

УДК 666.84

**В. Г. Петрук, д. т. н., проф.; І. В. Васильківський, к. т. н.; С. М. Кватернюк;
П. М. Турчик; О. О. Тищенко**

БУДІВЕЛЬНО-АКУСТИЧНІ ЗАСОБИ ЗНИЖЕННЯ ТРАНСПОРТНОГО ШУМУ АВТОМАГІСТРАЛЕЙ

В роботі розглянуті приклади використання на території житлової забудови будівельно-акустичних засобів для зниження транспортного шуму автомагістралей.

Вступ

Рівень вуличних шумів визначається інтенсивністю, швидкістю руху, складом транспортного потоку, архітектурно-планувальним рішенням (профіль вулиці, щільність забудови, стан покриття дороги, наявність зелених насаджень тощо). Кожен із цих факторів здатний змінити рівень транспортного шуму до 10 дБА (дБА — величина по шкалі А прийнята в техніці вимірювання шуму). В останні десятиріччя міський шум зростає в середньому на 0,5 – 1 дБА в рік, а гучність шуму на кожні 10 років підвищується приблизно в два рази. Основні джерела шуму у місті – автотранспорт, рейковий і повітряний транспорт, промислові об'єкти (індустріальний шум) тощо. Збільшення у загальному потоці автотранспорту вантажних автомобілів, особливо великовантажних з дизельними двигунами, приводить до зростання рівнів шуму. У цілому вантажні і легкові автомобілі створюють на території міста шумовий режим. Шум, виникаючий на проїжджій частині магістралі, поширюється не тільки на приміагістральну територію, а і в глибину житлової забудови.

Дія шуму на організм людини не обмежується тільки дією на органи слуху. Подразнення шумом передається в центральну й вегетативну нервову систему, а через неї впливає на внутрішні органи, призводячи до різних змін в їхньому функціональному стані. Шум впливає також на психічний стан людини, спричинюючи почуття неспокою й роздратування.

Практика вбудованих у житлові будівлі підприємств побутового обслуговування і громадського харчування та оснащення будинків інженерним, сантехнічним і технологічним обладнанням приводить до підвищення у приміщеннях будівель рівнів шуму. Оптимізація містобудівельних рішень, захист житлових будівель і селітебних територій від шуму вимагають розробки нових ефективних захисних засобів.

Характеристика транспортного шуму

Автомобільна дорога включає в себе ґрунтове полотно і штучні споруди, на яких будується проїзна частина. Траса повинна бути, по можливості, прямою з пологими кривими в площі і щоб повздовжній нахил не перевищував 30 % на першій категорії чи 70 % на п'ятій категорії. Інтенсивність руху автомобілів на дорогах різних категорій подана в таблиці 1.

Таблиця 1

Категорії доріг

| Параметр | Категорія | | | | |
|--|------------|-----------|-----------|----------|-------|
| | Перша | Друга | Третя | Четверта | П'ята |
| Середньодобова інтенсивність руху автомобілів в обох напрямках | понад 7000 | 7000–3000 | 3000–1000 | 1000–200 | < 200 |

Для екологічного нормування параметрів постійного шуму використовують рівні звукового тиску в октавних смугах із середньо геометричними частотами 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000 і 8000 Гц, а непостійного по часу – еквівалентні рівні звуку $L_{екв}$. Так, на території, яка безпосередньо прилягає до житлових будинків (2м від огорожувальних конструкцій), майданчиків відпочинку мікрорайонів, дитсадків, шкіл, рівні звукового тиску в октавних смугах частот не повинні перевищувати значень, які наведені в табл. 2.

Зовнішній шум транспортних засобів при їх русі не повинен перевищувати рівні звуку в залежності від типу автомобілів, автобусів, мотоциклів в середньому 80 – 85 дБА. Зовнішній шум автомобілів досягає величин близько 79 – 92 дБ, а внутрішній – 68—83 дБ. Основні складові шуму лежать в середньо-високочастотних областях спектру (300 – 1000 Гц).

Значення звукового тиску в октавних смугах частот

| Частота, Гц | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 | $L_{екв}$, дБА |
|---------------------------|----|-----|-----|-----|------|------|------|------|-----------------|
| Рівні звукового тиску, дБ | 67 | 57 | 49 | 44 | 40 | 37 | 35 | 33 | 45 |

Рівні шуму автомобілів та інтенсивність їх складових визначаються: розмірами автомобіля; типом двигуна, його потужністю і частотою обертання колінчастого валу; режимом роботи двигуна і швидкістю руху автомобіля; станом і типом дорожнього покриття; взаємодією стрічного потоку повітря з автомобілем; загальним пробігом автомобіля з початку експлуатації. До основних джерел шуму автомобільних двигунів можна віднести процес згорання і вогнеутворення при цьому процесі, коливання повітря в системі пуску і газу в системі випуску двигунів, вібрації стінок блоку циліндрів та інших деталей двигуна. На рівень шуму транспортного потоку впливає ряд факторів: категорія вулиць та доріг; характеристики транспортних потоків; інтенсивність та нерівномірність дорожнього руху; структура транспортних потоків; конструктивні особливості доріг і їх технічний стан. При розробці заходів щодо зменшення впливу транспортного шуму потребують вирішення наступні задачі: перша: як оцінити шум від окремих видів транспортних засобів; друга: визначити приблизно припустимі рівні шуму транспортних засобів; третя: розробити заходи щодо зниження шуму.

Засоби захисту від транспортного шуму

Для зниження шуму автомобільного транспорту рекомендується застосовувати два методи: зниження швидкості руху транспортних засобів, покращення регулювання вуличного потоку, заборона руху для окремих видів автомобілів по окремих трасах і в певний час доби; покращення звукоізоляції будинків і влаштування протишумових екранів; удосконалення ходової і моторної частин транспортних засобів. При розробці або виборі засобів захисту від шуму застосовується цілий комплекс заходів, які включають: проведення необхідних акустичних розрахунків і вимірювань, їх порівняння з нормованими і реальними шумовими характеристиками; визначення небезпечних та безпечних зон; розробка та застосування звукопоглинаючих, звукоізолюючих приладів та конструкцій; вибір відповідного обладнання і оптимальних режимів роботи; зниження коефіцієнта направленості шумового випромінювання відносно певної території; проведення архітектурно-планувальних робіт та ін. [1]. Перераховані заходи відносяться до колективних заходів захисту від шуму.

Звукова енергія від джерела шуму, що поширюється повітрям, при зустрічі з перешкодою у вигляді будівельної або металевої конструкції поділяється на три складові: відбиту, поглинену і падаючу енергію у вигляді звукових хвиль. Властивість матеріалу або конструкції поглинати звукові коливання характеризується коефіцієнтом звукопоглинання, що представляє собою відношення поглиненої звукової енергії до падаючої.

$$\alpha = \frac{W_{\text{погл}}}{W_{\text{пад}}} \quad (1)$$

Коефіцієнт звукопоглинання різних матеріалів і конструкцій залежить від властивості матеріалу, частоти звукових коливань і кута падіння звукових хвиль. Відношення відбитої енергії звукової хвилі до падаючої називається коефіцієнтом відображення звуку:

$$\beta = \frac{W_{\text{відб}}}{W_{\text{пад}}} \quad (11)$$

Відношення енергії, що пройшла до падаючої називається коефіцієнтом звукопроникності:

$$\tau = \frac{W_{\text{пройд}}}{W_{\text{пад}}} \quad (12)$$

У загальному вигляді суми цих коефіцієнтів дорівнюють одиниці. У практичних розрахунках звукоізолююча здатність визначається за різницею рівня шуму до і після огороження з урахуванням і характеристик приміщення:

$$R_{\phi} = R + \Delta R = L_{ш} - L_i + 10 \lg S / A, \quad (13)$$

де $L_{ш}$ и L_i — середні рівні шуму в приміщенні з джерелом шуму та ізольованому приміщенні, дБ;

S – площа огороження, що розділяє приміщення, м²; A – загальне звукопоглинання ізольованого приміщення, м².

Захисні конструкції, застосовані в будівництві та машинобудуванні, поділяються на одношарові і багатошарові.

Одношарова огорожа складається з однорідного матеріалу або кількох шарів матеріалів з однаковими фізико-технічними властивостями, які жорстко зв'язані між собою.

Багатошарові конструкції огорожень складаються із шарів, що не мають твердого зв'язку, а між ними може розташовуватися повітряний проміжок або м'які звукоізолюючі чи звукопоглинаючі матеріали. В одношарових огорожах коливальні швидкості на обох поверхнях однакові, і тому залежна від поверхневої маси їх звукоізоляції має резонансну зону в області низьких частот, що веде до загального зниження звукоізолюючої здатності. Багатошарові і шаруваті конструкції за рахунок різниці в коливальних швидкостях мають зміщені по фазі частоти власних коливань.

Застосування шаруватих конструкцій веде до виникнення не тільки згинальних, але і поздовжніх хвиль з меншою швидкістю поширення, що пояснює більш високу їхню ефективність [1,2]. Звукоізолююча здатність деяких, найбільш використовуваних багатошарових огорож, конструкцій і перегородок, подана в табл. 3.

Таблиця 3

Звукоізолююча здатність багатошарових огорож, конструкцій і перегородок

| Вид огорож | h, мм | Q, мм | Октавні смуги частот, Гц | | | | | | | | |
|--|----------|----------|--------------------------|----|-----|-----|-----|------|------|------|------|
| | | | 31,5 | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| Два листа залізних по 2мм і 40мм, мінеральна вата | 44 | 36 | 12 | 18 | 21 | 34 | 43 | 39 | 57 | 57 | 57 |
| Два азбоцементних листа по 6мм і 40мм, пінополіуретан | 52 | 32 | 14 | 20 | 25 | 36 | 39 | 39 | 45 | 40 | 40 |
| Цегла 95мм із ДВП 25мм і 40мм, повітряний проміжок | 170 | 180 | 25 | 31 | 37 | 45 | 49 | 52 | 58 | 60 | 65 |
| Дві гіпсобетонні перегородки 70мм і проміжок 60мм | 270 | 170 | 19 | 26 | 32 | 40 | 39 | 45 | 53 | 56 | 64 |
| Дві бетонні стіни по 77мм із повітряним проміжком 50мм | 190 | 340 | 32 | 38 | 44 | 42 | 48 | 54 | 59 | 59 | 59 |
| Склоблок | 39 | 70 | 32 | 37 | 40 | 42 | 45 | 48 | 50 | 50 | 50 |
| Отвір дверей із двох листів фанери й одного проміжного по 6мм і двох шарів скловолокна по 30мм | 80 | - | 9 | 15 | 21 | 25 | 31 | 37 | 39 | 35 | 35 |
| Подвійні двері з тамбуром 30см | 80 | - | 22 | 27 | 31 | 33 | 36 | 46 | 49 | 42 | 42 |
| Металеві двері 4мм зі скловолокном 40мм | 50 | - | 16 | 21 | 28 | 36 | 45 | 51 | 50 | 49 | 45 |
| Подвійні вікна зі склом по 3мм | 100 | - | 16 | 24 | 32 | 33 | 41 | 49 | 52 | 49 | 43 |
| | 150 | - | 18 | 27 | 36 | 35 | 46 | 49 | 52 | 49 | 44 |
| | 200 | - | 22 | 28 | 28 | 29 | 49 | 49 | 52 | 49 | 44 |

Важливу роль у формуванні шумової ситуації відіграє відбитий від перешкод звук. Звичайні будівельні матеріали ідеально відбивають звук – частина відбитої звукової енергії складає 98 – 99 %. Цей ефект найбільш помітно проявляється у вигляді „озвучування» дворових фасадів будинків, коли шум, який проник всередину двору і відбився від будинків, які розташовані в другому ярусі, повертається до будинків першого ярусу з протилежної від джерела шуму сторони.

В умовах стисненої міської забудови і дефіциту території ефективним засобом захисту від транспортного шуму є застосування шумозахисних житлових будинків-екранів. Даний метод застосовується разом з такими заходами, як функціональне зонування території, організація раціонального розподілення транспортних потоків, застосування екранів та інших шумозахисних споруд. Шумозахисні житлові будинки у відповідності до свого призначення виконують дві функції: забезпечують акустично сприятливі умови для проживання в будинку і завдяки екрануючому ефекту захищають від шуму розташовану за ними житлову забудову.

По принципу організації шумозахисту ці будинки можна поділити на дві основні категорії:

приміщення, які захищають від шуму розташовуються лише по одному фасаду, який орієнтується в сторону, протилежну до джерела шуму;

в житлових кімнатах, які орієнтовані в напрямку до джерела шуму, передбачаються спеціальні шумозахисні вікна, які забезпечують нормативний повітрообмін.

Шумозахисні будинки-екрани потрібно розташовувати в першому ярусі настрійки вздовж транспортних магістралей та вулиць. При цьому розриви між такими будинками повинні бути мінімальними, а відстані між цими розривами – максимальними [3].

В умовах сучасних міст з масовою забудовою при магістральних територій багатоповерховими довгими будинками для захисту населення від транспортного шуму найбільш доцільно розмішувати вздовж магістральних вулиць і доріг спеціальних житлових будинків, які прийнято називати шумозахисними (рис. 1).

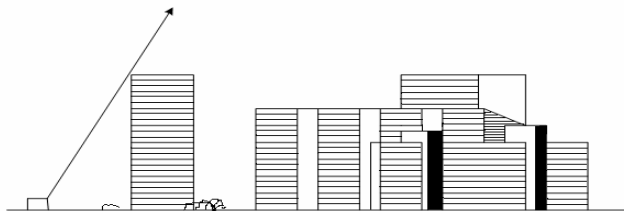


Рис.1. Екран-шумозахисний житловий будинок

До шумозахисних будівель відносяться такі:

будинки із спеціальними архітектурно-планувальною структурою та об'ємно-просторовим рішенням, яке передбачає орієнтацію в бік джерела шуму вікон підсобних приміщень квартири і приміщень не квартирних комунікацій, а також не більше однієї кімнати

загального користування в квартирах з трьома і більше житловими кімнатами;

будинки, вікна і балконні двері яких мають підвищену звукоізоляцію і оснащенні спеціальними вентиляційними пристроями, які поєднані з глушниками шуму;

будинки комбінованого типу, в яких застосовані принципи захисту від шуму, які є характерними для будинків перших двох типів.

Крім шумозахисних будинків в практиці захисту від транспортного шуму знаходять широке застосування будинки торговельного та іншого призначення. Деякі загальносупільні будинки можуть мати також спеціальне шумозахисне архітектурно-планувальне рішення.

Найбільш очевидним, але в той же час найменш ефективним методом шумозахисту житлової забудови є віддалення її від джерела шуму, тобто влаштування територіальних розривів.

При відсутності інших заходів віддалення залежить від шумової характеристики транспортного потоку і категорії звукоізоляції вікон.

Із чинників, які впливають на звукоізоляційні властивості вікон, головними є товщина скла, товщина повітряного проміжку між ними і щільність затвору. Так, в спарених і роздільних вікнах збільшення товщини одного скла з 3 до 6 мм призводить до збільшення звукоізоляції на 3 дБА.

Товщина повітряного проміжку – другий по значенню чинник, який визначає звукоізоляцію вікна. Так, збільшення повітряного проміжку з 57 мм в спареному вікні до 90 мм в роздільному вікні при товщині скла 3 мм призводить до підвищення звукоізоляції з 23 до 25 дБА.

Важливе значення має забезпечення герметичності затворів вікон. Так, якщо звичайне спарене вікно з однією прокладкою має звукоізоляцію 23 дБА, то без прокладки вона знижується до 18 – 19 дБА. Чим більша звукоізоляція конструкції, тим більшого значення набувають різні щілини. Для ефективної роботи ущільнюючих прокладок необхідно забезпечити належний їх зажим [1-3].

Заглиблення магістралі відносно загального рівня поверхні прилеглої території помітно впливає на шумовий режим забудови.

В якості додаткового засобу захисту від шуму використовуються зелені насадження. Для отримання помітного шумозахисного ефекту насадження повинні бути густими і мати щільну зелену масу крон дерев і кущів. Для звичайних міських насаджень зниження рівнів транспортного шуму через низькочастотний характер їх спектра практично дорівнює нулю. Акустичний ефект зниження рівня звуку визначають такі фактори, як ширина смуги, дендрологічний склад і конструкція насаджень.

Зелені насадження, сформовані у вигляді спеціальних шумозахисних смуг, можуть давати ефект зниження рівня шуму до 8 дБА. Для цього шумозахисні смуги зелених насаджень повинні представляти собою спеціальні щільні насадження великих швидкоростучих деревно-кущових порід з густою, низько опущеною щільною кроною. Проміжок під кронами повинен бути закритий кущами.

Насадження дерев в смузі може бути рядовим або шахматним при відстані між деревами не більше 4 м, висоті дерев не менше 5 – 8 м, а кущів – 1,5 – 2 м. При цьому шахматне насадження більш ефективно для зниження шуму.

Зелені насадження із хвойних порід більш ефективні для шумозахисту у порівнянні з листяними і не залежать від пори року. Однак в умовах міста вони ростуть погано, тому їх корисно об'єднувати з листяними породами дерев.

Необхідно враховувати, що шумозахисний ефект зелених насаджень спостерігається лише в області створеної ними звукової тіні. Практично це означає, що зниження шуму може бути досягнуто лише на території і на нижніх поверхах забудови.

Одними із найбільш ефективних будівельно-акустичних засобів зниження шуму на території міст є екрани, розміщені між джерелами шуму та об'єктами захисту від нього. Поняття „екран” прийнято відносити до будь-яких перешкод на шляху поширення шуму.

Екранами можуть бути придорожні підпорні, спеціальні захисні стіни, штучні та природні рельєфи місцевості – земляні вали, насипи (рис. 2), відкоси, тераси і т. д. або їх комбінації, а також спеціальні шумозахисні споруди. Крім того, функції екранів можуть виконувати будинки, в приміщеннях яких допускаються рівні звуку більше 45 дБА (будинки підприємств побутового обслуговування населення, торгівлі, комунальні організації), а також шумозахисні житлові будинки.

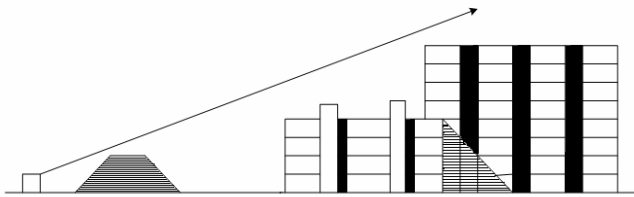


Рис. 2. Екран-насип

при необхідності і форму і конструкцію екранів для забезпечення потрібного зниження шуму в

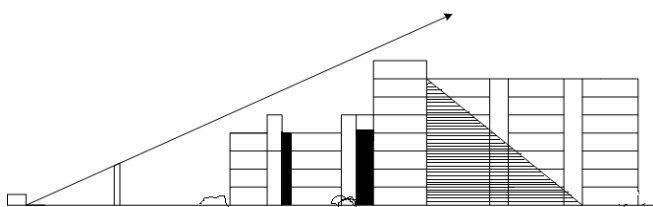


Рис. 3. Екран-стіна

виготовлення екранів-стін слід підбирати в основному виходячи з конструктивних та економічних поглядів. До найбільш поширених матеріалів, які застосовуються для будівництва екранів, відносяться бетон і залізобетон. Конструкції екранів-стінок, призначених для установки на вулицях або дорогах із двостороннім розташуванням об'єктів, що захищаються від шуму, повинні передбачати наявність звуковбирних конструкцій у вигляді резонуючих панелей і звукопоглинальних облицювань або заповнень (рис. 4). Звуковбирні матеріали, використовувані для облицювання і заповнення екранів, повинні мати стабільні фізико-механічні й акустичні показники протягом усього періоду експлуатації, бути біологічно стійкими і вологостійкими, не виділяти в навколишнє середовище шкідливих речовин у кількостях, що перевищує гранично допустимі концентрації для атмосферного повітря. Для збільшення ефективності звукопоглинаючих облицювань їх варто кріпити на твердій основі безпосередньо на поверхні екрана. Для захисту звуковбирного матеріалу від попадання вологи необхідно передбачати захисне покриття у вигляді плівки. Зовні екран зі звуковбирним облицюванням повинний захищатися перфорованими аркушами з алюмінію, сталі або пластика.

Конструкції окремих елементів екранів повинні забезпечувати щільне їх приєднання один до одного для створення акустично непрозорого екрана. В місцях розташування зупинок транспорту для забезпечення проходу людей необхідно передбачати розриви в екранах. При проектуванні екранів необхідно враховувати, що установка екранів-стінок з акустично жорсткою поверхнею з однієї сторони від джерела шуму викликає деяке підвищення рівня шуму на протилежній стороні за рахунок відбитої від екрана звукової енергії. При установці екранів-стінок з акустично жорсткою поверхнею вздовж двох сторін автомобільної дороги акустична ефективність екранів знижується на 1 – 5 дБА в залежності від відстані між екраном та транспортним потоком.

Акустична ефективність екрана залежить від його висоти, довжини та звукоізоляційних властивостей. Найбільше поширення в світовій практиці боротьби з шумом отримали спеціальні шумозахисні екрани-стінки або бар'єри (рис. 3). З урахуванням особливостей шумозахисних властивостей екранів найбільш перспективними слід вважати конструкції з уніфікованих елементів, які дозволяють варіювати висоту, довжину, а також форму і конструкцію екранів для забезпечення потрібного зниження шуму в тих чи інших умовах забудови.

Для створення ефекту екранування об'єкти, які захищаються від шуму повинні знаходитись нижче межі звукової тіні, тобто продовження прямої лінії, яка з'єднує акустичний центр джерела шуму з вершиною екрана.

Екрани слід розраховувати на снігові та сейсмічні навантаження. Матеріали для

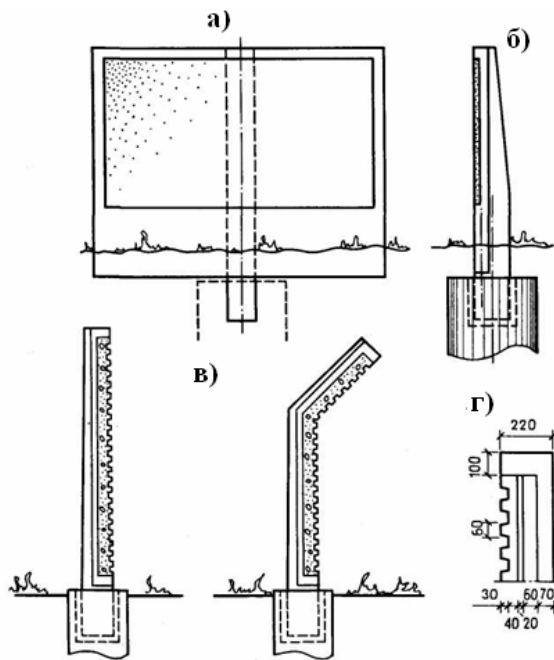


Рис. 4. Екран із залізобетону: а) фасад; б), в), г) розрізи

рослинами.

Колір екранів може застосовуватись не лише для зменшення монотонності і надання їм кращого зовнішнього вигляду, а й для виконання інформаційної функції для водіїв та пішоходів. Використовуючи техніку відтінків, на плоских екранах можна створити ілюзію об'єму, наявність певної текстури. Для фарбування екранів слід застосовувати кольори, які підсвідомо викликають у людей відчуття впевненості та спокою. В першу чергу це стосується кольорів, які переважають у природі: зеленому, жовтому і коричневому. Червоний та блакитний кольори, навпаки, повинні використовуватись в особливих випадках. Контрастність повинна бути забезпечена як в ясну сонячну погоду, так і в похмуру. Розміщення магістральних вулиць і доріг у виямках дозволяє використовувати їх відкоси в якості шумозахисних екранів. Однак більш ефективні комбіновані екрани. Своєрідними екранами можуть бути суцільні огороження балконів на фасадах будинків. Однак такі екрани потребують точного проектування з врахуванням траєкторії прямих і відбитих звукових променів, так як в протилежному випадку вони можуть стати причиною підвищення рівня звуку в приміщеннях будинків. В будь-якому випадку поверхні балконів з суцільним огороженням рекомендується обкладати звукопоглинаючими матеріалами [2,3].

Висновок

Отже, для зменшення рівня транспортного шуму на території житлової забудови можна рекомендувати використання наступних будівельно-акустичних засобів: віддалення об'єкта від джерела шуму; зональне планування та забудова території підприємства і житлового масиву, виходячи з вимог розташовувати такі будівлі, як адміністрації, школи, лікарні подалі від шуму; використання першого ряду забудови у вигляді безперервного екрануючого бар'єра, з будівель комунального та побутового призначення; використання природного рельєфу місцевості як екранів і бар'єрів на шляху поширення шуму; створення густих смуг лісонасаджень поблизу проїзної частини доріг; розташування проїзної частини у виямці; додаткове підвищення звукоізоляції вікон виробничих і житлових будинків; орієнтація всіх тихих приміщень вікнами в протилежну сторону від джерела шуму, а також для щільно забудованих районів міст – влаштування протишумових екранів впродовж вулиць в місцях і значними шумовими характеристиками та високою інтенсивністю руху автотранспорту.

При проектуванні екранів-стінок слід враховувати, що їх акустична ефективність в деякій мірі залежить від форми. Найбільш ефективним є екран Г-подібного поперечного профілю. Оптимальна ширина верхньої полки такого екрана дорівнює 0,6 м. При цьому ефективність екрана на 2,5 дБ вища ефективності звичайного тонкого екрана-стінки тієї ж висоти.

При розробці проектів комбінованих екранів необхідно прагнути до вибору таких конструкцій, конструктивних елементів і форми екрана, щоб екран справляв враження природного, випадково створеного природою об'єкта. Комбіновані екрани монтують із збірних залізобетонних елементів таким чином, щоб в результаті виникла трапеційна конструкція з виступами в поперечному перерізі. Внутрішня частина заповнюється ґрунтом, а окремі виступи у всій конструкції засаджуються

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Пительгузов М. А. Засоби захисту від шуму та вібрації в машинобудуванні: Видання 2-ге, додане та перероблене. Навчальний посібник. – Луганськ: СНУ ім. В. Даля, 2003. – 156 с.
2. Новак С. М., Логвинец А. С. Защита от шума и вибрации в строительстве. – К.: Строитель, 1990. – 194 с.
3. Защита от шума в градостроительстве / Г. Л. Осипов, В. Е. Коробков, А. А. Климухин и др. – М.: Стройиздат, 1993. – 96 с.