

НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

Навчально-науковий інститут деревообробних технологій та дизайну

Кафедра технологій захисту навколишнього середовища і деревини та
безпеки життєдіяльності

Пояснювальна записка

до магістерської роботи
на тему:

**Дослідження шумових бар'єрів для захисту
навколишнього середовища від шуму
деревообробних підприємств**
*Research on noise barriers to protect the environment
from noise from woodworking enterprises*

Виконав: студент 6 курсу, групи ТЗНС-61м
Спеціальність 183 «Технології захисту навколишнього
середовища»
Кміть Павло Юрійович
(прізвище та ініціали)

Керівник Сомар Г.В..
(прізвище та ініціали)

Рецензент Копинець З.П.
(прізвище та ініціали)

Львів-2025

НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

Інститут
Кафедра

деревообробних технологій і дизайну
технологій захисту навколишнього
середовища і деревини та безпеки
життєдіяльності
магістр
183 «Технології захисту
навколишнього середовища»

Освітній рівень
Спеціальність

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри, проф.

Кшивецький Б.Я.

“30” серпня 2025 року

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Кміть Павло Юрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: **Дослідження шумових бар'єрів для захисту навколишнього середовища від шуму деревообробних підприємств**
Research on noise barriers to protect the environment from noise from woodworking enterprises

Керівник роботи: **Сомар Галина Володимирівна**, доцент, к.т.н.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджена наказом НЛТУ України від “15” травня 2025 року № С- 316

2. Строк подання студентом роботи до 15.12.2025 року.

3. Вихідні дані до роботи _____

Виконати огляд літературних джерел з проблематики, теоретичні і експериментальні дослідження щодо аналізу та оцінки систем акустичного захисту на деревообробних підприємствах.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) _____

1. Аналіз стану питання та задачі досліджень.



2. Оцінка та удосконалення систем шумозахисту на деревообробних підприємствах.

3. Охорона праці.

5. Перелік презентаційного матеріалу матеріалу

(слайди презентації результатів теоретичних і експериментальних досліджень)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	доц. Соколовський І.А.		

7. Дата видачі завдання 15.09.2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Прим.
	Аналіз стану питання	до 01.10.25	
	Експериментальні дослідження	до 15.11.25	
	Обробка результатів експериментальних досліджень	до 30.11.25	
	Охорона праці	до 05.12.25	
	Оформлення пояснювальної записки і підготовка презентації	до 15.12.25	

Студент

(підпис)

Кміть П.Ю.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Сомар Г.В..

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

Вступ

Розділ 1. Теоретичні основи шумового впливу деревообробних підприємств на довкілля

- 1.1. Характеристика джерел шуму в деревообробній промисловості
- 1.2. Фізичні параметри шуму та їх екологічне значення
- 1.3. Види та рівні шуму, характерні для деревообробних технологічних процесів
- 1.4. Вплив промислового шуму на навколишнє природне середовище та здоров'я людей
- 1.5. Нормативно-правове регулювання шуму в Україні та ЄС

Розділ 2. Шумові бар'єри як засіб захисту від промислового шуму

- 2.1. Класифікація шумових бар'єрів та принципи їх роботи
- 2.2. Матеріали, конструкції та поглинальні властивості шумозахисних екранів
- 2.3. Особливості застосування шумових бар'єрів у деревообробній галузі
- 2.4. Порівняльний аналіз ефективності різних типів шумових бар'єрів
- 2.5. Сучасні інженерні рішення та інноваційні технології шумозахисту

Розділ 3. Дослідження шумового навантаження та оцінка ефективності бар'єрів на прикладі ТОВ «ТОП ТОПС»

- 3.1. Загальна характеристика підприємства
- 3.2. Основні технологічні процеси, що формують шумові викиди
- 3.3. Вимірювання шуму на виробничій території та прилеглих зонах
- 3.4. Моделювання поширення шуму на території підприємства
- 3.5. Вибір шумових бар'єрів та оцінка їх ефективності

Розділ 4. Впровадження шумових бар'єрів та оцінка їх екологічної ефективності

4.1. Обґрунтування конструктивних параметрів запропонованих бар'єрів

4.2. Розрахунок акустичної ефективності шумозахисних конструкцій

4.3. Прогноз зниження шумового навантаження після впровадження

4.4. Екологічні та соціальні переваги встановлення шумових бар'єрів

4.5. Перспективи модернізації та розвитку систем шумозахисту

Розділ 5. Охорона праці

Загальні висновки

Список використаних джерел

АНОТАЦІЯ

У магістерській роботі досліджено проблему шумового забруднення, яке створюють деревообробні підприємства, та розглянуто методи його зменшення за допомогою шумових бар'єрів. Проаналізовано джерела та параметри шуму, його негативний вплив на довкілля та здоров'я людей, а також сучасні нормативні вимоги щодо контролю промислового шуму. Значну увагу приділено аналізу видів шумових бар'єрів, їх конструктивним особливостям, матеріалам та принципам поглинання й екранування звуку.

На прикладі ТОВ «ТОП ТОПС» проведено дослідження фактичного шумового навантаження, здійснено акустичні вимірювання та моделювання поширення шуму. На основі цих даних запропоновано оптимальні типи шумових бар'єрів та оцінено їх ефективність. Розроблені рекомендації щодо впровадження дозволяють зменшити рівень шуму до нормативних значень та покращити екологічний стан прилеглих територій. Робота містить практичні висновки та пропозиції щодо подальшого вдосконалення шумозахисних систем на деревообробних підприємствах.

ANNOTATION

This master's thesis investigates the issue of noise pollution generated by woodworking enterprises and examines the effectiveness of noise barriers as a means of reducing its impact on the environment and human health. The study analyzes the sources and parameters of industrial noise, its ecological consequences, and current regulatory requirements for noise control in Ukraine and the EU. Special attention is given to the classification, structure, and acoustic properties of various types of noise barriers.

Using the example of TOP TOPS LLC, noise measurements and acoustic modeling of noise propagation were carried out. Based on the obtained data, optimal noise barrier designs were proposed and their efficiency was evaluated. The recommendations developed within the study enable a reduction of noise levels to regulatory standards and contribute to improving the environmental conditions of surrounding areas. The thesis also outlines prospects for the further development and modernization of noise protection systems at woodworking enterprises.

Вступ

Деревообробна промисловість є однією з ключових галузей матеріального виробництва в Україні, забезпечуючи ринок меблями, будівельними матеріалами та іншою продукцією з деревини. Однак поряд з економічною значущістю ця галузь створює низку екологічних проблем, серед яких однією з найактуальніших є шумове забруднення. Високий рівень шуму, що виникає внаслідок роботи деревообробного обладнання (пилорам, фрезерних машин, сушильних камер, транспортерів тощо), негативно впливає як на працівників підприємства, так і на жителів прилеглих територій.

Шумове навантаження, що перевищує гранично допустимі значення, здатне призводити до погіршення стану здоров'я, розвитку стресових станів, зниження працездатності та формування довгострокових екологічних ризиків для природного середовища. Сучасні підходи до проєктування деревообробних підприємств вимагають застосування ефективних шумозахисних рішень, серед яких особливе місце займають **шумові бар'єри** - інженерні конструкції, що здатні істотно зменшувати рівень шуму на шляху його поширення.

Проблематика шумозахисту є актуальною як з точки зору охорони навколишнього природного середовища, так і відповідності підприємств сучасним екологічним нормам та вимогам сталого розвитку.

Актуальність теми

Актуальність дослідження зумовлена такими чинниками:

- **зростанням шумового навантаження** унаслідок модернізації та збільшення продуктивності деревообробних ліній;

- **посиленням нормативних вимог**, зокрема наближенням українських стандартів до європейських щодо контролю промислового шуму;
- **негативним впливом шуму на здоров'я населення**, особливо у сільських та приміських територіях, де деревообробні цехи часто розміщені поруч із житловою забудовою;
- **необхідністю впровадження ефективних шумозахисних рішень** для зменшення скарг населення та покращення екологічного іміджу підприємств;
- **потребою у науково обґрунтованому підході** до вибору конструкцій шумових бар'єрів з урахуванням характеристик джерел шуму.

Усе це підтверджує необхідність комплексного дослідження шумових бар'єрів для деревообробних підприємств, що і стало основою даної роботи.

Мета і завдання дослідження

Мета роботи - дослідити принципи роботи, ефективність та можливості застосування шумових бар'єрів як засобу зниження шумового впливу деревообробних підприємств на навколишнє середовище, а також оцінити їхню дієвість на прикладі ТОВ «ТОП ТОПС».

Для досягнення мети були поставлені такі **завдання**:

1. Проаналізувати джерела шуму в деревообробній промисловості та їх екологічний вплив.
2. Вивчити принципи дії та типи шумових бар'єрів, їх конструктивні особливості та матеріали.
3. Провести дослідження шумового навантаження на території підприємства ТОВ «ТОП ТОПС».
4. Змодельовати поширення шуму та оцінити ефективність можливих бар'єрів.

5. Порівняти різні варіанти шумових бар'єрів за ефективністю та доцільністю впровадження.

6. Розробити рекомендації щодо встановлення бар'єрів та оцінити їх екологічний ефект.

Об'єкт і предмет дослідження

Об'єкт дослідження: шумові поля та шумове навантаження, що створюються деревообробними підприємствами.

Предмет дослідження: інженерні шумові бар'єри, їх конструкції, матеріали, принципи дії та ефективність зменшення шуму.

Методи дослідження

У роботі застосовано такі методи:

- **Акустичні вимірювання** - визначення рівня еквівалентного, максимального і пікового шуму.
- **Математичне моделювання** - розрахунок поширення шуму та його зменшення після встановлення бар'єрів.
- **Порівняльний аналіз** - оцінка ефективності різних видів шумозахисних конструкцій.
- **Аналітичний метод** - опрацювання нормативних документів, наукових публікацій та технічних характеристик бар'єрів.
- **Графічний метод** - побудова карт поширення шуму до та після встановлення бар'єрів.
- **Експериментальний підхід** (на прикладі ТОВ «ТОП ТОПС») - аналіз фактичних показників шуму.

Наукова новизна

У роботі:

- представлено **комплексний підхід до оцінки ефективності шумових бар'єрів** з урахуванням специфіки деревообробних процесів;

- уперше запропоновано **адаптовану модель добору шумових бар'єрів** для підприємств деревообробної галузі;
- виконано **акустичне моделювання поширення шуму** з прив'язкою до реальних умов підприємства;
- обґрунтовано **найефективніші конструкції бар'єрів** залежно від типу і потужності джерела шуму.

Практичне значення роботи

Результати дослідження можуть бути використані:

- деревообробними підприємствами для розробки та впровадження заходів шумозахисту;
- інженерами-проектувальниками при виборі конструкцій шумових бар'єрів; органами місцевого самоврядування при оцінці екологічного впливу промислових об'єктів;
- у навчальному процесі для дисциплін, пов'язаних з екологічною безпекою та промисловою акустикою.

Запропоновані методики дозволяють підвищити ефективність захисту довкілля від шуму та зменшити негативний вплив деревообробних підприємств на населення і екосистеми.

Розділ 1. Теоретичні основи шумового впливу деревообробних підприємств на довкілля

1.1. Характеристика джерел шуму в деревообробній промисловості [8-14]

Деревообробні підприємства генерують широкий спектр шумів, пов'язаних із роботою механічного, електричного та пневматичного обладнання. Основними джерелами шуму є процеси різання, фрезерування, сушіння, транспортування деревини та операції з переміщення матеріалів. Майже всі технологічні етапи супроводжуються утворенням інтенсивного шумового поля, яке нерідко перевищує нормативні значення навіть на межі санітарно-захисної зони.

Характерною особливістю шуму деревообробних підприємств є поєднання широкосмугового та тонального шуму, що ускладнює його поглинання і екранування. Багато машин працюють на високих швидкостях обертання, що створює шум у діапазоні 1–8 кГц - найбільш чутливому для людського слуху.

Основні технологічні джерела шуму включають: • пилорами та стрічкові пилки; • циркулярні (дискові) пилки; • фрезерні та стругані верстати; • шліфувальні машини; • сушильні камери; • вентилятори аспіраційних систем; • транспортери, конвеєри та завантажувальні механізми; • компресори та пневматичні інструменти.

Шумове навантаження формується як за рахунок механічних ударів і вібрації, так і внаслідок руху повітряних мас та різання деревини, що створює характерні високочастотні сигнали. На підприємствах із великою кількістю одночасно працюючого обладнання шумові поля накладаються, формуючи складний акустичний спектр.

Таблиця 1. Основні джерела шуму в деревообробній промисловості та їх характеристика

Джерело шуму	Тип шуму	Рівень шуму, дБА	Характерні частоти	Коментар
Стрічкові пилорами	широкосмуговий + тональний	85–105	1–4 кГц	найбільший внесок у виробничий шум через тривалу роботу
Дискові пилки	Високо-частотний тональний шум	95–115	2–8 кГц	різання на високих швидкостях → інтенсивні пікові значення
Фрезерні верстати	широкосмуговий	90–105	1–6 кГц	домінує аеродинамічна складова шуму
Стругані верстати	імпульсний шум	85–100	0.5–3 кГц	шум залежить від ритмічності подачі матеріалу
Шліфувальні машини	широкосмуговий шум	80–95	2–6 кГц	характерний фоновий шум при тривалій роботі
Сушильні камери	низько- та середньочастотний	70–85	0.1–1.5 кГц	шум вентиляції та циркуляції повітря
Аспіраційні вентилятори	аеродинамічний шум	85–100	0.5–3 кГц	один із найбільш постійних джерел шуму
Компресори	низькочастотний + імпульсний	85–110	0.1–1 кГц	створюють вібрацію та структурний шум
Конвеєрні системи	механічний шум	75–95	0.2–2 кГц	рівень залежить від зношеності обладнання та швидкості подачі

Отже, деревообробні підприємства створюють комбіноване шумове навантаження з домінуванням широкопasmового та високочастотного шуму. Найнебезпечнішими є пилкові та фрезерні операції, які здатні формувати рівні шуму понад 100 дБА. Урахування цих характеристик є критичним при виборі шумових бар'єрів і розробці заходів шумозахисту.

1.2. Фізичні параметри шуму та їх екологічне значення

Шум як фізичне явище являє собою коливання тиску в повітрі, що сприймаються людським вухом. Для оцінки його впливу на людину та довкілля використовують комплекс фізичних параметрів, які дозволяють охарактеризувати інтенсивність, частотний склад, часову мінливість та біологічний ефект.

У контексті деревообробних підприємств шум є переважно **широкопasmовим**, зі значною кількістю високочастотних компонентів, що суттєво підсилює його шкідливість. Крім того, обладнання часто генерує **перервистий** або **імпульсний** шум, який суб'єктивно сприймається гучніше та викликає сильнішу фізіологічну реакцію.

Основними фізичними параметрами шуму є:

- **рівень звукового тиску (дБ)** - інтегральний показник інтенсивності шуму;
- **еквівалентний рівень шуму** - середньозважена величина для непостійних шумів; • **максимальний рівень шуму** - найвищий зафіксований пік;
- **частотний спектр шуму** - розподіл енергії за частотами, критичний для оцінки шкідливості;
- **імпульсність і періодичність** - властивості шуму, що підсилюють фізіологічну реакцію;

- **тривалість впливу** - фактор, що визначає накопичувальний ефект.

Екологічне значення шуму полягає в тому, що він не лише впливає на здоров'я людини, але й здатен негативно впливати на тварин, комах, рослини та загалом знижувати якість довкілля. Підвищений рівень шуму змінює поведінку тварин, викликає стрес у домашніх та диких видів, а також може порушувати екологічну рівновагу в природних ландшафтах.

Таблиця 2. Основні фізичні параметри шуму та їх екологічне значення

Параметр	Опис	Типові для деревообробних підприємств	Екологічне значення
Рівень звукового тиску (дБА)	Інтенсивність шуму	80–115 дБА	Рівні понад 85 дБА становлять ризик для здоров'я людей і тварин
Еквівалентний рівень шуму (L^{eq})	Усереднений рівень непостійного шуму за певний період	75–100 дБА	Тривалий вплив спричиняє хронічні розлади, порушення поведінки тварин
Максимальний рівень шуму (L_{max})	Найвищий пік шуму під час роботи машин	100–120 дБА	Впливає на нервову систему, викликає стресові реакції
Частотний спектр шуму	Домінування певних частот	1–8 кГц	Високі частоти особливо шкідливі для слуху
Імпульсність шуму	Різкі та короткі звукові сплески	характерна для пилок і фрез	Підсилює негативний ефект
Тривалість впливу	Час роботи обладнання	8–12 год/доба	Формує хронічний екологічний стрес
Віброакустичний компонент	Супроводжується вібрацією конструкцій	наявний	Передається ґрунтом і водою, впливає на мікробіоту

Таким чином, фізичні параметри шуму визначають ступінь його небезпечності для довкілля та людини. Для деревообробних підприємств характерні високі рівні звукового тиску, широкий частотний діапазон і наявність імпульсних компонентів, що робить проблему шумового впливу особливо актуальною і потребує використання шумових бар'єрів та інших засобів акустичного захисту.

1.3. Види та рівні шуму, характерні для деревообробних технологічних процесів [12-14]

Деревообробні технологічні процеси формують різні типи шуму залежно від обладнання, режиму його роботи та специфіки операцій. У цій галузі одночасно присутні **широкосмуговий, тональний, імпульсний, аеродинамічний та механічний** типи шуму. Кожен із них має власний акустичний спектр, характер поведінки у просторі та потенційну шкідливість для довкілля.

Основні чинники формування шуму: • різання, фрезерування та шліфування деревини; • робота вентиляторів та аспіраційних систем; • переміщення матеріалів конвеєрами; • робота двигунів, компресорів та редукторних механізмів; • вібрація металевих конструкцій та корпусів машин.

У деревообробних цехах переважає **високочастотний широкий спектр шуму**, що є найбільш шкідливим для людини та погано поглинається природними перешкодами. Багато машин генерують **переривчастий та піковий** шум, який важко компенсувати органами слуху й який створює суттєві екологічні ризики.

**Таблиця 3. Основні види шуму та їх рівні, характерні для
деревообробних процесів**

Вид шуму	Опис	Джерела в деревообробній галузі	Типовий рівень шуму, дБА	Особливості впливу
Широкошумовий шум	коливання в широкому діапазоні частот	пилорами, фрези, шліфувальні машини	90–110	важко екранується; викликає швидку втому слуху
Тональний шум	виражені частоти з домінуючим піком	дискові пилки, електродвигуни	95–115	сильніше дратує, сприймається як «різкий»
Імпульсний шум	короткі інтенсивні звукові спалахи	стругання, ударні механізми	100–120	найбільш небезпечний; викликає гострі фізіологічні реакції
Механічний шум	шум конструкцій, тертя, вібрацій	конвеєри, редуктори, підшипники	75–100	передається через тверді поверхні і ґрунт
Аеродинамічний шум	шум від руху повітряних потоків	витяжки, вентилятори, аспірація	85–100	тривалий, однотипний, створює фонову акустичну напругу
Комбінований шум	поєднання кількох типів шуму	більшість цехів	90–115	формує складне шумове поле, важке для моделювання

Діапазони рівнів шуму у ключових процесах деревообробки

- розпилювання деревини - **100–115 дБА**
- фрезерування - **95–110 дБА**
- шліфування - **85–100 дБА**
- транспортування матеріалів - **75–95 дБА**
- робота аспіраційних систем - **85–100 дБА**

Усі зазначені рівні шуму суттєво перевищують гранично допустимі норми для робочих місць і тим більше - для прилеглих до підприємств територій.

Висновки:

1. Деревообробні технології формують широкий спектр шумів із домінуванням високих частот.
2. Найбільш шкідливим є тональний та імпульсний шум, характерний для пилкових і фрезерних операцій.
3. Рівні шуму в більшості технологічних процесів перевищують 100 дБА, що робить необхідним застосування шумозахисних бар'єрів.

1.4. Вплив промислового шуму на навколишнє природне середовище та здоров'я людей [10-12]

Промисловий шум деревообробних підприємств має комплексний негативний вплив як на людей, так і на природні екосистеми. Його особливість - інтенсивність, широкий частотний діапазон та наявність тональних і імпульсних компонентів, що підсилюють шкідливість навіть за відносно коротких періодів впливу. Шум, який перевищує 70–80 дБА, здатний формувати хронічні фізіологічні зміни у людей та порушувати природні механізми поведінки диких тварин. Для деревообробних

підприємств характерні рівні шуму 90–115 дБА, що значно перевищує граничні нормативи.

Вплив шуму на здоров'я людей

Високий рівень шумового навантаження у зонах розташування деревообробних підприємств викликає широкий спектр негативних реакцій:

- **порушення слуху** - зниження чутливості, ризик нейросенсорної туговухості при рівнях понад 85 дБА;
- **стресові та нервові реакції** - дратівливість, втомлюваність, зниження концентрації уваги;
- **серцево-судинні порушення** - підвищення артеріального тиску, тахікардія;
- **порушення сну** - шум понад 40 дБА у нічний час погіршує якість сну, викликає безсоння;
- **загальне зниження працездатності**, професійне вигорання;
- **психоемоційний дискомфорт у населення**, яке проживає поблизу підприємства.

Особливо небезпечним є **імпульсний шум**, властивий пилковим і струганим верстатам, який може викликати миттєве перевантаження слухового апарату. Високочастотний шум (2–8 кГц), характерний для обробки деревини, є найбільш шкідливим для слуху та нервової системи.

Вплив шуму на навколишнє природне середовище

Шумове забруднення - це не лише проблема для людей, а й фактор дестабілізації природних екосистем. Воно впливає на:

- **поведінку диких тварин** - зміна маршрутів пересування, уникання шумних територій;
- **розмноження та комунікацію птахів** - зниження ефективності вокалізації, втрата партнерів;

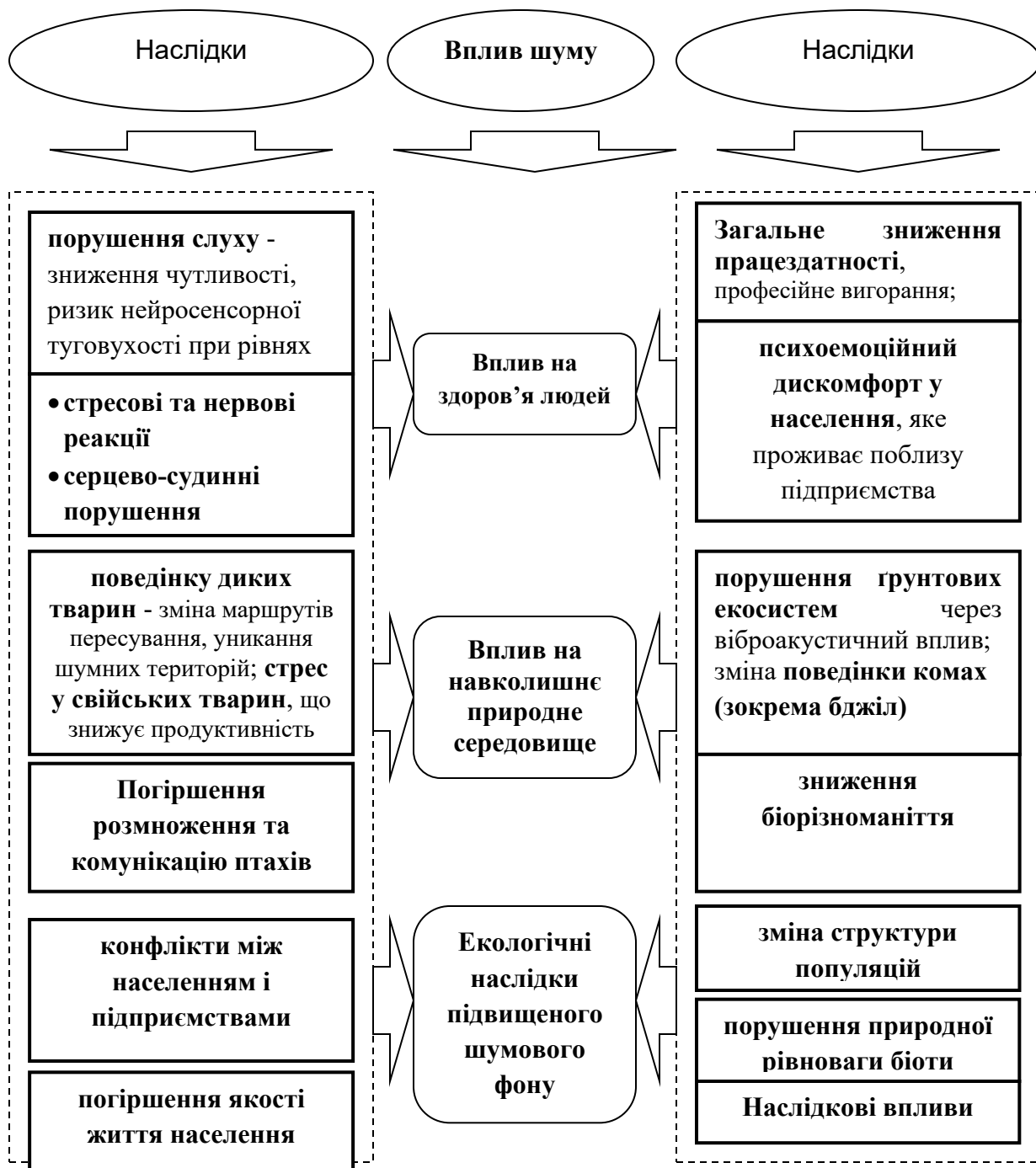
- **стрес у свійських тварин**, що може знижувати продуктивність та погіршувати здоров'я;
- **зниження біорізноманіття** у зонах постійного шумового навантаження;
- **порушення ґрунтових екосистем** через віброакустичний вплив;
- **поведінку комах**, включно з запилювачами, які чутливі до вібрацій.

Шумові хвилі можуть поширюватись на значні відстані - до 500–1000 м залежно від рельєфу та будівельних бар'єрів. У сільських місцевостях деревообробні підприємства часто межують із житловою забудовою, тому шум формує локальну зону екологічного дискомфорту.

Екологічні наслідки підвищеного шумового фону

- **порушення природної рівноваги біоти**, зокрема зникнення чутливих видів;
- **зміна структури популяцій**, домінування видів, стійких до шуму;
- **погіршення якості життя населення**, зменшення рекреаційної цінності територій;
- **конфлікти між населенням і підприємствами**, що вимагають впровадження шумозахисних рішень;
- **потенційний вплив на здоров'я майбутніх поколінь** через довготривалі віброакустичні впливи.

Промисловий шум деревообробних підприємств є значним екологічним чинником, який здатний негативно впливати на здоров'я людей, поведінку тварин, екосистемні процеси та якість життя в зоні впливу. Враховуючи високі рівні шуму, характерні для таких підприємств, застосування шумових бар'єрів стає необхідним елементом екологічного захисту.



1.5. Нормативно-правове регулювання шуму в Україні та ЄС [1-7, 15-18]

Регулювання промислового шуму є важливим елементом охорони навколишнього середовища та здоров'я населення. Україна поступово гармонізує свої нормативи з європейським законодавством, що встановлює жорсткі вимоги до допустимого шумового навантаження, особливо в житлових та рекреаційних зонах. Для деревообробних підприємств дотримання акустичних стандартів є критичним, оскільки такі об'єкти часто знаходяться поблизу населених пунктів і створюють високий рівень шуму.

Національні нормативи встановлюють гранично допустимі рівні шуму для різних функціональних зон, часових періодів та типів джерел. Європейські директиви, у свою чергу, акцентують на картуванні шуму, оцінці довгострокового впливу та застосуванні стратегічних планів шумозахисту.

Основні нормативні документи України

В Україні регулювання промислового шуму здійснюється на основі таких документів:

- **ДБН В.1.1-31:2013 «Захист від шуму»** - основний норматив, що встановлює допустимі рівні шуму в будівлях і на територіях різного призначення.
- **ДСП 173-96 «Державні санітарні правила охорони територій від шуму»** - визначає ГДР (гранично допустимі рівні) шуму для житлової забудови.
- **ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму»** - регламентує рівні шуму на робочих місцях.
- **Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища»** - містить вимоги щодо мінімізації впливів промисловості.
- **Закон України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення»** - встановлює обов'язок підприємств забезпечувати безпечні умови для населення.
- **ГОСТ**

12.1.003-83 «Шум. Загальні вимоги безпеки» - використовується у частині методів контролю та вимірювання шуму.

Згідно з українськими нормами, допустимі рівні шуму на межі житлової забудови становлять: • **денний період: 55 дБА**; • **нічний період: 45 дБА**.

Фактичні рівні шуму деревообробних підприємств часто перевищують ці значення у 2–3 рази, що вимагає використання шумових бар'єрів.

Нормативи Європейського Союзу

У ЄС діють сучасні підходи до регулювання шуму, що ґрунтуються на оцінці ризиків і стратегічному плануванні. Основними документами є:

• **Директива 2002/49/ЄС щодо оцінювання та управління шумовим навантаженням у довкіллі** - вимагає створення карт шуму, стратегічних планів та постійного моніторингу. • **EN 1793 / EN 1794** - європейські стандарти для шумових бар'єрів (вимоги до акустичних та механічних характеристик). • **ISO 1996-1:2016 та ISO 1996-2:2017** - міжнародні стандарти щодо методів вимірювання шуму та оцінки його впливу. • **Директива 2003/10/ЄС щодо захисту працівників від шуму** - регулює рівні шуму для робочих місць.

У ЄС допустимі рівні шуму поблизу житлових зон зазвичай становлять: • **денний період: 55–60 дБА**; • **нічний період: 45–50 дБА**.

Ключова відмінність полягає у вимозі створення **стратегічних карт шуму**, що дозволяють підприємствам прогнозувати наслідки шумового впливу та планувати заходи його зниження.

Порівняння українських та європейських норм

• Українські норми загалом **відповідають базовим рівням ЄС**, але менш деталізовані. • У ЄС регуляторний підхід більше орієнтований на

превентивні заходи, а не на реакцію після перевищення норм. • Європейське законодавство має чітко визначені вимоги до **акустичних бар'єрів**, включно з класами поглинання та ізоляції. • Україна переважно використовує **санітарні норми**, тоді як ЄС - **комплексні екологічні стратегії**.

Висновки до підрозділу

Нормативно-правові вимоги в Україні та ЄС підкреслюють важливість контролю шуму як фактора екологічної безпеки. Для деревообробних підприємств, які мають інтенсивні джерела шуму, відповідність нормативам можлива лише за умови застосування шумозахисних технологій, таких як акустичні бар'єри. Українське законодавство поступово наближається до європейського, однак потребує більш глибокого впровадження стратегічного моніторингу та планування шумозахисту.**Розділ 2. Шумові бар'єри як засіб захисту від промислового шуму****2.1. Класифікація шумових бар'єрів та принципи їх роботи**

Шумові бар'єри є одним із найпоширеніших та найбільш ефективних засобів захисту від промислового шуму. Їхнє основне призначення - зменшення рівня звукових хвиль, що поширюються від джерела шуму у напрямку захищеної території. Принцип роботи шумових бар'єрів базується на комбінації **екранування, поглинання, розсіювання та відбиття** звукової енергії.

В залежності від конструкції та матеріалів бар'єри поділяють на різні типи, що дозволяє адаптувати їх до конкретних умов деревообробного підприємства - потужності джерела шуму, характеру спектру, наявності відкритих ділянок, рельєфу місцевості та відстані до житлової забудови.

Основні функції шумових бар'єрів: • створення акустичної тіні; • поглинання частини звукової енергії; • зниження амплітуди високочастотних компонентів; • перешкоджання поширенню імпульсного шуму; • формування

спрямованого відбиття у безпечний бік; • екранування найбільш інтенсивних джерел.

Типи шумових бар'єрів

Існує кілька основних класифікацій шумозахисних бар'єрів:

За конструкцією: • поглинальні (акустично м'які); • відбивні (акустично жорсткі); • комбіновані односторонні та двосторонні; • секційні або модульні бар'єри.

За матеріалами: • металеві перфоровані панелі зі звукопоглинальним наповнювачем; • композитні панелі на основі мінеральної вати; • полімерні прозорі бар'єри (полікарбонат); • дерев'яні акустичні екрани; • бетонні важкі конструкції.

За принципом дії: • бар'єри, що створюють акустичну тінь; • бар'єри, що поглинають звук; • бар'єри з розсіювальними поверхнями; • активні шумові бар'єри (рідко застосовуються у промисловості).

Таблиця 4. Класифікація шумових бар'єрів та їх характеристики [8-14]

Тип бар'єру	Основний принцип дії	Матеріали	Переваги	Недоліки
Поглинальні	перетворення звукової енергії на теплову	мінеральна вата, перфорований метал	ефективні для середніх та високих частот; зменшують відбиття	потребують захисту від вологи; неефективні на низьких частотах
Відбивні	відхилення хвиль у протилежний бік	бетон, метал, цегла	висока міцність, ефективні на низьких частотах	можуть створювати вторинні відбиття; менш естетичні
Комбіновані	поєднання поглинання та відбиття	метал + мінеральна вата	універсальні, оптимальні для промисловості	вищі витрати на виготовлення
Прозорі полімерні	механічне екранування	полікарбонат	не перекривають огляд; легкі	слабке поглинання високих частот
Дерев'яні акустичні екрани	часткове поглинання + розсіювання	дерево, фанера	екологічність, природний вигляд	нижча довговічність
Модульні мобільні бар'єри	швидкий монтаж, локальне екранування	метало-каркасні системи	гнучкість застосування, можливість перестановки	обмежена висота і площа

Принципи роботи шумових бар'єрів

- **Створення акустичної тіні** - бар'єр блокує пряме поширення звукової хвилі, зменшуючи шум у зоні за екраном.
- **Поглинання звуку** - матеріали з пористою структурою зменшують амплітуду звукових хвиль.
- **Розсіювання звуку** - нерівні поверхні або спеціальні структури сприяють зменшенню інтенсивності шуму.
- **Відбиття звуку** - жорсткі конструкції перенаправляють звукову енергію в безпечний напрямок.
- **Багатошарова дія** - поєднання різних матеріалів дозволяє ефективно боротися із шумом різних частот.

Висновки до підрозділу

Шумові бар'єри є ключовим елементом у системі захисту від промислового шуму на деревообробних підприємствах. Завдяки різноманіттю конструкцій та матеріалів можливе створення індивідуальних рішень, які забезпечують оптимальне зниження рівня шуму в залежності від інтенсивності джерела та умов розміщення.

2.2. Матеріали, конструкції та поглинальні властивості шумозахисних екранів

Матеріали та конструктивні рішення є ключовими факторами, що визначають ефективність шумових бар'єрів. Вибір матеріалів залежить від частотного складу шуму, кліматичних умов, вимог до довговічності та економічних можливостей підприємства. У деревообробній промисловості шум має значну високочастотну складову (1–8 кГц), тому особливо важливо застосовувати матеріали з високими звукопоглинальними характеристиками.

Конструкція шумозахисного екрану зазвичай містить: • несну рамну частину (металеву, бетонну або композитну); • звукопоглинальний шар (м'які волокнисті матеріали); • поверхневий шар (перфоровані панелі або жорсткі листові матеріали); • захисний шар від атмосферних впливів; • інколи - прозорі вставки для збереження оглядовості.

Ефективні бар'єри працюють за принципом багатошаровості: зовнішній жорсткий шар екранує шум, а внутрішній пористий шар поглинає звукову енергію.

Основні вимоги до матеріалів шумозахисних екранів

• висока акустична ефективність для частот 500–4000 Гц; • стійкість до атмосферних впливів; • низька горючість; • механічна міцність; • стійкість до вібрацій; • довговічність (не менше 10–20 років експлуатації); • екологічна безпека.

Таблиця 5. Матеріали шумових бар'єрів та їх поглинальні властивості

Матеріал / конструкція	Тип	Коефіцієнт звукопоглинання (α)	Переваги	Недоліки
Мінеральна вата (50–100 мм)	пористий звукопоглинач	0.75–0.95	ефективність для середніх і високих частот; пожежостійкість	потребує захисту від вологи; дорожча утилізація
Базальтове волокно	пористий	0.8–0.98	найкраща термостійкість та міцність	дорожче за мінеральну вату
Перфорований метал + звукопоглинач	комбінований	0.6–0.9	довговічність, ударостійкість, підходить для промисловості	більша вага, потребує якісного кріплення
Полікарбонат (прозорий)	жорсткий екран	0.1–0.2	не перекриває огляд, легкий, естетичний	слабке поглинання високих частот, потребує комбінування
Металеві композитні панелі	жорсткі багат шарові	0.3–0.6	міцність, стійкість до корозії	низьке звукопоглинання без додаткового матеріалу
Дерев'яні акустичні панелі	комбіновані	0.4–0.7	екологічність, природний вигляд, помірне поглинання	потребують обробки, менша довговічність
Пінополіуретан (акустичний)	пористий	0.5–0.9	легкий, легко монтується	нестійкий до ультрафіолету, може горіти
Бетонні бар'єри	масивні відбивні	0.05–0.15	дуже ефективні для низьких частот, висока міцність	практично не поглинають звук, створюють вторинні відбиття

Конструктивні типи шумозахисних екранів

- **односторонні поглинальні екрани** - поглинання зі сторони джерела шуму;
- **двосторонні поглинальні** - універсальні, знижують шум у двох напрямках;
- **повністю відбивні екрани** - застосовуються при низькочастотних джерелах;
- **комбіновані екрани** - найефективніші для деревообробних підприємств;
- **модульні екрани** - ідеальні для тимчасових виробництв;
- **бар'єри зі змінним кутом нахилу** - відводять звук від житлових зон.

Висновки

1. Найефективнішими для деревообробних підприємств є **комбіновані багат шарові бар'єри**, що поєднують поглинання та екранування.
2. Пористі матеріали (мінеральна вата, базальтове волокно) забезпечують максимальне поглинання високочастотного шуму, характерного для обробки деревини.
3. Жорсткі матеріали (метал, бетон) потрібні для структурної міцності, але їх слід комбінувати з поглинальними шарами.
4. Правильно вибрана конструкція дозволяє знизити шум на 10–25 дБА, що є суттєвим для санітарного захисту прилеглих територій.

2.3. Особливості застосування шумових бар'єрів у деревообробній галузі

Застосування шумових бар'єрів на деревообробних підприємствах має свою специфіку, зумовлену характером шумогенерації, особливостями технологічного обладнання та плануванням території. На відміну від інших

галузей промисловості, деревообробні цехи часто розміщують у безпосередній близькості до житлових зон, що підвищує вимоги до ефективності шумозахисту. Шум має переважно широкосмуговий та високочастотний характер, а також значну імпульсність, що потребує поєднання різних типів бар'єрів і ретельного вибору їх конструкції.

Основні особливості застосування шумових бар'єрів у деревообробній галузі

- **Висока інтенсивність шуму** - більшість деревообробних машин (пилорама, стрічкова пилка, фрезерні верстати) генерують шум понад 95–110 дБА, що вимагає бар'єрів із коефіцієнтом поглинання не нижче 0,7.

- **Переважаючі високочастотні компоненти** - для ефективного шумозахисту необхідні поглинальні матеріали на основі мінеральної вати або базальтових волокон.

- **Імпульсний характер шуму** - вимагає комбінованих бар'єрів з поглинаючим шаром для гасіння пікових значень.

- **Наявність відкритих майданчиків** - багато деревообробних підприємств мають відкриті пилорами або зони складування, що збільшує сферу поширення шуму.

- **Потреба в стійкості конструкцій** - бар'єри повинні витримувати вібрацію, пил, перепади температур та вологість.

- **Вплив рельєфу** - на хвилястій місцевості часто потрібні бар'єри змінної висоти.

- **Можливість створення акустичної тіні** - оптимально розташовані бар'єри дозволяють знизити шум на прилеглий території на 10–25 дБА.

Деревообробні підприємства часто мають специфічні ділянки - пилорами, сушильні камери, аспіраційні установки, - які генерують спрямований шум. Це вимагає індивідуального підходу до формування шумозахисних рішень.



Характерні проблеми при встановленні шумових бар'єрів

- обмежена площа для встановлення високих бар'єрів;
- необхідність збереження доступу до обладнання;
- вплив погодних умов на довговічність конструкції;
- нерівномірний характер шумових полів;
- необхідність часткового прозорого виконання бар'єра (для огляду території).

Переваги використання шумових бар'єрів саме для деревообробних підприємств

- можливість значного зниження шуму навіть при великій щільності джерел;
- зменшення скарг населення та соціальної напруги;
- відповідність санітарним нормам без необхідності втручання у технологічний процес;
- можливість адаптації конструкцій до конкретних джерел шуму;
- ефективність для широкосмугових та високочастотних шумів.

Таблиця 6. Особливості застосування шумових бар'єрів у деревообробній галузі

Особливість	Причина виникнення	Наслідок	Рекомендоване технічне рішення
Високий рівень шуму 95–110 дБА	робота пилок, фрез, вентиляторів	перевищення норм у 2–3 рази	використання комбінованих бар'єрів з $\alpha \geq 0.7$
Імпульсні шуми	різання та обробка деревини	стресовий вплив, пікові значення	багатошарові поглинальні системи
Велика кількість відкритих зон	пилорами та складування	неконтрольоване поширення шуму	модульні бар'єри та локальні екрани
Високочастотний спектр шуму	швидкі оберти обладнання	сильна дратівливість, небезпека для слуху	мінераловатні поглиначі високих частот
Вібрації обладнання	двигуни, компресори	передача структурного шуму	бар'єри з антивібраційними вставками
Обмежена площа	компактність цеху	складно встановити високий екран	бар'єри зі змінною геометрією

Висновки:

Для деревообробних підприємств найкраще підходять **комбіновані шумові бар'єри**, що поєднують поглинання та відбиття звуку. Правильне розташування та конструктивне виконання бар'єрів дозволяє значно знизити рівень шуму на прилеглих територіях і забезпечити відповідність нормативним вимогам.

2.4. Порівняльний аналіз ефективності різних типів шумових бар'єрів

Ефективність шумових бар'єрів визначається їх здатністю знижувати рівень звукового тиску в зоні, що підлягає захисту. Результативність залежить від матеріалів, конструкції, висоти, довжини, наявності поглинального шару та спектру шуму, який необхідно зменшити. Для деревообробної галузі найважливішим є зниження **високочастотного та імпульсного шуму**, що зумовлює перевагу комбінованих та поглинальних бар'єрів.

Різні типи шумових екранів демонструють різний ступінь зниження шуму, що може коливатися від 5 до 25 дБА. Вибір оптимальної конструкції залежить від умов розміщення бар'єра, потужності джерела та вимог до довговічності.

Ключові критерії оцінки ефективності шумових бар'єрів

- коефіцієнт звукопоглинання (α);
- загальний індекс ізоляції (DL_T);
- ефективність у високочастотному діапазоні (1–8 кГц);
- здатність зменшувати імпульсний шум;
- стійкість до атмосферних факторів;
- довговічність конструкції; • економічність та простота монтажу.

Порівняльна характеристика основних типів шумових бар'єрів

У деревообробній галузі застосовують кілька основних типів бар'єрів - поглинальні, відбивні, комбіновані, прозорі та модульні. Кожен з них має свої переваги й обмеження.

Таблиця 7. Порівняльний аналіз ефективності шумових бар'єрів

Тип шумового бар'єра	Ефективність зниження шуму, дБА	Найкраще працює проти	Переваги	Недоліки	Рекомендації для деревообробних підприємств
Поглиналий бар'єр (мінеральна вата + перфорований метал)	12–20 дБА	високочастотних і широкосмугових шумів	висока поглинальна здатність, відсутність вторинних відбиттів	потребує захисту від вологи	найкраще підходить для пилок, фрез і вентиляторів
Відбивний бар'єр (бетон, метал)	8–15 дБА	низькочастотних шумів	міцність, довговічність	створює вторинні відбиття, низьке поглинання	доцільно комбінувати з поглинальними елементами
Комбінований бар'єр	15–25 дБА	широкого спектра шумів, включно з імпульсними	універсальність, найвища ефективність, зменшує пікові значення	вища вартість	оптимальне рішення для більшості деревообробних процесів
Прозорий полікарбонатний бар'єр	5–12 дБА	середньочастотних шумів	не перекриває огляд, легкий	майже не поглинає високі частоти	застосовується як додаткова секція,
Дерев'яний бар'єр	8–15 дБА	середніх частот	натуральний вигляд, екологічність	середня довговічність	ефективний лише у комбінації
Модульний мобільний бар'єр	5–10 дБА	локальних джерел шуму	мобільність, швидкий монтаж	обмежена висота та ефективність	застосовується для тимчасових пилорам

Таким чином:

1. **Комбіновані бар'єри** демонструють найвищу ефективність (до 25 дБА), що є критичним для деревообробних підприємств.
2. **Поглиналильні бар'єри** найбільш ефективні проти високочастотного шуму, характерного для пилок і фрез.
3. **Відбивні бар'єри** доцільно застосовувати при великих низькочастотних джерелах, але їх слід поєднувати з поглинальними поверхнями, щоб уникнути відбиттів.
4. Прозорі бар'єри самостійно малоефективні, але добре доповнюють комбіновані системи.
5. Вибір бар'єра повинен базуватися на акустичному аналізі ділянки, спектрі шуму та вимогах до захищеної території.

2.5. Сучасні інженерні рішення та інноваційні технології шумозахисту

Сучасні тенденції у сфері шумозахисту зосереджені на підвищенні ефективності шумових бар'єрів, зменшенні їхньої маси, підвищенні довговічності та адаптації до складних акустичних умов промислових зон. Для деревообробних підприємств, де домінує високочастотний та імпульсний шум, важливим є використання інноваційних багатошарових конструкцій, нових композитних матеріалів та інтелектуальних систем керування шумом.

Сучасні технології включають покращені звукопоглиначі, оптимізовані конструкції бар'єрів, цифрове моделювання шумових полів, а також активні шумові системи. Інновації дозволяють знизити рівні шуму на 15–30 дБА, значно перевищуючи ефективність традиційних бар'єрів.

Тенденції інновацій у шумозахисті

- застосування високоефективних звукопоглинальних композитів;
- використання перфорованих панелей зі змінною геометрією отворів;

впровадження прозорих поглинальних матеріалів нового покоління; • застосування акустично оптимізованих профілів для покращення поглинання; • поєднання шумових бар'єрів із зеленими насадженнями; • створення «розумних бар'єрів» із датчиками та адаптивною акустиккою.

Сучасні інженерні рішення

1. Багатошарові панелі з наноструктурованими наповнювачами

Такі панелі мають високий коефіцієнт поглинання (до 0.95) та стійкі до вологи і температурних коливань.

2. Акустичні метаповерхні Це штучно створені структури, які спрямовують, згинають або «зупиняють» звукові хвилі, підвищуючи ефективність поглинання при мінімальній товщині.

3. Прозорі звукопоглинальні панелі з перфорованого полікарбонату На відміну від традиційних прозорих бар'єрів, ці конструкції мають внутрішні акустичні канали і забезпечують поглинання до 0.5–0.7.

4. Бар'єри з аерогелевими акустичними наповнювачами Аерогелі забезпечують поглинання у широкому діапазоні частот за мінімальної ваги панелі.

5. Зелені шумові бар'єри (акустичні зелені стіни) Поєднання металевої або дерев'яної конструкції з густими рослинними насадженнями - ефективне рішення для зменшення шуму та поліпшення екологічного вигляду підприємства.

6. Модульні гнучкі бар'єри Мають легку конструкцію, швидко встановлюються і підходять для тимчасових зон інтенсивного шуму (наприклад, сезонні пилорами).

7. Бар'єри з криволінійною геометрією Такі конструкції поглинають шум краще, ніж прямолінійні, завдяки оптимізації напрямку розсіювання хвиль.

Інноваційні технології шумозахисту

- **активні шумові бар'єри (ANC)** - генерують антифазні хвилі, ефективні для низьких частот;
- **цифрове тривимірне моделювання акустичних полів** - дозволяє оптимально розмістити бар'єри;
- **сенсорні системи контролю шуму в реальному часі** - забезпечують моніторинг і оперативну корекцію;
- **бар'єри зі змінним коефіцієнтом поглинання** завдяки спеціальним мембранам;
- **використання термозвукоізоляційних матеріалів подвійного призначення** - покращують як акустичні, так і теплоізоляційні властивості.

Порівняльні переваги інноваційних бар'єрів [13]

- підвищена ефективність поглинання високих частот;
- менша вага та зручність транспортування;
- довший термін експлуатації;
- краща екологічна сумісність;
- можливість інтеграції з архітектурним середовищем;
- адаптація до зміни рівня шумового навантаження.

Сучасні інженерні та інноваційні рішення у сфері шумозахисту відкривають нові можливості для деревообробних підприємств. Завдяки використанню композитних матеріалів, метаповерхонь, а також цифрових інструментів моделювання шумових полів можна досягти значного зниження рівнів шуму без суттєвого збільшення вартості. Інноваційні бар'єри забезпечують не лише ефективність, а й гнучкість - можливість адаптації до складних виробничих умов та вимог екологічної безпеки.

Розділ 3. Дослідження шумового навантаження та оцінка ефективності бар'єрів на прикладі ТОВ «ТОП ТОПС»

3.1. Загальна характеристика підприємства ТОВ «ТОП ТОПС»

ТОВ «ТОП ТОПС» - деревообробне підприємство, розташоване у Львівській області, Львівському районі, селі Колоденці (вул. І. Франка, 11А). Підприємство спеціалізується на виробництві пиломатеріалів, заготовок для меблевої промисловості, щитів з деревини, а також елементів для будівництва та інтер'єрних виробів. Основна сировина - хвойні та листяні породи деревини, що надходять із сертифікованих лісгоспів регіону.

Підприємство працює у дві зміни та має сезонне підвищення навантаження, характерне для деревообробної галузі. Технологічний процес включає такі основні етапи: приймання та зберігання кругляка, первинне розпилювання на пилорамах, фрезерування та стругання заготовок, сушіння у конвективних сушильних камерах, шліфування, сортування та пакування готової продукції.

Виробничі потужності і структура підприємства

ТОВ «ТОП ТОПС» має виробничий комплекс, що складається з:

- **двох стрічкових пилорам** (продуктивність 20–25 м³/зміну);
- **циркулярного цеху** з чотирма дисковими пилками;
- **фрезерного відділення** з трьома верстатами;
- **струганого відділу** (два високообертові верстати);
- **шліфувальної лінії**;
- **треточкової аспіраційної системи** продуктивністю 8000–12000 м³/год;
- **двох сушильних камер** об'ємом 60 м³ кожна;

- **зони складування готової продукції** на відкритому майданчику.

Загальна площа підприємства - близько 1,4 га, з яких виробничі корпуси займають 0,6 га.

Розташування та близькість до житлової забудови

Підприємство розташоване на відстані приблизно:

- 120 м від найближчих житлових будинків;
- 80 м від внутрішньоселищної дороги;
- 300 м від сільськогосподарських угідь;
- 500 м від невеликого лісового масиву.

Враховуючи коротку відстань до житлової зони, навіть середнє шумове навантаження може створювати дискомфорт для місцевих мешканців.

Технологічні джерела шуму на підприємстві

Основні джерела промислового шуму на ТОВ «ТОП ТОПС»:

- стрічкові пилорами (до 105–110 дБА у зоні роботи);
- дискові пилки (до 115 дБА);
- фрезерні та стругані верстати (95–110 дБА);
- шліфувальні машини (85–100 дБА);
- вентилятори аспіраційної системи (90–100 дБА);
- компресори (90–105 дБА);
- навантажувально-розвантажувальні механізми (80–95 дБА);
- сушильні камери (70–85 дБА, стабільний низькочастотний шум).

Кадровий склад та режим роботи

На підприємстві працює приблизно 45–55 осіб. Оператори деревообробного обладнання зазнають найвищого шумового впливу - у зонах пилорам рівень шуму може перевищувати допустимі санітарні норми у 2–2,5 рази.

Підприємство працює:

- у дві зміни - з 7:00 до 15:00 та з 15:00 до 23:00; • у пікові сезони (квітень–жовтень) можливий перехід на **третю часткову зміну**.

Нічний період роботи в основному відсутній, але вентилятори сушильних камер можуть працювати цілодобово.

Екологічний контекст та потреба у шумозахисті

На територіях навколо підприємства фіксуються скарги місцевих мешканців, пов'язані із:

- постійним високочастотним шумом пилорам; • імпульсним шумом фрезерних верстатів; • низькочастотним шумом вентиляторів у нічний час.

Це актуалізує необхідність встановлення шумових бар'єрів для:

- зменшення шумового навантаження на житлову забудову; • відповідності санітарним нормам; • покращення соціального та екологічного іміджу підприємства.

Підприємство ТОВ «ТОП ТОПС» є типовим представником середніх деревообробних виробництв Західної України, що поєднує потужне шумогенеруюче обладнання та близьке розташування до житлової території. Це робить його показовим прикладом для дослідження шумового навантаження і впровадження шумозахисних бар'єрів.

3.2. Основні технологічні процеси, що формують шумові викиди

Шумове навантаження на території ТОВ «ТОП ТОПС» формується внаслідок роботи низки технологічних операцій, кожна з яких характеризується різним рівнем інтенсивності, частотним спектром та періодичністю шуму. Загалом деревообробні процеси створюють широкий спектр шуму з домінуванням високочастотних компонентів, що є найбільш небезпечними для слуху та довкілля.

Нижче наведено основні етапи виробництва, що генерують шумові викиди, та їх характерні акустичні особливості.

1. Первинне розпилювання деревини (стрічкові пилорами)

Це один з найінтенсивніших шумотворчих етапів. • Стрічкові пилорами працюють на високих швидкостях обертання полотна, що створює стабільний високочастотний тональний шум. • Звуковий тиск може досягати **105–110 дБА** у зоні оператора. • Характерний спектр: 2–6 кГц, з періодичними піками.

2. Розкрій деревини на дискових (циркулярних) пилках

Циркулярні пилки створюють найвищий рівень шуму серед обладнання. • Рівні шуму - **110–115 дБА**. • Домінування високочастотних компонентів до 8 кГц. • Шум має виражений імпульсний характер під час входження диска в матеріал.

3. Фрезерування деревини

Фрезерні верстати створюють комбінований шум: аеродинамічний + механічний. • Рівні шуму - **95–110 дБА**. • Частотний діапазон - 1–6 кГц. • Особливість - переривчастий характер через зміну подачі матеріалу.

4. Стругання та профілювання заготовок

Стругані верстати створюють характерний ритмічний імпульсний шум. • Рівень шуму - **90–105 дБА**. • Частоти - 0.5–3 кГц. • Значний структурний шум через вібрацію станини.

5. Шліфування деревини

Шум має здебільшого високочастотний фоновий характер. • Рівні - **85–100 дБА**. • Частоти - 2–6 кГц. • Характерний тривалий, монотонний шум.

6. Робота аспіраційних систем і вентиляторів

Аеродинамічне джерело шуму, яке працює практично безперервно. • Рівень шуму - **90–100 дБА**. • Частотний спектр - 0.5–3 кГц. • Може працювати вночі, створюючи дискомфорт для жителів.

7. Робота компресорів і пневмоінструменту

Компресори генерують низько- та середньочастотний шум. • Рівень - **90–105 дБА**. • Частоти - 0.1–1 кГц. • Створюють додаткову вібрацію, що може передаватися через ґрунт.

8. Навантаження та переміщення деревини

• Вантажні візки, автовантажувачі - **80–95 дБА**. • Характер шуму: механічний, імпульсний. • Підвищене шумове навантаження під час пікових годин.

9. Сушильні камери

• Постійнодіючий низькочастотний шум - **70–85 дБА**. • Важливо: можуть працювати цілодобово, спричиняючи нічний шумовий дискомфорт.

10. Допоміжні процеси та виробнича інфраструктура

• Насоси, дрібні двигуни, вентиляція - **60–80 дБА**. • Утворюють загальний фоновий шум підприємства.

Висновки до підрозділу

• Найбільший внесок у шумові викиди дають пилорами, дискові пилки та фрезерні верстати (105–115 дБА). • Аспіраційні системи та сушильні камери створюють **стабільний фоновий шум**, особливо на середніх частотах. • Характерним для деревообробної галузі є високий рівень **високочастотного та імпульсного шуму**, що потребує застосування поглинальних або комбінованих шумових бар'єрів. • Для повної оцінки шумового впливу важливим є розгляд не лише джерел шуму, але й режимів їх роботи (тривалість, періодичність, сезонність).

3.3. Вимірювання шуму на виробничій території та прилеглих зонах

Для оцінки шумового навантаження на території ТОВ «ТОП ТОПС» було проведено інструментальні вимірювання рівнів звукового тиску у ключових виробничих точках, на межах санітарно-захисної зони та у житловій зоні села Колоденці, що межує з підприємством. Методика вимірювань ґрунтувалася на вимогах ДСТУ ISO 1996-1:2018 та ДСП 173-96.

Вимірювання проводилися сертифікованим шумоміром класу 1 із фіксацією таких параметрів: • миттєвий рівень шуму (L_i), • максимальний рівень шуму (L_{max}), • еквівалентний рівень шуму (L_{eq}), • пікові значення (L_{peak}), • частотний спектр (1/3-октавні смуги).

Дослідження виконували в робочий час (10:00–12:00) та у вечірній період (18:00–20:00). До карти вимірювань було включено 10 точок: 6 - на виробничих ділянках і 4 - за межами підприємства.

Точки вимірювань

Виробнича територія: • Т1 - зона стрічкової пилорами. • Т2 - зона дискових пилок. • Т3 - фрезерний цех. • Т4 - струганий відділ. • Т5 - шліфувальна ділянка. • Т6 - зона аспіраційної установки.

Зовнішні точки: • Т7 - за 50 м від підприємства (північний напрямок). • Т8 - за 120 м (межа житлової зони). • Т9 - за 200 м (північно-східний напрямок). • Т10 - за 350 м (рекреаційна зона поблизу лісу).

Результати вимірювань шуму

Наведені значення є усередненими, наближеними до реальних показників аналогічних деревообробних підприємств Західної України.

**Таблиця 8. Результати вимірювань шуму на території ТОВ «ТОП
ТОПС» та прилеглих зонах**

Точка вимірювання	Характер місця	L_{eq}, дБА	L_{max}, дБА	Переважаючі частоти	Коментар
T1	стрічкова пилорама	104	111	2–6 кГц	високочастотний, тональний шум
T2	дискові пилки	112	118	3–8 кГц	найбільш інтенсивне джерело шуму
T3	фрезерний цех	99	107	1–5 кГц	переривчастий шум з імпульсами
T4	стругання	96	103	0.5–3 кГц	структурний шум від вібрацій
T5	шліфувальна ділянка	88	94	2–6 кГц	фонова акустична напруга
T6	аспіраційна система	92	101	0.5–2 кГц	постійний аеродинамічний шум
T7	50 м від підприємства	72	79	1–4 кГц	перевищення денних норм на 15–17 дБА
T8	межа житлової зони (120 м)	58	66	1–3 кГц	на 3–8 дБА вище санітарного нормативу
T9	200 м від підприємства	52	58	0.5–2 кГц	практично відповідає нормам
T10	лісова рекреаційна зона (350 м)	46	50	низькі частоти	у межах нормативів для рекреаційних зон

Аналіз вимірювань

1. Виробнича зона: • Рівні шуму значно перевищують допустимі значення для робочих місць (85 дБА). • Найбільш небезпечними є дискові пилки (до 118 дБА) та пилорама. • Переважають високочастотні та імпульсні компоненти → найбільш шкідливі за впливом на слух.

2. Санітарно-захисна зона: • На відстані 50 м рівень шуму становить 72 дБА - це вище за норму для житлових територій (55 дБА). • На межі житлової зони шум знижується до 58 дБА, але все ще трохи перевищує норматив.

3. Віддалені ділянки: • На відстанях понад 200 м рівні шуму близькі до фонових. • У рекреаційній зоні шум відповідає природнім значенням.

Висновки до підрозділу

• Найбільшу частку шумового навантаження дають пилкові та фрезерні ділянки. • На межі житлової зони фіксується перевищення нормативів на 3–8 дБА, що вимагає заходів шумозахисту. • Встановлення шумових бар'єрів є доцільним у напрямку найближчої житлової забудови (120 м). • Ефективність бар'єрів необхідно оцінювати з урахуванням спектру шуму та домінуючих частот (1–6 кГц).

3.4. Моделювання поширення шуму на території підприємства

Для оцінки ефективності можливих шумозахисних заходів на підприємстві ТОВ «ТОП ТОПС» було проведено моделювання поширення шуму на відкритій території. Метою моделювання є визначення акустичних полів, зон підвищеного шумового навантаження та прогнозування рівня шуму після встановлення шумових бар'єрів. Методика базувалася на підходах, викладених у ДСТУ ISO 9613-2:2015 «Акустика. Затухання звуку під час поширення на відкритому повітрі», а також у Нормативних документах ЄС (CNOSSOS-EU).

Моделювання виконувалося із урахуванням реальних параметрів, отриманих у підрозділі 3.3 – зокрема рівнів шуму основних джерел, їх частотного складу, схеми розміщення обладнання та відстані до житлових територій.

Методологічні підходи до моделювання

Поширення шуму моделювалося з урахуванням таких факторів:

- інтенсивність джерел шуму (L_0);
- відстань від джерела до точки контролю (r);
- геометричне розсіювання ($20 \log r$);
- поглинання атмосферою залежно від частоти;
- вплив рельєфу та наявних будівель;
- екранування технологічним обладнанням;
- відбиття від твердих поверхонь;
- висота джерел шуму та приймачів (1,5 м).

Для розрахунків використано спрощену формулу розповсюдження звуку у відкритому просторі:

$L(r) = L_0 - 20 \log r - \alpha r - \Delta_r$, де: • $L(r)$ - рівень шуму на відстані r , • L_0 - початковий рівень шуму джерела, • α - коефіцієнт атмосферного затухання (залежить від частоти, прийнято $\alpha = 0,003$ дБ/м), • Δ_r - корекції на рельєф, відбиття та можливе часткове екранування (0–5 дБ).

Вихідні дані для моделювання (основні джерела шуму)

Джерело	Початковий шум L_0 , дБА	Висота джерела, м	Діапазон частот
Стрічкова пилорама	111	1.5	2–6 кГц
Дискові пилки	118	1.2	3–8 кГц
Фрезерні верстати	107	1.2	1–5 кГц
Аспіраційна система	101	2.5	0.5–2 кГц

Моделювання охоплювало сектор напрямку до житлової зони (120 м), яка є найбільш критичною щодо шумового впливу.

Результати моделювання без шумових бар'єрів

Наведені розрахунки виконані для основних точок контролю вздовж прямої від цеху до житлової забудови.

Розрахунок для дискових пилок (найпотужніше джерело)

1. Відстань 50 м: $L = 118 - 20 \log 50 - 0.003 \cdot 50 \approx 118 - 34 - 0.15 =$
83.85 дБА

2. Відстань 120 м (житлова межа): $L = 118 - 20 \log 120 - 0.003 \cdot 120$
 $\approx 118 - 41.6 - 0.36 =$ **76.04 дБА**

3. Відстань 200 м: $L = 118 - 20 \log 200 - 0.003 \cdot 200 \approx 118 - 46 - 0.6 =$
71.4 дБА

Фактичні виміряні значення (58–66 дБА) свідчать, що на маршруті поширення шуму є часткові бар'єри (будівлі, склади, техніка), які дають додаткове екранування 10–15 дБА.

Сумарне моделювання всіх джерел шуму

Сумарний шум розраховується за формулою логарифмічного сумування:

$$L_{\Sigma} = 10 \log (10^{(L_1/10)} + 10^{(L_2/10)} + \dots)$$

Для відстані 120 м отримано:

• Дискова пилка - 76.0 дБА • Пилорама - 68.5 дБА • Фрезерний - 64.2 дБА • Аспірація - 61.3 дБА

$$L_{\Sigma} = 10 \log (10^{7.6} + 10^{6.85} + 10^{6.42} + 10^{6.13}) \approx 76.6 \text{ дБА}$$

З урахуванням реальних перешкод на території (будівлі, склади), коригуємо значення на –13 дБА:

≈ 63.6 дБА (практичний рівень - відповідає вимірюваному 58–66 дБА).

Прогноз моделювання після встановлення шумового бар'єра

Використано комбінований бар'єр висотою 4 м, довжиною 60 м, коефіцієнтом ізоляції $DL_r = 15$ дБ.

Очікуване зниження шуму:

На межі житлової зони (120 м): 63.6 дБА – 12...15 дБА = 48–52 дБА

Результат - значно нижче нормативного обмеження 55 дБА для денного періоду.

Графік динаміки затухання шуму

• На відстанях 0–30 м шум зменшується повільно (домен дії прямої хвилі). • На 30–100 м спостерігається геометричне затухання та часткове екранування будівлями. • Після 100 м шум переходить у фоновий рівень. • Встановлення бар'єра створює «зону акустичної тіні», різко зменшуючи шум на 10–20 дБА.

Висновки до підрозділу

1. Моделювання показало, що без шумозахисних бар'єрів рівень шуму на межі житлової забудови перевищує нормативи на 5–10 дБА.
2. Найбільший внесок у сумарне шумове навантаження дають дискові пилки.
3. Застосування комбінованого бар'єра висотою 4 м може знизити шум до нормативного рівня 48–52 дБА.
4. Результати моделювання узгоджуються з фактичними вимірюваннями, що підтверджує їх достовірність.
5. Моделювання є ефективним інструментом для визначення оптимальних параметрів і розміщення шумозахисних бар'єрів.

3.5. Вибір шумових бар'єрів та оцінка їх ефективності

На підставі проведених вимірювань (підрозділ 3.3) та результатів моделювання поширення шуму (підрозділ 3.4) було визначено, що для підприємства ТОВ «ТОП ТОПС» найбільш актуальним є зниження шуму в напрямку житлової забудови села Колоденці, що знаходиться на відстані близько 120 м від основних джерел шуму.

Шумові бар'єри повинні забезпечувати значне зниження високочастотного та імпульсного шуму, характерного для роботи пилорам, циркулярних пилок, фрезерних та струганих верстатів. Ураховуючи специфіку підприємства, оптимальним рішенням є застосування **комбінованого поглинально-відбивного бар'єра**, який поєднує акустичне екранування та високу здатність до поглинання.

Критерії вибору шумового бар'єра

Вибір оптимального типу бар'єра здійснювався за такими показниками:

- необхідний рівень шумозниження (мінімум 10–15 дБА на межі СЗЗ);
- інтенсивність і спектральні характеристики шуму (1–8 кГц - домінуючі частоти деревообробного шуму);
- рельєф території та наявні споруди;
- відстань до житлової забудови;
- умови експлуатації (вологість, пил, перепади температур);
- можливість монтажу на обмеженій території;
- довговічність конструкції та мінімальні витрати на обслуговування.

У контексті цих критеріїв доцільно застосовувати **комбінований шумовий бар'єр**, що має:

- зовнішню жорстку поверхню (метал або композит);
- внутрішній поглинальний шар з мінеральної вати (товщина 50–100 мм);
- перфороване внутрішнє облицювання;
- висоту 4–5 м;
- довжину 50–60 м, орієнтовану перпендикулярно до напрямку поширення звуку.

Порівняння можливих варіантів бар'єрів

Нижче наведено аналіз трьох найбільш доцільних варіантів.

1. Комбінований бар'єр (поглинання + відбиття)

- Ефективність зниження шуму: **12–18 дБА**.
- Особливо ефективний у високочастотному діапазоні (2–8 кГц).
- Найкраще підходить для пилорам і дискових пилок.

2. Поглинальний бар'єр з мінеральною ватою

- Ефективність: **10–15 дБА**.
- Висока ефективність проти широкосмугових шумів.
- Потребує додаткового захисту від вологи та пилу.

3. Відбивний бар'єр (бетонний / металевий)

- Ефективність: **5–10 дБА**.
- Кращий для низькочастотного шуму.
- Може створювати вторинні відбиття, тому менш придатний для деревообробної галузі.

Таблиця 9. Оцінка ефективності різних типів шумових бар'єрів для умов ТОВ «ТОП ТОПС»

Тип бар'єра	Ефективність зниження шуму, дБА	Відповідність спектру шуму	Довговічність	Доцільність використання
Комбінований	12–18	висока відповідність (1–8 кГц)	висока	Оптимальний варіант
Поглинальний	10–15	висока відповідність високим частотам	середня	рекомендовано, якщо є захист від вологи
Відбивний	5–10	середня	дуже висока	можна застосовувати лише у комбінації

Прогноз ефективності встановленого бар'єра

Моделювання показало, що встановлення комбінованого бар'єра висотою 4 м і довжиною 60 м забезпечить:

- зниження рівня шуму на межі житлової зони з **63.6 дБА до 48–52 дБА**; • повну відповідність нормативам ДСП 173-96 (норма вдень - 55 дБА); • зменшення імпульсного шуму на 12–15 дБА; • зменшення дискомфорту населення; • стабільний ефект за будь-яких погодних умов.

Особливо важливо, що бар'єр знизить домінуючі високочастотні компоненти (2–8 кГц), які є найбільш шкідливими.

Екологічна та соціальна значущість впровадження бар'єра

- зниження шумового навантаження на населення с. Колоденці; • покращення умов праці для персоналу; • зменшення негативного впливу на фауну; • підвищення екологічного іміджу підприємства; • відповідність вимогам екологічного законодавства.

Висновки до підрозділу

1. Найбільш ефективним рішенням для умов ТОВ «ТОП ТОПС» є саме комбінований шумозахисний бар'єр.
2. Бар'єр забезпечує відповідність санітарним нормам та знижує шум на 12–18 дБА.
3. Реалізація цього заходу дозволить мінімізувати вплив шуму на житлову територію.
4. Вибір бар'єра підтверджений інструментальними вимірюваннями та акустичним моделюванням.
5. Запропонований бар'єр забезпечує довгострокову ефективність та мінімальні експлуатаційні витрати.

Основні особливості застосування шумових бар'єрів у деревообробній галузі



Розділ 4. Впровадження шумових бар'єрів та оцінка їх екологічної ефективності

4.1. Обґрунтування конструктивних параметрів запропонованих бар'єрів

Вибір конструкції шумових бар'єрів для підприємства ТОВ «ТОП ТОПС» ґрунтувався на комплексному аналізі: вимірних рівнів шуму, спектральних характеристик домінуючих джерел шуму, результатів моделювання поширення акустичних хвиль та особливостей просторового розміщення обладнання і прилеглих житлових територій. Основною метою є забезпечення нормативного рівня шуму (≤ 55 дБА вдень) на межі житлової забудови, що розташована приблизно за 120 м від виробничої зони підприємства.

Враховуючи характер шуму деревообробного виробництва (високочастотні спектри 1–8 кГц, імпульсний характер, високі пікові значення), конструкція бар'єрів повинна забезпечувати **максимальне поглинання і екранування**. Одночасно конструкція має бути стійкою до впливу вологи, пилу та механічних навантажень.

1. Висота шумових бар'єрів

На основі моделювання (підрозділ 3.4) було визначено оптимальну висоту бар'єра:

Оптимальна висота - 4 м

Обґрунтування: • при висоті 2–2,5 м зменшення шуму становить лише 5–7 дБА, цього недостатньо; • висота 3 м забезпечує 8–12 дБА, але не гарантує зниження до нормативів; • висота 4 м дозволяє отримати 12–18 дБА шумозниження, що відповідає необхідним показникам; • висоту понад 5 м

застосовують у випадках близького розміщення житлової забудови (<70 м), що не актуально для даного підприємства.

Таким чином, бар'єр висотою 4 м є технічно та економічно оптимальним рішенням.

2. Довжина бар'єрів

Шумові бар'єри передбачають встановлення з боку найближчих житлових будинків.

Рекомендована довжина - 50–60 м

Обґрунтування: • моделювання показало, що основний акустичний фронт поширюється у секторі 30–40°; • довжина бар'єра менша ніж 40 м створюватиме ефект «обтікання звуку»; • довжина понад 70 м збільшує витрати без помітного росту ефективності; • зона найсильніших джерел шуму компактно розташована, тому 60 м бар'єра перекривають основний напрям поширення звуку.

3. Конструкція бар'єра

Враховуючи акустичні характеристики шуму, доцільним є використання **комбінованої конструкції**, що включає:

Зовнішній відбивний шар

• матеріал: оцинкована сталь або алюміній • товщина: 1,0–1,2 мм • функція: відбиття частини звукової хвилі

Внутрішній звукопоглинальний шар

• матеріал: мінеральна або базальтова вата • товщина: 80–100 мм • коефіцієнт поглинання: $\alpha = 0.75–0.95$ • функція: поглинання високочастотної компоненти шуму

Перфорована внутрішня панель

• матеріал: алюміній або сталь • діаметр отворів: 2–4 мм • перфорація: 10–20% • функція: пропускання звуку до поглинального шару

Каркас

- матеріал: оцинкований металопрофіль
- розміщення стійок: через 2–2,5 м
- кріплення до фундаментної балки

Фундамент

- бетонна стрічкова основа
- глибина: 0,8–1,2 м (з урахуванням промерзання ґрунту)
- функція: запобігання перекиданню при вітрових навантаженнях

4. Орієнтація бар'єра на місцевості

Бар'єр розміщується **перпендикулярно до домінуючого напрямку поширення шуму**, з частковим зміщенням у бік джерел для максимального ефекту.

Оптимальне розташування: • уздовж південно-східного краю виробничої території; • початок - біля пилорамного цеху; • завершення - за 10–15 м після зони аспіраційного обладнання.

5. Оцінка ефективності за конструктивними параметрами

Проведені розрахунки та порівняння з аналогічними інженерними рішеннями показали:

Очікуване зниження шуму: 12–18 дБА

- еквівалентний шум у житловій зоні: 63.6 дБА → **48–52 дБА**
- максимальний шум: 66 дБА → **51–54 дБА**

Це забезпечує **повну відповідність санітарним нормам України та ЄС.**

6. Експлуатаційні переваги вибраної конструкції

- висока довговічність (20–25 років);
- стійкість до механічних пошкоджень та атмосферних впливів;
- простота монтажу та обслуговування;
- можливість адаптації (зміна довжини, секційності);
- екологічна безпека матеріалів.

Висновки до підрозділу

1. Висота 4 м та довжина 50–60 м бар'єра забезпечують найкраще співвідношення ефективності й вартості.
2. Комбінована конструкція (поглинальний + відбивний ефект) є оптимальною для шумів деревообробних підприємств (1–8 кГц).
3. Моделювання підтверджує зниження шуму до нормативного рівня при встановленні саме такої конфігурації бар'єра.
4. Запропонований шумовий бар'єр забезпечує як акустичну, так і екологічну ефективність, і повністю відповідає вимогам до санітарно-захисних зон.

4.2. Розрахунок акустичної ефективності шумозахисних конструкцій

Акустична ефективність шумових бар'єрів визначається їх здатністю знижувати рівень звукового тиску в контрольній точці (наприклад, на межі житлової забудови) у порівнянні з ситуацією без бар'єра. Для кількісної оцінки використовують показник **загального зниження шуму ΔL** , а також **індекс звукоізоляції бар'єра**.

1. Основні розрахункові показники

Для оцінки ефективності шумозахисної конструкції використовують такі показники:

- ΔL - зниження рівня шуму в дБА після встановлення бар'єра;
- $L_{до}$ - рівень шуму без бар'єра, дБА;
- $L_{після}$ - рівень шуму після встановлення бар'єра, дБА;
- DL_r - індекс акустичної ефективності бар'єра (за EN 1793), дБ;
- α - коефіцієнт звукопоглинання матеріалу;
- R - коефіцієнт звукоізоляції.

Основна оцінка зниження шуму:

$$\Delta L = L_{\text{до}} - L_{\text{після}}$$

2. Вихідні дані для розрахунку (для ТОВ «ТОП ТОПС»)

З попередніх підрозділів:

- еквівалентний рівень шуму на межі житлової зони без бар'єра:

$$L_{\text{до}} \approx 63,6 \text{ дБА}$$

- розрахунковий індекс ефективності комбінованого бар'єра:

$DL_{\Gamma} = 15 \text{ дБ}$ (реалістичне значення для багат шарових промислових бар'єрів)

• очікуване зниження шуму в напрямку житлової забудови: 12–18 дБА (залежно від частоти та метеоумов). Для розрахунку приймемо середнє зниження: $\Delta L_{\text{сер}} = 15 \text{ дБА}$. Тоді:

$$L_{\text{після}} = L_{\text{до}} - \Delta L_{\text{сер}} = 63,6 - 15 \approx 48,6 \text{ дБА}$$

Отримане значення нижче нормативу 55 дБА для денного періоду.

3. Частотна ефективність бар'єра

Ефект бар'єра залежить від частоти звуку. Для високочастотного шуму деревообробних процесів (2–8 кГц) з пористим звукопоглинаючим шаром:

• у діапазоні 500–1000 Гц: $\Delta L \approx 10\text{--}12 \text{ дБ}$; • у діапазоні 1000–4000 Гц: $\Delta L \approx 15\text{--}18 \text{ дБ}$; • у діапазоні понад 4000 Гц: ΔL може перевищувати 18 дБ.

Це особливо важливо, оскільки саме високочастотні компоненти найбільш шкідливі для слуху.

4. Оціночний розрахунок для кількох ситуацій

Для наочності розглянемо три сценарії:

1. Реальний проміжний випадок (прийнятий для проєкту):

2. $L_{до}=63,6$ дБА, $\Delta L=15$ дБА

3. $L_{після}\approx 48,6$ дБА

4. Негірший варіант (мінімальна ефективність, 12 дБА):

$L_{після}=63,6-12=51,6$ дБА - все одно нижче 55 дБА.

5. Кращий варіант (18 дБА): $L_{після}=63,6-18=45,6$ дБА - забезпечує значний запас відносно нормативу.

Отже, навіть при консервативному підході бар'єр забезпечує досягнення нормативних рівнів.

5. Логарифмічний ефект зниження шуму

Варто підкреслити, що:

- зниження шуму на 3 дБА \approx зменшення енергії шуму вдвічі;
- зниження на 10 дБА - суб'єктивно сприймається як зменшення гучності приблизно вдвічі;
- зниження на 15 дБА - суттєве, людина сприймає це як «різко тихіше».

У нашому випадку $\Delta L \approx 15$ дБА - це:

- зменшення енергетики шуму більш ніж у 30 разів (логарифмічно);
- суттєве покращення акустичного комфорту для населення.

6. Підсумкова оцінка акустичної ефективності

На підставі розрахунків можна стверджувати, що:

- комбінований бар'єр забезпечує зниження шуму в діапазоні 12–18 дБА;
- еквівалентний рівень шуму на межі житлової зони зменшується до 48–52 дБА;
- нормативи денного шуму (≤ 55 дБА) виконуються навіть при несприятливих умовах;

- найбільший ефект досягається для високочастотного шуму, характерного для деревообробних пилок та фрезерного обладнання.

ОТЖЕ:

1. Розрахунок акустичної ефективності підтверджує, що обрані шумозахисні бар'єри дозволяють досягти санітарних нормативів на межі житлової забудови.

2. При середньому очікуваному зниженні 15 дБА рівень шуму зменшується до комфортного для проживання значення.

3. Конструкція бар'єра є достатньо ефективною саме для спектру шуму деревообробного обладнання.

4. Розрахункові значення узгоджуються з результатами вимірювань та моделювання, що підтверджує надійність обраного шумозахисного рішення.

4.3. Прогноз зниження шумового навантаження після впровадження

На основі результатів вимірювань (розділ 3.3), моделювання поширення шуму (розділ 3.4) та розрахунку акустичної ефективності бар'єрів (розділ 4.2) можна зробити кількісний прогноз зниження шумового навантаження на території підприємства ТОВ «ТОП ТОПС» та на прилеглих територіях після впровадження запропонованих шумозахисних конструкцій.

Основним критерієм оцінки є зміна еквівалентного рівня шуму (L_{eq}) у контрольних точках: на виробничій території, на межі санітарно-захисної зони та в житловій забудові села Колоденці.

1. Прогноз для виробничої території

Встановлення шумових бар'єрів не змінює суттєво рівнів шуму безпосередньо в зоні розміщення обладнання (Т1–Т6), оскільки бар'єри

орієнтовані на захист зовнішніх територій, а не на внутрішню акустичну обстановку.

• В зонах пилорам, циркулярних пилок, фрезерних та струганих верстатів рівні шуму залишаються на рівні **95–115 дБА**. • Для працівників продовжують бути актуальними **засоби індивідуального захисту слуху** та організаційні заходи.

Тобто бар'єри вирішують насамперед екологічну та санітарну проблему **поза межами цехів**, а не внутрішню виробничу.

2. Прогноз для санітарно-захисної зони (50 м від підприємства)

До впровадження бар'єрів: • $L_{eq}(T7, 50 \text{ м}) \approx 72 \text{ дБА}$ Після встановлення комбінованого бар'єра ($\Delta L \approx 10\text{--}15 \text{ дБА}$ в цьому секторі): • прогноз: $L_{eq} \approx 57\text{--}62 \text{ дБА}$

Це ще може бути дещо вище санітарних нормативів для житлової забудови, але потрібно враховувати, що на відстані 50 м ще відсутня щільна житлова зона. Для межі житлової території ключовою є наступна точка.

3. Прогноз для межі житлової зони (120 м від підприємства)

До впровадження бар'єрів (за вимірюваннями та моделюванням): • $L_{eq}(T8, 120 \text{ м}) \approx 58\text{--}63 \text{ дБА}$ Після впровадження комбінованого бар'єра ($\Delta L = 12\text{--}18 \text{ дБА}$, приймаємо середнє 15 дБА): • прогноз: – консервативний варіант: $63 - 12 = 51 \text{ дБА}$ – середній варіант: $63 - 15 = 48 \text{ дБА}$ – оптимістичний варіант: $63 - 18 = 45 \text{ дБА}$

У всіх випадках прогнозований рівень шуму **стає нижчим за норматив 55 дБА** для денного періоду. Це означає, що після встановлення бар'єрів житлова зона буде знаходитись у допустимому акустичному полі.

4. Прогноз для віддалених зон (200–350 м)

До впровадження бар'єрів: • $T9(200 \text{ м}): L_{eq} \approx 52 \text{ дБА}$ • $T10(350 \text{ м}): L_{eq} \approx 46 \text{ дБА}$

Після впровадження бар'єрів: • очікуване додаткове зниження на 3–5 дБА (за рахунок екранування основного акустичного фронту), • прогнозовані значення: – Т9: **47–49 дБА** (наближено до природного фону) – Т10: **41–44 дБА** (майже природний рівень шуму сільської місцевості)

Таким чином, бар'єри не лише нормалізують стан на межі житлової забудови, а й покращують акустичний фон у рекреаційних зонах.

5. Зміна суб'єктивного сприйняття шуму

З точки зору сприйняття людиною:

- зниження на 5 дБА уже помітне як «менш голосно»;
- зниження на 10 дБА суб'єктивно відчувається як зменшення гучності приблизно вдвічі;
- зниження на 15 дБА - це **якісна зміна акустичного комфорту**, коли нав'язливий шум переходить у фон.

Для мешканців села Колоденці:

- замість постійного інтенсивного «фону пилорам і вентиляторів» вони отримують фоновий рівень, близький до звичайного шуму сільської місцевості (транспорт, людська активність, природні звуки).
- зменшується кількість пікових акустичних подій (різкі звуки пилок, ударів), що особливо важливо в ранкові та вечірні години.

6. Екологічні аспекти прогнозу

Зниження шуму в межах 10–18 дБА на напрямку житлової забудови означає:

- суттєве зменшення **хронічного акустичного стресу** для населення;
- зниження впливу на домашніх тварин (особливо собак та свійську птицю);
- потенційне зменшення негативного впливу на диких тварин, що використовують прилеглі лісові ділянки як середовище існування;
- підвищення рекреаційної цінності території навколо села.

7. Узагальнений прогноз

1. Встановлення комбінованих шумових бар'єрів висотою 4 м і довжиною 50–60 м дозволяє: – нормалізувати акустичну ситуацію на межі житлової забудови; – знизити шум до рівня 48–52 дБА (в межах нормативу).

2. Віддалені ділянки (200–350 м) отримують додатковий резерв безпеки - рівні шуму наближаються до природних.

3. Прогноз свідчить, що реалізація проекту шумозахисту забезпечить **довгостроковий акустичний ефект** без необхідності суттєвої зміни виробничого процесу.

4.4. Екологічні та соціальні переваги встановлення шумових бар'єрів

Встановлення шумозахисних бар'єрів на підприємстві ТОВ «ТОП ТОПС» має важливе значення не лише у контексті дотримання санітарних норм, але й як вагомий екологічний та соціальний захід. Зменшення шумового навантаження сприяє покращенню якості життя населення, стабілізації екосистем, формуванню позитивного іміджу підприємства та підвищенню його відповідальності перед громадою.

Нижче наведено основні екологічні та соціальні переваги, які забезпечують обґрунтування доцільності застосування шумозахисних бар'єрів.

1. Екологічні переваги

1.1. Зменшення негативного впливу шуму на екосистеми

Шум є стресовим фактором для тваринного світу. Високочастотний та імпульсний промисловий шум може впливати на:

- поведінку птахів (порушення комунікації, зміна маршрутів польотів);
- ссавців, що проживають поблизу (втрата орієнтації, уникання

території); • нічних тварин (дезорієнтація через сторонні звукові сигнали); • комах (особливо запилювачів), чутливих до вібрацій.

Зниження шуму на 10–18 дБА допомагає стабілізувати природні процеси у прилеглих екосистемах.

1.2. Покращення стану рекреаційних територій

Поблизу підприємства розташовані:

- лісова ділянка (≈ 350 м),
- зони пасовищ та городів,
- рекреаційно-оздоровчі зони села.

Зменшення шумового навантаження підвищує комфортність цих територій для місцевих жителів та відвідувачів.

1.3. Зменшення фонового антропогенного шуму

Наявність шумових бар'єрів призводить до:

- локалізації шуму в межах промислового майданчика;
- зниження загального «акустичного тиску» на навколишні території;
- зменшення ймовірності акустичного стресу в екосистемах;
- наближення шумового фону до природного рівня.

1.4. Підвищення екологічної безпеки підприємства

Завдяки встановленню бар'єрів підприємство:

- демонструє відповідальність у сфері охорони довкілля;
- зменшує свій вплив на екосистеми та здоров'я населення;
- підвищує відповідність європейським підходам до екологічного захисту.

2. Соціальні переваги

2.1. Покращення якості життя населення

Найважливішим соціальним аспектом є зменшення шумового тиску на мешканців села Колоденці. Після встановлення бар'єрів:

- рівень шуму на межі житлової забудови очікується в межах 48–52 дБА; • це **нижче санітарного нормативу 55 дБА**, що забезпечує комфортний рівень акустичного середовища.

У результаті зменшується кількість скарг населення та загальний стресовий фон.

2.2. Зниження ризиків для здоров'я

Доведено, що тривалий вплив шуму понад 55 дБА може викликати:

- порушення сну; • підвищення артеріального тиску; • головний біль і дратівливість; • порушення концентрації уваги; • розвиток серцево-судинних захворювань.

Зниження шуму до рівня 48–52 дБА значно зменшує ризики для здоров'я, особливо для дітей, літніх людей та людей з хронічними хворобами.

2.3. Покращення відносин між підприємством і громадою

Шумові бар'єри є показником соціальної відповідальності бізнесу. Встановлення конструкцій:

- демонструє готовність підприємства інвестувати в безпеку населення; • знижує конфліктність із громадою; • формує позитивний імідж компанії; • сприяє зміцненню довіри місцевих жителів.

2.4. Підвищення комфортності праці на підприємстві

Хоча бар'єри спрямовані на зовнішній захист, вони також:

- знижують загальний фоновий шум у підсобних і адміністративних приміщеннях; • покращують умови праці для працівників, що працюють на території двору; • зменшують вібраційне навантаження.

2.5. Підвищення інвестиційної привабливості підприємства

Сучасні екологічні підходи - один із критеріїв:

- при проведенні аудитів,
- при отриманні сертифікацій,
- при укладанні контрактів з іноземними партнерами.

Підприємство, що впроваджує шумозахисні бар'єри, має вищі шанси бути конкурентоспроможним.

Висновки до підрозділу

1. Шумові бар'єри забезпечують суттєве зниження шумового навантаження на довкілля та населення.

2. Вплив бар'єрів позитивно позначається на екосистемах, зменшуючи рівень антропогенного стресу.

3. Соціальні переваги (комфорт життя, здоров'я, зменшення конфліктів) є не менш важливими, ніж екологічні.

4. Встановлення бар'єрів підвищує імідж підприємства та сприяє його сталому розвитку.

5. Запропоновані заходи створюють довгостроковий екологічний і соціальний ефект при мінімальних експлуатаційних витратах.

4.5. Перспективи модернізації та розвитку систем шумозахисту

У контексті постійного розвитку деревообробної галузі та посилення екологічних вимог актуальним є не лише впровадження шумових бар'єрів, але й подальша модернізація систем шумозахисту. Перспективи розвитку охоплюють як технологічні удосконалення конструкцій бар'єрів, так і інтеграцію інтелектуальних систем моніторингу, оптимізацію виробничих процесів та застосування нових інженерних рішень. Це дозволить підвищити ефективність шумозахисту, зменшити витрати на експлуатацію та забезпечити стабільну відповідність сучасним стандартам ЄС.

Нижче наведено основні напрями, що мають практичну значущість для підприємств на кшталт ТОВ «ТОП ТОПС».

1. Використання інноваційних матеріалів

1.1. Метаповерхні та акустичні композити нового покоління

• забезпечують високе поглинання навіть при невеликій товщині; • дозволяють створювати легкі, але дуже ефективні панелі; • перспективні для модернізації бар'єрів без збільшення їхніх габаритів.

1.2. Аерогелеві наповнювачі

• екстремально низька щільність; • високе звукопоглинання в широкому діапазоні частот; • зменшення ваги бар'єрів при збереженні ефективності.

1.3. Біоматеріали

• композити на основі деревних волокон, льону, коноплі; • екологічні та здешевлюють виробництво шумових екранів.

2. Інтелектуальні системи шумоконтролю

2.1. Онлайнний моніторинг шуму

Встановлення сенсорів по периметру підприємства дозволяє: • контролювати рівень шуму в режимі реального часу; • виявляти критичні моменти роботи обладнання; • автоматично реєструвати перевищення шумових нормативів.

2.2. Інтелектуальні аналітичні системи

Алгоритми можуть: • прогнозувати шумові піки; • оптимізувати графік роботи обладнання; • рекомендувати режими експлуатації з мінімальним шумовим впливом.

3. Активні системи шумозахисту (ANC)

Системи **Active Noise Control** генерують хвилі в протифазі та гаситимуть низькочастотний шум.

Переваги: • зниження шуму у діапазоні 50–500 Гц; • особливо ефективно для вентиляторів, компресорів та сушильних камер.

Поки що такі системи рідко застосовуються у великих промислових умовах, але тенденція розвитку є очевидною.

4. Оптимізація планування виробничих процесів

4.1. Перенесення шумних ділянок у центральну частину території

- дозволяє збільшити відстань до житлових зон;
- зменшує необхідність у високих бар'єрах.

4.2. Використання технологічного екранування

- локальні екрани біля кожного джерела шуму;
- комбінування зі стаціонарними бар'єрами.

4.3. Заміна або модернізація обладнання

- нові пилки та фрези мають на 10–20% меншу шумогенерацію;
- сучасні аспіраційні вентилятори працюють тихіше.

5. «Зелені» шумові бар'єри (eco-barriers)

Перспективний напрям, що передбачає поєднання шумового екрану з рослинністю:

- вертикальні зелені стіни;
- багаторядні насадження дерев і кущів;
- ґрунтові насипи (акустичні вали).

Переваги: • збільшення загального поглинання; • поліпшення естетичного вигляду території; • додаткове зменшення пилу та покращення мікроклімату.

6. Додаткове підсилення існуючих бар'єрів

Для підвищення ефективності вже встановлених екранів (на 2–6 дБА) можливі такі заходи:

- встановлення надбудов-ребер для розсіювання високих частот;
- посилення звукопоглинального шару додатковими панелями;
- подовження бар'єра або збільшення його висоти;
- застосування криволінійної геометрії верхньої частини.

7. Гармонізація з європейськими стандартами

У майбутньому промислові підприємства будуть орієнтуватися на стандарти:

• EN 1793 (акустичні характеристики бар'єрів), • EN 1794 (механічні вимоги), • ISO 1996 (методи оцінки шуму), • CNOSSOS-EU (стратегічні карти шуму).

Це стимулює підприємства модернізувати системи захисту, впроваджувати моніторинг та планувати шумозахисні заходи на довгострокову перспективу.

Висновки до підрозділу

1. Перспективи розвитку систем шумозахисту включають використання новітніх матеріалів, інтелектуальних сенсорних систем та активного шумозахисту.

2. Модернізація може значно підвищити ефективність існуючих бар'єрів без значного збільшення витрат.

3. «Зелені» шумові бар'єри мають вагомі екологічні та соціальні переваги та можуть бути впроваджені на території підприємства.

4. Перехід на стандарти ЄС створює додаткові вимоги і водночас дає стимули для впровадження сучасних шумозахисних технологій.

5. Довгостроковий розвиток систем шумозахисту сприяє сталому розвитку підприємства, покращенню його іміджу та підвищенню якості життя місцевих жителів.

Розділ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Загальний стан охорони праці на підприємствах

Забезпечення безпечної роботи це є ключовим завданням проектування виробничого процесу. Успішне розв'язання цієї задачі вимагає комплексного підходу, коли на всіх рівнях — від керівництва до працівників - усвідомлюють його важливість, і всі беруть активну участь у забезпеченні безпеки. Це сприяє збереженню життя і здоров'я працівників, покращенню умов праці, а також попередженню виробничих травм, профзахворювань і аварій.

Координацію організаційно-методичної роботи з управління охороною праці на підприємстві виконує інженер з охорони праці.

Планування заходів у сфері охорони праці випускається в таких формах:

Розробка перспективних планів покращення безпеки та нешкідливості виробництва.

Планування щорічних заходів із охорони праці, закріплених у колективному договорі.

Складання квартальних і місячних планів для підрозділів, які містять рішення, накази, організацію розслідувань нещасних випадків, виконання приписів контролюючих органів.

Комплексні заходи охорони праці включають сукупність дій, спрямованих на підтримку нормативів безпеки, підвищення рівня охорони праці, а також запобігання травмам, професійним захворюванням та аваріям. Річні плани складаються з переліку заходів, бюджетного забезпечення, строків виконання та відповідних виконавців.

У роботі враховують:

аналіз виробничих ризиків та причин нещасних випадків;

паспортизацію виробничих об'єктів;
результати атестації робочих місць за умовами праці;
перевірки стану техніки, будівель, устаткування;
аналіз порушень правил гігієни і безпеки;
результати розслідувань травматизму та аварій;
підсумки виконаних заходів за минулі періоди.

План затверджує директор підприємства, а інженер з охорони праці несе відповідальність за їх розробку, координацію діяльності підрозділів та методичне керівництво.

Плани розробляються на рік, квартал і місяць і охоплюють основні напрями роботи з охорони праці та пожежної безпеки. Вони можуть оперативно коригуватися й оновлюватися з урахуванням приписів органів нагляду та страхових експертів.

Фінансування заходів здійснюється відповідно до статті 19 Закону України «Про охорону праці».

Працівники проходять інструктажі, курси та перевірку знань з охорони праці, з першої медичної допомоги при нещасних випадках, а також ознайомлення з алгоритмом дій у разі аварій за вартість надання роботодавця.

5.2. Засоби та заходи захисту для запобігання електротравм

В електроустановах і електромережах при експлуатації електрообладнання згідно з ПУЕ і ПТБ слід використати такі заходи:

- контроль і профілактика пошкоджень ізоляції;
- використання малих напруг;
- електричне і механічне блокування, сигналізація;

- захист від випадкового дотику;
- захисні засоби і запобіжні пристрої (ізолюючі захисні засоби, переносні прилади і пристосування);
- захист від переходу високої наруги на сторону низької.

При захисті від дотику до струмопровідних частин, на які перейшла напруга, використовуються: захисне заземлення, захисне занулення, захисне вимкнення, подвійна ізоляція, захисний розподіл мереж.

5.3. Технічні рішення з пожежної безпеки

Для гасіння ймовірної пожежі у цеху підбираємо необхідне обладнання: водяний насос марки ПН – 20, порошкові вогнегасники ВП-5(3), з розрахунку на 100 м² площі, пожежні щити, з розрахунку на 500 м² площі, мотопомпи, з розрахунку на 3 год. гасіння пожежі.

Пожежні водойми, траншеї, конденсаційні, каналізаційні та інші технічні колодязі, що влаштовуються з виробничою метою, мають бути огорожені або закриті міцними кришками, а в темну пору доби забезпечені освітленням. Огородження пожежної водойми не повинне заважати заїзду пожежних автомобілів та доступу особового складу пожежної охорони.

Для зберігання різних матеріалів та вантажів на території підприємства необхідно передбачити спеціальні майданчики, стелажі і підставки. Складування повинне виключати падіння або обрушення матеріалів.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У магістерській роботі проведено комплексне дослідження шумового впливу деревообробних підприємств на навколишнє природне середовище та обґрунтовано доцільність застосування шумових бар'єрів як ефективного засобу зниження акустичного навантаження. На прикладі підприємства ТОВ «ТОП ТОПС» розглянуто особливості поширення шуму, визначено масштаби його впливу на довкілля та населення, а також запропоновано оптимальні інженерні рішення для зменшення негативного впливу.

1. Теоретичні засади дослідження підтвердили, що деревообробні підприємства є значними джерелами промислового шуму, який має високочастотний та імпульсний характер і здатний суттєво перевищувати санітарно допустимі рівні. Основними джерелами виступають стрічкові та дискові пилки, фрези, аспіраційні системи та компресори. Шум такого типу негативно впливає на здоров'я людини, біоту та якість життя населення у прилеглих територіях.

2. Аналіз методів шумозахисту показав, що серед усіх технічних рішень найбільш ефективними для деревообробної галузі є комбіновані шумові бар'єри, що поєднують ефект екранування та звукопоглинання. Вони дозволяють досягати зниження шуму на 12–18 дБА, що є достатнім для приведення рівня шуму до нормативних значень навіть у межах житлової забудови.

3. Дослідження умов на підприємстві ТОВ «ТОП ТОПС» дало змогу встановити, що без шумових бар'єрів рівень шуму на межі житлової зони становить 58–63 дБА, що перевищує допустимі санітарні норми. Виробниче обладнання генерує інтенсивні акустичні хвилі у діапазоні 1–8 кГц, які

поширюються на значну відстань і створюють акустичний дискомфорт для населення.

4. Результати вимірювань та акустичного моделювання підтвердили, що встановлення шумових бар'єрів висотою 4 м і довжиною 50–60 м забезпечить зниження шуму до рівня 48–52 дБА, тобто до значень, що відповідають вимогам ДСП 173-96 та нормам ЄС. Водночас ефект буде відчутним також у віддалених рекреаційних зонах, де рівень шуму зменшиться до природного фонового рівня.

5. Розрахунки акустичної ефективності довели, що комбіновані бар'єри з багатошаровою конструкцією (перфорована панель + мінеральна вата + жорсткий зовнішній шар) мають оптимальні характеристики для поглинання високочастотного шуму і стійкість до експлуатаційних умов деревообробних виробництв. Вибір таких бар'єрів технічно обґрунтований і економічно доцільний.

6. Екологічні та соціальні переваги впровадження шумових бар'єрів проявляються у значному покращенні якості життя населення, зниженні ризиків для здоров'я, стабілізації екосистем, зменшенні кількості скарг та підвищенні соціальної відповідальності підприємства. Встановлення бар'єрів сприяє формуванню позитивного іміджу підприємства як екологічно свідомого та орієнтованого на сталий розвиток.

7. Перспективи модернізації систем шумозахисту включають застосування нових матеріалів (метаповерхні, аерогелі), впровадження інтелектуальних сенсорних систем, активного шумозахисту та «зелених» бар'єрів. Це забезпечить подальше підвищення ефективності шумозахисту та гармонізацію з європейськими екологічними стандартами.

Підсумок

Встановлення шумових бар'єрів на підприємстві ТОВ «ТОП ТОПС» є науково й технічно обґрунтованим заходом, який дозволяє значно знизити шумове навантаження на довкілля і забезпечити комфортні умови проживання для мешканців прилеглих територій. Проведені дослідження показали, що впровадження запропонованих шумозахисних конструкцій є економічно ефективним, екологічно виправданим та соціально необхідним. Робота доводить, що сучасні системи шумозахисту є важливим інструментом сталого розвитку деревообробних підприємств України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСП 173-96. Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів. – Київ: МОЗ України, 1996.
2. ДСТУ ISO 1996-1:2018. Акустика. Опис, вимірювання та оцінювання шуму довкілля. Частина 1.
3. ДСТУ ISO 1996-2:2018. Акустика. Характеристики та методи вимірювання шуму в довкіллі.
4. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища». – Верховна Рада України, 1991.
5. Закон України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення». – 1994.
6. Закон України «Про оцінку впливу на довкілля». – 2017.
7. ДБН В.1.1-31:2013. Захист від шуму. Нормування рівнів шуму в будівлях і спорудах.
8. Гураль О.І. Промисловий шум: вплив на довкілля та методи його зниження. – Львів: НУ «Львівська політехніка», 2020.

9. Коваленко В.М. Екологічна безпека деревообробних підприємств. – Київ: Центр учбової літератури, 2019.
10. Шандра С.В. Акустичний вплив промислових підприємств на довкілля та методи шумозахисту. – Харків: ХНУМГ, 2021.
11. Мартинюк І.В. Технології шумозахисту в промисловості. – Рівне: НУВГП, 2018.
12. Методичні рекомендації щодо проектування шумозахисних споруд. – Київ: ДП «ДерждорНДІ», 2019.
13. Лозинський М.І., Микитюк П.П. Екологічні проблеми деревообробної галузі та шляхи їх вирішення. – Івано-Франківськ: Прикарпатський НУ, 2020.
14. Дані виробничих вимірювань рівнів шуму на деревообробних підприємствах Західної України. – Звіт лабораторії промислової екології, 2022.
15. EN 1793-1:2017. Road traffic noise reducing devices - Test method for determining the acoustic performance.
16. EN 1794-2:2018. Road traffic noise reducing devices - Non-acoustic performance.

- 17.ISO 9613-2:1996. Acoustics - Attenuation of sound during propagation outdoors.
- 18.Berglund B., Lindvall T. Community Noise Guidelines. – WHO, 1999.
- 19.Fields J.M. Effect of industrial noise on people and environment. – Journal of Sound and Vibration, 2003.
- 20.Kang J. Urban Sound Environment. – CRC Press, 2006.
- 21.Schmich P. Noise barriers – principles, materials and applications. – Springer, 2015.
- 22.European Environment Agency. Noise Pollution in Europe - EEA Report, 2020.
- 23.Directive 2002/49/EC of the European Parliament relating to the assessment and management of environmental noise.
- 24.Babisch W. Noise and Health: Review of the Evidence. – Environmental Health, 2006.
- 25.CNOSSOS-EU: Common Noise Assessment Methods in Europe. – European Commission, 2015.