

Скрипник Т.В., канд. техн. наук

## ШУМОЗАХИСНІ ЕКРАНИ ЯК СПОСІБ ЗМЕНЬШЕННЯ ШУМОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА МІСЬКУ ЗАБУДОВУ

**Анотація.** У статті розглянуте питання регулювання рівню шуму від руху транспортних засобів на автомобільній дорозі будівельними методами. Проведено аналіз конструктивних та технологічних особливостей улаштування шумозахисних екранів за існуючою вітчизняною нормативною базою на ділянці реконструкції автомобільної дороги М03 Київ-Харків-Довжанський.

**Ключові слова:** санітарна норма рівню шуму, акустичні забруднення, шумозахисні екрани, шумопоглинаючі та шумовідбиваючі панелі, пильові фундаменти, монтаж екрану, кошторисна вартість улаштування екрану.

**Аннотация.** В статье рассмотрен вопрос регулирования уровня шума от движения транспортных средств на автомобильном пути строительными методами. Проведен анализ конструктивных и технологических особенностей устройства шумозащитных экранов по существующей отечественной нормативной базе на участке реконструкции автомобильной дороги М03 Киев-Харьков-Должанский.

**Ключевые слова:** санитарная норма уровня шума, акустические загрязнения, шумозащитные экраны, шумопоглощающие и шумоотражающие панели, свайные фундаменты, монтаж экрана, сметная стоимость устройства экрана.

**Annotation.** In the article the question of regulating the level of noise from the movement of vehicles on the road way construction methods. The analysis of the design and technological features of the device noise screens on existing domestic regulatory framework in the area of reconstruction of the road M03 Kiev-Kharkiv-Dolzhansky.

**Key words:** sanitary norm noise, noise pollution, noise protection screens, sound-absorbing and sound-reflecting panels, pile foundations, installation screen, the estimated cost of the device screen.

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

Одним із будівельних способів зниження рівня шуму від транзитного транспорту є зведення шумозахисних екранів з одного або обох боків ділянки автомобільної дороги. Крім цієї функції екрани захищають перехожих та мешканців прилеглих будинків від дорожнього пилу та бруду в осінньо-весняний період, від засліплення фарами (у випадку з непрозорими екранами). При виникненні ДТП екран захищає перехожих від уламків, людина, що проходить вздовж іншій стороні шумозахисного екрану може навіть не підозрювати про аварію з іншого боку.

Установка екрану може значно підвищити ціну нерухомості та землі в цьому районі.

Шум від автотранспорту – 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 повинні знаходитися нижче цієї тіні (у вертикальній проекції).

Шумозахисні екрани поділяють на шумопоглинаючі та шумовідбиваючі. Головна відмінність шумопоглинаючого екрану полягає в тому, що в його складі 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 (багатошарове скло або перфорований металевий лист зі звукопоглинаючою задньою стінкою). Таким чином, кінетична енергія звуку гаситься між двома шарами матеріалу.

Шумопоглинаючі екрани в основному використовуються там, де необхідний захист від шуму без шкоди для протилежної від екрану сторони. Таку огорожу можливо улаштувати двома способами:

- ізолювати джерело шуму – екран з одного або при необхідності з обох боків уздовж автодороги;
- ізолювати об'єкт зашумлення – з боку траси (з 2-3 сторін) або при необхідності побудувати замкнутий (з усіх боків) бар'єр.

Недоліки шумозахисних екранів:

- створюють відчуття обмеженості простору для водіїв;
- зменшують освітленість і обмеження огляду, спотворення кольору і зображення;
- обмежують крокову доступність цієї ділянки траси (у разі необхідності негайної допомоги або якщо потрібно негайно залишити ділянку траси);
- ділять місцевість на 2 ділянки;
- дорожня матеріалів – в середньому від 750 гривень до 2,5 тисячі гривень за м<sup>2</sup> без урахування робіт по установці, при чому для ефективного захисту від шуму рекомендується висота не менше 4 метрів і з запасом по довжині – 5 метрів з обох сторін.

Шумозахисний екран, який буде застосовуватися на ділянці реконструкції автомобільної дороги М03 Київ – Харків – Довжанський км 666 +500 – км 670 +200 (ТУ У28.1 – 32453930 – 005:2009. "Екрани шумозахисні. Євроформат") представляє собою збірно-розбірну конструкцію, яка зібрана з набору акустичних панелей (складається з корпусу, виконаного з холоднокатаної сталі, з одnobічною щілинною перфорацією та шумопоглинаючим матеріалом усередині), які монтуються в металеві стояки (несучі балки ліворуч і праворуч, які виготовлені з двотаврового профілю і встановлюються кроком 4м на монолітний стрічковий залізобетон з допомогою анкерних болтів).

Зазвичай вгорі панелі загнуті в бік джерела шуму або нахилені в бік джерела. Таким чином зменшується кут, під яким шум виходить в навколишнє середовище. В даному випадку прийняті лінійні шумопоглинаючі екрани.

Універсальність екранів полягає і в тому, що вони можуть бути практично будь-якої висоти, прольоти між стійками можуть виконуватися практично з будь-

яким кроком і досягати 6 метрів, а окремі частини екрану можуть зістикуватися між собою під різними кутами в плані:  $1^{\circ}$ ;  $13^{\circ}$ ;  $14^{\circ}$ ;  $90^{\circ}$ .

Така універсальність стала можлива завдяки особливій конструкції окремих елементів екрану: шумопоглинаючих (шумовідбивних) панелей або їх комбінацій; горизонтальних профілів, в які встановлюються панелі; опорних профілів і стійок, в які монтуються перераховані вище елементи екрана.

Основним елементом конструкції є металева шумопоглинаюча панель. Їх сукупність складає робоче (з акустичної точки зору) полотно екрану. Вдало вибраний коробчастий перетин панелі дозволяє визначити її оптимальні габарити:  $980 \times 496 \times 56$  мм при товщині 0,7 мм для сталі і 1 мм для алюмінію. Розрахунки на міцність і експериментальні перевірки довели працездатність окремої панелі при вітровому навантаженні до  $94,5 \text{ кг/м}^2$ , а в складі екрану – до  $118 \text{ кг/м}^2$ . При деякій зміні конструктиву панелі працездатність конструкції забезпечується вже при навантаженні до  $360 \text{ кг/м}^2$ . Крім того, коробчастий перетин панелі дозволяє сприймати великі навантаження від маси полотна екрана, що особливо важливо для нижнього ряду панелей, які повинні витримувати навантаження до  $100 \text{ кг/ п.м.}$

Шумопоглинаючий елемент виготовляється, як правило, з мінеральної вати, укладеної в поліетиленову оболонку. Вона перешкоджає намоканню вати, її "злежуванню" і сповзанню в нижню частину панелі. Одна зі стінок панелі є перфорованою. Звукопоглинаюча панель представляє собою холоднокатаний швелер, в який встановлюються панелі. Він є несучим елементом полотна екрана й передає вітрове навантаження від панелей до стійок.

Опорний профіль – стандартний гарячекатаний швелер № № 5 – 14 (в залежності від висоти екрана й відстані між стійками), що сприймає навантаження від маси полотна екрана та ліквідує зазор між нижнім краєм полотна екрана й ґрунтом (полотном дороги).

Стійка шумозахисного екрану спроектована таким чином, що дозволяє без порушення акустичної герметичності екрану повертати полотно екрану на будь-який кут в плані. Це досягається наявністю спеціальних вертикальних профілів, що кріпляться до несучої балці стійки. В якості несучої балки використовується двотавр № № 16 – 25 (в залежності від величини діючих вітрових навантажень).

У шумозахисному екрані є можливість виконання прорізів для проїзду автотранспорту або проходу пішоходів.

Ефективність шумозахисного екрану розраховується з різниці звукового тиску в дБ в точках до і позаду екрану. Цей показник залежить від характеристик матеріалу, з якого виготовлений шумозахисний бар'єр, джерела шуму і характеристик середовища.

При вивченні джерела шуму розглядаються його рівень впливу, напрямок звуку (від землі або до неї), довжина звукових хвиль.

У цю групу факторів навколишнього середовища входять напрямок і сила вітру, перепади температур, можливі відбиття звуку від поверхні землі.

Основна помилка полягає в тому, що при проектуванні або монтажі допускається наявність отворів, щілин, отворів в полотні акустичного екрану, не забезпечених додатковими шумозахисними заходами, допускається зміна рівнів акустичного екрану без належних дій по мінімізації наслідків. Порушення єдиної лінії екрану у свою чергу може дуже сильно позначитися на його ефективності.

Екрани класифікують:

- за варіантами виконання: однорівневі "О" (перепад по висоті між сусідніми екранами не більше 10 мм); ступінчасті "С" (перепад по висоті між сусідніми екранами більше 10 мм).

- за видом стійок: прямі "П"; вигнуті "Г"; фігурні "Ф".

- за видом панелей : шумовідбивні прозорі "ПР"; звукопоглинальні непрозорі "Н"; комбіновані "К", що складаються з шумовідбивних прозорих і звукопоглинальних непрозорих панелей.

При проектуванні ділянки реконструкції автомобільної дороги М03 Київ – Харків – Довжанський км 666 +500 – км 670 +200 передбачається улаштування шумопоглинаючого екрану на ділянках узбіччя лівого та правого проїздів, загальною довжиною 528 м. Розрахунками визначені місця, де рівні шуму перебільшують нормативні. Результати інженерних вишукувань містять дані, необхідні для вибору типу фундаменту для шумозахисних екранів, в тому числі пального, визначення виду палі і їх розмірів, розрахункового навантаження, що допускається на палю та проведення розрахунків за граничними станами з урахуванням прогнозу можливих змін (у процесі будівництва та експлуатації) інженерно-геологічних, гідрогеологічних та екологічних умов майданчика будівництва, а також виду та обсягу інженерних заходів щодо її освоєння.

Перед будівництвом екранів були визначені тип фундаменту палі, довжина палі і навантаження на палю. Вишукування для пальових фундаментів у загальному випадку включали наступний комплекс робіт:

- буріння свердловин з відбором зразків та описом прохідних ґрунтів;
- лабораторні дослідження фізико-механічних властивостей ґрунтів та підземних вод;
- зондування ґрунтів – статичне і динамічне;
- прессіометричне випробування ґрунтів;
- випробування ґрунтів штампами (статичними навантаженнями);
- випробування ґрунтів еталонними палями та (або) випробування ґрунтів натурними палями;
- експериментальні роботи з дослідження впливу влаштування пальових фундаментів на навколишнє середовище, в тому числі на розташовані поблизу споруди.

Випробування ґрунтів палями, штампами та прессіометрами проводять, як правило, на дослідних ділянках, обраних за результатами буріння свердловин і зондування та розташованих в місцях, найбільш характерних за ґрунтовими умовами, в зонах найбільшого завантажених фундаментів, а також у місцях, де можливість занурення паль за ґрунтовими умовами викликає сумнів. Випробування ґрунтів статичними навантаженнями проводять в основному гвинтовими штампами площею 600 см в свердловинах з метою отримання модуля деформації та уточнення для майданчика дослідження перехідних коефіцієнтів в рекомендованих чинними нормативними документами залежностях для визначення модуля деформації ґрунтів за даними зондування та прессіометричних випробувань.

При вивченні різновидів ґрунтів, які зустрічаються на майданчику будівництва в межах глибини дослідження, особливу увагу слід звернути на наявність, глибину залягання і товщину слабких ґрунтів (пухких пісків, слабких глинистих ґрунтів, органо-мінеральних і органічних ґрунтів). Наявність зазначених ґрунтів впливає на визначення виду та довжини паль, розташування стиків складових паль, характер сполучення пальового ростверку зі палями, вибір типу палейного обладнання. Несприятливі властивості зазначених ґрунтів необхідно врахувати при наявності динамічних та сейсмічних впливів в майбутньому.

При виявленні на будівельному майданчику шарів ґрунтів зі специфічними властивостями (просідаючих, набухаючих, слабких глинистих, органо-мінеральних і органічних ґрунтів, пухких пісків і техногенних ґрунтів) глибину виробок визначають з урахуванням необхідності їх проходки на всю товщу шару для встановлення глибини залягання підстилаючих міцних ґрунтів і визначення їх характеристик.

При вишукуваннях для пальових фундаментів визначають фізичні, міцнісні та деформаційні характеристики, необхідні для розрахунків пальових фундаментів за граничними станами.

Для пісків, з урахуванням труднощів з відбором зразків непорушеної структури, в якості основного методу визначення їх щільності та міцності для об'єктів усіх рівнів відповідальності передбачене зондування – статичне або динамічне. Зондування є основним методом визначення модуля деформації як пісків, так і глинистих ґрунтів для об'єктів III рівня відповідальності та одним із методів визначення модуля деформації (у поєднанні з прессіометричними і випробуваннями штампом) для об'єктів I і II рівнів відповідальності.

Розрахунок пальових фундаментів і їх основ виконується за граничними станами:

1) першої групи:

а) за міцністю матеріалу паль і пальових ростверків;

б) за несучою здатністю ґрунту основи паль;

в) за несучою здатністю ґрунту основи пальових фундаментів, якщо на них передаються значні горизонтальні навантаження (підпірні стіни, фундаменти розпірних конструкцій та ін.), в тому числі сейсмічні, якщо споруда розташована на укосі чи поблизу нього або якщо основа складена круто падаючими шарами ґрунту;

2) другої групи:

а) за просіданнями основи паль і пальових фундаментів від вертикальних навантажень;

б) за переміщенням паль (горизонтальним і кутах повороту голови паль) спільно з ґрунтом основи від дії горизонтальних навантажень і моментів;

в) за виникненням або надмірним розкриттям тріщин в елементах залізобетонних конструкцій пальових фундаментів.

У розрахунках основи пальових фундаментів слід враховувати спільну дію силових факторів і несприятливих впливів зовнішнього середовища.

Розрахунок паль, пальових фундаментів та їхніх основ за несучою здатністю виконується на основні та особливі сполучення навантажень, за деформаціями – на основні сполучення.

Улаштування пальових фундаментів слід виконувати в наступній послідовності:

- планування майданчиків зрізанням або підсипанням ґрунту;
- влаштування котловану та його здача-прийняття;
- розбивка і закріплення осей для занурювання паль;
- вдавлювання пробних паль;
- занурення або виготовлення паль;
- здача-приймання виконаних паль;
- зруб голів паль;
- зачистка котловану в місцях влаштування ростверків;
- влаштування бетонної підготовки під ростверк;
- влаштування ростверку (плити);
- здача-прийняття пального фундаменту.

Котловани для влаштування пальових фундаментів без укріплень застосовують, як правило, на глибині вище рівня підземних вод. Крутизна укосів обумовлюється видом ґрунту, глибиною котловану і характером навантажень на його бортах. У котлованах невеликої ширини (менше 4 м), що влаштовуються вище рівня підземних вод в стійких ґрунтах, застосовують заставні кріплення з дощок і розпірок, які встановлюють в процесі виймання ґрунту. При нестійких та водоносних ґрунтах будівництво котлованів проводиться під захистом огорожі (занурення шпунта, улаштуванням підпірних стін та ін.) Розміри котловану визначаються проектними розмірами фундаменту в плані та з урахуванням їх збільшення відповідно до прийнятих способами водовідведення, установки опалубки і кріплень, бетонування, розпалубки та ізоляції ростверків.



При розбивці осей паль, відхилення від проектного положення в плані не повинно перевищувати  $\pm 5$  мм. Проектне положення паль закріплюється на місці металевими штирями, забитими на глибину 0,2 – 0,3 м.

При транспортуванні, розвантаженні та складуванні паль заводського виготовлення забезпечується їх збереження (укладання в штабель в горизонтальному положенні головами в одну сторону при висоті штабеля не більше 2 м). Зберігання в одному штабелі паль різних конструкцій, довжин і перетинів не допускається.

Для виконання робіт з влаштування пальових фундаментів застосовують технічні засоби, що підрозділяються на основні, допоміжні та для контролю якості робіт. До основних технічних засобів відносяться копри, установки, молоти й домкрати для занурення паль; бурові верстати й пневмопробійники для виготовлення паль; кранове обладнання, що використовується для навісних копрових стріл або бурових робочих органів; автобетонозмішувачі великої місткості для приготування та доставки литої бетонної суміші для виготовлення паль на будівельних майданчиках. До допоміжних технічних засобів – машини та механізми загальнобудівельного призначення, в тому числі автотранспортні засоби; машини для земляних робіт; вантажно-розвантажувальні засоби; компресори; встаткування для зварювальних робіт; пальові наголовники; інвентарні хомути для зрубів голів паль; відбійні молотки; бетонолітні труби; бункери та бадді для укладання бетонної суміші. До технічних засобів для контролю якості виконання робіт відносяться геодезичні інструменти; відказоміри; гаммащільноміри; прилади для неруйнуючих способів визначення класів бетону паль і ростверків, фактичної товщини захисного шару бетону.

Вибір способу занурення попередньо виготовлених паль (забиття, віброзанурення, вдавлювання або загвинчування) здійснюється з урахуванням допустимої відстані між новими та існуючими палями, яке визначають залежно від дії на останні динамічних впливів.

Стояки екранів слід встановити на фундаменти з кроком 3 м. За остаточними розрахунками прийнято фундамент у вигляді буронабивних паль  $d=750$  мм та довжиною 3,5 м. Між палями будуть збудовані монолітні залізобетонні ділянки.

Для забезпечення стійкого положення шумозахисного екрану виконується заливка стрічкового фундаменту з анкерними болтами для кріплення стійок.

Фундамент під стійки екрану закладають точковий (установка стійок на буронабивних палях (БНС) для економії коштів та зменшення трудомісткості при виконанні земляних і бетонних робіт. В результаті чого зменшується обсяг земляних і залізобетонних робіт, які потрібні при установці стрічкового фундаменту під полотно екрану.

Екран складається з наступних елементів:

- а) панелей шумопоглинаючі;
- б) стояків (в які установлюються всі інші елементи екрану).

В даному випадку основним елементом екрану була обрана шумопоглинаюча панель коробчастого перерізу з розмірами 2700x528x115 мм. Передня і задня частини панелі мали стінки з відігнутими бортами та були виконані з оцинкованої сталі товщиною 0,8 мм. Шумопоглинаючий елемент виготовлявся із скловати, який укладено в каширований шар (склополотно).

Шумопоглинаючі панелі передають навантаження від вітру на стояки та можуть бути застосовані в усіх вітрових районах України згідно ДБН В.1.2-2:2006 "Навантаження і впливи".

Безпосередньо монтаж шумозахисного екрану слід починали з установки стояків. Несучий елемент стояка прийнято з двотавру Ст18 Б1 за ГОСТ 26020-83 висотою 2 м. Стояки екрану запроектовано прямими. Покриття: методом гарячого оцинкування. Товщина шару оцинкування  $S=80...120$  мкм. Стояки шумозахисних екранів спроектовані таким чином, що дозволяють без порушення акустичної герметичності повертати полотно екрана між сусідніми стійками у вертикальній площині на будь-який кут. Для цього до несучих балок стійок – двотаврів кріпляться спеціальні вертикальні куточки, які утворюють з полицями двотаврів вертикальні пази для установки опорних і горизонтальних профілів. Регулювання вертикальних пазів по ширині проводиться за рахунок допусків посадочних отворів кріпильних деталей куточків.

Зазор між монолітними ділянками (фундаментом) та панелями закриває двошаровий гумовий фартух, який прикріплюється до нижнього ряду панелей саморізами.

Така конструкція стійок забезпечує монтаж акустичного полотна екрану зі стандартних комплектуючих на поворотах і розв'язках автомобільних доріг без додаткових витрат.

Наявність горизонтальних профілів в конструкції дозволяє передавати вітрове навантаження від панелей до стійок екрану. Завдяки цьому в конструкції екрану можна використовувати менш потужні і важкі стійки, більш легкі панелі. Також горизонтальні профілі дозволяють істотно збільшити проліт між стійками, тим самим скорочуючи кількість стійок і зменшуючи вартість екрану. Величина прольоту між стійками при необхідності може досягати 5-6 метрів, у той час як у даних екранів ширина прольоту не перевищує, як правило, 3 метри.

Монтаж екрану не вимагає застосування спеціальних вантажопідйомних механізмів, крім монтажу стійок і шумопоглинаючих панелей в зборі. Монтажні роботи (крім установки стояків) не потребують під'ємно-транспортного обладнання і кваліфікованої робочої сили, а також зварювальних робіт, що дозволяє не порушувати захисного цинкового покриття, яке передбачено як антикорозійний захист сталевих елементів. Практика показала, що 4 некваліфікованих робітників за один робочий день збирають 300 м<sup>2</sup> екрану.

Вартість шумозахисного екрану залежить від багатьох умов: розмірів екрану; зовнішнього середовища; характеристик ґрунту; необхідної проектної ефективності та багатьох інших умов.

Загальна вартість улаштування шумопоглинаючого екрану, загальною довжиною 528 м складається з вартості проектних робіт, вартості несучих конструкцій, вартості шумозахисних панелей, вартості фундаментних робіт і матеріалів, вартості транспорту та становить 4499,640 тис. грн.

Для досягнення оптимального рівня звукового комфорту людини на вулицях міста і в житлових приміщеннях та для обґрунтування необхідності застосування шумозахисних екранів застосовують наступну вітчизняну нормативну базу:

1. СНиП II-12-77. "Нормы проектирования. Защита от шума";
2. ГОСТ 28100-89 (СТ СЭВ 6085-87). "Защита от шума в строительстве. Глушители шума. Методы определения акустических характеристик";
3. ГОСТ 27679-88 (СТ СЭВ 5840-86). "Защита от шума в строительстве. Санитарно-техническая арматура. Метод лабораторных измерений шума";

4. ГОСТ 23337-78 (СТ СЭВ 2600-80). "Шум. Методы измерения шума на селитебной территории и в помещениях жилых и общественных зданий";
5. ГОСТ 23426-79. "Шум. Методы измерения звукоизоляции кабин наблюдения и дистанционного управления в производственных зданиях";
6. ГОСТ 20444-85. "Шум. Транспортные потоки. Методы измерения шумовой характеристики";
7. ДБН 360-92\*\*. "Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений";
8. Закон Украины "О внесении изменений в некоторые законодательные акты Украины относительно защиты населения от влияния шума" (N 1745IV от 03.06.2004 г.);
9. Санитарные нормы допустимого шума в помещениях жилых и общественных зданий и на территории жилой застройки (приказ № 3077-84 от 03.08.1984 г. Главного государственного санитарного врача);
10. ВБН В.2.3-218-007-98 "Екологічні вимоги до автомобільних доріг (проекування)";
11. ТУ У28.1 – 32453930 – 005:2009. „Экраны шумозащитные. Евроформат“. Європейські нормативні документи, що підтримують шумозахисну ініціативу:
  1. EN 1793-1:1997. Пристрої для зниження шуму дорожнього руху. Метод випробування для визначення акустичних характеристик. Частина 1. Власні характеристики звукопоглинання.
  2. EN 1793-2:1997. Пристрої для зниження шуму дорожнього руху. Метод випробування для визначення акустичних характеристик. Частина 2. Власні характеристики звукоізоляції.
  3. EN 1793-3:1997. Пристрої для зниження шуму дорожнього руху. Метод випробування для визначення акустичних характеристик. Частина 3. Стандартизований спектр дорожніх шумів.
  4. EN 1794-2:2003. Властивості неакустичні шумопоглинаючих пристроїв на дорогах. Частина 2. Загальні вимоги техніки безпеки та екологічні вимоги.