УДК 630*26(477.41/.41) https://doi.org/10.31548/forest2020.03.003

ШУМОПОГЛИНАЛЬНІ ВЛАСТИВОСТІ ПРИДОРОЖНІХ ЛІСОВИХ СМУГ РІЗНИХ КОНСТРУКЦІЙ В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ПОЛІССЯ

С. І. МАКСІМЦЕВ*, *аспірант, https://orcid.org/0000-0002-2390-0533, e-mail: msi.serhiy@nubip.edu.ua*

***С. М. ДУДАРЕЦЬ**, *кандидат сільськогосподарських наук, доцент, https://orcid.org/0000-0002-9449-3023, e-mail: dudarec@ukr.net*

Національний університет біоресурсів і природокористування України

У теперішній час інтенсивного розвитку суспільства та підвищення антропогенного навантаження на екологічні системи зростає значення лісомеліоративних насаджень різного цільового призначення. Одним із видів таких насаджень є придорожні лісові смуги, які в умовах збільшення чисельності та інтенсивності руху автомобільного транспорту, особливо на автошляхах міжнародного та національного значення, забезпечують виконання низки важливих захисних функцій.

Наведено значення та актуальність використання придорожніх лісових смуг у контексті виконання ними шумопоглинальних функцій. Приділено увагу аналізу шумового навантаження від роботи великогабаритних транспортних засобів на автомагістралях міжнародного та національного значення в умовах Західного Полісся. Виконано аналіз останніх наукових публікацій з акцентуванням уваги на захисних насадженнях як ефективному засобі запобігання негативному акустичному навантаженню. Основною метою виконаних досліджень стало визначення шумопоглинальних властивостей придорожніх лісових смуг залежно від їхніх конструктивних особливостей та видового складу. Зазначено, що вирішення програмних завдань роботи проведено з використанням спеціальних методик досліджень шумопоглинального ефекту захисними лісовими насадженнями на шляхах транспорту. Виконано порівняльну характеристику шумопоглинального ефекту придорожніх лісових смуг і шумозахисних екранів. На підставі проведених досліджень розроблено математичні моделі, що описують зниження рівня шуму залежно від конструкції придорожніх лісових смуг. Узагальнення результатів експерименту показало, що найбільш якісним шумопоглинальним ефектом вирізняються придорожні смуги щільної та ажурної конструкцій. Шумозахисні екрани у районі досліджень сприяють зниженню рівня шуму до 60 дБА та менше, чим забезпечують виконання необхідних санітарних норм для населених пунктів.

***Ключові слова:** рівень шуму, акустичне навантаження, шумомір, математична модель, шумозахисний екран.*

Актуальність. Нині в усьому світі найпоширенішим джерелом надмірного шуму є транспортні потоки, які, за різними даними, покривають від 50 до 70 % територій населених місць (Manojkumar, Basha, & Srimuruganandam, 2019). Поряд із цим значну увагу приділяють будівництву нових та реконструкції наявних транспортних магістралей. Це зумовлено, насамперед, необхідністю збільшення інтенсивності транспортних перевезень та поліпшення безпеки їх експлуатації. Однією із важливих вимог щодо безпечної експлуатації будь-яких будівельних об'єктів, до яких безпосередньо належать автомобільні та залізничні шляхи сполучення, є вимога «захист від шуму» (Directive, 1988).

* Науковий керівник – кандидат сільськогосподарських наук, доцент С. М. Дударець.

Сучасні методи боротьби з шумом можна поділити на чотири основні групи (ISO 1996-1:2016): зменшення шуму у джерелі; звукоізоляція; будівельно-планувальні заходи; інженерно-технічні засоби.

Шум навколишнього середовища, зокрема від об'єктів автомобільного транспорту, поширюється на великі території, урбанізовані зони та спричиняє дискомфорт для проживання людини. Особливо це стосується житлових масивів, які розташовані поруч із транспортними магістралями і розв'язками. Шумові хвилі досить інтенсивно поширюються на прилеглі території, де мають бути встановлені або створені захисні бар'єри. Під час виконання робіт із забезпечення належних умов проживання людини враховують багато факторів, одним із яких є рівень шумового навантаження. Це будь-які небажані звуки незалежно від їхньої природи та характеру походження, що викликають певний дискомфорт і можуть спричиняти негативний вплив на здоров'я людини. Навіть за наявності помірних звукових потоків може погіршуватися працездатність, особливо під час розумового навантаження. Для мешканців житлових забудов нормативний рівень шуму має становити 45 і 55 дБА відповідно у нічний і денний час доби. Захист населення від шкідливої дії звукового тиску та регулювання акустичного навантаження на урбанізовані території регламентується низкою нормативно-правових актів.

Зважаючи на щорічне зростання джерел шумового навантаження, потрібно зазначити, що шумопоглинальний ефект захисних лінійних насаджень є досить важливим елементом транспортних магістралей країни. При цьому найбільш ефективним засобом захисту є смугові насадження уздовж шляхів залізничного та автомобільного сполучення. Важливим фактором, який визначає ефективність захисних властивостей смугових насаджень, є їхні конструктивні особливості.

Порівняно із повітрям рослини характеризуються більшим акустичним опором. Тому придорожні лісові смуги являють собою потужний екрануючий бар'єр на шляхах поширення звукових хвиль. Крони листяних деревних видів рослин можуть поглинати до 26 %, а розсіювати і відбивати – близько 74 % звукової енергії, що потрапляє на них. У зв'язку з цим придорожні лісові смуги виконують важливі функції щодо захисту населення від шумового забруднення.

Особливої актуальності ці питання набувають в умовах Західного Полісся, де проходить низка транспортних магістралей міжнародного і національного значення. Для цього природного регіону найпоширенішими функціями придорожніх лісових смуг є пониження швидкості вітру та снігозатримання, проте через збільшення чисельності транспортних засобів і шумового навантаження від їхньої роботи підвищується актуальність і шумопоглинальної функції таких насаджень.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Численними дослідженнями встановлено, що одним із дієвих та ефективних засобів захисту транспортних магістралей від негативного впливу природних чинників, а також прилеглих територій від шкідливих викидів і шумового забруднення транспортних засобів є лісові ділянки різної просторової форми на основі принципу штучного бар'єру, які проектують із використанням максимально можливого захисного ефекту (Pavlishyna, 2009; Sheludchenko, & Vasyk, 2010; Hladun, & Hladun, 2013).

У різний час пошуком оптимальних варіантів захисту автомобільних доріг від шумового забруднення з використанням придорожніх лісових смуг займалися (Bobin, 1964; Pavlishyna, 2011; Ugnenko, & Gavrish, 2015). Вони розглядали саме такі насадження як ефективний засіб запобігання негативному шумовому навантаженню незалежно від

джерел, які його утворюють. При цьому вони також вважали штучні смугові насадження ліпшим варіантом захисту.

Експериментальними дослідженнями доведено вплив рослинності на зниження рівнів шуму. Це проявляється у зменшенні інтенсивності звукових коливань під час проходження їх через лісові насадження, оскільки шумові потоки частково поглинаються фітомасою деревної рослинності (Bolshakov, 2006; Kucheryavy, 2003). Навіть вузькі смугові насадження і однорядні посадки значною мірою понижують рівень акустичного навантаження, який спричиняється транспортними засобами. Лісова смуга із листяних деревних видів рослин завширшки 10 м із густим підліском зменшує рівень шуму на 5–6 дБА, завширшки 15 м – на 7–8 дБА, а смуга у 20 м – на 11–12 дБА. Шахові посадки ялини та модрини завширшки 20 м із піднаметовим ярусом спроможні зменшити рівень шуму до 14 дБА.

Порівняльний аналіз шумопоглинальних властивостей шпилькових і листяних деревних видів рослин показав, що шпилькові деревні види характеризуються меншою шумопоглинальною здатністю порівняно із листяними. При цьому найліпший шумозахисний екран має густе смугове захисне насадження із складним високоповнотним змішаним деревостаном, де як головний використано шпильковий деревний вид. Необхідно зазначити, що різні деревні й кущові види рослин характеризуються і різними шумозахисними властивостями. Значний звукопоглинальний ефект притаманний видам із широкою листковою пластинкою – дубу, липі, клену, тополі, в'язу тощо (Osin, 1962).

Також спостерігається закономірність щодо більшого шумопоглинального ефекту лісових насаджень у літній період, порівняно із зимовим. У ці періоди 5–8-рядні лісові смуги понижують рівень шумового забруднення відповідно на 7–9 і 3–4 дБА (Tsvetkov, 2000).

Під час проектування захисних лінійних насаджень потрібно враховувати місцеві умови та нормативні акти, які регламентують безпечні для організму людини рівні шуму. Необхідно зважати на кліматичні умови, які безпосередньо можуть впливати на послаблення звукових хвиль, – зокрема температуру повітря, силу та напрями переважних вітрів. Урахування таких факторів під час проектування і розміщення придорожніх смуг уздовж шляхів автомобільного транспорту набуває особливого значення у санітарно-рекреаційних зонах та місцях масового проживання населення.

Загальновідомо, що акустичний ефект лінійних насаджень визначається їхнім розміщенням відносно джерела акустичного випромінювання. Найбільш раціональним є паралельне розташування лісових смуг. За такого розміщення по краях смугових насаджень проходить багаторазове відбиття та дифузне розсіювання звукових хвиль, що забезпечує зменшення сили шумів. Захисні лісові смуги також потрібно розміщувати від джерела шуму на відстані, яка чисельно дорівнює середній висоті насадження. Розміщення смуг на більшій відстані може спонукати до «перегинання» звукових хвиль через смугове насадження.

За умов, які не передбачають можливості створення захисних смугових насаджень у зонах надмірної сили шуму, використовують шумозахисні екрани. Визначенням їхньої ефективності у світі почали займатися з середини 1960-х рр. В основу таких досліджень покладено роботу (Maekawa, 1968), однак автори останньої розглядали питання розміщення шумозахисних екранів без урахування впливу землі й не брали до уваги захисні смугові насадження. Пізніше було проведено лабораторні дослідження щодо ефективності шумозахисних екранів для точкових джерел звуку та отримано наближені вирази зі знаходження їхньої ефективності з урахуванням від-

биття звуку від поверхні землі (Jonasson, 1972). Ці дослідження базувалися на теорії геометричної акустики, що призвело до обмеження сфери застосування отриманих виразів у діапазоні низьких і середніх частот. У подальшому стало можливим проводити комп'ютерне моделювання акустичного поля довкола екрана. Найширше практичне застосування отримали метод граничних областей (Hewett, Langdon, & Chandler-Wilde, 2014) і метод кінцевих елементів (Francois, Schevenels, Degrande, Borgions, & Thyssen, 2008).

Мета дослідження полягала у визначенні кількісних характеристик шумопоглинальних властивостей придорожніх лісових смуг залежно від їхніх конструктивних особливостей та видового складу, що зростають уздовж автомобільних магістралей міжнародного та національного значення в умовах Західного Полісся. Для виконання порівняльної характеристики шумопоглинальних властивостей придорожніх лісових смуг із шумозахисними екранами було проведено визначення зниження рівня шуму в зоні дії таких екранів.

Матеріали і методи дослідження. Під час дослідження шумових характеристик у процесі руху автомобільного транспорту використовували метод натурних вимірів, який було адаптовано відповідно до поставлених завдань. Такий метод, який введений до низки стандартів, дає змогу виконувати дослідження на реальному транспортному потоці, встановлювати санітарно-гігієнічну оцінку шуму на відповідний період часу, визначати шумові характеристики транспортних потоків, а також рівні звуку від транспортного руху на сельбищних територіях.

Із метою виконання програмних завдань роботи частково використано методику досліджень шумопоглинального ефекту придорожніми лісовими смугами, яка містить визначення шумопроникності лісових смуг і розсіювання звукових потоків від дії захисних лісових насаджень на прилеглі до транспортних магістралей території (Pavlishyna, 2009). У подальшому результати вимірів підлягали обробленню та аналізу (Ugnenko, 2008; GBN B 2 3-37641918-556-2015).

Перед дослідженням акустичного забруднення було проведено вивчення лісівничо-меліоративних характеристик придорожніх лісових смуг. Такі характеристики було визначено на підставі закладки тимчасових пробних площ. У процесі виконання цих робіт було з'ясовано видовий склад смугових насаджень та їхні конструктивні особливості, ширину смуг за проекціями крон, відстань від смуги до полотна дороги тощо. Дослідні ділянки закладали поблизу населених пунктів.

Дослідження виконували в умовах сухої і безвітряної погоди під час найінтенсивнішого руху автомобільного транспорту, що в районі досліджень спостерігається з 11.00 до 15.30 год. Оскільки формування шумового навантаження визначається, насамперед, масою транспортних засобів і потужністю їхніх двигунів, то вимірювання рівнів шуму проводили для транспортних засобів масою понад 4 т. Середня швидкість руху транспорту при цьому була у межах від 80 до 100 км/год.

Рівні шуму вимірювали з використанням шумоміру SL-824, який попередньо пройшов державну метрологічну сертифікацію. Прилад встановлювали безпосередньо у зоні прямого поширення звукових хвиль на висоті 1,3 м від поверхні землі. Для проведення дослідів вибирали рівнинні ділянки території, оскільки нерівності рельєфу можуть впливати на зміну турбулентного режиму повітряних потоків, а відповідно і специфіку розсіювання звукових хвиль.

Заміри виконували з точністю до 1дБА у пунктах, які розташовувалися на одній прямій лінії (лінійному ряду), що

формувалася перпендикулярно до осі автомобільної дороги. Для забезпечення більш достовірних результатів досліджень на кожній придорожній лісовій смузі було визначено по п'ять лінійних рядів. Кожен такий ряд складався із чотирьох пунктів заміру: пункт № 1 – безпосередньо біля дорожнього полотна; пункт № 2 – на рівні проекції крон зі сторони дороги; пункт № 3 – у середині лісової смуги; пункт № 4 – за лісовою смугою (рис. 1).

Щоб з'ясувати шумопоглинальну дію екранів, було проведено заміри шуму у зоні їх впливу. За контрольну ділянку слугували заміри безпосередньо біля полотна дороги. Також вимірювання проводили у трьох пунктах: перед екраном на відстані 5 м від дороги та за екраном на відстані 5 м і 10 м. Дослідження проводили безпосередньо як у зоні дії шумозахисних екранів, так і без них на тих самих відстанях від полотна дороги. Для зручності виконання аналізу отриманих показників їх переводили у відсотки порівняно із контрольною ділянкою.

Отримані показники вимірювань обробляли за допомогою методу статистичного моделювання з використанням програмного забезпечення MS Excel. Результати виконаних досліджень представлені математичними моделями та у вигляді графічного матеріалу.

Результати дослідження та їх обговорення. Об'єктами досліджень, як зазначено вище, стали придорожні лісові смуги різного видового складу та конструкцій, що зростають уздовж автомобільних магістралей міжнародного та національного значення, а також шумозахисні екрани. В умовах Західного Полісся такі лінійні насадження виконують низку важливих захисних функцій: снігозатримувальні, вітропослаблювальні, ґрунтозакріплювальні, шумопоглинальні. Характеристику придорожніх лісових смуг, де були закладені дослідні ділянки, наведено в табл. 1.

Як видно із даних таблиці, такі насадження представлені переважно одним видом деревних рослин, зокрема березою повислою, кленом гостролистим, робінією псевдоакацією, сосною звичайною, вільхою клейкою, грабом звичайним, і сформовані із 2–4 рядів. Для дослідження акустичного ефекту було відібрано по три смуги різних конструкцій – продувної, ажурної та щільної. Конструкція, як відомо, визначається будовою поздовжнього вертикального профілю лісової смуги в листяному стані, що зумовлює її аеродинамічні властивості. Визначення конструкцій смугових насаджень проводили згідно з ДСТУ 4874:2007 «Агролісомеліорація. Терміни і визначення понять».

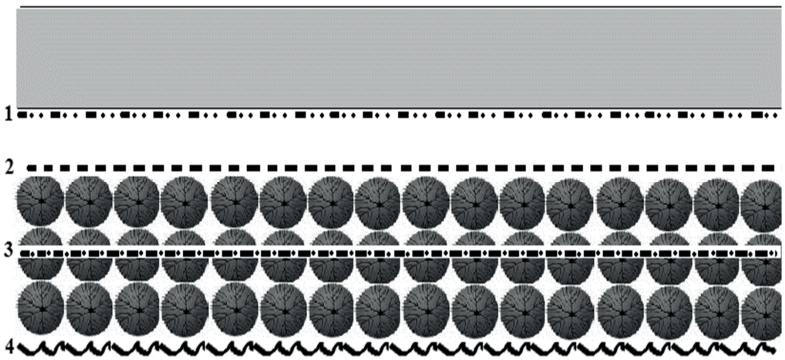

Рис. 1. Схема пунктів заміру шуму на пробних ділянках (1–4 – пункти заміру)

1. Характеристика придорожніх лісових смуг

№ з/п	Склад	Конструкція	Відстань від смуги до полотна дороги, м	Кількість рядів, шт.	Ширина смуги за проекцією крон, м	Місцезнаходження дослідної ділянки на дорожній мережі
1	10Клг	Продувна	11,2	2	12,4	М-06, 390 км
2	10Бп	Продувна	10,1	3	15,5	М-07, 403 км
3	10Влч	Продувна	11,4	2	12,6	М-07, 407 км
4	10Клг	Ажурна	10,6	2	15,5	М-06, 289 км
5	9Сз1Бп	Ажурна	11,7	3	15,3	М-19, 175 км
6	10Акб	Ажурна	10,3	2	10,8	Н-22, 76 км
7	10Гз	Щільна	10,8	3	15,2	М-06, 345 км
8	10Клг	Щільна	11,9	2	15,4	М-06, 346 км
9	10Клг	Щільна	11,0	4	20,3	М-19, 74 км

Відстань від смуг до полотна дороги становила від 10,1 до 11,9 м. Ширина смуг за проекцією крон – у межах 10,8–20,3 м, що залежить від величини самої ширини смуги (відстань між крайніми рядами з урахуванням ширини закрайок). Дослідження проводили на дорогах міжнародного (М 06 Київ – Чоп; М 07 Київ – Ковель – КПП «Ягодин»; М 19 Доманове (Волинська область) – Порубне (Чернівецька область)) та національного (Н 22 Устилуг – Луцьк – Рівне) значення.

Характеристика шуму на шляхах автомобільного транспорту залежить від організації руху, дорожніх умов, маси транспортних засобів та інтенсивності руху потоку автомобілів. Шум від автотранспорту генерується низкою складових: шум від зчеплення шин із дорожнім покриттям, аеродинамічний шум і шум від роботи двигунів.

2. Показники вимірювання рівня шуму, дБА

№ з/п	Склад	Біля полотна дороги	Перед смугою	Середина смуги	За смугою
Продувна конструкція					
1	10Клг	81±2,7	79±0,9	65±1,1	49±1,0
2	10Бп	80±1,8	82±1,2	62±1,0	55±2,0
3	10Влч	82±2,2	81±1,5	66±0,9	63±2,2
Середнє	-	80±0,8	81±1,2	64±1,7	57±5,7
Ажурна конструкція					
4	10Клг	82±1,0	80±2,0	66±0,9	62±2,5
5	9Сз1Бп	81±0,8	80±1,6	64±2,3	54±2,2
6	10Акб	81±1,3	81±1,4	66±2,0	63±1,9
Середнє	-	82±0,5	82±0,5	66±0,9	58±4,0
Щільна конструкція					
7	10Гз	82±0,6	83±0,7	65±1,0	52±2,2
8	10Клг	81±0,8	81±1,5	66±1,3	52±2,5
9	10Клг	80±1,2	78±1,8	67±0,8	57±2,1
Середнє	-	81±0,8	82±2,1	66±0,8	54±2,4
Ділянка дороги без насаджень*	-	82±0,8	81±0,5	76±1,0	69±2,0

*Заміри проводили на тій самій відстані від полотна дороги, що і з насадженнями.

3. Моделі шумопоглинання придорожніми лісовими смугами різних конструкцій

Конструкція	Модель	Показник достовірності апроксимації, R^2
Продувна	$y = -0{,}6098x^2 - 5{,}7317x + 107{,}93$	0,885
Ажурна	$y = -2{,}7778x^2 + 1{,}9136x + 102{,}16$	0,957
Щільна	$y = -4{,}2683x^2 + 8{,}1707x + 97{,}561$	0,956
Контроль	$y = -1{,}8293x^2 + 3{,}7805x + 98{,}171$	0,998

Показники акустичного навантаження на прилеглі до автомобільних доріг території визначали за описаною вище методикою. За контроль слугувала незахищена смугами ділянка дороги, де заміри проводили на тій самій відстані від полотна, що і з насадженнями. Отримані результати замірів заносили до журналу польових матеріалів. Абсолютні показники рівня шуму від роботи автомобільного транспорту наведено в табл. 2.

Під час розрахунків максимальна допустима похибка середнього арифметичного становила ± 5,7 дБА.

Моделювання залежностей між рівнем шуму та відстанню від джерела його генерації для придорожніх лісових смуг різних конструкцій виконано з використанням програмного забезпечення MS Excel. При цьому для побудови математичної моделі було використано поліноміальне рівняння другого ступеня із наведенням коефіцієнта апроксимації у розрізі конструкцій (табл. 3).

Особливості зменшення шумового забруднення під впливом придорожніх лісових смуг різних конструкцій відображено на лініях тренду, які описують значення рівня шуму на основі натурних вимірів (рис. 2).

За наведеними на рис. 2 лініями тренду, які показують зниження рівня шуму на підставі математичного моделювання, можна зробити висновок про те, що конструктивні особливості придорожніх лі-

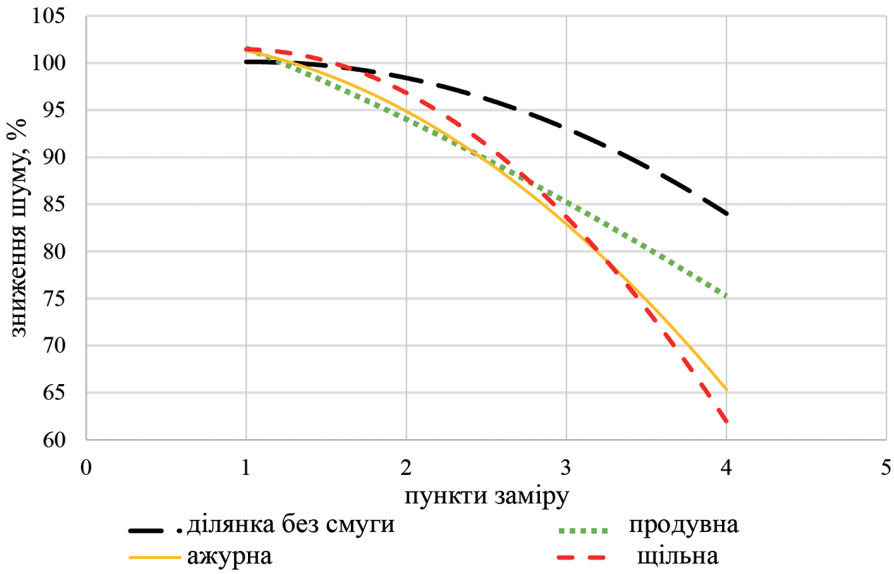

Рис. 2. Зниження рівня шуму на підставі математичного моделювання залежно від конструкції насаджень

сових смуг певною мірою впливають на зниження акустичного навантаження. На контрольній ділянці (без насаджень) рівень шуму на всіх пунктах заміру є найвищим, оскільки немає жодних перепон на шляху звукових хвиль. У розрізі конструкцій насаджень можна зауважити, що близькі шумопоглинальні властивості мають придорожні смуги ажурної та щільної конструкцій. Порівняно із контрольною ділянкою шумопоглинальна ефективність смуг саме таких конструкцій перебуває на рівні 20 %. Дещо меншим шумопоглинальним ефектом (на рівні 10 %) у пункті спостережень № 4 характеризуються смуги продувної конструкції.

У межах населених пунктів за браком придорожніх лісових смуг встановлюють шумозахисні екрани. Під час проектування та встановлення шумозахисних екранів уздовж шляхів інтенсивного руху автомобільного транспорту потрібно враховувати той факт, що відбита звукова хвиля не має повертатися до автомобілів. У придорожніх лісових смугах таке відбиття майже не спостерігається.

Шумозахисні екрани (акустичні екрани, шумозахисні бар'єри, акустичні бар'єри) – це перешкода на шляху поширення звукових хвиль. Шумозахисні екрани виготовляють з акрилу, монолітного полікарбонату, деяких видів композитних матеріалів. В умовах великих міст із таких матеріалів споруджують вертикальні стінки, які встановлюють уздовж автодоріг з інтенсивним рухом, залізничних колій, аеровокзалів і виробництв у випадку, якщо вони розташовані безпосередньо в житловій зоні (ISO 7235:2003).

Принцип роботи шумозахисних екранів полягає у тому, що вони формують зону акустичної тіні. Створення ефекту бар'єру для звукових хвиль може бути у тому випадку, коли вони у вертикальній проекції проходитимуть нижче цієї тіні. Тобто, якщо провести умовну лінію від джерела шуму до вершини екрана, то звукова хвиля не має до неї доходити (Farina, & Fausti, 1995). Досягти такого ефекту у штучних екранах доволі важко, а в захисних смугах такого недоліку немає. Придорожні лісові смуги не мають певні особливості шумозахисних екранів, проте значно ефективніше можуть розсіювати шум за рахунок своєї будови.

Шумозахисні екрани поділяють на шумопоглинальні та шумовідбивальні. Для шумопоглинальних екранів використовують спеціальні шумопоглинальні акустичні панелі з перфорацією. Такі панелі приймають на себе звукову хвилю, пропускають її всередину через отвори у фасадній стороні, де кінетична енергія звукової хвилі поглинається спеціальним акустичним матеріалом (багатошарове скло або перфорований металевий лист зі звукопоглинальною задньою стінкою). У результаті цього кінетична енергія звуку гаситься між двома шарами матеріалу.

Недоліки шумозахисних екранів полягають у такому: створюють відчуття обмеженості простору для водіїв; зменшують освітленість і обмежують огляд, спотворюють кольори і зображення; обмежують крокову доступність цієї ділянки траси (у разі необхідності надання негайної допомоги чи потреби негайного залишення ділянки). Ефективний захист від шуму спостерігається за висоти екранів не менше ніж 3–4 м, а запас по довжині має становити 5 м з обох сторін. На противагу шумозахисним бар'єрам придорожні лінійні насадження не мають зазначених недоліків і працюють у комплексному захисті шляхів автомобільного транспорту. Отримані показники щодо замірів рівня шуму в зоні дії шумозахисних екранів та без них наведено в табл. 4.

Згідно з отриманими показниками рівня шуму у зоні дії шумозахисних

4. Показники вимірювання рівня шуму в зоні дії шумозахисних екранів і без них

Місце виміру	Рівень шуму, дБА	% до контрольної ділянки
контроль		
біля полотна дороги	81±0,7	100
у зоні дії шумозахисних екранів		
перед екраном на відстані 5 м від дороги	75±0,8	93
за екраном на відстані 5 м	63±0,5	78
за екраном на відстані 10 м	60±1,0	74
без шумозахисних екранів		
на відстані 5 м від дороги	76±1,0	94
на відстані 10 м	72±1,2	89
на відстані 15 м	69±1,2	85

екранів прослідковується ефективне зменшення шумового навантаження для різних пунктів спостережень відповідно на 7,22 і 26 %. Без таких конструкцій на аналогічних відстанях від полотна дороги природне зниження рівня шуму становить 6, 11 і 15 %. Тобто на відстані 5 м від дороги на ділянках з екраном та без нього суттєвої різниці у зменшенні рівня шуму не спостерігається. На відстані 5–10 м за екраном рівень шуму на 11 % менший, порівняно із аналогічними пунктами заміру без такої конструкції.

Загалом можна констатувати, що безпосередньо за шумозахисними екранами у районі досліджень рівень шуму знижується до 60 дБА, а з відстанню цей показник, через природне послаблення звукових хвиль, ще зменшується. Завдяки цьому рівень шумового навантаження для населених пунктів згідно з ISO 7235:2003 лежить у межах норми.

Висновки і перспективи. За наведеними лініями тренду, які відображають зниження рівня шуму на основі математичного моделювання, можна зробити висновок, що конструктивні особливості придорожніх лісових смуг певною мірою впливають на зниження акустичного навантаження від роботи автомобільного транспорту на дорогах міжнародного і національного значення в умовах Західного Полісся. Близькі шумопоглинальні властивості зауважено у придорожніх лісових смугах ажурної та щільної конструкції. Порівняно із контрольною ділянкою їхня шумопоглинальна ефективність перебуває на рівні 20 %. Шумопоглинальний ефект на рівні 10 % мають смуги продувної конструкції.

Поряд із шумопоглинальними властивостями придорожні лісові смуги виконують комплекс важливих меліоративних функцій: протиерозійні, водорегулювальні, снігозатримувальні, екологічні, естетичні тощо. Цим вони не лише захищають шляхи автомобільного транспорту, а й поліпшують умови існування людини.

За браком придорожніх лісових смуг у межах населених пунктів встановлюють шумозахисні екрани. На відстані 5 м від полотна дороги на ділянках із шумозахисним екраном та без нього суттєвої різниці у зменшенні рівня шуму не виявлено. На відстані 5–10 м за екраном рівень шуму знижується на 11 %, порівняно із аналогічними пунктами заміру без такої конструкції. Шумозахисні екрани у районі досліджень сприяють зниженню рівня шуму до 60 дБА та менше, забезпечуючи виконання необхідних санітарних норм для населених пунктів.

Список літератури

Bobin, E. V. (1964). *Combating noise and vibration in railway transport*. Moscow: Transport [in Russian].

Bolshakov, N. M. (2006). *Recreational forest management*. Syktyvkar: SLI [in Russian].

Directive, C. (1988). 89/106/EEC Council Directive 89/106. EEC of 21 December 1988 on the approximation of laws, regulations and administrative provisions of the Member States relating to construction products. Available at https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/ALL/?uri=CELEX:31989L0106.

Farina, A., & Fausti, P. (1995). *Motorway traffic noise reduction by means of barriers: a design example based on prediction models and experimental verification*. Available at http://www.angelofarina.it/Public/Papers/074-ICA95.PDF.

Francois, S., Schevenels, M., Degrande, G., Borgions, J., & Thyssen, B. (2008). A 2.5 D finite element-boundary element model for vibration isolating screens. *Proceedings of ISMA2008 International Conference on Noise and Vibration Engineering*, *5*, 2765–2776.

GBN B 2 3-37641918-556-2015_Noise protection structures. Available at https://ukravtodor.gov.ua/4489/standarty_ta_normy/hbn_v_2_337641918_556_2015_avtomobilni_dorohy__sporudy_shumozakhysni__vymohy_do_proektuvannia.html [in Ukrainian].

Hewett, D. P., Langdon, S., & Chandler-Wilde, S. N. (2014). A frequencyindependent boundary element method for scattering by two-dimensional screens and apertures. *IMA Journal of Numerical Analysis, 35* (4), 1698–1728. http://doi.org/10.1093/imanum/dru043

Hladun, H. B., & Hladun, Yu. H. (2013). Protection of highways by forest plantations of linear type and their forecast volumes. *Scientific hanging UkrNDILGA*, *123*, 103–113 [in Ukrainian].

ISO 1996-1:2016. (2016). Acoustics – Description, measurement and assessment of environmental noise – Part 1: Basic quantities and assessment procedures.

ISO 7235:2003. (2003). Acoustics – Laboratory measurement procedures for ducted silencers and air-terminal units – Insertion loss, flow noise and total pressure loss.

Jonasson, H. G. (1972). Sound reduction by barriers on the ground. *Journal of Sound and Vibration, 22* (1), 113–126. http://doi.org/10.1016/0022- 460x(72)90849-8.

Kucheryavy, V. P. (2003). Phytomelioration: textbook manual for students natural and technical special higher education lock. Lviv: Svit [in Ukrainian].

Maekawa, Z. (1968). Noise reduction by screens. *Applied Acoustics*, *1* (3), 157–173. http://doi.org/10.1016/0003-682x(68)90020-0

Manojkumar, N., Basha, K., & Srimuruganandam, B. (2019). Assessment, Prediction and Mapping of Noise Levels in Vellore City, India. *Noise Mapping*, *6* (1), 38–51. http://doi.org/10.1515/noise-2019-0004

Osin, V. A. (1962). Influence of sound-absorbing and sound-insulating ability of green spaces to reduce city noise. *Urban improvement*, 115–123 [in Ukrainian].

Pavlishyna, O. M. (2009). Protective forest plantations of the southwestern railway. *Scientific Bulletin of NULES of Ukraine, 19* (15), 98–102 [in Ukrainian].

Pavlishyna, O. M. (2011). Noise-absorbing efficiency of protective forest plantations of railways. *Scientific Bulletin of NULES of Ukraine*, *164*(1), 202–210 [in Ukrainian].

Sheludchenko, B. A., & Vasyk, L. S. (2010). Rationale for the panels of the forest protection stripes of the road network. *Ecological safety and balanced nature management*, *2*, 35–41 [in Ukrainian].

Tsvetkov, P. A. (2000). *Fundamentals of forest ecology*. Krasnoyarsk: SibSTU [in Russian].

Ugnenko, E. B. (2008). *Methodology for the design of road reconstruction taking into account environmental indicators*. Kharkov: HNADU [in Ukrainian].

Ugnenko, E. B., & Gavrish, V. S. (2015). Determination of acoustic pollution of roadside space and the main noise characteristics of traffic flow. *Motorway of Ukraine*, *6*, 39–41. Available at http://nbuv.gov.ua/UJRN/au_2015_6_12 [in Ukrainian].

Maksimtsev, S. I., Dudarets, S. M. (2020). Noise-absorbing properties of road-wood forest strips of different structures in the conditions of Western Polisya*. Ukrainian Journal of Forest and Wood Science, 11* (3), 25–35. https://doi.org/10.31548/forest2020.03.003

In the modern conditions of society development the role of protective plantings is great importance. In particular, types of such plantations in the study are protective strips along the roads. At first

glance, it is difficult to trace the processes that take place in these lanes. However, by selecting the appropriate adapted research methodology, it is possible to trace these seemingly hidden functions.

The significance and relevance the use of roadside forest strips in the context of their noise-absorbing functions are presented. Attention is paid to the analysis of noise load for the operation of large vehicles on highways of international and national importance in the conditions of Western Polissya. An analysis of recent scientific publications with an emphasis on protective plantings as an effective means of preventing negative acoustic loads. The main purpose of the research was to determine the noise-absorbing properties of roadside forest belts depending on their design features and species composition. It is noted that the solution of program tasks of work is carried out with the use of special techniques of researches of noise-absorbing effect by protective forest plantations on transport ways. The comparative characteristic of noise-absorbing effect roadside forest strips and noise-protective screens are executed. On the basis of the conducted researches the mathematical models describing a decrease in noise level depending on a design of roadside forest strips are developed. The generalization of the experimental results showed that the roadside strips of dense and openwork structures are marked by the highest quality noise-absorbing effect. Noise protection screens in the study area help to reduce the noise level to 60 dB and less, it than ensure compliance with the necessary sanitary standards for settlements.

Keywords: *noise level, acoustic load, noise meter, mathematical model, noise protection screen.*

Отримано: 2020-08-15