlement area are defined. Methodic of noise levels definition, equipment for site noise measures and a method of computation of noise characteristics are described. Noise measurements are carried out separately for daytime (from 8:00 am to 10:00 pm) and for nighttime (from 10:00 pm to 8:00 am), but due to the fact that peak times (from 5 to 9 o'clock in the morning) covered both day and night periods, measurements were performed once. Measurements were made at each point for at least three time intervals. The conclusion about efficiency of acoustic shield is made. A defense shield along

Grebelna Street protects residential buildings from dirt and dust, but does not protect them from noise, especially at night (from 5 to 9 am). The reconstruction of the existing screen is not effective, the installation of a new one requires large capital investments, location of residential buildings a few meters from the main road is contrary to sanitary standards. The screen area is only suitable for industrial sites (as on the opposite side of the street).

Keywords: noise, city street, transport road, acoustic shield, noise-defensive shield, noise-reflective shield, noise-absorbed shield

REFERENCES

1. Metody i sredstva zashchity ot shuma. *Failovi arkhiv studentov*. URL: <https://studfiles.net/preview/1729147/page:4/>.
2. SN 3077-84. Sanitarnye normy dopustimoho shuma v pomeshcheniakh zhilykh i obshchestvennykh zdaniy i na territorii zhiloi zastroiki. [Deistvuet s 1984-08-03]. Izd. ofits. Moskva: MZ SSSR, 1984. 24 s.
3. DSTU-N B V.1.1-33:2013. Nastanova z rozrakhunku ta proektuvannya zakhystu vid shumu selbyshchnykh terytorii. [Chynnyi vid 2014-06-01]. Vyd. ofits. Kyiv: Minrehionbud Ukrainy, 2014. 42 s. (Derzhavnyi standart Ukrainy).
4. DBN V.1.1-31:2013. Zakhyst terytorii, budynkiv i sporud vid shumu. [Chynnyi vid 2014-06-01]. Vyd. ofits. Kyiv: Minrehionbud Ukrainy, 2014. 54 s. (Derzhavni budivelni normy Ukrainy).
5. Koviazin V.F., Glushkova N.A. Zashchita zhiloi zony poseleniia ot vozdeistviia shuma akusticheskimi ekranami. *Innovatsionnaia nauka*. 2015. № 12. Ch. 2.
6. Chernenko A.V., Kuliabko V.V., Chernenko T.V. Analiz konstruktyvnykh zakhodiv dlia zakhystu ob'ektiv miskoi zabudovy vid shumu. *Mistobuduvannya ta terytorialne planuvannya*. Kyiv: KNUBA, 2016. Vyp. 62. Ch. 1. S. 319-326.
7. Tkachenko V.B., Chernenko A.V., Chernenko T.V. Analiz rivnia shumovoho zabrudnennia krupnykh promyslovykh mist Ukrainy. *Mistobuduvannya ta terytorialne planuvannya*. Kyiv: KNUBA, 2017. Vyp. 63. S. 434-438.
8. GOST 23337-2014. Shum. Metody izmereniia shuma na selitebnoi territorii i v pomeshcheniakh zhilykh i obshchestvennykh zdaniy. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200114242>.
9. GOST 20444-2014. Shum. Transportnye potoki. Metody opredeleniia shumovoi kharakteristiki. [Deistvuet s 2015-07-01]. Izd. ofits. Moskva: Standartinform, 2015. 42 s.