

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ННІ холоду, кріотехнології та екоенергетики ім. В.С. Мартиновського

Кафедра екології, води та природоохоронних технологій.

Ступінь вищої освіти Магістр

Спеціальність 183 «Технології захисту навколишнього середовища»

Освітня програма Технології захисту навколишнього середовища



КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

на тему **Дослідження технологій шумозахисту урбанізованих територій**

Здобувача Полюганича А.С.

2 курсу ТЗС-467 групи

Керівник доцент Мадані М.М.

Кваліфікаційна робота допускається до захисту

Рішення кафедри від _____ 2024 р., протокол № _____

Завідувач кафедри ЕВтаПТ _____ Олексій ГАРКОВИЧ

Одеса - 2024 рік

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ННІ холоду, кріотехнології та екоенергетики ім. В.С. Мартиновського

Кафедра екології, води та природоохоронних технологій.

Ступінь вищої освіти Магістр

Спеціальність 183 «Технології захисту навколишнього середовища»

Освітня програма Технології захисту навколишнього середовища

ЗАТВЕРДЖУЮ

завідувач кафедри

к-т біол. наук, доц.

_____ **О.Л. Гаркович**

“ ____ ” _____ 2024 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Полюганича Андрія Сергійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Дослідження технологій шумозахисту урбанізованих територій»

Затверджена наказом ОНТУ від “28” 03 2024 року, наказ № 139-03

2. Термін здачі здобувачем закінченої роботи 29.11.24.

3. Вихідні дані до роботи акустичне забруднення урбанізованої території; матеріали переддипломної практики; методи оцінки шумового режиму від автотранспорту урбанізованої території; застосування сучасних методів шумозахисту для житлової забудови у місті Одеса

4. Перелік питань, які потрібно розробити здійснити аналіз даних науково-технічної літератури, схарактеризувати методи оцінки шумового режиму від автотранспорту урбанізованої території; схарактеризувати можливість застосування сучасних методів шумозахисту для житлової забудови у місті Одеса

5. Перелік графічного матеріалу (з зазначенням обов'язкових креслень) таблиці та схеми, що відображають хід виконання випускної кваліфікаційної роботи

6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи, що стосуються їх

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1. Шумове забруднення навколишнього середовища	Мадані М.М., к.т.н, доц.	02.09	30.09
2. Методика дослідження шумового режиму при дії автомобільного транспорту	Мадані М.М., к.т.н, доц.	02.09	30.09
3. Дослідження шумового режиму на автомобільних магістралях міста Одеси	Мадані М.М., к.т.н, доц.	30.09	16.10
4. Можливість застосування сучасних методів шумозахисту для житлової забудови у місті Одеса	Мадані М.М., к.т.н, доц.	16.10	18.11
5. Охорона праці та ЦЗ	Мадані М.М., к.т.н, доц.	18.11	26.11

7. Дата видачі завдання 02.09.2024 р.

Керівник Марія МАДАНИ

Завдання прийняв до виконання Андрій ПОЛЮГАНІЧ

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускного проекту (роботи)	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Шумове забруднення навколишнього середовища	30.09.24	
2	Методика дослідження шумового режиму при дії автомобільного транспорту	30.09.24	
3	Дослідження шумового режиму на автомобільних магістралях міста Одеси	16.10.24	
4	Можливість застосування сучасних методів шумозахисту для житлової забудови у місті Одеса	18.11.24	
5	Охорона праці та ЦЗ	26.11.24	
6	Оформлення результатів виконаної роботи	29.11.24	

Здобувач вищої освіти Андрій ПОЛЮГАНІЧ

Керівник роботи Марія МАДАНИ

Несу відповідальність за ідентичність електронного та друкованого варіантів кваліфікаційної роботи, даю згоду на обробку персональних даних та не заперечую проти розміщення кваліфікаційної роботи на офіційних web-ресурсах ОНТУ.

Підтверджую, що в кваліфікаційній роботі відсутні порушення норм академічної доброчесності.

Здобувач вищої освіти Андрій ПОЛЮГАНІЧ

АНОТАЦІЯ

Випускна кваліфікаційна робота магістра: стор. – 79, рис. – 10, табл. – 7, формули – 14, література – 71.

Перелік ключових слів: шумове забруднення, урбанізована територія, шумозахисні заходи, конструкції шумозахисних екранів.

Метою роботи є дослідження технологій шумозахисту урбанізованих територій.

Для досягнення зазначеної мети поставлено наступні **завдання**:

- схарактеризувати акустичне забруднення довкілля та заходи щодо захисту урбанізованої території від акустичного забруднення;
- здійснити порівняльний аналіз акустичної ефективності існуючих шумозахисних заходів;
- провести оцінку шумового режиму урбанізованої території;
- здійснити інформаційно-аналітичний огляд типових конструкцій шумозахисних екранів, що використовуються на селітебних територіях та визначити ефективність шумозахисної споруди.

Об'єкт дослідження – технологій шумозахисту.

Предмет дослідження – зниження шумового забруднення житлової забудови.

Кваліфікаційна робота магістра складається з таких розділів:

Розділ 1. Схарактеризовано поняття акустичного забруднення довкілля, принципи та засоби забезпечення шумозахисту, заходи щодо захисту урбанізованої території від акустичного забруднення, допустимі рівні шуму.

Розділ 2. Наведено методи оцінки шумового режиму автотранспорту на урбанізованій території.

Розділ 3. Досліджено динаміку шумових характеристик автотранспортних магістралей міста Одеси.

Розділ 4. Наведено основні напрямки зниження шумового забруднення житлової забудови у м. Одеса. Здійснено розрахунок ефективності шумозахисного екрану.

Розділ 5. Проведено аналіз небезпечних і шкідливих факторів передбачених при проведенні робіт з монтажу систем шумозахист, наведено інженерно технічні заходи з охорони праці при виконанні робіт на висоті та при роботі з електроінструментом, схарактеризовано протипожежні заходи.

Розділ 6. Розкрито поняття захисту населення і територій у разі загрози або виникнення надзвичайних ситуацій (НС)

ЗМІСТ

	Сторінки
ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. ШУМОВЕ ЗАБРУДНЕННЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	8
1.1. Акустичне забруднення довкілля.....	8
1.2. Принципи та засоби забезпечення шумозахисту.....	15
1.3. Заходи щодо захисту урбанізованої території від акустичного забруднення.....	25
Висновки до 1 розділу.....	33
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ШУМОВОГО РЕЖИМУ ПРИ ДІЇ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ.....	36
2.1. Методи оцінки шумового режиму автотранспорту на урбанізованій території	36
2.2. Визначення районів дослідження.....	38
Висновки до 2 розділу.....	38
РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ШУМОВОГО РЕЖИМУ НА АВТОМОБІЛЬНИХ МАГІСТРАЛЯХ МІСТА ОДЕСИ.....	40
3.1. Дослідження динаміки шумових характеристик автотранспортних магістралей.....	40
Висновки до 3 розділу.....	43
РОЗДІЛ 4. ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ШУМОЗАХИСТУ ДЛЯ УРБАНІЗОВАНОЇ ТЕРИТОРІЇ.....	44
4.1. Основні напрямки зниження шумового забруднення житлової забудови у м. Одеса.....	44
4.2. Розрахунок ефективності шумозахисного екрану.....	55
Висновки до 4 розділу.....	61
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	62
5.1. Аналіз небезпечних і шкідливих факторів передбачених при проведенні робіт з монтажу систем шумозахисту.....	62
5.2. Інженерно технічні заходи з охорони праці при виконанні робіт на висоті	64
5.3. Інженерно технічні заходи з охорони праці при роботі з електроінструментом	65
5.4. Протипожежні заходи	67
РОЗДІЛ 6. ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ.....	69
ВИСНОВКИ.....	71
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	74

ВСТУП

Актуальність теми. Шумове забруднення є екологічним явищем, яке набуває все більшої актуальності в останні десятиліття через швидке та постійне зростання міських територій та швидкий промисловий розвиток. Прискорена урбанізація та розширення промислової діяльності сприяли поширенню шуму в міському середовищі, що підвищило важливість вирішення цієї проблеми для забезпечення якості життя мешканців. Це відноситься до надмірної та постійної присутності шуму в навколишньому середовищі, створюваного різними антропогенними джерелами, такими як рух транспортних засобів, промислове обладнання в повній роботі, незавершене будівництво, рекреаційні заходи з гучною музикою та галасливі громадські заходи, серед іншого. На житлових територіях міста найпоширенішими і найбільш потужними джерелами шуму є транспортні потоки, включаючи як автомобільний, так і рейковий транспорт. Це залізничні лінії, автостради, а також об'єкти, пов'язані з автомобілями, такі як стоянки, гаражі, автозаправні станції і станції технічного обслуговування. Ці джерела шуму є основними у міських умовах, оскільки тягнуть за собою постійний рух транспорту, що створює інтенсивний звуковий вплив на навколишнє середовище. Джерела шуму різноманітні та часто взаємозалежні, що робить пом'якшення шуму багатогранним завданням. Враховуючи зростаючу проблему шумового забруднення, вкрай необхідно розробляти та застосовувати інноваційні та технологічні підходи до його пом'якшення.

Метою роботи є дослідження технологій шумозахисту урбанізованих територій.

Для досягнення зазначеної мети поставлено наступні **завдання**:

- схарактеризувати акустичне забруднення довкілля та заходи щодо захисту урбанізованої території від акустичного забруднення;
- здійснити порівняльний аналіз акустичної ефективності існуючих

шумозахисних заходів;

- провести оцінку шумового режиму урбанізованої території;
- здійснити інформаційно-аналітичний огляд типових конструкцій шумозахисних екранів, що використовуються на селітебних територіях та визначити ефективність шумозахисної споруди.

Об'єкт дослідження – технологій шумозахисту.

Предмет дослідження – зниження шумового забруднення житлової забудови.

РОЗДІЛ 1

ШУМОВЕ ЗАБРУДНЕННЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

1.1. Акустичне забруднення довкілля

З середини двадцятого століття населення світу зросло більш ніж утричі, з приблизно 2,5 мільярдів у 1950 році до майже 7,9 мільярдів у 2021 році [1], що призвело до безпрецедентного розширення та згущення міст.

Європейське агентство з навколишнього середовища вказало, що шум є другим за важливістю фактором екологічних захворювань в ЄС (після забруднення повітря). Тривалий вплив високого рівня шумового забруднення може мати серйозний вплив на здоров'я (включаючи серцево-судинні захворювання, високий кров'яний тиск та передчасну смертність) і значно вплинути на фізичне здоров'я, психічне здоров'я та благополуччя (включаючи хронічні порушення, такі як високий рівень порушення сну, стрес та/або роздратування). 20% населення ЄС – кожна п'ята людина всіх вікових груп – проживає в районах, де рівень шуму шкодить здоров'ю [2].

Як зазначено [3], міське повітря, вода та шумове забруднення можуть мати суттєвий вплив на психічне здоров'я міського населення. Наприклад, проживання поблизу головних вулиць чи аеропортів збільшує вплив шуму транспорту та пов'язане з вищим рівнем стресу, агресії та підвищеним ризиком погіршення психічного здоров'я. За даними Європейського агентства з навколишнього середовища [4], за оцінками, 113 мільйонів людей страждають від тривалого шуму від транспорту вдень-вечір-ніч, щонайменше 55 децибел. У більшості європейських країн понад 50% жителів міст піддаються впливу дорожнього шуму з рівнем 55 дБ або вище протягом дня, вечора і ночі.

Акустичне середовище можна розуміти як «звук у приймачі від усіх джерел звуку, змінений середовищем» [5]; він може бути внутрішнім або зовнішнім, а також вимірним, змодельованим, дослідним. З моменту створення одиниці вимірювання децибел у 1920-х роках вимірювання рівня

звукового тиску постійно використовувалися для об'єктивної оцінки акустичного середовища та шуму (небажаного звуку).

Окрім фізичних вимірювань звуку, уявлення людей про акустичне середовище та його психологічні та фізіологічні наслідки є вирішальними для дослідження звукового ландшафту, яке бере свій початок із роботи Р. Мюррея Шафера [6, 7] та його сучасників у 1960-1970-х роках [8, 9]. Відтоді інтерес до звукового ландшафту перетворився на міждисциплінарну галузь досліджень, що викликає дедалі більший інтерес. У 2014 році Міжнародна організація стандартизації опублікувала перший стандарт щодо звукового ландшафту ISO 12913-1:2014 [5], який визначив цей термін як «акустичне середовище, яке сприймається або переживається та/або розуміється особою або людьми в контексті», опублікований разом із низкою визначень і концептуальною структурою, а потім методами збору та аналізу даних [10, 11].

Шумове забруднення є екологічним явищем, яке набуває все більшої актуальності в останні десятиліття через швидке та постійне зростання міських територій та швидкий промисловий розвиток. Прискорена урбанізація та розширення промислової діяльності сприяли поширенню шуму в міському середовищі, що підвищило важливість вирішення цієї проблеми для забезпечення якості життя мешканців. Це відноситься до надмірної та постійної присутності шуму в навколишньому середовищі, створюваного різними антропогенними джерелами, такими як рух транспортних засобів, промислове обладнання, незавершене будівництво, рекреаційні заходи з гучною музикою та галасливі громадські заходи [12].

До другої половини XX століття шумове забруднення не отримувало належної уваги, оскільки шум сприймався здебільшого як незначний дискомфорт, який був частиною повсякденного життя. Люди не розглядали шум як серйозну проблему для здоров'я чи навколишнього середовища, і тому питання захисту від нього не ставилося на порядок денний дослідників. Однак з розвитком техніки, зокрема в області транспорту, промисловості та будівництва, шум став інтенсивнішим, а його спектр значно розширився.

Звуки з високою інтенсивністю та новими частотними характеристиками, такі як гул транспортних потоків, роботи промислових машин, або звуки літаків, стали поширеними у містах і поблизу них.

Ці зміни спричинили виникнення нових екологічних та здоров'яних проблем, таких як хронічний стрес, погіршення слуху та проблеми з серцево-судинною системою через постійний вплив шуму. Це створює потребу розробки нових методів зниження шумового забруднення та розробки та удосконалення законодавчих норм, що регулюють рівні шуму в містах і промислових районах. Сучасні дослідження активно вивчають ефективні способи захисту від шуму, використовуючи інженерні, архітектурні та технологічні рішення для мінімізації його впливу на людей та навколишнє середовище. Потужність і вплив цих звуків продовжують зростати.

За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), тривалий вплив шуму навколишнього середовища пов'язаний із підвищеним ризиком негативних фізіологічних і психологічних наслідків для здоров'я [13]. До них належать серцево-судинні та метаболічні ефекти, когнітивні порушення у дітей, а також серйозне роздратування та порушення сну.

З огляду на прогнози швидкого зростання міст і збільшення попиту на транспорт, можна передбачити одночасне збільшення рівня шуму та пов'язаних з ним негативних наслідків [14]. Крім того, з'являється все більше доказів щодо шкідливого впливу транспортного шуму на дику природу [15]. Вплив шуму різниться залежно від виду, хоча, як правило, шум може заважати розмноженню, полюванню та впливати на поведінку тварин.

Зібрані статистичні дані дозволили встановити, що характеристики звуку (разом із вібрацією), які впливають на людину, безпосередньо пов'язані з такими показниками, як продуктивність праці, рівень захворюваності, стан здоров'я та тривалість життя. Таким чином, за певних умов звук і вібрація стали біологічно небезпечними факторами, які можуть негативно впливати не лише на працездатність людини, але й на її організм у цілому. З розвитком техніки ця загроза стає дедалі серйознішою, адже зростає інтенсивність

супутніх факторів, які підсилюють небезпечний вплив шуму і вібрації [13].

Джерела шуму різноманітні та часто взаємозалежні, що робить пом'якшення шуму багатогранним завданням.

Розповсюдження автомобільного руху та розширення промисловості посилили ці джерела, сприяючи широкому впливу шуму в міському середовищі. Ця проблема несправедливо ігнорується, хоча її значення не менше, ніж руйнування озонового шару чи вплив кислотних дощів. Акустичне забруднення довкілля має значний вплив на людину. Активне впровадження нових технологій у промисловості, підвищення потужності обладнання, широке використання високошвидкісного наземного, повітряного і водного транспорту, а також численної побутової техніки призвели до того, що людина постійно стикається зі шкідливим шумом. Цей вплив супроводжує її на роботі, вдома, під час відпочинку чи пересування, утворюючи своєрідну "акустичну експансію" [2, 3].

Джерела шумового забруднення класифікуються як стаціонарні, до яких належать промислові об'єкти та аеропорти, і мобільні, до яких відноситься рух транспортних засобів і діяльність на природі. Ці джерела взаємопов'язані і можуть посилювати один одного, створюючи складне звукове середовище. Наприклад, промислові зони можуть сприяти підвищенню рівня шуму від руху поблизу, і навпаки. Важливо відзначити, що рівень шуму та часу доби, будучи більш інтенсивним у густонаселених міських районах і в певних часових поясах [16, 17]. На структуру шуму можуть впливати щільність населення, інфраструктура та економічна діяльність. У міських районах висока концентрація людей і комерційна діяльність можуть збільшити рівень шуму, особливо в години пік. Крім того, сезонна мінливість і особливі події можуть додати тимчасові стрибки шуму, які вимагають ретельного розгляду в управлінні шумовим забрудненням. Крім антропогенних джерел, існують додаткові фактори, які сприяють посиленню шумового забруднення. Високий рівень шуму має значний вплив на різні середовища, включаючи житлові райони, парки та природні екосистеми.

На рівні людини тривалий вплив шумового забруднення може мати серйозні наслідки для здоров'я. Серед найпоширеніших наслідків – хронічний стрес, порушення сну, проблеми з серцево- судинною системою та слухом, а також погіршення когнітивних функцій. У конкретному випадку дітей ранній вплив високого рівня шуму може негативно вплинути на розвиток мови та навчання. Постійний вплив шуму може спричинити тривогу та депресію, впливаючи на якість життя та емоційне благополуччя людей, які живуть у шумних районах [17, 18].

Концептуальну модель, за допомогою якої розглядають шумове втручання та його вплив на здоров'я, вперше повідомили Браун і ван Камп [19]. Модель побудована на пов'язаних структурах зі сфери забруднення повітря, які були використані для оцінки того, чи дії, вжиті для покращення якості повітря, призвели до зменшення впливу на здоров'я – так зване дослідження підзвітності забруднення повітря. У цих структурах забруднення повітря наголошується на концентраціях забруднюючих речовин в навколишньому середовищі, але це не підходить для шуму навколишнього середовища, де на вплив людей завжди сильно впливає довжина та характер шляхів розповсюдження від джерел до приймачів, і, отже, сильно залежить від розташування приймачів відносно джерел. Для шумового втручання шлях розповсюдження, таким чином, повинен фігурувати як важливий компонент системи між джерелами та приймачами людини, і це було включено в базову модель системи між джерелами шуму навколишнього середовища та здоров'ям людини. Ця структура є загальною для всіх джерел шуму навколишнього середовища.

Інша відмінність полягає в тому, що дослідження звітності щодо забруднення повітря, як правило, зосереджувалися на регулятивних втручаннях, спрямованих на скорочення викидів; перевірити, чи цей тип втручання в результаті зменшує концентрацію в навколишньому середовищі з часом. Хоча регулятивне втручання також використовується для управління шумом у навколишньому середовищі, наприклад, шляхом контролю рівнів

джерела повітряних суден або дорожніх транспортних засобів, це лише один із ряду можливих втручань щодо шуму в навколишньому середовищі [13]. Управління шумом у навколишньому середовищі або контроль шуму в навколишньому середовищі часто передбачає технічні втручання, які включають не лише зменшення викидів джерела, але й зміну шляху передачі, наприклад, шляхом розміщення зовнішніх бар'єрів між джерелом і приймачами та зміни акустичних властивостей будівлі. конверти для зниження рівня в приймачах. Він також включає інші зміни, пов'язані з джерелами, наприклад часові обмеження на роботу джерел або зміни в інфраструктурі. Приклади останнього включають відкриття або закриття нових доріг і залізничних ліній, об'їзних доріг або відкриття нових аеропортів/злітно-посадкових смуг і подальше перерозподіл навантаження повітряного руху на маршрути польотів. Для управління шумом у навколишньому середовищі також використовуються втручання, які сприяють змінам, які зменшують вплив людей або спрямовані на пом'якшення їхніх негативних реакцій на вплив. Повідомлення органу влади про намір внести зміни, наприклад, щодо траєкторій польоту, є прикладом останнього.

Екологічний шум є поширеним забруднювачем, який негативно впливає на благополуччя громадян, їх здоров'я і дикої природи. Хоча шум є продуктом багатьох видів діяльності людини, найпоширенішими джерелами шуму в навколишньому середовищі є транспорт.

Можна говорити про три аспекти впливу шуму на людину: соціальний, медичний та економічний [13].

«Людина досягла високого рівня цивілізації, зокрема, завдяки своїй здатності до спілкування, а зв'язок за допомогою звуків – одна з основних форм спілкування людей. Шум перешкоджає цьому спілкуванню, він обкрадає наше життя, знижує нормальну активність людини» – писав відомий акустик Р. Тейлор. Це соціальний аспект впливу шуму життя людини. Захист від шуму є насамперед утвердження цінності людської особистості.

Шум є постійним стресовим фактором навколишнього середовища,

створюючи величезний і зростаючий тягар для здоров'я міського населення. Епідеміологічні дослідження показали, що вплив шуму у житлових приміщеннях може призвести до розвитку серцево-судинних захворювань та інсульту [20], захворювання обміну речовин [21, 22] і, можливо, онкології молочної залози (РМЗ) [23, 24]. Механізм можливого зв'язку між шумом та РМЗ включає шлях психологічного стресу, оскільки постійне роздратування від впливу стресорів навколишнього середовища, таких як шум транспорту, може призвести до гіперактивації гіпоталамо-гіпофізарно-надниркової залози та вивільнення гормонів стресу [25]. Накопичення доказів свідчить про те, що психологічний стрес підвищує ризик РМЗ [26]. Вплив гормонів стресу (кортизолу, катехоламінів тощо) може призвести до накопичення пошкоджень ДНК [27]. Глюкокортикоїдний стероїд гормону стресу може сприяти розвитку та прогресуванню пухлини шляхом пригнічення апоптозу [28].

І з рештою, третій – економічний аспект. Відомо, що шум впливає на продуктивність праці. При рівнях шуму понад 80 дБА збільшення його на кожні 1-2 дБА викликає зниження продуктивності праці щонайменше на 1%. Економічні втрати від підвищеного шуму в розвинених країнах сягають десятків мільярдів доларів на рік. Сьогодні конкурентоспроможність машин значною мірою визначається їх рівнем шуму. При цьому чим менше шум машини, агрегату, установки, то, як правило, вона значно дорожча. Будь-який 1 дБА зниження шуму забезпечує близько 1% підвищення вартості виробу, що продається. У сучасних літаках вартість шумозахисту сягає 25% вартості виробу, а автомобілях 10%.

Незважаючи на витрати, спрямовані на заходи щодо боротьби з шумом у країнах Європейського Союзу, близько 130 млн. осіб піддаються дії шуму, який викликає занепокоєння та роздратування, перевищуючи допустимі норми. Відповідно витрати на боротьбу з шумом недостатні і, за оцінкою фахівців, повинні бути в 2-3 рази вищими [2].

Проблема боротьби з шумом – найважливіша проблема оздоровлення довкілля. У великих містах в умовах перевищеного рівня шуму проживає

понад 60% населення планети. За суб'єктивним відчуттям гучності шум у містах найчастіше перевищує допустимі значення у 2-4 рази.

1.2. Принципи та засоби забезпечення шумозахисту

На території України (площа 603,628 тис. км²) розташовані 459 міст, 8855 селищ міського типу та 9796 селищ сільського типу, що говорить про досить високий рівень урбанізації (понад 65% міського населення) [29].

Розвиток цієї системи населених пунктів суттєво трансформував навколишні землі в радіусі десятків кілометрів. Потреба у трудових і культурно-побутових зв'язках сприяє збільшенню кількості «маятникових» поїздок населення. З розвитком транспортної інфраструктури посилюється взаємодія техногенного середовища міста з природними територіями. Сільські ландшафти й зони, придатні для рекреації, все частіше піддаються впливу транспорту – автомобільних і залізничних шляхів, аеродромів, морських і річкових портів [30].

До основних джерел шуму, які значно впливають на навколишнє середовище, можна віднести залізничні вузли та станції, великі автовокзали, автопарки, мотелі, кемпінги та трейлерні парки, а також промислові об'єкти, великі будівельні бази та енергетичні установки. Ці об'єкти не лише створюють додаткові джерела шуму, але й суттєво змінюють природний ландшафт, часто порушуючи екологічну рівновагу. Транспортні та промислові процеси, що відбуваються на таких об'єктах, викликають підвищене шумове навантаження, яке може негативно впливати на здоров'я населення, навколишнє середовище та якість життя в районах, де вони розташовані [30, 31].

Шум від таких об'єктів може бути сталим або періодичним, з різною інтенсивністю, і залежить від часу доби, погодних умов, а також типу транспортних і промислових процесів. Таким чином, шумові забруднення, що виникають від цих джерел, потребують комплексного підходу до їх моніторингу та управління, включаючи використання шумозахисних заходів

та коригування планування територій для зменшення впливу на міське населення та природні екосистеми.

Вимоги по шумозахисту викладено у низці законодавчих актів, стандартів та нормативів. Багато положень стосуються містобудівного проектування, оскільки саме в тому процесі можливо здійснити багато профілактичних заходів щодо шумозахисту [32]. У переліку охоронних заходів передбачаються й заходи щодо боротьби з виробничими та транспортними шумами. У схемах та проектах районного планування у розділі "Охорона довкілля" проектувальники повинні проаналізувати стан шумового режиму довкілля, дати характеристику джерел шуму, визначити зони акустичного дискомфорту. Ці питання постійно виникають при визначенні раціонального та взаємопов'язаного розміщення в межах країни або галузі промислового, цивільного, сільськогосподарського, транспортного та рекреаційного будівництва. Особливої гостроти вони набувають при розміщенні зон тривалого та короткочасного відпочинку, лікування та туризму.

На житлових територіях міста найпоширенішими і найбільш потужними джерелами шуму є транспортні потоки, включаючи як автомобільний, так і рейковий транспорт. Це залізничні лінії, автостради, а також об'єкти, пов'язані з автомобілями, такі як стоянки, гаражі, автозаправні станції і станції технічного обслуговування. Ці джерела шуму є основними у міських умовах, оскільки тягнуть за собою постійний рух транспорту, що створює інтенсивний звуковий вплив на навколишнє середовище [32].

До цього додаються інші об'єкти, що генерують шум: промислові та комунально-складські підприємства, а також розважальні й спортивні об'єкти. Це танцювальні та концертні майданчики, спортивні поля, дитячі ігрові майданчики, торговельні зони, а також інфраструктурні об'єкти, як-от трансформаторні підстанції. Всі вони можуть бути джерелами як короткочасного, так і сталого шуму.

Окрім того, шум може походити й ізсередини будівель. Зокрема,

шумовий вплив можуть чинити системи вентиляції, кондиціонування, роботи ліфтів, а також шум, що виникає під час проведення робіт або через обслуговування технічних систем. Всі ці джерела потребують ретельного планування та контролю для зменшення негативного впливу на здоров'я мешканців міста і збереження комфортного акустичного середовища. Джерела шуму поділяються на два основних типи: точкові та лінійні. Точковими джерелами шуму є ті, що мають визначене місце джерела шуму, обмежене певним об'єктом або пристроєм. До таких джерел відносяться [14, 18, 32]:

Автомобіль – створює шум від двигуна, роботи трансмісії, шин і вихлопу.

Літак – викликає шум в результаті роботи двигунів, а також аеродинамічних характеристик при польоті.

Трансформатор – шумить через роботу електричних компонентів та вібрацій трансформаторних обмоток.

Вентиляційна установка – створює шум в результаті роботи вентиляційних і охолоджувальних систем.

Дитячий ігровий майданчик – джерело шуму від активності дітей, їх ігор і використання ігрових елементів.

Лінійні джерела шуму виникають від об'єктів або процесів, які займають велику протяжність або мають рухливий характер. До таких джерел належать:

Потяги, що рухаються – шум, пов'язаний з рухом потягів по рейках, включаючи шум від коліс, контакту з рейками і звукові ефекти від гальмування.

Потоки автомобільного транспорту – інтенсивний рух автомобілів на дорогах з великою кількістю машин (від 5000 до 6000 автомобілів на годину) призводить до значного шуму, що генерується від двигунів, шин, а також аеродинамічного опору [23].

Шум за часом дії класифікується на постійний і непостійний. Постійний шум характеризується стабільним рівнем звуку, що змінюється не більше ніж на 5 дБ. Це шумові джерела, які працюють без значних перерв і викликають

постійний рівень шумового навантаження. Непостійний (переривчастий) шум – це шум, рівень якого змінюється або настають паузи в його дії (наприклад, коли джерело шуму тимчасово не працює). До таких джерел належать більшість транспортних засобів, зокрема автомобілі, потяги, літаки, оскільки їхній шум не є сталим і часто змінюється в залежності від інтенсивності руху, швидкості, технічного стану тощо.

Основним джерелом шуму в містах є транспорт. Зокрема, автомобільний і рейковий транспорт становлять 80-90% від загального рівня шуму на вулицях. Це пояснюється високою інтенсивністю руху, великою кількістю транспортних засобів, а також недостатнім рівнем ізоляції від шуму [33].

Транспортний шум активно проникає за межі вулиць і впливає на житлові зони та місця перебування людей, значно знижуючи якість життя. У великих містах рівень шуму від транспорту часто перевищує допустимі норми на 25-35 дБА, що є серйозною проблемою для мешканців цих районів.

Найефективнішим способом зниження транспортного шуму є модернізація транспортних засобів, включаючи вдосконалення двигунів, вихлопних систем, амортизаторів і шин. Також актуальними є заходи з поліпшення якості доріг і обмеження руху вантажного транспорту в житлових районах [33].

У містах особливу увагу необхідно приділяти контролю за шумовим режимом. Наприклад, у м. Одеса природний рівень шуму становить 30-60 дБ, але виробничі та транспортні шуми можуть досягати понад 100 дБ. Джерелами шуму виступають усі види транспорту, промислові об'єкти, побутова техніка, будівельні майданчики, а також ліфти, телевізори, музичні інструменти.

Автотранспорт є найвагомішим джерелом шуму, створюючи 60-80% його загального рівня. Останніми роками відбувається значний ріст кількості автомобілів в Одесі, зумовлене сучасними економічними потребами. Через геологічні особливості ґрунту місто не має альтернативи наземному транспорту, що зумовлює необхідність оптимального планування транспортної інфраструктури для мінімізації негативного впливу.

На основних автомагістралях рівень шуму досягає 85-92 дБ, а залізничний транспорт на відстані 200 м генерує шум близько 60 дБ. Значний шум і вібрації створює аеропорт, розташований у міській зоні Одеси, включно з військовим аеродромом "Шкільний". Наприклад, рівень шуму від літака АН-24 під час зльоту на відстані 1 км становить близько 110 дБ.

Оскільки фізіологічна адаптація людини до шуму практично неможлива, регулювання і контроль шумового забруднення є необхідним і обов'язковим заходом для збереження здоров'я населення та зменшення негативного впливу на довкілля.

Окремі автомобілі та транспортні потоки на магістральних вулицях створюють шум високого рівня, оскільки магістральні вулиці складають 60-70% від загальної довжини міської дорожньої мережі. Ці транспортні потоки є головним джерелом шумового забруднення в містах і спричиняють до 65-80% скарг, які надходять до центрів адміністративних послуг. Така ситуація ускладнює життя мешканцям, які проживають поблизу доріг, і підкреслює необхідність врахування акустичних аспектів при розробці генеральних планів міста.

Значна увага повинна приділятися визначенню існуючих та прогнозованих рівнів шуму, які генеруються транспортними магістралями, промисловими та комунальними підприємствами, аеропортами, залізницями й іншими джерелами. Зростання автомобілізації, інтенсивності руху на міських дорогах та розвиток залізничних мереж призвели до значного погіршення акустичного комфорту та якості повітря в міських зонах.

Шумове навантаження сьогодні є третьою за важливістю екологічною проблемою, поступаючись лише хімічному й біологічному впливу. У великих містах автотранспорт залишається головним джерелом шуму (70-80%), а також значний внесок роблять залізничний і авіаційний транспорт, розташовані часто в межах житлових районів. Якщо вдень основний шум створюють транспортні потоки на магістральних вулицях, то вночі значний вплив мають автомобілі, що рухаються внутрішньоквартальними дорогами.

За останні десятиліття рівень шумового навантаження значно зріс. Наприклад, у 2002 році допустимі рівні шуму в житлових зонах досягали 65-70 дБА і перевищували норму в 1,37 раза, тоді як у 2017-2019 роках ці показники збільшилися до 73-75 дБА, що перевищує гранично допустимі норми у 5 разів і більше [2, 4, 18, 33].

До інших джерел шуму належать підприємства, вбудовані в житлові будинки (магазини, кафе, клуби тощо), рівень шуму яких у квартирах може перевищувати допустимий у 4 рази, особливо в нічний час. Додатковий вплив створюють автостоянки біля житлових будинків, автомобільна сигналізація тощо.

Підвищені рівні шуму не тільки створюють дискомфорт, а й негативно впливають на здоров'я населення. Це робить боротьбу з шумовим забрудненням важливим завданням для покращення якості життя у містах.

Шум має значний негативний вплив на здоров'я людей, тварин і рослин. Він є потужним стресовим фактором, що може спричиняти низку фізіологічних і психічних змін [15 - 28].

Вплив на здоров'я людей:

Центральна нервова система: Постійний шум може призводити до порушень нервової регуляції, підвищеного рівня стресу і тривожності. Це змінює реактивність центральної нервової системи, що може викликати порушення сну, підвищену нервозність і зниження концентрації уваги.

Функції органів і систем: Тривала дія шуму на організм може призвести до порушень серцево-судинної системи (наприклад, підвищення артеріального тиску), а також до порушень функції слуху, зниження імунної функції організму, збільшення ризику розвитку захворювань серця та інших органів.

Шкідливі імпульси: особливо небезпечні короточасні, але постійно повторювані імпульси – такі як сигнали чи гучні звуки, які можуть викликати нервові порушення, головний біль, порушення сну та зниження працездатності.

Порушення концентрації і когнітивних функцій: шум значно знижує здатність до концентрації, що може привести до збільшення кількості помилок у роботі, особливо при роботі з інформацією або механічними системами. Це небезпечно в таких сферах, як транспорт, виробництво, медична діяльність та інші галузі, де важлива точність і увага до деталей.

Психологічний вплив: шум є потужним стресовим фактором, який може викликати розлади центральної нервової системи. Тривалий вплив шуму веде до емоційного вигорання, підвищеної тривожності, нервозності та депресії. Важливим аспектом є те, що звуки можуть бути не лише неприємними, але й шкідливими для психоемоційного стану людини, підвищуючи рівень стресу і знижуючи загальний рівень благополуччя.

Фізіологічні зміни в організмі. Шум викликає зміни в різних системах організму. Він може:

- пригнічувати нервову систему, що веде до зниження стійкості організму до стресу;
- викликати зміни серцевого ритму: шум стимулює симпатичну нервову систему, що призводить до частішого серцебиття;

Порушення дихання. Шум може впливати на дихальні цикли, роблячи дихання поверхневим і менш глибоким.

Зміни в обміні речовин: тривала дія шуму сприяє розвитку метаболічних порушень, включаючи збільшення рівня стресових гормонів, таких як кортизол.

Збільшення ризику серцево-судинних захворювань: постійний шум збільшує ризик розвитку гіпертонії (високого артеріального тиску), що є важливим фактором у розвитку серцево-судинних захворювань. Внаслідок тривалого впливу шуму на організм, серце починає працювати з більшим навантаженням, що може призвести до серцевих захворювань, таких як інфаркт, інсульт та інші хронічні серцеві проблеми.

Загалом, шум має системний вплив на організм, впливаючи на нервову, серцево-судинну, дихальну і метаболічну системи, що з часом може призвести

до серйозних проблем зі здоров'ям.

Вплив на тваринний світ: шум впливає на поведінку і фізіологічні процеси тварин. Наприклад, у диких тварин шум може змінювати їхні місця перебування, порушувати розмноження, полювання та інші життєві процеси. Тварини можуть відчувати стрес через зміну своєї звичної поведінки внаслідок шумових факторів.

Вплив на рослинний світ: рослини також реагують на шум. Наприклад, шумові коливання можуть порушувати нормальне зростання та розвиток рослин, впливати на процеси фотосинтезу, а також негативно позначатися на їхній стійкості до різних захворювань

Інтенсивний шум має потужний вплив на фізіологічні та психологічні процеси в організмі людини. Його дія веде до кількох небажаних наслідків:

Люди, які працюють у шумних умовах, у чотири рази частіше страждають на захворювання шлунка, частіше втрачають слух, а продуктивність їхньої фізичної праці знижується на 30%, а розумової – на 60%. У шумних цехах рівень захворюваності у 1,5-2 рази вищий, спостерігаються часті випадки тимчасової втрати працездатності, а продуктивність праці може бути нижчою на 50-60% [15 - 28].

Вплив шуму залежить від його рівня [32]:

- 20–30 дБ вважається безпечним,
- 35 дБ – не викликає значного дискомфорту,
- 40–70 дБ – погіршує самопочуття,
- 75 дБ – може призвести до втрати слуху.

Шум у 100 дБ (наприклад, від роботи відбійного молотка чи двигуна вантажівки) є межею допустимого, викликаючи нервові розлади та дратівливість. При рівні шуму понад 110 дБ виникає шумове "сп'яніння", що супроводжується агресією або депресією. Шум у 120 дБ спричиняє необоротні ушкодження слухового апарату, негативно впливає на серце, нервову систему та дихальні органи. Рівень у 140 дБ викликає нестерпний біль, а тривалий вплив такого шуму може призвести до летальних наслідків.

Крім безпосереднього впливу, підвищений рівень шуму позбавляє людину можливості повноцінно відпочити, що знижує здатність відновлювати сили для наступного робочого дня.

Для вирішення проблем шумового забруднення у великих містах необхідно застосовувати комплексний підхід, що охоплює адміністративно-організаційні, архітектурно-планувальні та інженерно-технічні заходи [32 – 35].

Адміністративно-організаційні заходи

- шумові карти міст: розробка картографії акустичного навантаження, що дозволить виявити найбільш проблемні ділянки.
- обмеження руху вантажного транспорту: заборона транзиту вантажівок через житлові райони, переорієнтація їх маршрутів на об'їзні дороги.
- зонування вуличної мережі: розподіл доріг за призначенням, дозволеною швидкістю та складом транспортних потоків.
- ремонт доріг: регулярне відновлення дорожнього покриття для зниження шуму від транспортних засобів.
- контроль технічного стану транспорту: посилення перевірок шумових характеристик громадського та приватного транспорту під час техоглядів.
- винесення транзитних автотрас: перенесення головних шляхів для транзитного транспорту за межі населених пунктів.

Архітектурно-планувальні заходи

- функціональне зонування: розділення територій на житлові, рекреаційні, промислові та комунальні, з урахуванням їх чутливості до шуму.
- розташування будівель: розміщення будинків з низькою шумостійкістю у віддалених зонах; використання природного рельєфу, тунелів і закритих естакад для зменшення шуму.
- система паркування: створення паркінгів та гаражів поза межами житлових районів.
- зниження кількості перехресть: оптимізація транспортних потоків

шляхом побудови розв'язок і підземних переходів.

- шумозахисні екрани: встановлення бар'єрів уздовж автомагістралей, залізниць та біля інших джерел шуму.

Інженерно-технічні заходи

- архітектурні рішення: проектування будівель із розподілом приміщень, де спальні кімнати розташовані з боку, протилежного джерелу шуму.

- звукоізоляція: використання спеціальних вікон, дверей і балконів з підвищеними ізоляційними характеристиками.

- вентиляційні пристрої: встановлення вентиляційних систем із шумопоглинаючими пристроями.

Ці заходи спрямовані на мінімізацію шумового впливу, покращення комфорту проживання та збереження здоров'я населення. Ефективна реалізація вимагає координації між державними органами, місцевою владою та громадськістю.

В Україні нормування шуму регламентується державними будівельними нормами (ДБН В.1.1-31:2013), які встановлюють допустимі рівні шуму залежно від типу приміщень і виду діяльності, що в них здійснюється. Основні аспекти нормування включають [32]:

Принципи нормування шуму

Спектральний аналіз: Гранично допустимі рівні звукового тиску визначаються для октавних смуг частот із середньгеометричними значеннями: 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц.

Оцінка здійснюється за рівнем звукового тиску, дБ.

Інтегральна оцінка: Використовується рівень звуку в дБА (L_A), що дозволяє оцінювати шум за сукупністю його параметрів, інтегруючи різні частоти.

Нормовані параметри:

Для постійного шуму: рівні звукового тиску, дБ та рівень звуку, дБА.

Для непостійного шуму:

- еквівалентний рівень звуку;
- максимальний рівень звуку;
- еквівалентні рівні звукового тиску;
- максимальні рівні звукового тиску.

Застосування норм

Приміщення: Норми стосуються шуму, що проникає в приміщення через:

- огорожувальні конструкції (стіни, стелі, вікна);
- вентиляційні та кондиціонерні системи;
- інші канали.

Акустичний розрахунок виконується при:

- проектуванні нових об'єктів;
- реконструкції, капітальному ремонті або технічному переоснащенні існуючих споруд;
- розробці житлових і громадських забудов у міських та сільських населених пунктах.

Ці заходи є основою для ефективного планування шумозахисних технологій і забезпечення комфорту та здоров'я мешканців у населених пунктах.

1.3. Заходи щодо захисту урбанізованої території від акустичного забруднення

Враховуючи, що величина допустимих рівнів звуку на різних територіях міста досягає різних значень, перед проектувальниками стоїть складне завдання – за допомогою планувальних засобів у генеральному плані міста максимально захистити території житлових мікрорайонів, садів та парків, лікарень, науково-дослідних, освітніх установ та інших об'єктів від акустичного забруднення. Для контролю шумового режиму на цих територіях проектувальник може використовувати різні елементи міського середовища, такі як природні та штучні екрани, зелені насадження, забудову тощо,

враховуючи їхнє використання на різних етапах містобудівного проектування. Більшість таких заходів можуть одночасно впроваджуватися на кількох етапах і поступово переходити з одного етапу на інший.

Для забезпечення оптимального шумового режиму в містах необхідно використовувати комплексний підхід та координацію зусиль між різними фахівцями, такими як конструктори транспортних систем, міські планувальники, а також інженери з шумозахисту. Основний фокус тут полягає на зменшенні шуму, що виходить безпосередньо від транспортних засобів, промислових підприємств та інших джерел. Ключові стратегії для зменшення шумового рівня [36 - 41]:

- використання тихіших технологій для транспортних засобів і двигунів;
- поглинання шуму за допомогою спеціальних матеріалів і конструкцій, таких як акустичні екрани чи шумоізоляція на транспортних засобах;
- покращення конструкції доріг і вулиць для зниження шуму від колісних та рейкових транспортних засобів;
- захист на шляху поширення шуму, будівництво акустичних бар'єрів та шумозахисних екранів уздовж великих транспортних магістралей; озеленення територій, оскільки зелені насадження можуть допомогти зменшити рівень шуму, створюючи природні бар'єри та поглинаючи звукові хвилі.

Планування міських зон таким чином, щоб житлові райони були віддалені від основних джерел шуму, таких як великі транспортні магістралі.

За допомогою таких підходів можна досягти значного зниження рівня шумового забруднення в міських умовах. Залежно від специфіки території і джерела шуму, обрана стратегія може варіюватися. Орієнтовну ефективність застосовуваних методів захисту можна оцінювати за допомогою спеціальних розрахунків і досліджень, що дозволяють вибрати найкращі рішення для кожної конкретної ситуації.

Деякі принципові рішення щодо шумозахисту та їх орієнтовна ефективність представлені на рис. 1.1 [36 - 41].

Необхідно звернути увагу на аналіз захисту від шуму на джерелі його

виникнення та на шляху його поширення [36, 37, 38]. Головним джерелом шуму від автомобільного транспорту (при швидкості понад 60 км/год) є шини, тому перспективним є використання спеціальних м'яких покриттів на дорогах (ефективність до 3–4 дБА).

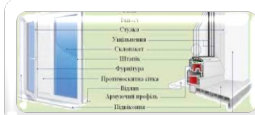
Зниження шуму від залізничного транспорту (основне джерело шуму – система «колесо-рейка», причому 30% шуму генерується колесами, а 70% – рейками) досягається наступними методами [42, 43]:

- шліфування рейок (зниження до 8–10 дБА);
- використання спеціальних накладок на рейки (зниження до 2–3 дБА).

Проте, існують й інші фактори, які призводять до підвищеного шумового забруднення. Важливим аспектом є рівні шуму вітчизняної техніки: автомобілі виробництва України генерують шум на 3–5 дБА більше, поїзди – на 5–8 дБА, а будівельна техніка – на 8–10 дБА.



Рациональне зонування території та об'єктів забудови – 12 дБА



Використання спеціальних конструкцій вікон – 20 дБА



Використання природних та штучних екрануючих споруд – 35 дБА



Використання спеціальних типів будівель – 25 дБА



Використання раціональних прийомів забудови – 15 дБА

Рис. 1.1 – Методи організації шумозахисту на міжмагістральних територіях та їх очікувана ефективність

Зелені насадження у вигляді декоративних посадок, що зустрічаються на вулицях міст, мають обмежену ефективність у зменшенні шуму. Зазвичай переоцінюється їх здатність до шумозахисту, оскільки вони можуть бути лише додатковим засобом. Для досягнення помітного шумозахисного ефекту смуги

повинні бути густими, з низькою, щільною та зімкнутою кроною дерев і чагарників. Спеціальні шумозахисні зелені смуги можуть знижувати рівень шуму до 8 дБА. Посадка дерев може бути як рядова, так і шахова з відстанню між деревами не більше 4 м, висотою дерев не менше 5–8 м і чагарників – 1,5–2 м. Шахова посадка є більш ефективною для зниження шуму [44 – 48]. Ширина шумозахисної смуги повинна становити 20–45 м для досягнення достатнього ефекту, але це часто неможливо через обмежену ширину вулиць у межах червоних ліній [48].

Один з найбільш ефективних способів зниження шуму в міських зонах – це використання екранів (ефективність 12–15 дБА), які розташовуються між джерелом шуму і об'єктами, що потребують захисту. Екранами можуть бути будь-які перешкоди на шляху поширення шуму: підпірні стінки, огорожі, природні елементи рельєфу (грунтові вали, насипи, пагорби, відкоси), а також спеціальні шумозахисні конструкції, такі як галереї, тунелі тощо [44 – 48].

Також функції екранів можуть виконувати будівлі, у яких допускаються рівні шуму понад 45 дБА, такі як підприємства побутового обслуговування, торгівлі, громадського харчування, комунальних послуг, а також спеціально побудовані шумозахисні житлові та громадські будівлі.

Застосування акустичних екранів на естакадах і в виїмках може забезпечити зниження шуму на 15–20 дБА. Однак найбільш ефективним і радикальним методом зниження шуму від автомобільного транспорту є використання тунелів або перекриттів залізничних шляхів, що дозволяє знизити рівень шуму на 25–30 дБА. Найпоширенішими екранувальними конструкціями є виїмки, хоча в містобудівній практиці їх часто проектували не як спеціальні шумозахисні споруди. Влаштування виїмок було необхідним для забезпечення нормативних поздовжніх ухилів при прокладанні рейкових шляхів і вулиць, а також для організації транспортних розв'язок на різних рівнях [44 – 49].

Дослідження ефективності виїмок показали, що вони можуть ефективно захищати міські території від шуму. Варто зазначити, що виїмки глибиною 6

м, з укріпленими залізобетонними плитами, дають ефект, близький до виїмок глибиною 4 м з земляними відкосами, покритими рідкою травою. Це пояснюється тим, що земляні відкоси, покриті густою травою, не тільки екранують, а й частково поглинають звукову енергію.

Для захисту житлових зон від шуму транспортних потоків також можна використовувати природні перепади рельєфу, яри і балки. Шум з магістральних вулиць ефективно екранується озелениними відкосами балок, які одночасно можуть служити місцями для розміщення гаражів. Вимірювання ефективності таких відкосів з озелененням показали, що це один з найефективніших методів захисту від шуму [44 – 49].

Такі та інші заходи регулювання шумового режиму на селитебній території переважно належить до транспортних джерел шуму. Зазначені рішення можна застосовувати до точкових, лінійних та плоских джерел шуму (аеропортів, промислових, комунальних об'єктів, автомобільних та залізничних магістралей).

Заходи регулювання транспортного шуму проектуються для існуючих міст в умовах суперечностей, що складаються, між усіма видами транспорту і житловою забудовою. Причиною тому відсутність обліку шумового режиму під час вирішення транспортних зв'язків міста на стадії генерального плану. Як наслідок, ми спостерігаємо високі рівні шуму в житловій забудові.

У практиці проектування, враховуючи економічні міркування, все більшого поширення набувають комбіновані прийоми захисту забудови від шуму: використання екранів та зелених насаджень; віддалення будинків від джерел шуму та екрануючі споруди; посилення звукоізолюючої здатності огорожувальних конструкцій та раціональне підвищення поверховості в глибину міжмагістральної території і т.д. [33 - 49].

Проектуючи систему захисту у місті, необхідно виходити межі вузькоспрямованих завдань боротьби з шумом і розглядати в контексті загальних завдань з оптимізації довкілля з урахуванням багатьох інших чинників. Тут містобудування та містобудівна акустика мають доповнювати

один одного. Їх зв'язок виявлятиметься у взаємодії та взаємовпливі планувальної структури міста та структури шумового режиму.

Важливим фактором боротьби з шумом магістральних вулиць є впорядкування руху транзитних транспортних потоків. Для цього проєктують та будують об'їзні дороги навколо населених місць, здійснюється інформація про напрямки та умови руху, місця розміщення станцій технічного обслуговування автомобілів, готелів, торгових центрів, пунктів харчування, пам'яток архітектури тощо. Розробляється схема руху транзитного транспорту. Бажано виділяти у місті зони, куди було б обмежено чи заборонено в'їзд транзитного транспорту, особливо вантажного. В'їзд у місто іногородніх та приміських автомобілів для більшості міст країни трохи посилює шумовий режим. У годину пік-на магістральних вулицях збільшення рівня шуму дорівнює 0,6-1,0 дБА [50].

У боротьбі з міським шумом важливий кожен децибел зменшення шумового режиму, отриманий за допомогою будь-якого елемента системи шумозахисних заходів. Тому надзвичайно важливими є організаційні заходи, які, на перший погляд, не є ефективними. До них можна віднести застосування автоматизованої системи управління рухом. Ефективність цього заходу у оптимізації шумового режиму – 1,5-2,5 дБА [51]. Безперервність та потоковість руху на магістральних вулицях сприяє зниженню рівня шуму на 0,5 – 1 дБА. Досягнути цього можна, зменшуючи кількість перетинів вулиць в одному рівні, як між собою, так і з пішохідними переходами. Проєктуючи розв'язки у різних рівнях, саморегульовані перехрестя та примикання з віднесенням лівим поворотом. Цьому сприяє організація руху за принципом "зеленої хвилі".

Для зменшення шкідливого впливу шуму та інших фізичних факторів в містобудівній практиці рекомендується застосування санітарно-захисних зон (СЗЗ), які представляють собою територіальні відстані між джерелом шкідливого впливу і кордоном житлових, рекреаційних, бальнеологічних та інших територій, що потребують захисту [52].

Практика використання таких СЗЗ широко застосовується для захисту повітряного басейну населених пунктів від викидів промислових підприємств. Їх ефективність значно зростає, якщо врахувати роль зелених насаджень, здатних до молекулярного поглинання забруднень залежно від площі їх поверхні. Це дозволяє знижувати еквівалентний рівень звуку на великих відстанях.

Рекомендується застосовувати не тільки зелені насадження фільтруючого типу, а й шумозахисне озеленення ізолюючого типу (рис. 1.2). Проектування СЗЗ має здійснюватися з урахуванням її ширини, характеру забруднень, природно-кліматичних та топографічних умов. Для таких смуг необхідно підбирати рослини, стійкі до забруднень атмосфери і ґрунтів промисловими викидами. Важливо, щоб не менше 50 % висаджених дерев були головними породами, які мають високу санітарно-гігієнічну ефективність та життєздатність в цих умовах [44, 45, 50, 53].

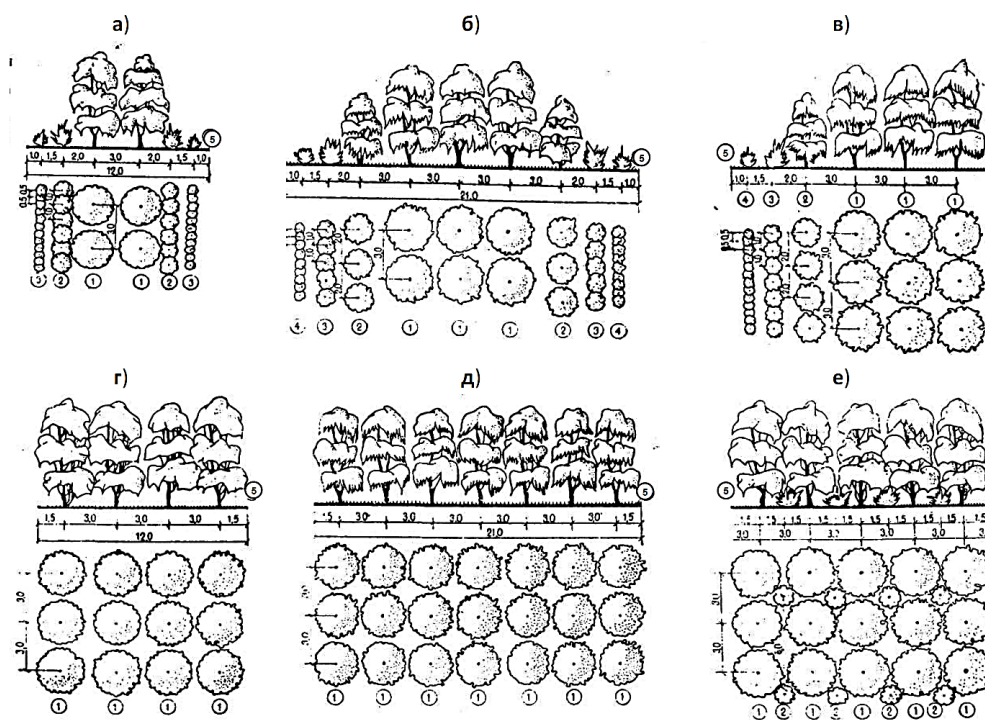


Рис. 1.2 – Конструкції захисних смуг зелених насаджень фільтруючого та ізолюючого типів: 1 – дерева головної породи; 2 – дерева супутньої породи; 3 – чагарник високий; 4 – чагарник середній; 5 - газон

Ізолюючі посадки мають вигляд щільних, багаторядних смуг з 2-3 ярусами. Дерев основної породи висаджуються через 3 м в ряду і на відстані

3 м між рядами; дерева супутніх порід – через 2-2,5 м, великі чагарники – через 1-1,5 м, а дрібні — через 0,5 м, з шириною міжрядь 1,5-2 м.

На рис. 1.2 зображені різні конструкції захисних смуг зелених насаджень: а) і б) лісозахисні ізолюючі смуги; в) лісовий масив ізолюючого типу; г) лісозахисна смуга фільтруючого типу; д) лісозахисна смуга фільтруючого типу; е) лісовий масив фільтруючого типу [44, 45, 50, 53].

Основними посадками в санітарно-захисних зонах (СЗЗ) є конструкції фільтруючого типу. Ці посадки виконуються у вигляді різних за площею масивів, які чергуються з відкритими просторами. Породи, що складають ці масиви, повинні мати великі та високо підняті крони. Для збільшення листової поверхні допускається введення чагарникових порід (5-10%) всередину масиву.

Шумозахисними властивостями володіють лише ті смуги зелених насаджень, які складаються з одно- або двоярусних чагарників щільної посадки та одного-двох рядів дерев з зімкнутими кронами і високою щільністю листя (понад 0,8). Типи шумозахисних смуг зелених насаджень (ШЗС), їх конструктивні рішення та орієнтовна ефективність представлена в таблиці 1.1. та на рисунку 1.3 [44, 45, 50, 53].

Таблиця 1.1 – Акустична ефективність шумозахисних смуг зелених насаджень

Тип ШЗС	Схематичні плани та поперечні поперечники шумозахисних смуг зелених насаджень	Акустична ефективність, дБА
1	Схема 1	2,5
2	Схема 2	3
3	Схема 3	3
4	Схема 4	3
5	Схема 5	3,5
6	Схема 6	4
7	Схема 7	9
8	Схема 8	10

Загальна ширина шумозахисних смуг зелених насаджень має перевищувати 20...45 м [44, 45, 50, 53]. Вона складається з кількох смуг типів 1...6, зазначених у таблиці та на рис. 1.3. Відстань між окремими смугами 4...5

м. Загальну акустичну ефективність можна орієнтовно визначити, підсумовуючи відповідні показники.

При озелененні території, зокрема в санітарно-захисних зонах, шумозахисні смуги зелених насаджень повинні бути розміщені за деревинно-тіньовим способом з багаторядною посадкою дерев (типи 7...8). Основні та супутні тіньові породи чергуються всередині ряду або по рядах основної та супутньої порід. Тіньові породи створюють велику зімкненість і служать як підтримка для головних порід. Деревя основної породи висаджуються на відстані 2,5-4 м у ряду, при цьому відстань між рядами становить 2-2,5 м.

Не менше 50% загального числа дерев, що висаджуються, повинна займати основна порода, що володіє найбільшою ефективністю і життєздатністю в даних ґрунтово-кліматичних умовах. При доборі рослин для шумозахисних смуг враховують поради [44, 45, 50, 53].

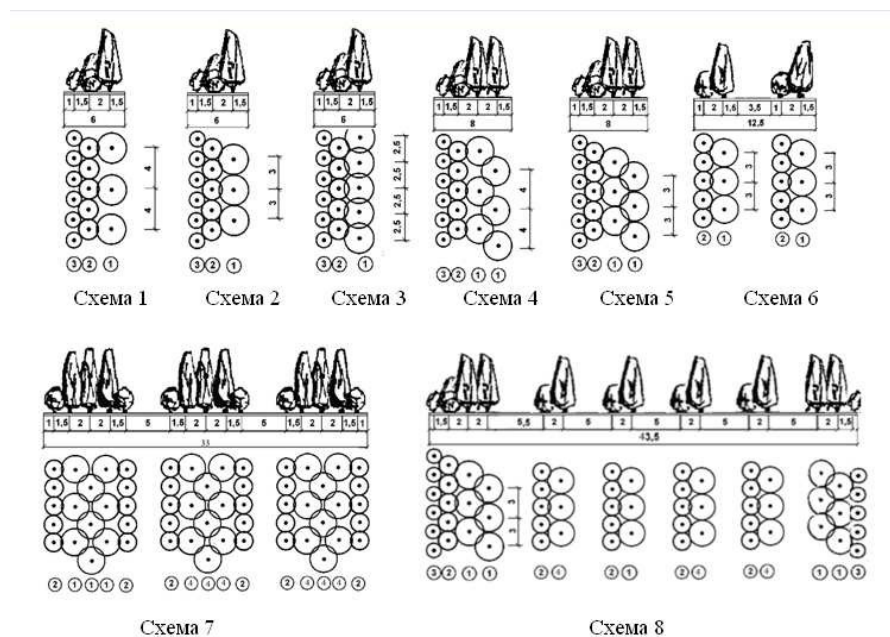


Рис 1.3 – Конструкції шумозахисних смуг зелених насаджень

Однак при цьому, необхідно пам'ятати, що їхня акустична ефективність поширюється, в основному, на 1-2 поверхи і вони можуть забезпечити допустимий шумовий режим на території лише в період вегетації.

Висновки до 1 розділу

Важливим фактором боротьби з шумом магістральних вулиць є

впорядкування руху транзитних транспортних потоків. У боротьбі з міським шумом важливий кожен децибел зменшення шумового режиму, отриманий за допомогою будь-якого елемента системи шумозахисних заходів. Тому надзвичайно важливими є організаційні заходи, які, на перший погляд, не є ефективними. До них можна віднести застосування автоматизованої системи управління рухом. Ефективність цього заходу у оптимізації шумового режиму – 1,5-2,5 дБА.

Розглянуто основні шумозахисні смуги зелених насаджень та з'ясовано, що при визначенні акустичної ефективності смуг зелених насаджень не враховується їх період вегетації, що дозволяє говорити про доцільність розробки методу визначення акустичної ефективності шумозахисних смуг зелених насаджень з урахуванням їх періоду вегетації та насаджень із урахуванням району застосування.

Шумозахисні екрани є ефективними засобами зниження рівня шуму, особливо в міських і селибних зонах, де важливо забезпечити комфортне середовище для проживання. Вони можуть забезпечити зниження шуму на 12–15 дБА і застосовуються для зменшення впливу шуму від транспорту, промислових об'єктів або інших джерел шуму.

До таких екранів можуть належати: придорожні підпірні стінки, які не тільки виконують функцію стабілізації ґрунту, але й ефективно знижують шум, що виникає від транспорту; огорожувальні споруди, зокрема металеві або бетонні панелі, які встановлюються вздовж доріг або інших шумних зон для блокування звукових хвиль.

Природні та штучні елементи рельєфу: ґрунтові вали або насипи, які можуть бути побудовані на певній висоті, щоб блокувати поширення шуму; пагорби, відкоси виїмок, тераси та яри, що мають природні властивості відображати або поглинати звукові хвилі.

Спеціальні конструкції: галереї, тунелі та інші подібні споруди, які також можуть виконувати роль шумозахисних екранів, ефективно знижуючи рівень шуму для житлових або рекреаційних зон.

Застосування таких екранів допомагає зменшити негативний вплив шуму на здоров'я людей, покращуючи акустичний комфорт в житлових зонах, а також підтримує екологічний баланс в міських та пригородних районах.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ШУМОВОГО РЕЖИМУ ПРИ ДІЇ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

2.1. Методи оцінки шумового режиму автотранспорту на урбанізованій території

Транспортний шум є основним джерелом шумового забруднення в міських умовах. Шум вулиць виникає внаслідок руху різних видів транспорту, таких як легкові та вантажні автомобілі, автобуси, тролейбуси, мотоцикли та мопеди, а також трамваї. Кожен з цих транспортних засобів вносить свій вклад у загальний рівень шуму, зокрема, через рухові механізми, випускні системи, контакт коліс з покриттям дороги, а також через шум, що створюється при гальмуванні та прискоренні транспортних засобів.

Зовнішній шум автомобіля складається з декількох основних складових: шуму двигуна і корпусу, вентилятора охолодження та системи випуску, шин (пара проїжджа частина – колеса), аеродинамічного шуму під час руху. За певних умов експлуатації кожен із зазначених джерел може стати домінуючим. Неглушений вихлоп двигуна є найпотужнішим джерелом шуму в автомобілі, досягаючи рівня понад 100 дБА на відстані 7,5 м під час прискореного руху. Зі збільшенням ступеня глушіння вихлопу, інші джерела шуму стають більш значущими. Наприклад, шум корпусу вантажівки може досягати 85 дБА і більше. Цей рівень зростає через поганий стан проїжджої частини та самого автомобіля, збільшуючи шум на 1,5-5,5 дБА. У 80% обстежених автомобілів через 2-3 роки експлуатації рівень зовнішнього шуму починає збільшуватися. Шум вихлопу безпосередньо не пов'язаний із потужністю двигуна, не суттєво залежить від навантаження та від числа оборотів двигуна. При зміні навантаження рівень звуку автомобілів з бензиновим двигуном може змінюватися на 10 дБА та більше, на дизельному пальному до 4 дБА. Цю обставину необхідно враховувати зі збільшенням поздовжнього ухилу проїжджої частини вулиці [38, 39].

Шумові характеристики транспортних потоків є ключовими даними для акустичних розрахунків відповідно до чинних нормативно-технічних документів. Вони використовуються для оцінки шумового режиму в житлових і громадських будівлях, а також на територіях житлової забудови, прилеглих до вулично-дорожньої мережі, залізничних шляхів і метрополітену. Під час вимірювання шумових характеристик транспортного потоку важливо одночасно визначати його інтенсивність і склад. Інтенсивність транспортного потоку визначається як кількість транспортних засобів, що перетинають поперечний переріз дороги в обох напрямках за певний проміжок часу [54].

Для вимірювання шуму застосовують шумоміри, частотні аналізатори та інші спеціалізовані прилади. Шумоміри за своєю конструкцією є мікрофонами, з'єднаними з вольтметрами, проградуєваними в децибелах. Під час вимірювань підвищення рівня звукового тиску викликає відповідне збільшення електричної напруги, яке відображається в децибелах на індикаторному пристрої.

Перед початком вимірювань шумових характеристик необхідно врахувати метеорологічні умови, зокрема швидкість вітру, температуру, вологість повітря та атмосферний тиск. Ці дані можна отримати з офіційних джерел метеорологічної служби або за допомогою спеціальних приладів. Дослідження слід проводити в сприятливих погодних умовах з гарною видимістю, оптимально в осінній період або в другій половині весни, оскільки влітку та взимку інтенсивність транспортних потоків знижується. Найкращими днями для вимірювань є вівторок, середа та четвер, оскільки в понеділок і п'ятницю спостерігаються нерівномірні потоки транспорту через пікове навантаження. Вихідні дні характеризуються значним зниженням інтенсивності транспортного руху. Оптимальний час для вимірювань – з 15:00 до 18:00, під час «вечірнього часу пік», коли транспортний потік більш стабільний.

Місця для проведення вимірювань слід обирати на прямолінійних ділянках доріг, де транспортні засоби рухаються з усталеною швидкістю. Вони мають бути розташовані на відстані не менш ніж 50 метрів від перехресть,

транспортних площ і зупинок громадського транспорту. Вимірювання необхідно виконувати на ділянках з чистою та сухою поверхнею проїжджої частини.

При вимірюванні шумових характеристик транспортного потоку важливо забезпечити правильну установку вимірювального обладнання. Головна вісь мікрофона повинна бути орієнтована в напрямку транспортного потоку і перпендикулярно до дороги, що дозволить отримати найбільш точні результати. Оператор має знаходитися на відстані не менше 0,5 м від мікрофона, щоб уникнути небажаних відображень звукових хвиль, які можуть спотворити вимірювання.

Для вимірювання еквівалентного та максимального рівня звуку використовуються інтегруючі усереднюючі шумоміри, а для визначення рівня звукового впливу — інтегруючі шумоміри. Комбіновані автоматичні вимірювальні системи також можуть бути застосовані, якщо вони відповідають технічним вимогам.

Шумоміри класифікуються за точністю на чотири класи:

Клас 0 — для зразкових вимірювань,

Клас 1 — для точних лабораторних і натурних вимірювань,

Клас 2 — для нормальних точних вимірювань,

Клас 3 — для приблизних вимірювань.

Ці прилади мають різні діапазони частот і чутливості в залежності від класу, що дозволяє здійснювати вимірювання в різних умовах.

Прилад, що використовувався для вимірювання шуму в Одесі — цифровий шумомір AR814, який має діапазон вимірів від 30 до 130 дБ, з чутливістю 2 с. Цей пристрій є зручним для вимірювання рівня звуку в різних сферах застосування, забезпечуючи точні і оперативні дані про рівень шумового забруднення (рис. 2.1).

2.2. Визначення районів дослідження

Для забезпечення акустичної безпеки урбанізованої території нами було

визначено точки дослідження з наявністю житлової забудови: вулиця Велика Арнаутська 80, вулиця Пантелеймонівська 88, вулиця Середньофонтанська 19, вулиця Краснова 2, площа Толбухіна, Люстдорфська дорога 55, вулиця Академіка Вільямса 9, пл. 10 Квітня, вулиця Черняховського 2, проспект Гагаріна 13.



Рис. 2.1 – Шумомір AR814

Висновки до розділу 2

1. Розглянуто методику вимірювання та проведено аналіз шумових характеристик від автотранспорту, обґрунтовано методику проведення натурних вимірювань.

2. Визначено райони дослідження з наявністю точки дослідження з наявністю житлової забудови.

РОЗДІЛ 3

ДОСЛІДЖЕННЯ ШУМОВОГО РЕЖИМУ НА АВТОМОБІЛЬНИХ МАГІСТРАЛЯХ МІСТА ОДЕСИ

3.1. Дослідження шумових характеристик автотранспортних магістралей

Для натурних досліджень шумового забруднення від автотранспортних магістралей у м. Одеса вимірювання і акустичні розрахунки шумових характеристик потоку автомобільного транспорту проводились на денний час доби, з урахуванням середньогодинної інтенсивності руху протягом чотиригодинного періоду, коли спостерігається найбільша інтенсивність транспортного руху. Для нічного часу доби інтенсивність руху враховувалася для найбільш шумного періоду, що був обраний для дослідження.

Прогнозування шумових характеристик (еквівалентних і максимальних коригованих рівнів звуку в дБА) на відстані 7,5 м від осі найближчої до краю проїжджої частини смуги руху проводилося для різних ділянок вулиць і доріг, де здійснювався рух транспорту в годину «пік». Для прогнозування на етапі, що передує проектним дослідженням та на стадії проектування, використовувались дані, надані в таблиці 3.1, яка містить специфікації для різних типів транспортних потоків, враховуючи їх інтенсивність і часові періоди [32, 55].

Таблиця 3.1. – Розрахункові шумові характеристики транспортних потоків

Категорії вулиць та доріг	Кількість полос проїжджої частини в обох напрямках	Шумова характеристика транспортного потоку, LAекв, дБА	Шумова характеристика транспортного потоку LAмакс, дБА
Магістральні вулиці та дороги загальноміського та районного значення:			
Безперервного руху	6	84	95
	8	85	96
Регульованого руху	4	81	95
	6	82	96
Районного значення	2	78	93
	6	80	94

Вулиці і дороги місцевого значення:			
Житлові вулиці	2	70	85
	3	72	87

З урахуванням аналізу існуючої системи санітарного нормування допустимого шуму в Україні, допустимі рівні шуму становлять згідно [21]:

Таблиця 3.2 – Допустимі рівні шуму на території житлової забудови

Час доби	LA екв, дБА
з 8 до 22 г	60
з 22 до 8 г	50

Як видно з таблиці 3.2 різниця між допустимим рівнем звуку для дня відрізняється від нічного допустимого рівня на 10 дБА, це вказує на те, що при розробці шумозахисного заходу, враховуючи нічний допустимий рівень звуку, його ефективність має бути на 10 дБА вищою, ніж при обліку денної норми .

Ці дані допомогли сформуванню основи для подальших акустичних розрахунків та оцінки шумового забруднення в районі дослідження, що є критично важливим для розробки ефективних заходів з шумозахисту.

У таблицях 3.3, 3.4. наведено результати натурних вимірювань шумових характеристик потоку автомобільного транспорту на дорогах м. Одеси для денного та нічного часу доби. Було проведено дослідження у 10 точках у нічний та денний час доби.

Таблиця 3.3 – Результати натурних вимірювань шумових характеристик потоку автомобільного транспорту для денного часу доби

№	Місце виміру	Інтенсивність руху, авто/година		Загальна інтенсивність руху, авто/година	Середня швидкість транспорту, V _{ср} , км/год.	LA _{екв} , дБА
		Легкові	Вантажні			
1	2	3	4	5	6	7
1	вулиця Велика Арнаутська, 80	1340	132	1472	50	75,1
2	вулиця Пантелеймонівська, 88	1680	243	1923	45	76,3
3	вулиця Середньофонтанська, 19	1716	324	2040	45	76,5

4	вулиця Краснова, 2	1670	432	2102	60	76,6
5	площа Толбухіна	1720	316	2036	60	76,5
6	Люстдорфська дорога, 55	1677	348	2025	60	76,5
7	вулиця Академіка Вільямса, 9	1776	477	2253	60	76,7
8	пл. 10 Квітня	1787	280	2067	50	75,8
9	вулиця Черняховського, 2	1870	432	2302	45	76,6
10	проспект Гагаріна, 13	1790	366	2156	50	76,3

Таблиця 3.4. – Результати натурних вимірювань шумових характеристик потоку автомобільного транспорту для нічного часу доби

№	Місце виміру	Інтенсивність руху, авто/година		Загальна інтенсивність руху, авто/година	Середня швидкість транспорту, V _{ср} , км/год.	L _{Аекв.} , дБА
		Легкові	Вантажні			
1	вулиця Велика Арнаутська, 80	415	51	466	50	60,1
2	вулиця Пантелеймонівська, 88	563	55	618	50	61,3
3	вулиця Середньофонтанська, 19	572	70	642	50	61,5
4	вулиця Краснова, 2	410	40	450	50	59,9
5	площа Толбухіна	572	96	68	50	51,6
6	Люстдорфська дорога, 55	515	35	550	50	50,8
7	вулиця Академіка Вільямса, 9	442	49	491	50	60,3
8	пл. 10 Квітня	540	62	602	50	61,2
9	вулиця Черняховського, 2	572	70	642	50	61,5

10	проспект Гагаріна, 13	465	87	552	50	50,8
----	-----------------------	-----	----	-----	----	------

Згідно з даними таблиць 3.3 та 3.4, на території житлової забудови відзначаються перевищення рівнів звуку над допустимими нормами. Для денного часу доби ці перевищення можуть досягати 16 дБА, а для нічного часу – 10 дБА. Це свідчить про те, що шумове забруднення, яке створюється транспортними потоками в цих районах, перевищує встановлені нормативи, що може мати негативний вплив на здоров'я мешканців та загальний комфорт їхнього проживання.

Така ситуація вимагає вжиття заходів щодо зниження рівня шуму, зокрема через встановлення шумозахисних бар'єрів, зміну організації руху транспорту або застосування інших заходів, щоб забезпечити дотримання санітарно-гігієнічних норм для територій житлової забудови.

РОЗДІЛ 4

ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ШУМОЗАХИСТУ ДЛЯ УРБАНІЗОВАНОЇ ТЕРИТОРІЇ

4.1. Основні напрямки зниження шумового забруднення житлової забудови у м. Одеса

Важливість захисту від шуму житлової забудови та територій, що розташовані вздовж транспортних магістралей у м.Одеса, постійно зростає. Причиною цього є, по-перше, система вулиць, що передбачає накладення та інтерференцію шуму від різних джерел.

Свою роль також відіграє наявність великої кількості територіально розподілених підприємств та розважально-торгівельних комплексів, перетворення м. Одеси на потужний логістичний вузол, що поєднує морський, повітряний, залізничний та автотransпортний. Це призводить до зростання транспортного трафіку на вулицях і магістралях.

Дорожньо-вулична мережа, що склалася в м. Одеса, дає малу можливість швидкісного пересування автотранспорту внаслідок недостатньої ширини проїжджої частини та її стану, занадто часто розташованих перехресть, перетину різних транспортних потоків і наявності різнорідних видів транспорту. Складні дорожні розв'язки призводить до утворення значної кількості автомобільних пробок. Все це сприяє значному зростанню рівня дії від транспортного шуму. При цьому тривалість його впливу на довкілля може досягати близько 20 годин на добу.

Основні напрямки зниження шумового забруднення житлової забудови, характерні для м. Одеси, включають [32 – 53]:

- зниження шуму у його джерелі;
- зниження шуму на об'єкті захисту;
- зниження шуму на шляху його поширення у навколишньому середовищі.

Зниження шуму у його джерелі. Шумове забруднення є важливою

екологічною та соціальною проблемою, яка потребує системного підходу до її вирішення. В даній роботі не розглядається детальний аналіз методів зниження шуму, що генерується джерелами, такими як автотранспорт, промислові зони та побутова техніка. Проте основні підходи до зниження шуму на рівні джерела можна умовно поділити на технічні та організаційно-законодавчі заходи.

Технічні методи – використання глушників звуку різної конструкції. Ці пристрої ефективно знижують рівень шуму, який випромінюється технічними засобами, такими як транспорт чи промислове обладнання.

Застосування шумопоглинаючих покриттів – спеціальні матеріали, що поглинають звукові хвилі, знаходять застосування як у будівництві, так і у виробництві для зниження шуму.

Переміщення галасливих об'єктів за межі міста – перенесення промислових підприємств, транспортних вузлів та інших шумних об'єктів за межі міської забудови значно знижує рівень шуму в житлових районах.

Раціональна організація дорожнього руху – включає створення умов для уникнення заторів, мінімізацію використання звукових сигналів, обмеження транзитного руху великовантажного транспорту через житлові райони.

Впровадження малошумних технологій – використання сучасних малошумних технологій у виробництві та модернізація існуючого обладнання дозволяє значно знизити рівень шумового впливу.

Застосування малошумної техніки – удосконалення конструктивних елементів машин та обладнання, зменшення рівня вібрацій і шуму під час їхньої експлуатації.

Оптимізація технології ремонту та обслуговування – регулярний технічний огляд і своєчасний ремонт забезпечують належну роботу обладнання та зменшують шумовий вплив.

Контроль режиму праці та відпочинку – встановлення районних режимів для працівників, які працюють у шумному середовищі, сприяє зниженню негативного впливу шуму на здоров'я.

Дотримання режиму тиші – запровадження адміністративних заходів для забезпечення тиші у вечірній та нічний час, особливо в густонаселених районах.

Організація громадських заходів поза житловою забудовою – виділення спеціальних майданчиків для проведення концертів, спортивних і культурних подій дозволяє мінімізувати шумове навантаження на житлові зони.

Частка цих методів у загальній системі шумозниження становить приблизно 20%, що свідчить про їхню обмежену, хоча й важливу роль у комплексному вирішенні проблеми.

Зниження шуму на об'єкті захисту. Цей напрямок спрямований на мінімізацію впливу шуму безпосередньо в місцях, де перебувають люди, зокрема у житлових будинках, громадських будівлях і спорудах. Він передбачає впровадження спеціальних проєктних рішень, конструктивних засобів та архітектурних прийомів. Частка цих методів у загальній системі шумозниження становить близько 35%, що підкреслює їхню важливість у комплексному підході до боротьби з шумовим забрудненням. Основні підходи до зниження шуму на об'єкті захисту:

Проєктні рішення в забудові:

- забезпечення правильного планування будівель та забудови дозволяє зменшити проникнення зовнішнього шуму;

- орієнтація підсобних приміщень, комунікацій і нежитлових зон на магістралі або інші шумні об'єкти. Це мінімізує прямий вплив шуму на житлові приміщення.

- захищене розташування житлових приміщень, проєктування внутрішніх дворів або екранів, що перешкоджають поширенню транспортного шуму.

Конструктивні засоби захисту:

- забезпечення будівель підвищеними звукоізоляційними властивостями, використання звукоізоляційних матеріалів у зовнішніх стінах, покрівлях та міжповерхових перекриттях;

- спеціальні вікна та балконні двері з багатошаровими склопакетами, що мають високий коефіцієнт звукоізоляції.

- обшивка будівель шумопоглинаючими покриттями, які знижують рівень зовнішнього шуму, відбитого від стін.

Планувальні рішення:

- використання методів захищеного планування територій, таких як: розташування будівель так, щоб вони формували бар'єр від шуму для внутрішніх дворів.

- встановлення шумозахисних бар'єрів або живоplotів між будівлями та джерелами шуму.

Цей підхід займає 35% у загальній системі шумозниження. Це пояснюється ефективністю таких методів для житлових зон і громадських будівель, де забезпечення комфортних акустичних умов є критично важливим для збереження здоров'я та добробуту людей.

Зниження шуму на шляху його поширення. Цей підхід спрямований на зменшення рівня шуму між джерелом його виникнення та об'єктом захисту. Методи зниження шуму на шляху його поширення є наймасштабнішими за впливом, оскільки вони охоплюють велику територію. Їхня частка в загальній системі шумозниження становить близько 45%, що робить їх ключовими в комплексному вирішенні проблеми шумового забруднення. Основні засоби зниження шуму на шляху його поширення [56 – 58]:

- шумозахисні екрани (ШЗЕ) – це спеціальні конструкції, які розташовують вздовж джерел підвищеного шуму, таких як автомагістралі, залізничні колії, стадіони чи аеродроми. Основні характеристики та переваги: зниження рівня шуму на 22–26 дБА; різноманітні матеріали для екранів: бетон, скло, метал, шумопоглинаючі панелі; естетичний дизайн, що гармонійно вписується в міське середовище.

- зелені насадження – використання дерев, кущів і живоplotів створює природний бар'єр, що частково поглинає та розсіює шум. Найбільший ефект досягається при щільній висадці багаторядних насаджень. Крім зниження

шуму, зелені зони покращують якість повітря та естетику середовища.

– шумозахищені будівлі як екрани – спеціальне розташування багатоповерхових будинків вздовж шумних магістралей або індустріальних зон дозволяє захищати внутрішні квартали. Такі будівлі слугують фізичним бар'єром для поширення шуму. Внутрішні двори залишаються захищеними та придатними для проживання.

Щумозахисні екрани та зелені насадження ефективно знижують шум для великих територій. Ці методи дозволяють захищати як житлові, так і громадські об'єкти, створюючи комфортні умови для проживання та роботи. Використання зелених зон і багатофункціональних будівель додає естетичну цінність місту. Класифікація ШЗЕ наведена на рис. 4.1, 4.2 [56 – 59].

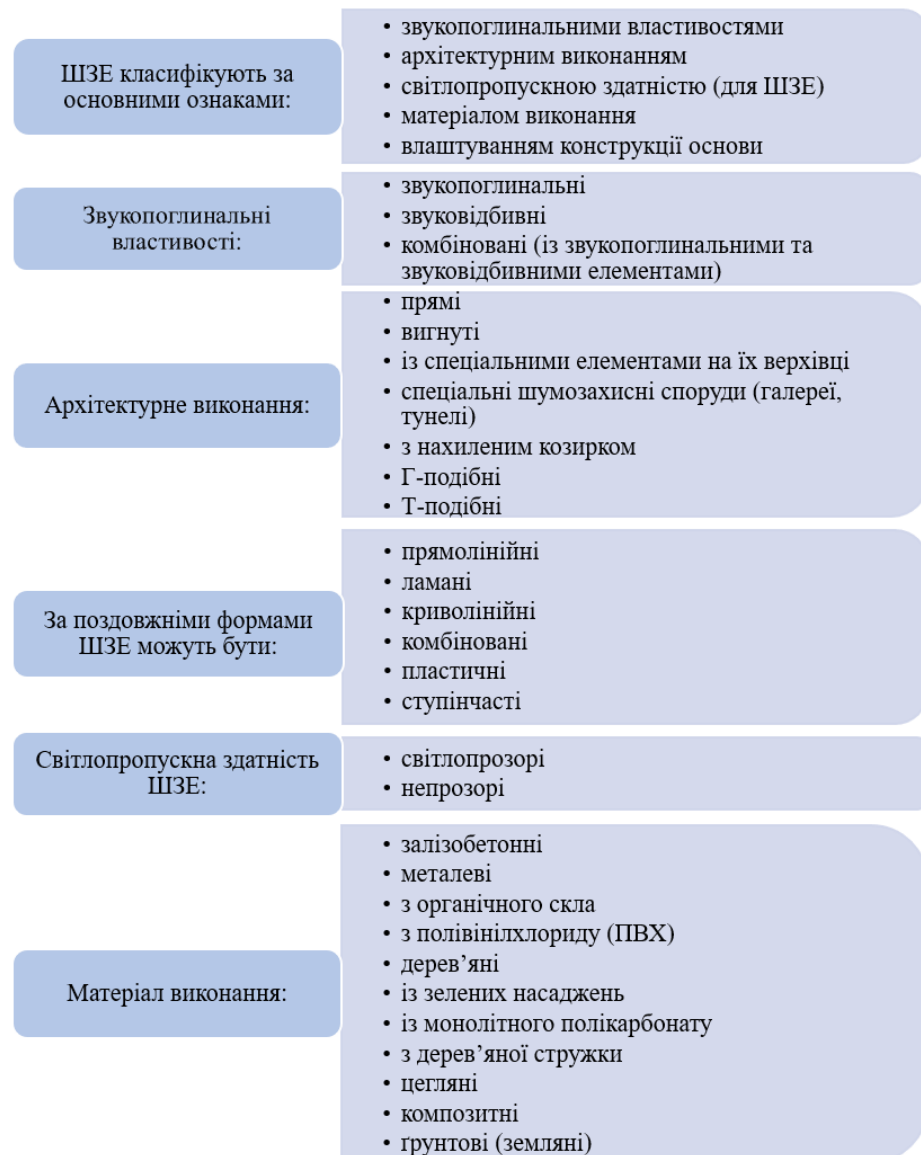


Рис. 4.1. – Класифікація ШЗЕ

Оцінка акустичного навантаження автомобільних доріг на прилеглі території є важливим етапом при плануванні та проектуванні дорожньої інфраструктури. Ця оцінка дозволяє визначити вплив шумового забруднення на житлові зони, громадські об'єкти та природні території, а також обґрунтувати необхідність використання шумозахисних екранів (ШЗЕ) чи інших засобів шумозахисту. Така оцінка проводиться [59]:

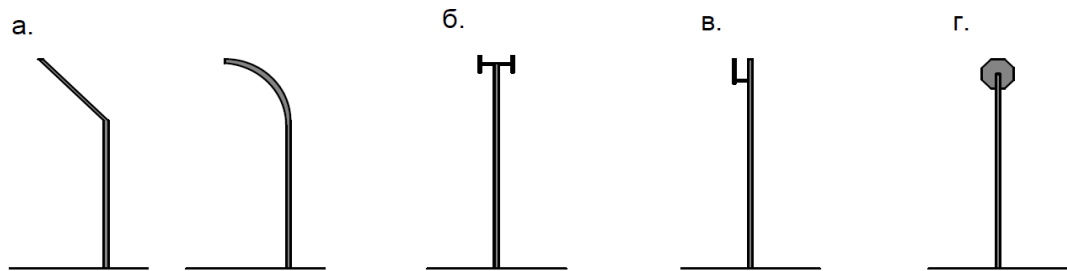


Рис. 4.2 – Схеми верхніх частин шумозахисних екранів, де а – консольний екран; б – Т-профіль; в – дифузор; г – восьмикутний дифузор

На стадії інженерно-технічних вишукувань: визначаються джерела шуму, зокрема інтенсивність руху транспорту, тип покриття дороги, рельєф місцевості та наявність природних бар'єрів. Проводиться моделювання поширення шуму залежно від параметрів дороги та умов середовища.

На етапі розроблення проєктної документації: оцінюється рівень шуму на прилеглих територіях. Аналізуються допустимі рівні шумового впливу згідно з чинними санітарними нормами та стандартами. Розробляються заходи для забезпечення комфортного акустичного середовища, якщо перевищуються гранично допустимі рівні шуму. Критерії визначення потреби в ШЗЕ:

- висока інтенсивність руху транспорту (>10,000 автомобілів на добу);
- наявність житлових будинків, шкіл, лікарень чи інших об'єктів, що потребують підвищеного захисту від шуму;
- перевищення нормативного рівня шуму (зазвичай понад 55–70 дБА залежно від часу доби та типу території);
- визначення типу, матеріалів та висоти шумозахисного екрану відповідно до акустичних вимог;

- оптимальне розташування екранів для досягнення максимальної ефективності;
- поєднання з іншими заходами, такими як організація зелених насаджень.

Процес проектування шумозахисних споруд (ШЗС) на автомобільних дорогах базується на акустичних розрахунках, виконаних відповідно до норм і стандартів. Ці розрахунки дозволяють оцінити існуючий і перспективний рівень шуму, а також визначити необхідність та ефективність встановлення ШЗЕ.

На етапі проектування дороги розглядається можливість збільшення відстані від дороги до житлової або рекреаційної забудови. Це дозволяє зменшити рівень шуму завдяки природному затуханню звукових хвиль.

Проводиться перспективний прогноз шуму – обов'язково враховується зростання інтенсивності руху та зміни у складі транспортного потоку.

Акустичний розрахунок здійснюється відповідно до ДБН В.1.1-31, ДСТУ-НБВ.1.1-33:2013, ДБН В.2.6-XX:201X, із врахуванням норм М 218-03450778-673:2010, ДСП 173-96, що регулюють допустимі рівні еквівалентного та максимального шуму на різних територіях. Еквівалентні рівні звуку нормуються залежно від типу території (житлова, рекреаційна, природоохоронна) [32, 49, 52, 55, 59, 60].

Раціональне проектування поперечного профілю дороги передбачає використання насипів або виїмок, які частково перешкоджають поширенню шуму. Земляні насипи можуть виступати як природні шумозахисні бар'єри.

Якщо збільшення відстані до забудови є неможливим або недоцільним, передбачають встановлення ШЗЕ. Ефективність екранів залежить від їх висоти, матеріалів, місця встановлення та акустичних характеристик.

Проектування ШЗЕ на автомобільних дорогах є багатокомпонентним процесом, що базується на акустичних розрахунках і враховує перспективний розвиток територій. Основна мета – забезпечення акустичного комфорту для населення та захист прилеглих зон від впливу транспортного шуму.

Проектування ШЗС на автомобільних дорогах – це комплексний процес, що вимагає врахування нормативних вимог, інженерних рішень, питань безпеки та ефективного використання ресурсів. Потребує врахування низки вимог для забезпечення їхньої ефективності, безпеки, функціональності та мінімізації впливу на інфраструктуру та навколишнє середовище. Застосування акустичних розрахунків та нормативних стандартів гарантує досягнення цілей шумозахисту без шкоди для інфраструктури, людей та навколишнього середовища.

Основні вимоги до проектування ШЗЕ [55, 61]:

- ефективність та зручність експлуатації;
- мінімізація витрат на утримання споруд;
- доступність для виконання експлуатаційних робіт як для ШЗЕ, так і для самої автомобільної дороги.
- безпека дорожнього руху – забезпечення видимості, попередження аварійних ситуацій, зокрема на ділянках з зупинками громадського транспорту та пішохідними переходами.
- наявність водозливів, що гарантують ефективне водовідведення з проїзної частини та земляного полотна;
- доступність та аварійна безпека – збереження нормативних проїздів для пожежної, аварійно-рятувальної та іншої спеціальної техніки;
- забезпечення доступу пожежно-рятувальних підрозділів до протипожежного водопостачання та пожежних гідрантів;
- виключення обмежень для проведення аварійно-рятувальних робіт та ліквідації пожеж.
- забезпечення підходів та проходів до зупинок громадського транспорту та пішохідних переходів;
- збереження забудови, ландшафту та рельєфу місцевості;
- гарантування стійкості та міцності конструкцій.

Ефективність шумозахисних екранів визначається на основі акустичних розрахунків, виконаних відповідно до: ДСТУ-НБВ.1.1-33: Настанова з

розрахунку та проектування захисту від шуму сельбищних територій та ДСТУ-НБВ.1.1-35:2013 Настанова з розрахунку шуму в приміщеннях і на територіях. Ключовими аспектами ефективності є [55, 61]:

- рівень шумозахисту. Розраховується з урахуванням характеристик екранів (висота, матеріал, розташування) та інтенсивності руху транспорту.
- зниження шумового навантаження. Визначається за допомогою прогнозування поширення звуку в просторі, з урахуванням природних та штучних бар'єрів [56 – 59].

Найбільш актуальним є розміщення шумозахисних екранів у густонаселених районах, де немає можливості відсунути джерело шуму від житлової забудови або в тих районах, де забудова сама наближається до небезпечного джерела шуму [56 – 59].

Вимоги до проектування шумозахисних споруд з урахуванням архітектурно-ландшафтних рішень. Проектування шумозахисних споруд (ШЗЕ) повинно не лише забезпечувати ефективний захист від шуму, а й враховувати аспекти безпеки дорожнього руху, естетичність, гармонію з ландшафтом і природними умовами [55, 61].

Шумозахисні екрани повинні виконувати роль зорових орієнтирів для водіїв, допомагаючи передбачити зміни напрямку дороги навіть за межами прямої видимості. Це сприяє: зниженню ризику аварій, забезпеченню вибору безпечного режиму руху [56 – 59].

Візуальне різноманіття – для конструкцій протяжністю понад 500 м необхідно уникати монотонності за допомогою змін форм, кольорів, фактур матеріалів і озеленення. Використання ритмічних чергувань симетричних і асиметричних форм сприяє збагаченню естетичного сприйняття.

ШЗЕ повинні гармонійно поєднуватися з природними та архітектурними формами, враховуючи особливості рельєфу, поздовжній профіль і план дороги. Східчасті зміни висоти конструкцій повинні відповідати поздовжнім ухилам для збереження зорової гармонії. Використання декоративних рослин поблизу ШЗЕ зменшує їх візуальну одноманітність у літній період та підвищує

естетичну привабливість.

Шумозахисні споруди повинні бути функціональними, ефективними та естетично інтегрованими в довкілля. Забезпечення архітектурно-ландшафтних рішень дозволяє підвищити їхню привабливість, покращити безпеку дорожнього руху та створити гармонійне середовище для прилеглих територій (рис. 4.3).

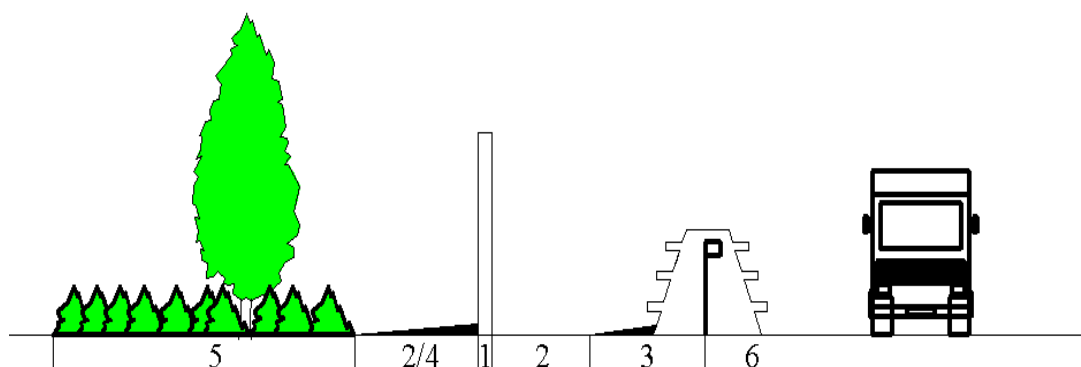


Рис 4.3 – Приклад планувального рішення для зменшення транспортного шуму [55, 61], де 1 – екран, 2 – зона забезпечення технічного обслуговування екрана, 3 – зона безпеки у фронтальній частині екрана, 4 – зона безпеки для пішоходів, яка може бути об'єднана з зоною технічного обслуговування екрана, 5 – зона зелених насаджень, 6 – бар'єрне огороження.

Приклад планувального рішення для зменшення транспортного шуму:

Розташування шумозахисного екрану: Уздовж дороги встановлюється шумозахисний екран заввишки 3–5 метрів. Екран виготовляється з матеріалів, що поєднують звукопоглинальні та відбивні властивості (наприклад, комбінація металевих панелей з шумопоглинальним наповнювачем). У міських умовах екран може бути виконаний із прозорими вставками для збереження візуального зв'язку з ландшафтом [55, 61].

Зонування території: Між екраном і проїжджою частиною створюється буферна зона (шириною 5–10 м), засаджена низькорослими кущами, які виконують декоративну і екологічну функцію. За екраном розміщується друга зона, призначена для висадки дерев.

Зелені насадження: Перед екраном (з боку дороги): висаджуються низькорослі та середньорослі чагарники (барбарис, бирючина, глід). Вони

сприяють частковому розсіюванню шуму, зменшенню пилу та інших забруднень. За екраном (з боку житлової забудови): створюється зелена смуга із щільно посаджених дерев (наприклад, липа, дуб, тополя) і високих кущів (шипшина, бузок). Зелені насадження мають поглинати звукові хвилі, знижуючи залишковий шум.

Комбінація висоти і форми: Висота екрану і густота насаджень коригуються залежно від рівня шуму та характеристик місцевості. Для оптимального ефекту передбачають змінну висоту екрану в залежності від рельєфу та розташування забудови.

Додаткові заходи: Пішохідні доріжки розміщуються поза зоною прямого шумового впливу. Для забезпечення зручності мешканців між зеленою смугою і житловою забудовою створюються зони відпочинку з декоративними газонами або парками.

Таке планувальне рішення забезпечує синергічний ефект, коли шумозахисний екран і зелені насадження зменшують шум до комфортного рівня та покращують якість навколишнього середовища.

Під час проєктування шумозахисних екранів (ШЗЕ) застосування прозорих елементів повинно бути обґрунтоване з точки зору архітектурно-ландшафтного дизайну. Це може включати підтримку оптичної спрямованості, створення гармонійного зв'язку з навколишнім ландшафтом або забезпечення видимості у межах населених пунктів. Прозорі елементи ШЗЕ мають відповідати вимогам безпеки: під час експлуатації, аварій або стихійних лих вони не повинні створювати уламків, які можуть становити загрозу для людей. Для їх виготовлення слід використовувати армовані прозорі матеріали з антивандальним покриттям.

На прямих ділянках доріг протяжністю понад 500 м для запобігання візуальній одноманітності рекомендується використовувати конструкції змінної висоти. Верхній край секцій може бути виконаний у вигляді прямої або ламаної лінії.

На дорогах протяжністю понад 500 м, де горизонт сприймається як

суцільна лінія, доцільно застосовувати ШЗЕ постійної висоти або конструкції з плавними змінами висоти. У міських умовах різновисотні ділянки ШЗЕ повинні гармонійно поєднуватися з навколишньою забудовою. У будь-якому випадку мінімальна висота конструкції визначається так, щоб забезпечити допустимі рівні шуму відповідно до ГБН В.2.3-37641918-556:2015.

На ділянках доріг із значними поздовжніми ухилами (понад 50 ‰) верхній край ШЗЕ повинен розташовуватися горизонтально щодо напрямку дороги, поступово піднімаючись східчасто по секціях. На інших ділянках верхній край екранів рекомендується робити паралельним до поверхні дороги.

Крім захисту від шуму, шумозахисні екрани можуть виконувати ще ряд важливих функцій. Вони до певної міри прикривають житлову забудову від забруднення та сміття, що летить з дороги, захищають від світла фар транспортного потоку у темний час доби, обмежують можливість вильоту транспортних засобів з дороги у разі аварії, а також обмежують видимість з дороги на об'єкти міської інфраструктури, які необхідно закрити від огляду проїжджими з дороги (звалище, промислові зони, військові частини та ін.).

У ряді зарубіжних країн (наприклад, у ФРН, США, Японія та інших промислово-розвинених державах) міська влада користуючись значною площею шумозахисних екранів надає їм та інші додаткові функції – наприклад, використовують як основу розміщення сонячних батарей і поглиначів деяких шкідливих речовин, що виділяються потоком транспортних засобів. За відгуками іноземних джерел [56 – 59] енергії, що накопичується сонячними батареями, протягом світового дня енергії вистачає для забезпечення освітлення дороги в темний час доби.

Типова схема шумозахисного екрану представлена на рисунку 4.4.

4.2. Розрахунок ефективності шумозахисного екрану

Визначення ефективності шумозахисного екрану здійснювали за ISO 9613-2:2024. Acoustics – Attenuation of sound during propagation outdoors [62]. Цей документ визначає інженерний метод розрахунку ослаблення звуку під

час розповсюдження на відкритому повітрі з метою прогнозування рівнів шуму навколишнього середовища на відстані від різноманітних джерел. Метод передбачає еквівалентний безперервний рівень звукового тиску, зважений за шкалою А за метеорологічних умов, сприятливих для поширення від джерел відомого випромінювання звуку.

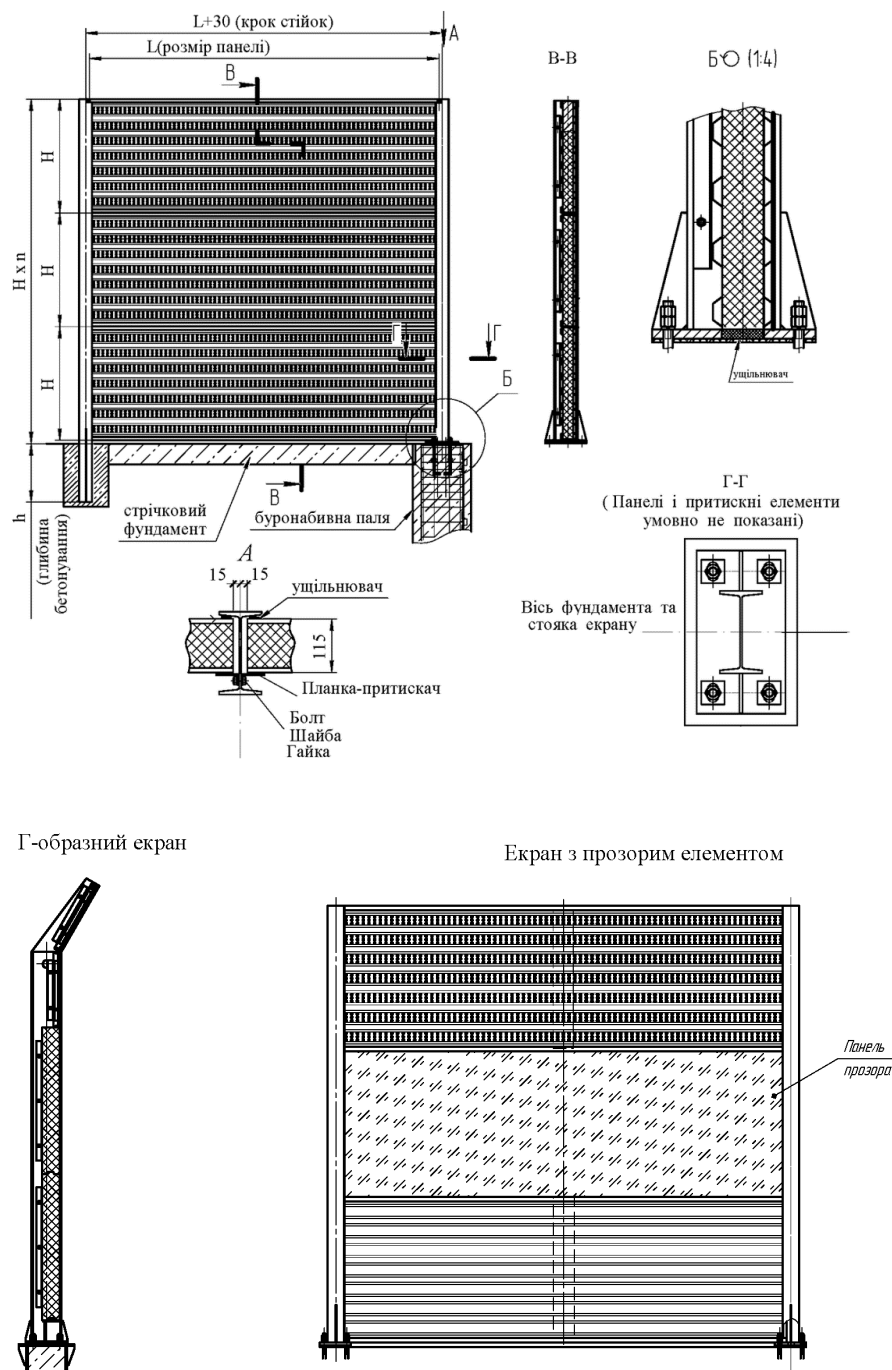


Рис. 4.4 – Типова схема шумозахисного екрану

Ці умови призначені для розповсюдження за вітром або, що

еквівалентно, розповсюдження за добре розвиненої помірної інверсії наземної температури, яка зазвичай відбувається в ясні спокійні ночі. Умови інверсії на великих водних поверхнях не розглядаються і можуть призвести до вищих рівнів звукового тиску, ніж передбачено в цьому документі.

Метод, визначений у цьому документі, складається саме з алгоритмів октавної смуги (з номінальними частотами середньої смуги від 63 Гц до 8 кГц) для розрахунку затухання звуку, який походить від точкового джерела звуку або сукупності точкових джерел. Джерело (або джерела) може бути рухомим або нерухомим. Конкретні терміни наведені в алгоритмах для таких фізичних ефектів:

- геометрична розбіжність;
- атмосферне поглинання;
- граунд-ефект;
- відбиття від поверхонь;
- екранування перешкодами.

Метод застосовний на практиці до великої різноманітності джерел шуму та середовищ. Його можливо застосовувати, прямо чи опосередковано, до більшості ситуацій, пов'язаних із дорожнім або залізничним рухом, промисловими джерелами шуму, будівельними роботами та багатьма іншими наземними джерелами шуму. Однак він не придатний для звуків літака в польоті або вибухових хвиль від шахтних, військових або подібних операцій.

Для застосування методу цього документу необхідно знати декілька параметрів щодо геометрії джерела та середовища, характеристик поверхні землі та потужності джерела в термінах рівнів звукової потужності октавної смуги для напрямків, що стосуються розповсюдження.

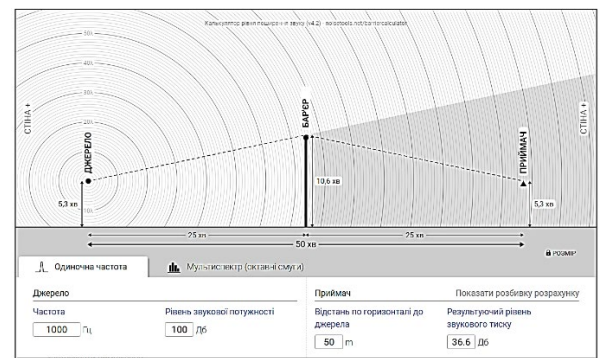
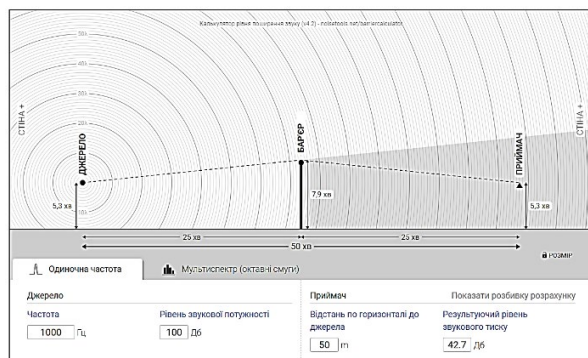
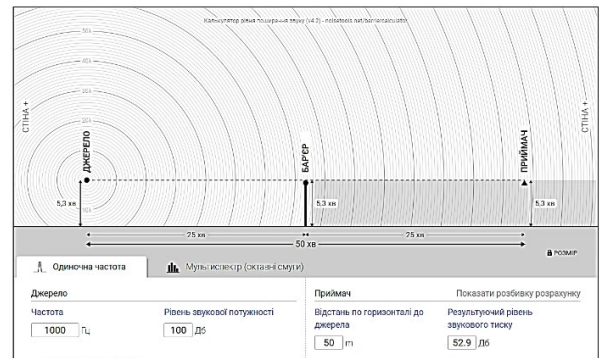
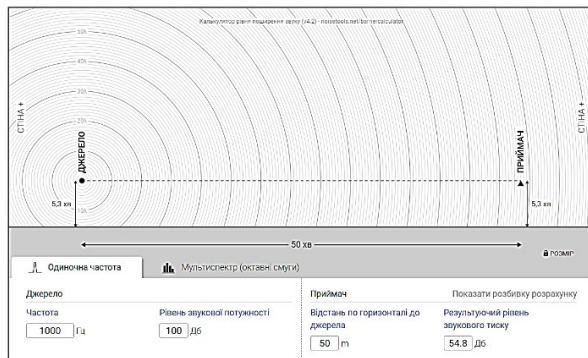
Для оцінки ефективності на першому етапі використовували значення висоти ШЗЕ та його віддалі від джерела шуму, дані наведені у таблиці 4.1 та рис. 4.5.

Як видно з даних таблиці і рис. 4.5 висота екрану відіграє основну роль у зменшенні рівня результуючого звукового тиску.

Окрім цього на ШЗЕ впливає також і матеріал, з якого виготовлений екран, визначає його здатність відбивати та поглинати звук. Повністю шумопоглинаючого екрану поки не створено, однак саме матеріал надає додаткових властивостей, що суттєво підвищує його ефективність.

Таблиця 4.1 – Різниця рівнів звукової потужності в залежності від висоти ШЗЕ та його відстані від джерела шуму

Частота, Гц	Рівень звукової потужності, Дб	Відстань по горизонталі до джерела шуму, м	Відстань джерела та приймача шуму від поверхні землі, м	Розташування ШЗЕ від джерела шуму, м	Висота ШЗЕ, м	Результуючий рівень звукового тиску, Дб	Рис. 4.5
1000	100	50	5,3	Відсутній	—	54,8	а
1000	100	50	5,3	25	5,3	52,9	б
1000	100	50	5,3	25	7,95	42,7	в
1000	100	50	5,3	25	10,6	36,6	г
1000	100	50	5,3	40	10,6	34,9	д
1000	100	50	5,3	10	10,6	34,9	е
1000	100	50	5,3	5	10,6	33	є
1000	100	50	5,3	2,5	10,6	31,5	ж
1000	100	50	5,3	2,5	15,9	27,3	з
1000	100	50	5,3	47,5	15,9	27,3	і



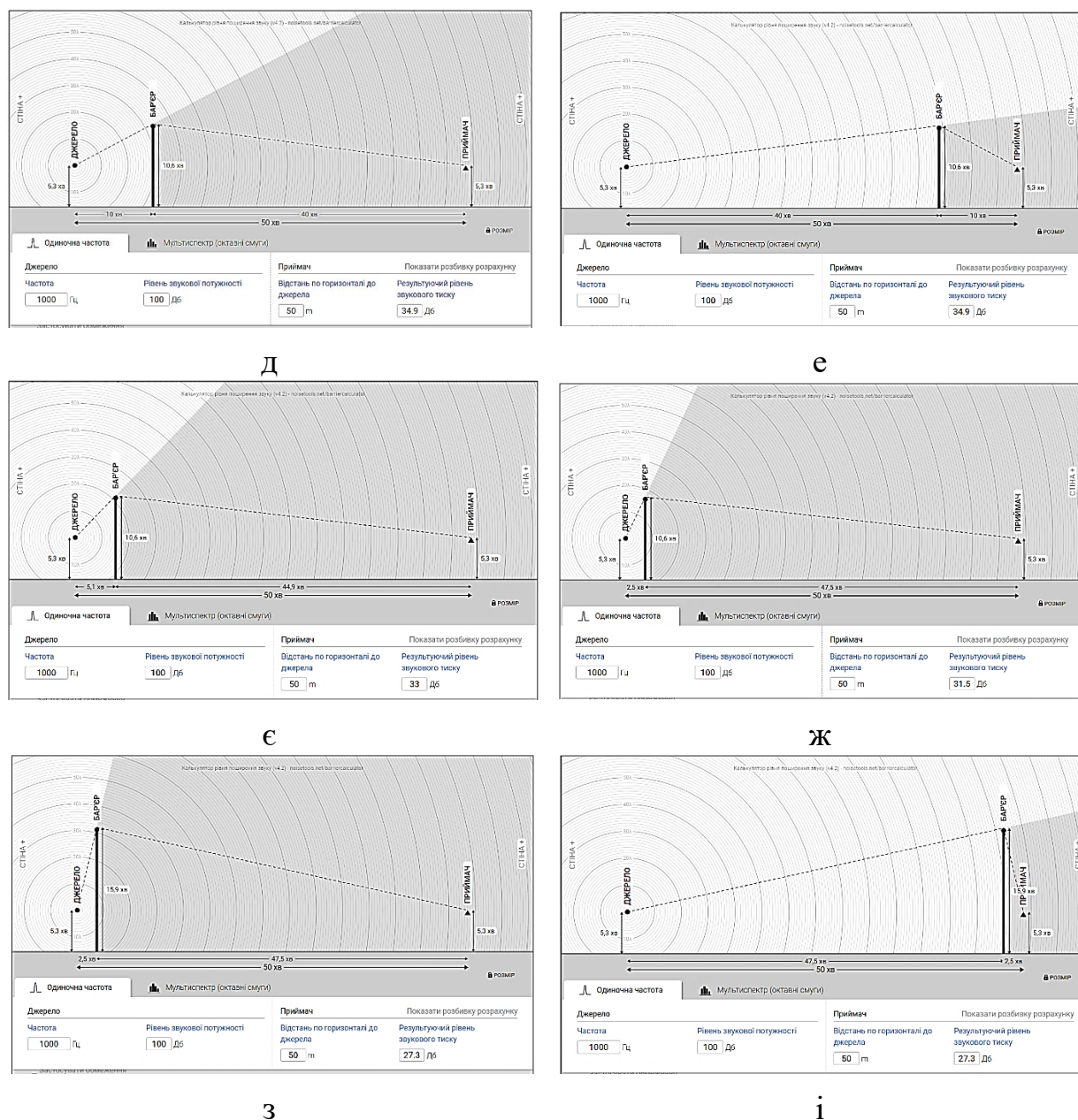


Рис. 4.5 – Різниця рівнів звукової потужності в залежності від висоти ШЗЕ та його відстані від джерела шуму

Оцінити ступінь покращення властивостей екрану можна за коефіцієнтом звукопоглинання (α_E), який залежить від частоти звуку в октавних смугах із середньгеометричними частотами. Процес поглинання чи розсіювання енергії акустичних коливань у шумозахисному екрані (ШЗЕ) супроводжується виділенням тепла, що обумовлено наступними факторами:

- завдяки в'язкості повітря, яке заповнює пори матеріалу, під впливом звукових хвиль відбуваються коливання його частинок, викликаючи тертя;
- тертя повітря об поверхню матеріалу поглинача;

– тертя між елементами структури поглинача (кристалами, волокнами) під впливом звукової хвилі.

Таким чином, звукопоглинання найкраще проявляється на середніх та високих частотах. Значення коефіцієнтів звукопоглинання матеріалів (α_E) зазвичай знаходяться в межах 0,4–1,0. Вони розраховуються як співвідношення поглиненої енергії акустичних коливань до їх загальної енергії. Для деяких матеріалів ці значення наведені у таблиці 4.1 [56 – 58, 63, 64] для октавної смуги з середньгеометричною частотою 1000 Гц.

Таблиця 4.1 – Коефіцієнти звукопоглинання матеріалів α_E при 1000 Гц

№	Матеріал	Коефіцієнти звукопоглинання, α_E
1.	Плита ДВП	0,6
2.	Лист перфорований акустичний	0,7
3.	Піноскло	0,4
4.	Скловолокно	0,78
5.	Фіброліт	0,48
6.	Стіна бетонна	0,015
7.	Стіна дерев'яна	0,08
8.	Стіна цегляна	0,032
9.	Базальтове волокно	0,94

У цьому випадку додатковий ефект від поглинання енергії акустичних коливань захисним екраном можна оцінити як [48]:

$$\Delta E = 10 \times \log(1 - \alpha_E), \text{ дБ} \quad (1)$$

Додаткова поглинаюча здатність екрана, розрахована за даною методикою наведена на рис. 4.6.

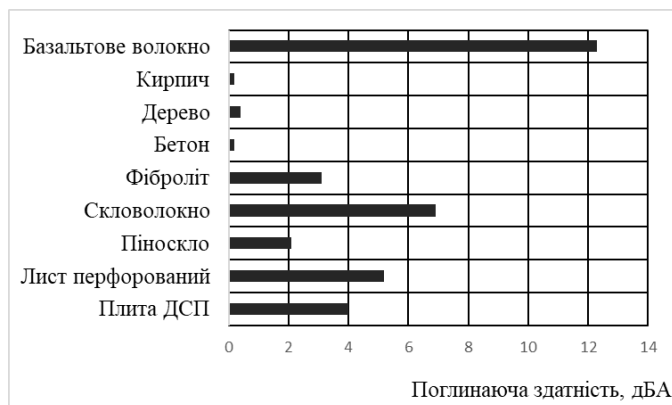


Рис. 4.6 – Поглинальна здатність матеріалу

Аналіз показує, що матеріали з волокнистою структурою демонструють найкращі шумопоглинаючі властивості. З огляду на вартість, оптимальним вибором для використання як елемента звукозахисного екрану є перфорований акустичний лист або склопластик.

Висновки до 4 розділу

Дорожньо-вулична мережа, що склалася в м. Одеса, дає малу можливість швидкісного пересування автотранспорту внаслідок недостатньої ширини проїжджої частини та її стану, занадто часто розташованих перехресть, перетину різних транспортних потоків і наявності різнорідних видів транспорту. Складні дорожні розв'язки призводить до утворення значної кількості автомобільних пробок. Все це сприяє значному зростанню рівня дії від транспортного шуму. При цьому тривалість його впливу на довкілля може досягати близько 20 годин на добу.

Основні напрямки зниження шумового забруднення житлової забудови, характерні для м. Одеси, включають: зниження шуму у його джерелі; зниження шуму на об'єкті захисту; зниження шуму на шляху його поширення у навіколишньому середовищі. Частка, яку займають методи зниження шуму в джерелі у формуванні загальної системи шумозниження, становить близько 20%. Частка, яку займають методи зниження шуму на об'єкті захисту, становить близько 35%. Частка, яку займають методи зниження шуму на шляху його поширення, становить близько 45%.

Виявлено, що одним із найбільш ефективних будівельно-акустичних засобів зниження шуму на урбанізованій території являються шумозахисні екрани, розміщені між джерелами шуму і об'єктами захисту від нього. Розраховано, що кращі шумопоглинаючі властивості характерні для ШЗЕ які виготовлені з матеріалів, що мають волокнисту структуру. Враховуючи вартість, слід визнати, що як один з елементів звукозахисного екрану найбільш ефективно використовувати лист перфорований акустичний або склопластик.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Аналіз небезпечних і шкідливих факторів при монтажі систем шумозахисту [65, 66]

Механічні ризики:

- робота на висоті (можливість падіння робітників або інструментів);
- падіння конструкцій, інструментів і матеріалів;
- небезпека наїзду техніки у зоні робіт;
- ризики, пов'язані з експлуатацією підйомних механізмів і кранів.

Фізичні фактори:

- підвищений рівень шуму та вібрації під час виконання монтажних і зварювальних робіт;
- недостатність освітлення робочої зони, особливо в темний час доби;
- несприятливі метеорологічні умови (дощ, сніг, сильний вітер, низькі або високі температури).

Хімічні фактори:

- загазованість та запиленість повітря через електрозварювальні роботи, газополуменеві роботи, використання лакофарбових матеріалів, роботу двигунів внутрішнього згоряння, виділення шкідливих парів і газів під час оздоблювальних робіт (фарбування, нанесення покриттів).

Електричні ризики:

- ураження електричним струмом під час роботи з електрозварювальним обладнанням;
- небезпека короткого замикання чи пошкодження електроінструментів.

Травматичні ризики:

- падіння працівників з монтажних лісів через недотримання правил безпеки або відсутність засобів індивідуального захисту;
- можливість отримання травм через неправильне використання інструментів чи обладнання.

Світлове та теплове випромінювання:

- опіки шкіри або очей через вплив ультрафіолетового випромінювання під час зварювання;

- перегрівання організму в умовах високої температури або під сонцем.

При роботі на висоті можливе падіння з висоти, щоб цього уникнути, необхідно, використовувати ремені безпеки.

Існує ймовірність отримання електротравм під час роботи з електроінструментом. Крім того, під час виконання висотних робіт є ризик падіння працівника, що може призвести до травмування, переломів або навіть смертельного наслідку.

До самостійної роботи допускаються особи віком від 18 років, які мають відповідний стан здоров'я. Перед початком самостійної діяльності працівник повинен пройти вступний та первинний інструктажі, спеціальне навчання з питань охорони праці, перевірку знань за екзаменаційними білетами, а також перевірку практичних навичок і вмінь безпечного виконання робіт. Обов'язковим етапом є стажування безпосередньо на робочому місці. Самостійна робота дозволяється лише за умови успішного проходження стажування та перевірки навичок.

Під час виконання обов'язків працівник зобов'язаний регулярно проходити медичні огляди (раз на два роки). Ті, хто працює на висоті, мають дотримуватися правил внутрішнього трудового розпорядку, розуміти особисту відповідальність за дотримання правил охорони праці та безпеку колег. Працівник повинен володіти навичками надання першої медичної допомоги постраждалим, знати, як користуватися засобами пожежогасіння, і підтримувати порядок на робочому місці.

Крім того, необхідно раціонально організовувати працю, знати норми витрат сировини та матеріалів, безпечні методи виконання завдань, порядок використання засобів індивідуального захисту відповідно до умов праці, а також правила надання долікарняної допомоги постраждалим. [57].

5.2. Інженерно технічні заходи з охорони праці при виконанні робіт на висоті [67]

Роботи на висоті від 1,3 метра і вище дозволяється виконувати виключно з використанням риштувань або помостів. У разі технічної неможливості їх застосування ремонтні роботи повинні проводитися в люльках або із застосуванням запобіжного пояса. Місця для надійного кріплення карабіна запобіжного пояса мають бути заздалегідь визначені та доведені до відома працівника відповідальним за проведення робіт. Забороняється використовувати тимчасові настили, встановлені на випадкових опорах, таких як бочки, цегла тощо, замість помостів.

Дерев'яні драбини забороняється фарбувати фарбами, а також з'єднувати більше двох приставних драбин. Приставні дерев'яні драбини та стрем'янки, довжина яких перевищує 3 метри, повинні бути оснащені щонайменше двома металевими стяжними болтами, встановленими під верхнім і нижнім щаблями. Загальна довжина таких драбин не повинна перевищувати 5 метрів.

Металеві драбини довжиною понад 5 метрів повинні мати огорожі або бути обладнані канатом з уловлювачем для фіксації карабіна запобіжного пояса.

Роботи з приставних або розсувних драбин на висоті понад 1,3 метра вимагають обов'язкового використання запобіжного пояса. Запобіжні пояси, що видаються працівникам, повинні мати бірки з інвентарним номером та датою наступного випробування. Використання поясів забороняється, якщо відсутня відмітка про випробування, строк випробування прострочено або виявлено дефекти під час огляду.

Настили риштувань і помостів, розташовані на висоті 1,3 метра і більше від рівня землі або покриття, повинні бути оснащені огорожами. Огородження мають складатися зі стояків, поручнів заввишки не менше 1,1 метра, одного проміжного горизонтального елемента або сітки, а також бортової дошки заввишки щонайменше 0,15 метра. Відстань між стояками поручнів не

повинна перевищувати 2 метри. Для дерев'яних настилів рекомендується використовувати дошки завтовшки не менше 40 мм.

Для виконання робіт на дерев'яних опорах або дерев'яних опорах із залізобетонними вставками повітряних ліній електропередачі та ліній зв'язку необхідно використовувати монтерські кігті. Для роботи на залізобетонних опорах трапецеїдного перерізу слід застосовувати монтерські лази. Усі працівники, які працюють із кігтями та лазами, повинні бути забезпечені запобіжними поясами.

Вимоги безпеки при роботі з драбинами:

- забезпечити стійкість драбини, унеможливити її зрушення чи зісковзування;
- у місцях із поживавленим рухом транспорту чи людей драбини повинні бути відгороджені або охоронятися;
- встановлювати приставні драбини під кутом 45–60° до горизонтальної площини;
- якщо драбина встановлена на гладкій поверхні, її повинен утримувати працівник у касці;
- на висоті понад 1,3 м обов'язково використовувати запобіжний пояс, який закріплюється за конструкцію чи надійно закріплену драбину;
- переміщення драбини здійснюється двома працівниками з попередженням оточуючих.

Забороняється: стояти на щаблі, розташованому менш ніж за 1 м від верхнього кінця драбини; використовувати ящики, бочки чи інші предмети як додаткові опори; встановлювати драбини під кутом понад 60° без додаткового закріплення; виконувати роботу з двох верхніх щаблів стрем'янок без поручнів; піднімати/опускати вантаж або залишати інструменти на драбині;

5.3. Інженерно технічні заходи з охорони праці при роботі з електроінструментом [68]

Заземлення корпусу електроінструменту здійснюється за допомогою

спеціальної жили проводу для живлення, яка не повинна одночасно служити провідником робочого струму. Використовувати для заземлення нульовий заземлений провід забороняється. Для живлення трифазного електроінструмента застосовують чотирижильний провід, а для однофазного – трижильний шланговий провід.

Електроінструмент має зберігатися в сухому приміщенні, що опалюється, в шафах або на стелажах. Використовувати дозволяється тільки той інструмент, що пройшов перевірку на відсутність замикання на корпус, обриву проводу заземлення або проводу живлення, а також перевірку опору ізоляції (перевірку здійснюють мегометром напругою 500 В не рідше одного разу на 6 місяців).

Для роботи поза приміщеннями використовують електроінструмент, захищений від впливу вологи, якщо на маркуванні інструмента є «крапля в трикутнику» або «дві краплі». Інструмент без такого маркування можна використовувати лише в суху погоду, а під час дощу та снігопаду — під навісом на сухій землі чи настилі.

Перед початком робіт необхідно: Одягнути робочий одяг. За потреби підготувати спеціальні віброзахисні рукавиці, захисні окуляри, наколінники, протишумні навушники, запобіжний пояс. Оглянути робоче місце, прибрати перешкоди та звільнити проходи. Одягнути захисні окуляри і віброзахисні рукавиці при роботі з інструментом ударної дії. Застебнути рукави і заправити кінці одягу при роботі з інструментом з обертовими частинами. При роботі на висоті понад 1,5 м — одягнути запобіжний пояс. Одягнути навушники при роботі в шумному середовищі.

Перевірка інструменту перед роботою: Затягування гвинтів, що кріплять вузли та деталі інструмента. Стан проводу, відсутність пошкоджень його ізоляції та злому жил. Справність вимикача та заземлення. Роботу інструмента на холостому ході, підключаючи його тільки при вимкненому вимикачі.

Не допускаються: Пошкодження штепсельного з'єднання, кабелю чи

його ізоляції. Неясна дія вимикача. Тріщини або інші пошкодження, що знижують міцність корпусу або рукоятки.

Безпека при використанні електроінструменту. Провід живлення слід, якщо це можливо, підвісити, або захистити від механічних пошкоджень. Не допускається безпосереднє зіткнення проводу з металевими, гарячими, вологими поверхнями. Всі вироби, що підлягають свердленню, потрібно надійно закріпити. У разі раптової зупинки інструмента (через зникнення напруги чи заклинювання деталей) — вимкнути інструмент.

Заборони під час роботи з електроінструментом. Не передавати інструмент іншим особам, які не мають права з ним працювати. Не доторкатися до ріжучих частин або обертових частин інструмента. Не триматися за провід. Не натягувати і не перегинати кабелі. Не перехрещувати кабелі з іншими проводами, тросами чи шлангами. Не охолоджувати корпус інструмента снігом чи водою при перегріванні. Не продовжувати роботу при появі диму або запаху горілого, підвищеного іскріння, шуму, стукоту, вібрації або пошкодженні робочого інструмента.

5.4. Протипожежні заходи [69]

Електродвигуни, світильники, проводка та розподільні пристрої повинні очищатися від горючого пилу не рідше ніж двічі на місяць, а в зонах із значним виділенням пилу — не рідше ніж один раз на тиждень. Перевантаження проводів та електрообладнання понад установлені норми не допускається. Завантаження контролюється за допомогою стаціонарних амперметрів або струмовимірювальних кліщів.

Усі електроустановки повинні бути захищені від коротких замикань та інших ненормальних режимів, які можуть призвести до пожежі, через автоматичні вимикачі та запобіжники. Запобіжники та налаштування автоматичних вимикачів мають відповідати перетину проводів і допустимим навантаженням. Заміна згорілих запобіжників тимчасовими перемичками чи "жучками" заборонена.

Всі з'єднання проводів повинні виконуватися капітально – через опресування, пайку, зварювання або затиск під болт. Поблизу проводів не повинно бути легкозаймистих предметів.

Для переносних електроприймачів слід використовувати шлангові проводи та кабелі. Потрібно регулярно перевіряти проводку на місцях входу в корпус інструменту, де можливе тертя або обрив. Провід має бути захищений від механічних пошкоджень.

Згідно з правилами технічної експлуатації, необхідно регулярно вимірювати опір ізоляції проводів і електроустаткування.

У разі пожежі скористатися вогнегасником. Час дії вогнегасних речовин вуглекислотних або порошкових вогнегасників обмежений і становить від 12 до 18 секунд. Вогнегасник ефективний для гасіння пожеж на початковій стадії, коли площа пожежі та задимлення незначні. Для гасіння невеликих вогнищ пожеж кабелів, проводки і горючих рідин застосовують пісок. Повсть або азбестове полотно використовуються для ізоляції вогнища загоряння та ускладнення доступу повітря. Вуглекислотні вогнегасники застосовуються для гасіння обладнання під напругою та ЛЗР (легкозаймистих рідин). При використанні вогнегасника необхідно бути обережними, щоб не наближати розтруб до струмоведучих частин і не торкатися його, щоб не відморозити руки. Пінні вогнегасники можна використовувати лише на відключеному обладнанні.

Вуглекислотні вогнегасники повинні оглядатися один раз на місяць, а масу балона з вуглекислотою перевіряти кожні три місяці на наявність витоків через вентиль.

Гасити пожежу водою без зняття напруги не можна, за винятком спеціальних інструкцій для пожежних підрозділів у особливих випадках.

Після прибуття пожежного підрозділу старший черговий з електротехнічного персоналу має інструктувати про наявність струмоведучих частин, що залишаються під напругою, та видати письмовий дозвіл на гасіння пожежі.

РОЗДІЛ 6

ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ

Захист населення і територій у разі загрози або виникнення надзвичайних ситуацій (НС) є одним із ключових завдань держави та здійснюється відповідно до законодавства України. Основні принципи захисту спрямовані на ефективне вирішення цієї проблеми і передбачають [70]:

- пріоритетність заходів, орієнтованих на захист життя, здоров'я людей і довкілля;
- обов'язковість завчасного планування дій з урахуванням економічних, природних та інших особливостей регіону, а також ймовірності виникнення НС;
- комплексний підхід до вибору засобів і способів захисту з урахуванням їхньої раціональності;
- забезпечення вільного доступу до інформації щодо захисту від НС;

Особиста відповідальність керівників органів цивільного захисту (ЦЗ) та свідоме ставлення громадян до власної безпеки й дотримання правил поведінки під час НС [70].

Основні методи захисту населення і територій від впливу факторів НС, що можуть виникати як у мирний, так і у воєнний час [70, 71]:

- оперативне оповіщення та інформування населення;
- використання засобів індивідуального захисту;
- укриття у захисних спорудах цивільного захисту;
- організація та проведення евакуаційних заходів;
- забезпечення медичного та психологічного захисту;
- підтримка санітарного й епідемічного благополуччя;
- здійснення біологічного захисту людей, тварин і рослин;
- проведення заходів інженерного захисту територій;
- реалізація заходів радіаційного та хімічного захисту населення і територій.

Ці заходи спрямовані на мінімізацію наслідків НС та збереження життя і здоров'я людей.

Для захисту від впливу уражаючих факторів надзвичайних ситуацій (НС) та можливого застосування сучасних засобів ураження агресором використовуються засоби індивідуального та колективного захисту.

Засоби індивідуального захисту. Цей спосіб передбачає своєчасне використання спеціальних засобів, які захищають органи дихання, шкіру та підвищують стійкість організму до дії сильнодіючих отруйних речовин (СДОР), радіоактивних речовин (РР) та бактеріологічних засобів (БЗ).

Для ефективного захисту необхідно дотримуватися таких умов:

- попереднє забезпечення населення засобами індивідуального захисту.
- своєчасна видача засобів захисту в разі виникнення НС.
- оперативне оповіщення населення про небезпеку та регулярне інформування щодо радіаційної, хімічної та біологічної ситуації.

Засоби колективного захисту. Захисні споруди (ЗС) призначені для забезпечення безпеки людей у разі стихійних лих, аварій (катастроф), а також для захисту від уражаючих факторів зброї масового ураження, звичайних засобів нападу та вторинних уражаючих факторів, таких як наслідки ядерного вибуху.

Класифікація захисних споруд:

- для захисту населення;
- для розміщення органів управління та медичних установ.
- за місцем розташування – вбудовані у житлові, адміністративні або виробничі будівлі; окремо розташовані будівлі;
- метрополітени як природні укриття.

Ці засоби захисту є ключовими елементами у зменшенні наслідків НС та забезпеченні безпеки населення.

ВИСНОВКИ

1. Акустичне середовище можна розуміти як «звук у приймачі від усіх джерел звуку, змінений середовищем»; він може бути внутрішнім або зовнішнім, а також вимірним, змодельованим, дослідним. Шумове забруднення є екологічним явищем, яке набуває все більшої актуальності в останні десятиліття через швидке та постійне зростання міських територій та швидкий промисловий розвиток. Прискорена урбанізація та розширення промислової діяльності сприяли поширенню шуму в міському середовищі, що підвищило важливість вирішення цієї проблеми для забезпечення якості життя мешканців.

2. Зібрані статистичні дані дозволили встановити, що характеристики звуку (разом із вібрацією), які впливають на людину, безпосередньо пов'язані з такими показниками, як продуктивність праці, рівень захворюваності, стан здоров'я та тривалість життя. Епідеміологічні дослідження показали, що вплив шуму у житлових приміщеннях може призвести до розвитку серцево-судинних захворювань та інсульту, захворювання обміну речовин і, можливо, онкології молочної залози (РМЗ). Вплив гормонів стресу (кортизолу, катехоламінів тощо) може призвести до накопичення пошкоджень ДНК. Глюкокортикоїдний стероїд гормону стресу може сприяти розвитку та прогресуванню пухлини шляхом пригнічення апоптозу.

3. Джерела шумового забруднення класифікуються як стаціонарні, до яких належать промислові об'єкти та аеропорти, і мобільні, до яких відноситься рух транспортних засобів і діяльність на природі. До основних джерел шуму, які значно впливають на навколишнє середовище, можна віднести залізничні вузли та станції, великі автовокзали, автопарки, мотелі, кемпінги та трейлерні парки, а також промислові об'єкти, великі будівельні бази та енергетичні установки. Ці об'єкти не лише створюють додаткові джерела шуму, але й суттєво змінюють природний ландшафт, часто порушуючи екологічну рівновагу. На житлових територіях міста

найпоширенішими і найбільш потужними джерелами шуму є транспортні потоки, включаючи як автомобільний, так і рейковий транспорт. Це залізничні лінії, автостради, а також об'єкти, пов'язані з автомобілями, такі як стоянки, гаражі, автозаправні станції і станції технічного обслуговування. Ці джерела взаємопов'язані і можуть посилювати один одного, створюючи складне звукове середовище.

4. Для вирішення проблем шумового забруднення у великих містах необхідно застосовувати комплексний підхід, що охоплює: адміністративно-організаційні заходи: шумові карти міст; обмеження руху вантажного транспорту; зонування вуличної мережі; ремонт доріг; контроль технічного стану транспорту; винесення транзитних автотрас. Архітектурно-планувальні заходи: функціональне зонування; розташування будівель; система паркування; зниження кількості перехресть; шумозахисні екрани. Інженерно-технічні заходи: архітектурні рішення; звукоізоляція; вентиляційні пристрої.

5. Шумозахисні екрани є ефективними засобами зниження рівня шуму, особливо в міських і селибних зонах, де важливо забезпечити комфортне середовище для проживання. Вони можуть забезпечити зниження шуму на 12–15 дБА і застосовуються для зменшення впливу шуму від транспорту, промислових об'єктів або інших джерел шуму. До таких екранів можуть належати: придорожні підпірні стінки, які не тільки виконують функцію стабілізації ґрунту, але й ефективно знижують шум, що виникає від транспорту; огорожувальні споруди, зокрема металеві або бетонні панелі, які встановлюються вздовж доріг або інших шумних зон для блокування звукових хвиль. Природні та штучні елементи рельєфу: ґрунтові вали або насипи, які можуть бути побудовані на певній висоті, щоб блокувати поширення шуму; пагорби, відкоси виїмок, тераси та яри, що мають природні властивості відображати або поглинати звукові хвилі. Спеціальні конструкції: галереї, тунелі та інші подібні споруди, які також можуть виконувати роль шумозахисних екранів, ефективно знижуючи рівень шуму для житлових або рекреаційних зон.

6. Досліджено динаміку шумових характеристик автотранспортних магістралей м. Одеси для нічного та денного часу доби та отримано відповідні дані, які дозволяють визначати характеристики шумозахисних засобів у процесі прогнозування зниження рівнів шуму для забезпечення акустичної безпеки на житлових територіях міста. Відповідно до одержаних даних на території житлової забудови, у контрольних точках, існують перевищення рівнів звуку над допустимими рівнями на величину до 16 дБА для денного часу доби та на величину 10 дБА – для нічного.

7. Основні напрямки зниження шумового забруднення житлової забудови, характерні для м. Одеси, включають: зниження шуму у його джерелі; зниження шуму на об'єкті захисту; зниження шуму на шляху його поширення у навколишньому середовищі. Частка, яку займають методи зниження шуму в джерелі у формуванні загальної системи шумозниження, становить близько 20%. Частка, яку займають методи зниження шуму на об'єкті захисту, становить близько 35%. Частка, яку займають методи зниження шуму на шляху його поширення, становить близько 45%.

8. Висота екрану відіграє основну роль у зменшенні рівня результуючого звукового тиску. Окрім цього на ШЗЕ впливає також і матеріал, з якого виготовлений екран, визначає його здатність відбивати та поглинати звук. Повністю шумопоглинаючого екрану поки не створено, однак саме матеріал надає додаткових властивостей, що суттєво підвищує його ефективність. Аналіз показує, що матеріали з волокнистою структурою демонструють найкращі шумопоглинаючі властивості. З огляду на вартість, оптимальним вибором для використання як елемента звукозахисного екрану є перфорований акустичний лист або склопластик

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division. Global Population Growth and Sustainable Development; UN DESA/POP/2021/TR/NO. 2; United Nations: New York, NY, USA, 2021.
2. EEA Report No 21/2019. Healthy environment, healthy lives: how the environment influences health and well-being in Europe. <https://www.eea.europa.eu/publications/healthy-environment-healthy-lives>
3. Gruebner O., Rapp M.A., Adli M., Kluge U., Galea S., Heinz A. Cities and Mental Health. Dtsch. Ärztebl. Int. 2017. 114. 121–127.
4. European Environment Agency. Environmental Noise in Europe, 2020; Publications Office: Luxembourg, 2020.
5. ISO 12913-1:2014. Acoustics–Soundscape–Part 1: Definition and Conceptual Framework; International Organization for Standardization: Geneva, Switzerland. 2014.
6. Schafer, R.M. The Book of Noise. Price Print: Vancouver, BC, Canada, 1970. 32 p.
7. Schafer R.M. The Soundscape: Our Sonic Environment and the Tuning of the World; Knopf: New York, NY, USA, 1977. 301 p
8. Southworth, M. The sonic environment of cities. Environ. Behav. 1969. 1. 49–70.
9. Truax B. Handbook for Acoustic Ecology; A.R.C. Publications: Vancouver, BC, Canada, 1978.
10. ISO 12913-2:2018; Acoustics-Soundscape-Part 2: Data Collection and Reporting Requirements; International Organization for Standardization: Geneva, Switzerland, 2018.
11. ISO/TS 12913-3:2019, Acoustics-Soundscape-Part 3: Data Analysis; International Organization for Standardization: Geneva, Switzerland, 2019.
12. Ogurtsova K., Soppa V.J., Weimar C., et al. Association of long-term air pollution and ambient noise with cognitive decline in the Heinz Nixdorf recall study. Environ Pollut. 2023. 331. 1-12.

13. WHO. Environmental noise guidelines for the European region. WHO Regional Office for Europe. Copenhagen. 2018. 161 p.
14. Jarosinska D., et al. Development of the WHO environmental noise guidelines for the European region: an introduction. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2018. 15.4. p. 813.
15. Shannon G., et al. A synthesis of two decades of research documenting the effects of noise on wildlife. *Biological Reviews*. 2016. 91(4). pp. 982-1005
16. Baffoe P.E., Duker A.A., Senkyire-Kwarteng E.V. Assessment of health impacts of noise pollution in the Tarkwa mining community of Ghana using noise mapping techniques. *Glob Heal J*. 2022. 6. 19-29.
17. Baptista N., Januario J.F., Cruz C.O. Social and financial sustainability of real estate investment: evaluating public perceptions towards blockchain technology. *Sustainability*. 2023. 15. 12288.
18. Leon C.J., Hernandez-Aleman A., Fernandez-Hernandez C., Arana J. Are rural residents willing to trade-off higher noise for lower air pollution? Evidence from revealed preferences. *Ecol Econ*. 2023. 207. 107784
19. Brown A., van Kamp I. A Conceptual Model of Environmental Noise Interventions and Human Health Effects. In *Proceedings of the INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference San Francisco CA USA*. 2015.
20. Munzel T., Gori T., Babisch W., Basner M. Cardiovascular effects of environmental noise exposure. *Eur Heart J*. 2014. 35. 829–36.
21. Munzel T., Sorensen M., Gori T., Schmidt F., Rao X., Brook J., et al. Environmental stressors and cardio-metabolic disease: part I—epidemiologic evidence supporting a role for noise and air pollution and effects of mitigation strategies. *Eur Heart J*. 2016;38: 269.
22. Recio A., Linares C., Banegas J., Diaz J. Road traffic noise effects on cardiovascular, respiratory, and metabolic health: an integrative model of biological mechanisms. *Environ Res*. 2016. 146. 359–370.
23. Sorensen M., Ketznel M., Overvad K., Tjønneland A., Raaschou-Nielsen O. Exposure to road traffic and railway noise and postmenopausal breast cancer: a

cohort study. *Int J Cancer*. 2014. 134. 2691–2698.

24. Roswall N., Bidstrup P., Raaschou-Nielsen O., Jensen S., Olsen A., Sorensen M. Residential road traffic noise exposure and survival after breast cancer - a cohort study. *Environ Res*. 2016. 151. 814–820.

25. Basner M., Babisch W., Davis A., Brink M., Clark C., Janssen S., et al. Auditory and non-auditory effects of noise on health. *Lancet*. 2014. 383. 1325–1332.

26. Antonova L., Aronson K., Mueller C.. Stress and breast cancer: from epidemiology to molecular biology. *Breast Cancer Res*. 2011. 13. 208.

27. Flint M.S., Bovbjerg D.H. DNA damage as a result of psychological stress: implications for breast cancer. *Breast Cancer Res*. 2012. 14. 320.

28. Volden P.A., Conzen S.D. The influence of glucocorticoid signaling on tumor progression. *Brain Behav Immun*. 2013. 30. 26–31.

29. Україна у цифрах 2020: статистичний збірник. Київ: Державна служба статистики України, 2021. 44 с.

30. Максименко Н. В., Радіонова І. І. Шумове навантаження на урболандшафти м. Первомайський, як конфлікт природокористування. *Вісник ХНУ імені В. Н. Каразіна серія «Екологія»*. 2017. вип. 16. С. 113–118.

31. Ткаченко С. Й., Боднар Л. А. Екологічні аспекти виробництва енергії. Вінниця : ВНТУ. 2017. 83 с.

32. ДБН В.1.1-31:2013 Захист територій, будинків і споруд від шуму. Київ, Мінрегіонбуд України. 2014. 75 с.

33. Зубик С.В., Транспортний шум міста і шляхи його зниження. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2013. Вип. 23. С. 126–131

34. Chen S., He P., Yu B., Wei D., Chen Y. The challenge of noise pollution in high-density urban areas: Relationship between 2D/3D urban morphology and noise perception. *Building and Environment*. 2024. 253. 111313.

35. Othman E., Cibilic I., Posloncec-Petric V., Saadallah D. Investigating Noise Mapping in Cities to Associate Noise Levels with Sources of Noise Using Crowdsourcing Applications. *Urban Science*, (2024). 8(1). 13.

36. Murphy E., Faulkner J., Douglas, O. Current State-of-the-Art and New

Directions in Strategic Environmental Noise Mapping. Curr Pollution Rep. 2020. 6. 54–64

37. Апостолук С.О., Джигирей В.С. Промислова екологія: Навч. посіб. 2-ге вид., випр, і допов. Київ : «ЗНАННЯ», 2012. С. 299–358.

38. Skrucany T. Kendra M. Jurkovic M. et all. Environmental Comparison of Different Transport Modes. Naše more. 2018/ 65. 192-196.

39. Шейкіна Ю. О., Мислюк О. О. Акустичне забруднення селітебного середовища міста від транспортних потоків. Вісник КДПУ імені Михайла Остроградського : зб. наук. пр. Кременчук. 2007. Вип. 5/2007 (46). Частина 1. С. 144-147.

40. Семашко П. В., Протас С. В. Гігієнічна оцінка підземних паркінгів як потенційних джерел акустичного забруднення прилеглих до них територій житлової забудови. Довкілля та здоров'я : наук. журн. 2010. Вип. 2 (53). С. 23-27.

41. Безлюбченко О. С., Завальний О. В., Черноносова Т. О. Планування і благоустрій міст: навчальний посібник. Харків : ХНАМГ. 2013. 204 с.

42. Заєць В. П. Зменшення шуму залізничного транспорту за допомогою шумозахисних екранів. Системи обробки інформації. 2015. Вип. 10. С. 279–283.

43. Дудніков В. С., Сокол Г. І. Аналіз шумів залізничного транспорту: аналітичний огляд. Виклики та проблеми сучасної науки CIMS-2023. 2023. Т. 1. С. 544–550

44. Завальний О. В., Черноносова Т. О. Планування і благоустрій міст: навчальний посібник. , Харків : ХНАМГ. 2013. – 204 с.

45. Биваліна М. В. Шумозахисні зелені насадження. Архітектурний вісник КНУБА. Київ : КНУБА, 2016. Вип. 10. С. 243–250.

46. Ковальчук В. В. Шумозахисні заходи на автомобільних дорогах. Збірник наукових праць «ДОРОГИ І МОСТИ». 2023. №. 28. С. 265–274

47. ДБН Б.2.2-5:2011 Планування та забудова міст, селищ і функціональних територій. Благоустрій територій.

- 48 Коваленко М. Г. Проблеми формування та оцінки шумового режиму території. Сучасні проблеми архітектури та містобудування. 2014. Вип. 37. С. 229–234
49. ДБН В.2.6-XX:201X "Будівельна акустика".
50. Безлюбченко О. С. Завальний О. В., Черноносова Т. О. Планування і благоустрій міст: навчальний посібник Харків : ХНАМГ. 2013. 204 с.
51. Самойлюк О.П. Основи містобудівної акустики. Дніпропетровськ : ПДАБА. 1999. 438с.
52. ДСП 173-96 Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів.
53. Кожемякін, Г.Б., Троїцька, О.О., Новокщонаова О.В. Екологія міських систем: Навчально-методичний посібник. Запоріжжя : ЗДІА 2017. 360 с.
54. Ткач Н.О. Оцінка та прогнозування впливу автомобільного транспорту на стан шумового забруднення сельбищних територій. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. Спеціальність 21.06.01 – екологічна безпека. Кременчук, ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури». 2015. 23 с.
55. ДСТУ-НБВ.1.1-33:2013. Настанова з розрахунку та проектування захисту від шуму сельбищних територій.
56. Eren B., Likos, S., Çelebi, A. Effectiveness of noise barriers in sensitive urban areas: a comprehensive study on noise reduction strategies and public health implications. *Environ Sci Pollut Res*. 2024. Vo 31. P. 60093–60107
57. Laxmi V., Thakre C., Vijay R. Evaluation of noise barriers based on geometries and materials: a review. *Environ Sci Pollut Res*. 2022. 29. 1729–1745
- Dimitrijevic D., Zivkovic P., Dobrnjac M., Latinovic T. Noise pollution reduction and control provided by green living systems in urban areas. *Innovations*. 2017. Vol. 5 Issue 3. P. 133-136.
58. Herni H., Ramdzani A., Abang A. Effectiveness of Existing Noise Barriers: Comparison between Vegetation, Concrete Hollow Block, and Panel Concrete. *Procedia Environmental Sciences*. 2015.Vol 30. P. 217– 221

59. ГБН В.2.3-37641918-556:2015. Споруди шумозахисні. Вимоги до проектування.
60. М 218-03450778-673:2010. Методика оцінювання прогнозованого рівня шуму у межах зон впливу автомобільної дороги
61. ДСТУ-НБВ.1.1-35:2013 Настанова з розрахунку шуму в приміщеннях і на територіях.
62. ISO 9613-2:2024. Acoustics – Attenuation of sound during propagation outdoors
63. Absorption coefficients of common building materials and finishes.
<https://www.acoustic-supplies.com/absorption-coefficient-chart/>
64. Sidyakin P., Belaya E. Shchitov D. Pershin I. The influence of finishing materials on the formation and propagation of acoustic resonant waves from external sources of noise in a closed room Conf. Series: Materials Science and Engineering 2019. 698. 066008
65. ДСТУ-Н Б А.3.2-1:2007 Система стандартів безпеки праці. Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використанні в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва.
66. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку
67. НПАОП 0.00-1.15-07 Правила охорони праці під час виконання робіт на висоті
68. НПАОП 0.00-1.71-13 Правила охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями
69. НАПБ А.01.001-2014 Правила пожежної безпеки в Україні
70. Полукаров О. І. Охорона праці та цивільний захист: конспект лекцій навч. посіб. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 289 с.
71. Методичні рекомендації з питань організації та реалізації заходів цивільного захисту в органах виконавчої влади та на підприємствах, в установах і організаціях. Київ : ДСУ з НС. 2016. 185 с.