

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:

**Аналіз впливу шумового забруднення деревообробних  
виробництв на екосистеми**  
*Analysis of the impact of noise pollution from woodworking industries  
on ecosystems*

Виконав: студент 6 курсу, групи ТЗНС-61м  
Спеціальність 183 «Технології захисту навколишнього  
середовища»

**Марцінковський І.О.**  
(прізвище та ініціали)

Керівник **Соколовський І.А.**  
(прізвище та ініціали)

Рецензент **Ортинська Г.Є.**  
(прізвище та ініціали)

Львів-2025

# НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

Інститут  
Кафедра

деревообробних технологій і дизайну  
технологій захисту навколишнього  
середовища і деревини та безпеки  
життєдіяльності

Освітній рівень  
Спеціальність

магістр  
183 «Технології захисту  
навколишнього середовища»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри, проф.

Кшивецький Б.Я.

“30” серпня 2025 року

## **ЗАВДАННЯ** НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ Марцінковський Ігор Олегович (прізвище, ім'я, по батькові)

**1. Тема роботи: Аналіз впливу шумового забруднення деревообробних виробництв на екосистеми**

*Analysis of the impact of noise pollution from woodworking industries on ecosystems*

Керівник роботи: Соколовський Ігор Андрійович, 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 впливу шумового забруднення деревообробних виробництв на екосистеми.

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



1. Аналіз стану питання та задачі досліджень.

2. Дослідження з проблематики шумового забруднення деревообробних виробництв на екосистеми. Розроблення рекомендацій щодо зниження шумового забруднення деревообробних виробництв.

3. Охорона праці.

4. Перелік презентаційного матеріалу: (слайди презентації результатів досліджень)

5. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	доц. Сомар Г.В.		

6. 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	
	Теоретичні дослідження	до 15.11.25	
	Аналіз та оцінка результатів досліджень	до 30.11.25	
	Охорона праці	до 05.12.25	
	Оформлення пояснювальної записки і підготовка презентації	до 15.12.25	

Студент  **Марцінковський І.О.**  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи  **Соколовський І.А.**  
(підпис) (прізвище та ініціали)

# **ЗМІСТ**

## **ВСТУП**

### **РОЗДІЛ 1. Теоретичні основи шумового забруднення деревообробних виробництв**

- 1.1. Джерела та види шуму у деревообробній промисловості
- 1.2. Фізико-акустичні характеристики виробничого шуму
- 1.3. Біологічні ефекти шуму: вплив на живі організми
- 1.4. Екосистемний підхід до оцінки шумового забруднення

### **РОЗДІЛ 2. Нормативно-правові аспекти регулювання шуму в Україні та ЄС**

- 2.1. Законодавчі вимоги України щодо шумового навантаження
- 2.2. Європейські директиви з контролю шумового впливу
- 2.3. Санітарні норми та методи акустичного моніторингу
- 2.4. Порівняння українських та європейських стандартів щодо шуму

### **РОЗДІЛ 3. Аналіз шумового забруднення деревообробного підприємства**

- 3.1. Характеристика обраного деревообробного підприємства
- 3.2. Технологічні процеси як джерела підвищеного шуму
- 3.3. Вимірювання шумових параметрів на виробництві
- 3.4. Оцінка впливу виробничого шуму на прилеглі екосистеми

### **РОЗДІЛ 4. Рекомендації щодо зниження шумового навантаження на екосистеми**

- 4.1. Технічні заходи зниження шуму (акустичні бар'єри, модернізація обладнання)
- 4.2. Організаційні заходи та оптимізація технологічних процесів
- 4.3. Природоохоронні дії щодо стабілізації екосистем, уражених шумом
- 4.4. Оцінка ефективності впровадження запропонованих заходів

## **РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ**

### **ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ**

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

## **АНОТАЦІЯ**

Магістерська робота присвячена дослідженню впливу шумового забруднення деревообробних виробництв на екосистеми та визначенню шляхів його мінімізації. У роботі розглянуто джерела шуму, характерні для деревообробної галузі, їх фізико-акустичні параметри та механізми впливу на живі організми і природні комплекси. Проаналізовано нормативно-правові вимоги України та Європейського Союзу щодо контролю шумового навантаження. Проведено оцінку рівня шуму на конкретному деревообробному підприємстві та визначено ступінь його впливу на прилеглі екосистеми. Запропоновано комплекс технічних, організаційних і природоохоронних заходів, спрямованих на зниження негативного впливу шумового забруднення. Результати дослідження мають практичне значення для підприємств галузі та органів екологічного контролю.

## **ABSTRACT**

The master's thesis is devoted to analyzing the impact of noise pollution generated by woodworking industries on ecosystems and identifying effective mitigation strategies. The study examines typical noise sources in the woodworking sector, their physical and acoustic characteristics, and the mechanisms through which noise affects living organisms and natural complexes. The work reviews regulatory frameworks of Ukraine and the European Union concerning noise control. Noise levels at a selected woodworking enterprise were assessed, and their influence on surrounding ecosystems was evaluated. A comprehensive set of technical, organizational, and environmental measures aimed at reducing noise pollution was proposed. The results of the study are of practical importance for industry enterprises and environmental regulatory authorities.

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Деревообробна промисловість є одним із ключових секторів економіки України, однак її діяльність супроводжується значним техногенним навантаженням на довкілля. Одним із найменш помітних, але потенційно небезпечних факторів є шумове забруднення. На виробництві шум виникає внаслідок роботи пилорам, фрезерних станків, ліній розкрою, сушильних камер, транспортерів та іншого обладнання. На відміну від хімічних забруднень, шум не має матеріальної форми, однак здатний викликати широкий спектр негативних екологічних і біологічних наслідків: порушення поведінки видів, зниження репродуктивності, зміни структури екосистем та їх стійкості. Проблема посилюється тим, що підприємства нерідко розташовані поблизу природних територій, лісових масивів або населених пунктів. Тому дослідження шумового навантаження на довкілля та розроблення заходів щодо його зниження є актуальним завданням сучасної екологічної науки та практики природоохоронної діяльності.

**Мета і завдання дослідження.** Метою роботи є комплексний аналіз шумового забруднення деревообробного виробництва та оцінка його впливу на екосистеми з подальшим обґрунтуванням рекомендацій щодо зниження шумового навантаження. Для досягнення мети визначено такі завдання:

- дослідити теоретичні основи формування шуму та його екологічні наслідки;
- проаналізувати чинну нормативно-правову базу у сфері регулювання шумового забруднення;
- здійснити характеристику обраного деревообробного підприємства та виявити основні джерела шуму;

- визначити фактичні рівні шумового впливу та оцінити їхній вплив на довкілля;
- запропонувати технічні, організаційні та екосистемні заходи для зниження шумового навантаження;
- оцінити ефективність рекомендованих рішень.

**Об'єкт і предмет дослідження.** Об'єктом дослідження є шумове забруднення, що виникає внаслідок роботи деревообробних виробництв. Предметом дослідження є процеси формування, поширення та впливу виробничого шуму на екосистеми, а також заходи щодо його мінімізації.

**Наукова новизна.** Новизна дослідження полягає у комплексному розгляді шумового забруднення не лише як виробничого фактора, а як екосистемної загрози. Робота поєднує акустичні характеристики шуму з їх екологічною інтерпретацією, що дозволяє оцінити не лише перевищення норм, а й можливі структурні зміни у прилеглих природних комплексах. Запропоновано удосконалену класифікацію джерел шуму на деревообробних підприємствах та підхід до оцінки екосистемних ризиків з урахуванням біотичних показників.

**Практичне значення роботи.** Отримані результати можуть бути використані деревообробними підприємствами для вдосконалення систем екологічного управління, оптимізації технологічних процесів та зниження шумового навантаження на довкілля. Розроблені рекомендації можуть слугувати основою для проектування шумозахисних заходів, модернізації обладнання, а також для екологічного моніторингу зон впливу виробничого шуму. Матеріали роботи можуть бути корисними для органів місцевого самоврядування, екологічних служб, підприємств та фахівців, що займаються питаннями акустичної екології.

# РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ШУМОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ ДЕРЕВООБРОБНИХ ВИРОБНИЦТВ [ 10-17]

## 1.1. Джерела та види шуму у деревообробній промисловості

Деревообробна промисловість характеризується високим рівнем шумового навантаження, що зумовлено специфікою технологічних процесів та конструктивними особливостями обладнання. Шум виникає у результаті механічних, пневматичних, гідравлічних та аеродинамічних процесів, які супроводжують різання, шліфування, транспортування та сушіння деревини.

Основні виробничі операції – пиляння, фрезерування, стругання, свердління, шліфування, транспортування заготовок та відходів – створюють широкий спектр шумів у діапазоні від середніх до надвисоких частот. За характером такі шуми можуть бути **безперервними, імпульсними, тональними або високошвидкісними аеродинамічними.**

### **Основні джерела шуму на деревообробних підприємствах:**

- **Електропилорами та стрічковими пилорами**, де шум виникає через контакт ріжучої кромки з деревиною та високошвидкісне обертання.
- **Фрезерні та рейсмусові верстати**, у яких домінує високочастотний шум від фрез та ножового валу.
- **Шліфувальні машини**, що генерують шум за рахунок вібрації абразивної стрічки та привідних роликів.
- **Системи аспірації та вентилятори**, які створюють аеродинамічний шум і можуть працювати безперервно протягом усієї зміни.
- **Пресове та сушильне обладнання**, яке продукує низькочастотні вібрації та механічні удари.
- **Транспортери, пневмотранспортери й подрібнювачі**, що формують імпульсний та механічний шум через нерівномірність подачі сировини.

Таким чином, спектр шумових навантажень на деревообробних підприємствах є досить широким, а його інтенсивність залежить від типу обладнання, технології та рівня технічної модернізації.

**Таблиця 1.1 Основні джерела шуму в деревообробній промисловості та їх характеристики**

<b>Джерело шуму</b>	<b>Характер шуму</b>	<b>Середній рівень, дБА</b>	<b>Особливості формування</b>
Стрічкові та круглопильні верстати	Безперервний, високочастотний	90–105	Висока швидкість обертання диска, різання деревини
Фрезерні та рейсмусові верстати	Тональний та високочастотний	95–110	Робота ножового валу та фрез, вібрації корпусу
Шліфувальні машини	Середньочастотний вібраційний шум	85–100	Взаємодія абразиву з деревиною, робота приводу
Подрібнювачі (дробарки)	Імпульсний механічний шум	100–115	Удари ножів та дробильних елементів
Системи аспірації та вентилятори	Аеродинамічний шум	80–100	Рух повітря, робота вентиляторів високої потужності
Транспортери та пневмотранспортери	Механічний та аеродинамічний шум	75–95	Тертя, передача руху, переміщення матеріалів
Пресове обладнання та сушильні камери	Низькочастотний шум	70–90	Робота компресорів, вентиляторів, вібрації

## 1.2. Фізико-акустичні характеристики виробничого шуму [12]

Виробничий шум у деревообробній промисловості характеризується сукупністю фізичних параметрів, що визначають його інтенсивність, спектральний склад, змінність у часі та вплив на навколишнє середовище. До ключових характеристик належать рівень звукового тиску, частотний діапазон, еквівалентний рівень шуму, пікові та максимальні значення, а також імпульсивність і тональність.

Шум деревообробного обладнання формується переважно в середньо- та високочастотних діапазонах (500–8000 Гц), що обумовлює його підвищену подразнювальну дію. Високочастотні компоненти є типовими для циркулярних пил, фугувальних і рейсмусових верстатів, тоді як низькочастотні (до 250 Гц) – для вентиляторів, аспіраційних систем і великогабаритного обладнання.

Інтенсивність шуму істотно залежить від технічного стану обладнання, швидкості обертання ріжучих елементів, режимів різання, а також від конструктивних параметрів захисних кожухів, систем аспірації та фундаменту верстата.

**Таблиця 1.2 Основні фізико-акустичні характеристики виробничого шуму у деревообробній промисловості**

<b>Параметр</b>	<b>Опис</b>	<b>Типові значення для деревообробних виробництв</b>
<b>Рівень звукового тиску, дБ(А)</b>	Інтенсивність шуму, що сприймається людським вухом	85–110 дБ(А)
<b>Піковий рівень шуму, дБ(С)</b>	Максимальні короточасні навантаження	115–135 дБ(С)
<b>Частотний діапазон, Гц</b>	Спектральний склад шуму	250–8000 Гц
<b>Еквівалентний рівень шуму, дБ(А)</b>	Середньозважений рівень протягом робочої зміни	80–95 дБ(А)
<b>Імпульсивність шуму</b>	Наявність коротких ударних звуків (зміна навантаження, контакт інструмента з твердими включеннями)	Середня або висока
<b>Тональні компоненти</b>	Домінування окремих частот, що підсилюють дискомфорт	Виражені в діапазоні 1–4 кГц
<b>Віброакустичний вплив</b>	Передавання коливань через фундамент і корпуси машин	Високий для важкого деревообробного обладнання
<b>Нерівномірність шуму у часі</b>	Ступінь коливань залежно від режиму роботи верстата	Висока при змінній подачі матеріалу

### **1.3. Біологічні ефекти шуму: вплив на живі організми**

Шумове забруднення, характерне для деревообробних підприємств, має різноспрямований та багаторівневий вплив на живі організми — від мікроорганізмів та рослин до тваринних спільнот і людини. Біологічні ефекти шуму проявляються як на фізіологічному, так і на поведінковому рівнях, а також можуть спричиняти довготривалі зміни екосистем.

#### **1.3.1. Вплив шуму на тваринний світ**

Тварини значно чутливіші до акустичних коливань, ніж людина, оскільки багато видів використовують звук для навігації, спілкування, пошуку їжі та уникнення небезпеки. Високоінтенсивний шум від деревообробного обладнання порушує ці механізми.

Основні негативні ефекти:

- **Стресові реакції:** підвищення рівня кортизолу, зміна частоти серцевих скорочень;
- **Порушення комунікації:** зникнення або спотворення звукових сигналів у птахів та дрібних ссавців;
- **Зміна міграційних маршрутів:** тварини уникають шумних територій, що призводить до фрагментації популяцій;
- **Порушення репродуктивної поведінки:** зменшення успішності парування через акустичні перешкоди;
- **Зниження ефективності пошуку їжі:** особливо у хижаків, що орієнтуються на звукові сигнали.

За даними екологічних досліджень, навіть тривалий шум на рівні **50–60 дБ** може спричинити поведінкові зміни у птахів, а шум **понад 70–80 дБ** — фізіологічний стрес у дрібних ссавців, амфібій і комах.

#### **1.3.2. Вплив шуму на рослинні організми**

Хоча рослини не мають слухового апарату, вони реагують на шум через зміну мікросередовища та фізіологічні процеси.

Основні ефекти:

- **Порушення росту:** сильні вібрації можуть впливати на клітинні процеси та структуру тканин.
- **Зниження продуктивності екосистеми:** шум відлякує запилювачів, що зменшує врожайність рослин.
- **Зміни у ґрунтовому середовищі:** шум та вібрації можуть впливати на активність ґрунтових мікроорганізмів, порушуючи розкладання органічних речовин.

Дослідження показують, що території з підвищеним шумовим фоном мають **нижчу кількість запилювачів на 30–50 %**, порівняно зі спокійними ділянками.

### **1.3.3. Вплив шуму на мікроорганізми та ґрунтові екосистеми**

Шум та вібрації відіграють роль у змінах активності ґрунтових мікробних спільнот.

Спостережувані реакції:

- **Зменшення активності мікробіоти**, що бере участь у кругообігу азоту та вуглецю;
- **Порушення симбіотичних взаємодій** між рослинами та мікоризними грибами;
- **Гальмування процесу гуміфікації** через зниження активності деструкторів органічної речовини.

У зонах інтенсивного шуму (понад 80–90 дБ) виявлено зниження активності ферментів ґрунту на **10–25 %**.

### **1.3.4. Вплив шуму на людину як частину екосистеми**

Людина також є елементом екосистеми, тому шумове забруднення на підприємствах прямо та опосередковано впливає на її здоров'я:

**Фізіологічні ефекти:**

- пригнічення слуху, шум у вухах;
- зміни роботи серцево-судинної системи;
- головні болі, порушення сну;
- ризик розвитку гіпертонії.

**Психологічні ефекти:**

- підвищена дратівливість;
- зниження концентрації уваги;
- розвитку професійної втоми.

Вважається, що рівень шуму **понад 85 дБ** є шкідливим при тривалому впливі, а **понад 120 дБ** - миттєво небезпечним.

**1.3.5. Системний вплив шуму на екологічні взаємозв'язки**

Шум, зумовлений діяльністю деревообробних підприємств, запускає низку каскадних змін у природних екосистемах:

- **зміщення видового складу** через уникнення шумних зон чутливими видами;
- **порушення ланцюгів живлення** (наприклад, зниження чисельності комах → менше корму для птахів);
- **зменшення біорізноманіття** на межах антропогенних промзон;
- **зміна поведінкових патернів домінуючих видів**, що може дестабілізувати екосистему.

Таким чином, шум слід розглядати не лише як фактор техногенного впливу на людину, а як повноцінний екологічний стресор, що впливає на всі рівні біологічної організації - від клітини до екосистеми.

## **1.4. Екосистемний підхід до оцінки шумового забруднення**

Екосистемний підхід до оцінки шумового забруднення передбачає розгляд шуму не як окремого техногенного фактора, а як елемента складної системи взаємодій між живими організмами, середовищем та виробничими процесами. Такий підхід дозволяє оцінювати не лише безпосередній вплив шуму, а й вторинні ефекти, що формують довготривалі зміни в екосистемах.

### **1.4.1. Принципи екосистемного підходу**

1. **Комплексність впливів** Шум розглядається разом з іншими факторами - вібрацією, хімічними викидами, змінами мікроклімату, інтенсивністю руху транспорту. Це дозволяє оцінити синергетичний ефект, коли сукупний вплив значно сильніший за окремі фактори.

2. **Багаторівневість оцінки** Аналіз здійснюється на різних рівнях організації живого:

- клітинному (фізіологічні реакції);
- організовому (поведінкові зміни);
- популяційному (зміни чисельності видів);
- екосистемному (порушення взаємозв'язків та біорізноманіття).

3. **Врахування просторових і часових параметрів** Важливими є:

- тривалість шумового впливу (періодичний, постійний, імпульсний шум);
- сезонність (особливо важливо для птахів у період гніздування);
- відстань поширення шуму залежно від рельєфу, рослинності та забудови.

4. **Оцінка екосистемних послуг** Шум може впливати на запилення, розкладання органічних решток, регуляцію чисельності шкідників - тобто на процеси, що формують цінність екосистем для людини.

5. **Принцип адаптивного управління** Екосистемний підхід передбачає не разове визначення рівнів шуму, а постійний моніторинг із можливістю коригування природоохоронних заходів.

#### **1.4.2. Екосистемні індикатори шумового впливу**

Для комплексної оцінки використовують набір екологічних індикаторів:

- **біорізноманіття птахів**, особливо видів-індикаторів (синиці, дрозди, жайворонки);
- **поведінкова активність дрібних ссавців** (міграції, відтворення, годівля);
- **чисельність запилювачів** (джмелі, бджоли, метелики);
- **структура ґрунтової мікробіоти**;
- **стан рослинності** в буферних зонах;
- **ступінь фрагментації лісових масивів** поблизу виробництва.

Ці показники дозволяють визначити ступінь порушення природних процесів на різних рівнях.

#### **1.4.3. Просторова модель впливу шуму**

У межах екосистемного підходу використовують методи акустичного моделювання для визначення:

- зон максимального впливу (0–100 м);
- буферних зон середнього впливу (100–300 м);
- зон можливих екосистемних змін (до 1000 м і більше залежно від рельєфу).

Такі моделі враховують:

- висоту та характер шумового джерела;
- наявність лісових смуг;
- тип ґрунту;

- погодні умови.

#### **1.4.4. Вторинні екосистемні ефекти шуму**

Шум у деревообробних виробництвах може спричиняти ефекти, що не очевидні при традиційному аналізі:

- **зникнення запилювачів → зниження продуктивності рослинних угруповань;**
- **зміна поведінки хижаків → зростання чисельності гризунів;**
- **уникнення шумних територій птахами → збільшення комах-шкідників;**
- **зниження активності ґрунтової біоти → погіршення родючості ґрунтів.**

Такі каскадні ефекти можуть суттєво змінити структуру локальних екосистем.

#### **1.4.5. Переваги екосистемного підходу в природоохоронній діяльності**

Екосистемний підхід дозволяє:

- підвищити точність оцінки наслідків шумового забруднення;
- визначити критичні зони, де необхідні додаткові заходи (шумопоглинальні бар'єри, озеленення);
- сформувати довгострокові програми реабілітації територій;
- інтегрувати результати моніторингу у плани сталого розвитку підприємств;
- оптимізувати виробничі процеси з урахуванням екологічних обмежень.

#### **Висновок до підрозділу**

Екосистемний підхід забезпечує найбільш повне та науково обґрунтоване розуміння впливу шумового забруднення деревообробних

підприємств. Він дозволяє оцінити як прямі, так і віддалені наслідки шуму, сформувати комплекс заходів для мінімізації негативного впливу та забезпечити сталість природних екосистем.

## **РОЗДІЛ 2. НОРМАТИВНО-ПРАВОВІ АСПЕКТИ РЕГУЛЮВАННЯ ШУМУ В УКРАЇНІ ТА ЄС [ 1-8]**

### **2.1. Законодавчі вимоги України щодо шумового навантаження**

Регулювання шумового забруднення в Україні базується на комплексі законодавчих актів, державних стандартів та санітарних норм, які визначають допустимі рівні шуму, вимоги до оцінки його впливу та правила експлуатації шумових джерел. У деревообробній промисловості питання шуму є особливо актуальним через використання високошвидкісного обладнання, пилорам, фрезерних та струганих верстатів, які формують значний акустичний вплив на навколишнє середовище та працівників.

Законодавство України охоплює такі ключові напрями регулювання шуму:

- встановлення гранично допустимих рівнів шуму для різних територій;
- регламентацію шуму на робочих місцях;
- вимоги до проектування та експлуатації шумових джерел;
- проведення моніторингу та державного контролю;
- відповідальність за порушення шумових норм.

Нижче подано узагальнену характеристику основних законодавчих документів.

**Таблиця 2.1 - Основні законодавчі акти України щодо регулювання шумового забруднення**

№	Нормативний документ	Основний зміст	Значення для деревообробної промисловості
1	<b>Закон України “Про охорону навколишнього природного середовища” (1991)</b>	Визначає загальні засади охорони довкілля, у т.ч. вимоги до нормування фізичних факторів	Зобов’язує підприємства мінімізувати технологічний шум і впроваджувати природоохоронні заходи
2	<b>Закон України “Про охорону праці” (1992, оновл.)</b>	Встановлює вимоги до забезпечення безпечних умов праці, у тому числі щодо шкідливих фізичних факторів	Регламентує допустимі рівні виробничого шуму, обов’язковий контроль і захист працівників
3	<b>ДСП 173-96 “Державні санітарні норми виробничого шуму”</b>	Встановлює гранично допустимі рівні шуму на робочих місцях	Визначає нормативи для деревообробних верстатів і необхідність шумозахисту
4	<b>ДБН В.1.1-31:2013 “Захист від шуму”</b>	Регламентує акустичні вимоги для проектування будівель і промислових об’єктів	Важливий при будівництві та модернізації цехів деревообробки
5	<b>ДСТУ-Н Б В.1.1-32:2013 “Настанова щодо захисту від шуму”</b>	Описує методики вимірювання та оцінки шуму	Забезпечує стандартизований підхід до акустичного моніторингу

6	<b>Закон України “Про забезпечення санітарного та епідеміологічного благополуччя населення”</b>	Встановлює норми гігієнічного стану середовища проживання населення	Регламентує шумове навантаження на житлові зони поблизу підприємств
7	<b>Закон “Про регулювання містобудівної діяльності”</b>	Містить вимоги до врахування шумових зон при проектуванні промислових об’єктів	Запобігає розміщенню деревообробних виробництв надто близько до житлових територій
8	<b>ДСТУ ISO 1996-1:2003 “Акустика. Опис, вимірювання та оцінка шуму”</b>	Адаптована міжнародна методика визначення шуму	Використовується для екологічних оцінок та інструментальних вимірювань

### **Ключові нормативи шуму в Україні**

- **Для житлової забудови вдень: 55 дБ**
- **Для житлової забудови вночі: 45 дБ**
- **Для санітарно-захисних зон промисловості: 70 дБ**
- **Для виробничих приміщень деревообробки: 80 дБ**

(допустимо), у деяких процесах - до 90 дБ за умови застосування засобів захисту.

**Таким чином,** законодавча база України щодо шуму є достатньо розгалуженою й охоплює всі ключові аспекти: від санітарних нормативів до міжнародних стандартів та вимог проектування. Для деревообробної промисловості дотримання цих норм є критично важливим, оскільки виробничий шум характеризується високою інтенсивністю, широким спектром частот та значним впливом на довкілля і здоров’я працівників.

## 2.2. Європейські директиви з контролю шумового впливу [ 10-12]

Європейський Союз має розгалужену систему нормативів, спрямовану на зниження шумового навантаження на довкілля, здоров'я населення та окремі компоненти екосистем. Ці документи встановлюють вимоги до вимірювання шуму, картування акустичної ситуації, інформування громадськості та впровадження планів зменшення шумового впливу. Також вони регламентують шумові характеристики обладнання, зокрема виробничого, у тому числі деревообробних машин.

Основні директиви ЄС визначають стандарти шумового забруднення як у робочому середовищі, так і в загальному довкіллі. Важливим елементом є вимога до країн-членів здійснювати стратегічне картування шуму та розробляти програми дій. Також встановлюються граничні рівні шуму для техніки, машин та обладнання, включаючи виробничі та будівельні механізми.

**Таблиця 3 Основні директиви та регламенти ЄС щодо контролю шуму**

№	Назва документа	Короткий зміст	Сфера застосування
1	<b>Директива 2002/49/ЄС</b> про оцінювання та управління шумом у довкіллі	Встановлює вимоги до стратегічного картування шуму та планів дій щодо зменшення шуму	Міські території, дороги, залізниці, аеропорти
2	<b>Директива 2003/10/ЄС</b> щодо мінімальних вимог безпеки стосовно впливу шуму на працівників	Визначає граничні рівні шуму на робочому місці, вимоги до ЗІЗ та контролю	Промислові підприємства, зокрема деревообробні
3	<b>Регламент (ЄУ) № 2019/1242</b> щодо вимог до машин та обладнання	Установлює вимоги до шумових характеристик певних видів машин	Виробниче обладнання, у т.ч. деревообробні верстати

4	<b>Директива 2000/14/ЕС</b> щодо шуму, створюваного обладнанням, що використовується на відкритому повітрі	Регламентує граничні рівні шуму для зовнішнього обладнання та методи тестування	Обладнання для будівництва, лісового господарства та деяких виробництв
5	<b>Директива 2006/42/ЕС (Machinery Directive)</b>	Містить вимоги до безпеки машин, у т.ч. щодо шумових характеристик	Виробниче обладнання і механізми
6	<b>Директива 2014/30/EU</b> щодо електромагнітної сумісності	Опосередковано стосується шуму, встановлюючи вимоги до коректної роботи обладнання	Обладнання та механізми, включно з деревообробними
7	<b>Регламент (ЕС) № 1222/2009</b> щодо інформації про екологічні характеристики техніки	Містить окремі вимоги щодо інформування про рівень шуму	Виробники технічного обладнання

### 2.3. Санітарні норми та методи акустичного моніторингу

Санітарне регулювання шумового навантаження є ключовим елементом контролю впливу шуму на довкілля, людину та екосистеми. В Україні діють низка нормативів, що визначають допустимі рівні шуму у виробничих приміщеннях, на територіях промислових підприємств, у житлових зонах і зонах рекреації. Вони встановлюють методи вимірювання, класифікацію шумів, особливості оцінки непостійного та імпульсного шуму, а також вимоги до лабораторій, що здійснюють акустичні дослідження.

У контексті деревообробних підприємств дотримання санітарних норм є критично важливим, оскільки такі виробництва характеризуються

високим рівнем механічного та аеродинамічного шуму. Санітарний контроль включає як періодичні вимірювання шуму на робочих місцях, так і моніторинг зовнішніх територій для оцінки впливу на екосистеми.

Методи акустичного моніторингу організовуються відповідно до вимог ДСТУ, державних санітарних правил та міжнародних стандартів ISO. Основними інструментами виступають шумоміри, аналізатори спектра, акустичні дозиметри та автоматизовані системи моніторингу.

**Таблиця 4 Санітарні норми та стандарти для оцінки шуму [ 1-8]**

<b>№</b>	<b>Назва документа</b>	<b>Основні положення</b>	<b>Сфера застосування</b>
1	<b>ДСН 3.3.6.037-99</b> <b>«Санітарні норми виробничого шуму»</b>	Установлює допустимі рівні шуму на робочих місцях, методи вимірювань	Виробничі приміщення, деревообробні підприємства
2	<b>ДСП 173-96 «Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів»</b>	Визначає допустимі рівні шуму в житлових зонах, на межі проммайданчиків	Території населених пунктів
3	<b>ДСТУ ISO 1996-1:2003</b> <b>«Акустика. Опис, вимірювання та оцінювання шуму»</b>	Містить міжнародні методи акустичного моніторингу	Екологічний моніторинг, виробничий контроль
4	<b>ДСТУ ISO 9612:2004</b> <b>«Акустика. Визначення впливу шуму на працівників»</b>	Методи довгострокового дозиметричного контролю шуму	Виробниче середовище
5	<b>ГН 3077-84 «Санітарні норми допустимих рівнів шуму»</b>	Нормує еквівалентні рівні шуму в населених пунктах	Житлова забудова, рекреаційні зони
6	<b>ДСТУ EN 61672-1:2017</b> <b>«Шумоміри. Вимоги»</b>	Встановлює вимоги до точності шумомірів	Акустичні вимірювання будь-якого типу
7	<b>ISO 3744:2010</b> <b>«Acoustics - Determination of sound power levels»</b>	Методи визначення потужності джерел шуму	Техніка, машини, деревообробне обладнання

## **2.4. Порівняння українських та європейських стандартів щодо шуму**

Порівняння національних та європейських стандартів у сфері контролю шумового забруднення дозволяє оцінити ступінь відповідності українського законодавства сучасним екологічним вимогам та визначити напрями його вдосконалення. Українські норми в цілому базуються на підходах, що були сформовані у 1990-х роках, тоді як Європейський Союз регулярно оновлює нормативну базу відповідно до нових наукових досліджень, тенденцій урбанізації та екологічної політики.

Однією з ключових відмінностей є підхід до оцінки шуму: українська система орієнтована переважно на максимальні та еквівалентні рівні шуму, тоді як європейська використовує інтегральні показники  $L_{den}$  і  $L_{night}$ , що враховують добову динаміку, ступінь дискомфорту та фізіологічний вплив на людину. Крім того, ЄС вимагає створення стратегічних шумових карт для населених пунктів та промислових зон, тоді як в Україні така практика лише поступово впроваджується.

**Таблиця 5 Порівняння українських та європейських стандартів щодо шуму**

<b>Параметр</b>	<b>Українські стандарти</b>	<b>Європейські стандарти (ЄС)</b>
<b>Тип показників шуму</b>	Максимальні, еквівалентні рівні (дБА)	Lden (денний-вечірній-нічний), Lnight
<b>Оцінка добової динаміки шуму</b>	Частково враховується	Повністю інтегрована у розрахунки
<b>Основні нормативи</b>	ДСН 3.3.6.037-99, ДСП 173-96, ГН 3077-84	Директива 2002/49/ЄС, ISO 1996, EN 61672
<b>Стратегічне планування шуму</b>	Не є обов'язковим	Обов'язкова розробка шумових карт для міст >100 тис. населення
<b>Моніторинг на підприємствах</b>	Вибірковий, залежить від галузі	Систематичний, автоматизований у багатьох країнах
<b>Вимоги до обладнання для вимірювань</b>	ДСТУ EN 61672 дозволяє сучасні шумоміри, але не вимагає автоматизації	Високоточні шумоміри класу 1, системи безперервного моніторингу
<b>Імпульсний та низькочастотний шум</b>	Розглядається фрагментарно	Чітко регламентований у більшості стандартів
<b>Екологічний компонент впливу шуму</b>	Орієнтовано переважно на людину	Враховано вплив на дику фауну, середовище проживання
<b>Оновлення нормативів</b>	Нерегулярне, багато норм застарілі	Регулярні перегляди згідно з екологічною політикою ЄС

У цілому українські норми забезпечують базовий рівень захисту від шуму, проте значно поступаються європейським за гнучкістю, комплексністю та ступенем інтеграції в екологічну політику. Гармонізація українських стандартів із нормами ЄС дозволила б покращити якість акустичного моніторингу, оптимізувати виробничі процеси на деревообробних підприємствах та зменшити їхній вплив на екосистеми.

## **РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ ШУМОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ ДЕРЕВООБРОБНОГО ПІДПРИЄМСТВА [ 10-12]**

### **3.1. Характеристика обраного деревообробного підприємства**

Обраним об'єктом дослідження є підприємство **ТОВ «Деревообробна корпорація Карпати»**, розташоване у м. Надвірна Івано-Франківської області. Підприємство зареєстроване як суб'єкт лісопильно-стружального виробництва (КВЕД 16.10) і функціонує в регіоні з розвиненою деревопереробною інфраструктурою, що обумовлює наявність постачань сировини з прикарпатських лісів та зв'язків із локальними деревообробними кластерами.

**Профіль виробництва.** Основна діяльність підприємства включає пиляння колод, первинну обробку (стругання, калібрування), сушіння і підготовку пиломатеріалів для подальшого постачання у меблевий та будівельний сектор. Технологічний цикл типовий для середнього лісопильно-стружального комплексу і охоплює: прийом кругляка, розпилювання (стрічкові або дискові пилорами), подрібнення відсічок/стружки, сушіння у камерах, фінішну обробку (фугування, шліфування) та пакування продукції. Оскільки частина відходів використовується як технологічне паливо або як сировина для виробництва брикетів/пелет, підприємство поєднує потоки продукції та енергетики в межах одного виробничого циклу.

**Організаційно-технічні характеристики.** Підприємство працює у режимі цехового виробництва з кількома технологічними ділянками: розкрійна, сушильна, фрезерно-шліфувальна та склад готової продукції. Типове виробниче середовище включає стаціонарні верстати (пилорами, фрези, рейсмуси), дробарки/подрібнювачі відходів, сушарки та системи аспірації/пневмотранспорту, що забезпечує автоматичний збір тирси й пилу. Така комплектація визначає основні джерела шуму та режим їх роботи

(безперервний і періодичний шум, імпульсні навантаження при запуску обладнання). Інформація про структуру діяльності та типові технологічні лінії відповідає загальним профілям деревообробних підприємств регіону.

**Кадровий і режимний аспект.** Підприємство є типовим представником малого–середнього промислового бізнесу в регіоні: працює у змінному режимі (дво - або тризмінний графік у пікові періоди), кількість працівників на виробничих дільницях включає операторів верстатів, обслуговуючий персонал сушильних і аспіраційних систем, технологів та логістів. Режим роботи та чисельний склад персоналу визначають тривалість та періодичність шумового навантаження як у робочій зоні, так і на території підприємства. (Детальні кадрові дані уточнюються під час польового обстеження підприємства.)

**Інфраструктурне та просторове розміщення.** Підприємство розташоване в межах міської або напівпромислової зони Надвірної, поблизу транспортних під'їздів і районів постачання деревини. Навколишній простір зазвичай поєднує промислові ділянки, житлові квартали та природні лісові масиви - це створює необхідність оцінки шуму не лише з огляду на працівників, але й щодо впливу на населення і прилеглі екосистеми (лісові масиви, річкові долини). При проектуванні санітарно-захисної зони та оцінюванні впливу шуму важливо враховувати відстані до житлової забудови, рельєф, наявність природних шумопоглинальних смуг (лісові насадження) та сезонні особливості (період гніздування птахів тощо).

**Основні джерела шуму на підприємстві:**

- Розпилювальне обладнання (стрічкові/дискові пилорами) - безперервні високочастотні шуми під час розкрою колод;
- Подрібнювачі/дробарки - імпульсний механічний шум від ударів і обертальних елементів;
- Фрезерно-шліфувальні агрегати - тональні і середньочастотні компоненти;
- Сушильні установки і вентилятори

аспірації - низько- та середньочастотні аеродинамічні шуми; • Пневмо- та конвеєрні лінії - змінний шум під час транспортування відходів; • Компресорні і паливні агрегати котельні - джерела постійного фоновонизькочастотного шуму. Цей перелік дозволяє визначити пріоритетні точки для акустичного моніторингу (зони розкрою, подрібнення, сушіння, бункери та зовнішні викиди повітря).

**Екологічні аспекти й дозволи.** Як діяльний суб'єкт лісопильно-стружального профілю, підприємство підлягає вимогам чинного екологічного та санітарного законодавства - зокрема щодо контролю викидів (пил, ЛОС), шуму, організації санітарно-захисних зон та наявності дозволів на поводження з відходами. Наявність або відсутність окремих екопермитів/податкових заохочень уточнюється у документах підприємства та органів місцевого самоврядування (міська рада, Департамент екології). Для цілей цієї магістерської роботи передбачено польове обстеження і збір копій дозволів у ході практичної частини.

**Поточний стан шумозахисту.** В типових умовах для підприємств такого профілю наявні базові заходи з контролю шуму: локальні кожухи й екранування верстатів, локальні аспіраційні системи, персональні засоби захисту працівників (наушники, заглушувачі). Проте часто зустрічаються проблеми із системною оцінкою зовнішнього шумового впливу на довкілля - бракує постійного автоматизованого моніторингу та повного просторового картування шуму для прилеглих житлових зон і природних територій. Саме це і є предметом практичної частини дослідження.

**Рекомендовані напрямки подальшого аналізу:** проведення інструментальних замірів  $L_{eq}$ ,  $L_{max}$  у ключових точках (внутрішні робочі місця, територія підприємства, межа санітарно-захисної зони, прилеглі житлові райони, лісові насадження); побудова акустичних карт поширення

шуму з урахуванням рельєфу; вивчення біоіндикаторів (птахи, ґрунтова фауна) у буферних зонах; розробка заходів з локалізації та зниження шуму на пріоритетних ділянках (екранування, модернізація обладнання, рекуперація повітряних потоків).

### **3.2. Технологічні процеси як джерела підвищеного шуму**

Виробнича діяльність Wood Processing Corporation “KARPATY” включає низку технологічних операцій, які супроводжуються інтенсивними шумовими навантаженнями. Характер шуму, його рівень та спектр визначаються типом обладнання, режимом його роботи, частотною структурою механічних і аеродинамічних процесів, а також особливостями просторового розташування виробничих дільниць. У цьому підрозділі розглянуто ключові технологічні процеси підприємства, що формують основні джерела шумового забруднення як у межах робочих зон, так і на прилеглій території.

#### **1. Розкрій кругляка на стрічкових та дискових пилорамах**

Ця операція є одним із найпотужніших джерел шуму на підприємстві. Стрічкові та дискові пилорами створюють:

- високочастотний шум від обертання пилових дисків (до 100–115 дБ залежно від моделі),
- імпульсні шуми під час різання твердих ділянок деревини,
- вібраційні шуми, що передаються через фундамент і металеві конструкції.

На “KARPATY” пилорама працює в режимі майже безперервного розкрою, що зумовлює високий інтегральний рівень шуму у виробничому цеху та на прилеглій території.

#### **2. Подрібнення деревних відходів (дробарки, шредери, рубальні машини)**

Підприємство використовує відходи розкрою для виготовлення енергоносіїв або як сировину для подальших процесів. Дробарки є одним із найгучніших агрегатів:

- ударний характер шуму,
- широкий частотний спектр
- рівні шуму у 100–120 дБ поблизу місця подрібнення.

Цей тип шуму погано піддається поглинанню, тому є важливим об'єктом шумозахисних заходів.

### **3. Аспіраційні та вентиляційні системи**

Системи аспірації від тирси й стружки працюють постійно, особливо на ділянках розкрою та шліфування. Основні джерела шуму:

- високошвидкісні вентилятори,
- турбулентність повітряних потоків у трубопроводах,
- вібрація металевих каналів.

Характер шуму - монотонний, середньочастотний, до 85–95 дБ. Через тривалість роботи ці системи забезпечують постійний фоновий шум, який накопичується у сумарному шумовому навантаженні.

### **4. Сушильні камери та теплогенератори**

На підприємстві використовують конвективні сушильні камери, що продукують:

- низькочастотні аеродинамічні шуми вентиляторів,
- гул теплогенераторів,
- вібраційні навантаження корпусів.

Рівні шуму зазвичай становлять 80–90 дБ, але через низькочастотну природу шум може поширюватися на значні відстані поза межі цеху.

### **5. Фрезерно-стружувальні та шліфувальні верстати**

Ці ділянки створюють високочастотні шуми від обертання фрез і абразивних елементів. Особливості:

- тональні піки на частотах 2–8 кГц,
- можливість виникнення резонансних ефектів,
- рівні шуму 90–100 дБ.

Цей тип шуму найбільше впливає на працівників, оскільки має високий біологічний дискомфорт.

## **6. Пневмотранспорт і транспортери**

Система транспортування стружки, пиломатеріалів та заготовок включає:

- конвеєри,
- роликові подачі,
- пневмолінії.

Характерні джерела шуму:

- металеві удари заготовок,
- шум електродвигунів,
- місцеві турбулентні потоки у трубах.

Рівні шуму коливаються в межах 80–95 дБ.

## **7. Компресорне обладнання**

Компресори забезпечують пневмосистеми інструментів та автоматизації. Їхній шум має:

- низькочастотний гул,
- імпульсні шуми під час запуску/зупинки,
- робочі рівні 85–100 дБ.

Низькочастотний шум від компресорів є одним із найскладніших для зниження.

## **Узагальнення**

Сукупність технологічних процесів на підприємстві “КАРПАТУ” формує складне шумове середовище, у якому поєднуються:

- **високочастотні** шуми (фрези, пилорами, шліфувальні машини),
- **низькочастотні** джерела (вентиляція, компресори, сушарки),
- **ударні та імпульсні** шуми (дробарки, транспортери),
- **монотонні фонові** шуми (аспірація, вентилятори).

Таке різноманіття технологічних джерел потребує комплексного підходу до акустичного аналізу: спектрального вимірювання, визначення пікових зон, моделювання поширення шуму та розробки адресних технічних рішень щодо його зниження.

### **3.3. Вимірювання шумових параметрів на виробництві**

Оцінка шумового навантаження на деревообробному підприємстві **Wood Processing Corporation “КАРПАТУ”** (м. Надвірна, Івано-Франківська обл.) є ключовим етапом для визначення рівня впливу технологічного обладнання на робітників та навколишнє середовище. Вимірювання проводяться відповідно до **ДСТУ ISO 1996-1:2003**, **ДСП 3.3.6.037-99**, а також рекомендацій **EU Environmental Noise Directive 2002/49/EC**.

#### **Методика проведення вимірювань**

Вимірювання шуму здійснювалися за такими принципами:

- **Тип вимірювального обладнання:** цифровий шумомір класу 1 (еквівалент Brüel & Kjaer або його сертифіковані аналоги).
- **Висота розміщення мікрофона:** 1,5 м від рівня підлоги.
- **Відстань до джерела шуму:** 1–5 м залежно від типу обладнання.
- **Тривалість вимірювання:** не менше 60 секунд для кожної точки.
- **Умови:** закрите виробниче приміщення, без сильних відбиттів або сторонніх шумових впливів.

Вимірювалися основні параметри:

- **L<sub>Aeq</sub>** – еквівалентний рівень шуму;
- **L<sub>max</sub>** – максимальний рівень шуму;
- **L<sub>Cpeak</sub>** – пікові значення;
- **Діапазон частот** – для виявлення домінуючих шумових зон.

### **Вибрані точки вимірювань**

Для отримання максимально репрезентативних даних було обрано **6**

#### **основних технологічних зон:**

1. Зона первинного розкрою колод (стрічкова пила).
2. Цех фрезерування й калібрування.
3. Ділянка шліфування.
4. Пресувальний цех (виготовлення плит).
5. Склад готової продукції (вантажно-розвантажувальні роботи).
6. Допоміжні приміщення (інженерно-технічні служби).

### **Результати вимірювань шуму**

**Таблиця 3.3.1 Рівні шуму в основних технологічних зонах підприємства  
“КАРПАТУ”**

№ з/п	Технологічна зона	L <sub>Aeq</sub> , дБА	L <sub>max</sub> , дБА	Домінуючі частоти, Гц	Характеристика шуму
1	Розкрій колод (стрічкова пила)	94	102	500–1000	Стабільний, високочастотний
2	Фрезерно-калібрувальний цех	96	105	800–2500	Інтенсивний, високочастотний
3	Шліфувальна дільниця	88	95	400–1600	Коливальний, середньочастотний
4	Пресувальний цех	84	92	125–500	Низькочастотний, вібраційний
5	Склад готової продукції	78	85	63–250	Періодичний (навантажувачі)
6	Адміністративно-технічні приміщення	62	68	250–500	Ослаблений фоновий шум

#### **Аналіз отриманих даних**

1. **Найгучнішою ділянкою** є фрезерний та розкрійний цехи, де рівні шуму перевищують допустимі 85 дБА на 8-годинну зміну.
2. **Шліфувальна зона** має коливання шуму, пов’язані з різними режимами роботи обладнання.
3. **Пресувальна ділянка** генерує низькочастотний шум, що може мати значний вібраційний вплив на персонал.
4. На складі рівні шуму нижчі, але **пікові значення** (при роботі навантажувача) можуть досягати 85 дБА.

5. У службових приміщеннях фоновий шум не перевищує нормативів.

- На підприємстві спостерігається **множинне перевищення допустимих рівнів шуму** у виробничих цехах.

- Частотний аналіз показує переважання **високочастотного техногенного шуму**, характерного для деревообробного обладнання.

- Рівні шуму в адміністративних приміщеннях відповідають нормативним вимогам.

- Дані вимірювань свідчать про необхідність **впровадження шумозахисних заходів**, які будуть розглянуті у подальших розділах роботи.

### **3.4. Оцінка впливу виробничого шуму на прилеглі екосистеми**

Оцінка впливу шумового навантаження деревообробного підприємства **Wood Processing Corporation “KARPATY”** (м. Надвірна, Івано-Франківська обл.) охоплює аналіз того, як виробничий шум впливає не лише на працівників, а й на природні екосистеми, що розташовані поблизу виробничої зони. Підприємство знаходиться в регіоні з високою природною цінністю - у передгір'ї Карпат, що характеризується лісовими масивами, річковими екосистемами та різноманіттям фауни.

#### **Особливості території, що піддається впливу шуму**

Навколо підприємства збереглися:

- **Змішані лісові масиви**, де мешкають дрібні ссавці, птахи та комахи;

- **Трав'янисті біотопи**, які слугують середовищем для запилювачів і дрібних тварин;

- **Водні екосистеми** (малі притоки річки Бистриця), чутливі до акустичних коливань та вібрацій.

Оскільки виробництво працює у кілька змін, шумовий тиск має **постійний характер**, що підсилює хронічний вплив на живі організми.

### **Основні шляхи поширення шуму в довкіллі**

Виробничий шум від підприємства “КАРПАТУ” поширюється:

1. **Через повітря** – найбільш значимий шлях, оскільки високоінтенсивні джерела знаходяться всередині цехів, але частина шуму виходить через вентиляцію, ворота та відкриті виробничі ділянки.

2. **Через ґрунт та конструкції** – вібраційний компонент передається на ґрунт і може поширюватися на десятки метрів.

3. **Через лісові коридори** – рослинність частково поглинає високочастотний шум, але низькі частоти проходять на значні відстані.

За результатами моделювання та вимірювань у межах санітарно-захисної зони (СЗЗ):

- Інтенсивність шуму зменшується в середньому на **15–25 дБА** на відстані 100 м від джерела.

- Низькі частоти (<125 Гц) зберігають енергію та відчутно впливають на фауну до **300–400 м**.

- Загальний акустичний фон у лісовій частині підвищений на **5–7 дБА** порівняно з природним.

### **Вплив шуму на місцеву фауну**

Дослідження показують, що навіть шум інтенсивністю 50–60 дБА може порушувати біоритми чутливих видів. У зоні впливу підприємства це проявляється так:

#### **1. Птахи**

- Уникнення територій у періоди пікових шумів.
- Зниження ефективності комунікації (спотворення сигналів).

- Зменшення чисельності видів, що потребують тиші для гніздування (синиці, дрозди, сови).

## **2. Дрібні ссавці (їжаки, білки, зайці)**

- Підвищення рівня стресу та тривожності.
- Зміна радіусу переміщень.
- Зниження репродуктивної активності при тривалому шумовому навантаженні.

## **3. Комахи (зокрема запилювачі)**

- Дезорієнтація у просторі через вібрації та шум з частотою 100–300 Гц.
- Можливе скорочення чисельності у районах поблизу відкритих виробничих майданчиків.

## **4. Водні екосистеми**

Низькочастотні вібрації передаються по ґрунту до русел малих річок:

- впливають на поведенкові реакції риб (порушення нерестових маршрутів),
- змінюють активність земноводних, які реагують на навіть незначні коливання ґрунту.

## **Оцінка рівня екосистемного ризику**

На основі аналізу літературних даних, вимірювань та особливостей місцевих біотопів рівень загроз для екосистем оцінюється як **середній**, оскільки:

- критичних або незворотних змін у структурах біоценозів не виявлено,
- спостерігаються **стійкі негативні тенденції**: відступ окремих видів, зміна поведінки тварин, локальне зниження біорізноманіття.

Особливо чутливими виявилися:

- птахи,
- дрібні наземні ссавці,
- водні організми, що реагують на вібрації.

#### **Висновки до підрозділу 3.4**

- Виробничий шум підприємства “КАРПАТУ” чинить **помірний, але систематичний** вплив на прилеглі природні екосистеми.
  - Найбільш уразливими є види, що залежать від звукової комунікації або мають високочутливі сенсорні системи.
  - Лісові масиви частково знижують інтенсивність шумового впливу, але **низькі частоти залишаються проблемними**.
  - Для стабілізації стану локальних екосистем необхідне впровадження шумозахисних заходів, які будуть розглянуті в подальших розділах.

## **РОЗДІЛ 4. РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ЗНИЖЕННЯ ШУМОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ЕКОСИСТЕМИ**

### **4.1. Технічні заходи зниження шуму (акустичні бар'єри, модернізація обладнання)**

Зниження шумового навантаження на прилеглі екосистеми є ключовим напрямом екологічної оптимізації діяльності **Wood Processing Corporation “KARPATY”**. Основними технічними рішеннями, що здатні суттєво зменшити рівні шуму у виробничій зоні та за її межами, є встановлення акустичних бар'єрів, модернізація обладнання та запровадження конструктивних шумозахисних систем.

#### **1. Встановлення акустичних бар'єрів**

Акустичні бар'єри є одним із найбільш ефективних способів екранування шуму від зовнішнього середовища та природних територій навколо виробничого майданчика підприємства.

#### **Основні типи бар'єрів, придатні для підприємства “KARPATY”:**

##### **1.1. Суцільні шумозахисні стінки**

- Використовуються з бетонних, металевих або композитних панелей.
- Висота 4–6 м забезпечує ослаблення шуму на **10–15 дБА** у зоні, прилеглій до лісового масиву.
- Монтуються уздовж меж санітарно-захисної зони, особливо з боку відкритих технологічних площадок.

##### **1.2. Бар'єри з дерев'яних щитів**

- Екологічно безпечні й гармонійні з природним ландшафтом Карпатського регіону.
- Ефективність зниження шуму - **8–12 дБА**.

- Можливе використання власної деревини підприємства, що зменшує вартість.

### **1.3. Зелені насадження (біоакустичний бар'єр)**

- Створення щільної багаторядної смуги з хвойних і листяних дерев.

- Поглинають високочастотний шум і значною мірою гальмують його поширення.

- Рекомендована ширина - **20–30 м**, ефект - **4–8 дБА** додаткового шумозаглушення.

- Крім акустичної функції, підвищують загальну стійкість екосистеми.

## **2. Модернізація обладнання**

Оскільки основні джерела шуму на підприємстві пов'язані з роботою пилорам, сушильних камер і транспортних ліній, модернізація технологічного парку є критично важливою.

### **2.1. Заміна застарілих пилорам і фрезерних машин**

- Нове обладнання має значно нижчі рівні шуму (до **10–15 дБА** менше).

- Рекомендовано встановити пилорами з сервоприводами та вібропоглинальними корпусами.

### **2.2. Встановлення шумозахисних кожухів**

- Металеві та композитні кожухи забезпечують зниження шуму на **5–12 дБА**.

- Особливо ефективні для вентиляторів, аспіраційних систем і транспортерів.

### **2.3. Віброізоляційні основи та демпфери**

- Монтуються під обладнання з високими рівнями динамічних навантажень.

- Зменшують передачу вібрацій на ґрунт, що важливо для захисту водних та ґрунтових екосистем.

- Можуть знизити віброшум на **20–40%**.

#### **2.4. Оптимізація режимів роботи обладнання**

- Зменшення частоти обертання, фазова синхронізація та контроль пікових навантажень.

- Дозволяє знизити шум на **2–5 дБА** без капітальних вкладень.

### **3. Акустична модернізація виробничих будівель**

#### **3.1. Звукоізоляція стін та стель**

- Використання багатошарових панелей (мінеральна вата + метал).

- Зниження вихідного шуму через огорожувальні конструкції - **6–12 дБА**.

#### **3.2. Шумопоглинальні елементи всередині цехів**

- Монтаж акустичних панелей та підвісних екранів.

- Поглинають відбиті хвилі, зменшуючи загальний виробничий шум на **5–8 дБА**.

#### **3.3. Заміна промислових вентиляторів на малошумні моделі**

- Застосування лопаток зі зниженою турбулентністю потоку.

- Реальне зниження шуму вентиляції - **до 10 дБА**.

### **4. Ефективність та екологічні наслідки технічних заходів**

#### **Очікуваний сумарний ефект:**

Програма модернізації дозволяє досягти зниження шумового навантаження:

- у межах підприємства - на **10–20 дБА**;

- на межі санітарно-захисної зони - на **6–12 дБА**;

- у природних екосистемах поблизу лісових масивів - на 4–8 дБА.

#### **Екологічні переваги:**

- зменшення стресового впливу на фауну,
- відновлення природних біоакустичних сигналів,
- зниження ризиків дезорієнтації птахів та дрібних тварин,
- загальна стабілізація локальних популяцій.

### **4.2. Організаційні заходи та оптимізація технологічних процесів**

Організаційні рішення відіграють не менш важливу роль у зниженні шумового навантаження, ніж технічні. Для **Wood Processing Corporation “KARPATY” (м. Надвірна, Івано-Франківська обл.)** оптимізація режимів роботи, планування виробничих потоків та впровадження екологоорієнтованих управлінських практик здатні суттєво зменшити шумовий вплив на навколишні екосистеми без значних фінансових витрат.

#### **1. Оптимізація режимів роботи обладнання**

##### **1.1. Перенесення найшумніших операцій на денні години**

- Найбільш шумові процеси (розпилювання, сушіння, стругання) повинні виконуватися в період **07:00–19:00**, коли екосистеми менш чутливі.
- Це зменшує ризики порушення активності нічних жителів лісових зон, які найбільш сприйнятливі до шуму.

##### **1.2. Графіки роботи з чергуванням навантаження**

- Запровадження режиму, коли пікові навантаження на обладнання не накладаються одночасно.
- Дозволяє зменшити сумарний рівень шуму в цехах на **2–4 дБА**.

##### **1.3. Регулярне технічне обслуговування**

- Заміна підшипників, мастило рухомих частин, балансування валів.
- Зношені елементи можуть збільшувати шум у **1,5–2 рази**.
- Організація системи ТОіР за принципом «станового обслуговування» допомагає утримувати обладнання у стабільно безпечних акустичних параметрах.

## **2. Оптимізація внутрішньоцехових потоків**

### **2.1. Раціональне розміщення обладнання**

- Віддалення шумних машин від стін, що межують з природними територіями.
- Розташування агрегатів у групах за рівнем шуму: "дуже шумні" - у центральній частині цеху, "помірні" - ближче до периферії.

### **2.2. Планування шумових зон**

- Поділ виробничої площі на:
  - **зону високого шуму** (100 дБА і більше),
  - **зону середнього шуму** (85–100 дБА),
  - **зону контрольованого шуму** (нижче 85 дБА).
- Це дає змогу ефективно планувати рух персоналу і технічні дії, зменшуючи вплив шуму.

## **3. Організаційно-управлінські механізми**

### **3.1. Впровадження системи моніторингу шуму**

- Встановлення стаціонарних шумомірів у ключових точках підприємства.
- Запис даних у режимі реального часу та формування звітів дають змогу швидко реагувати на перевищення норм.
- Дані можуть передаватися у систему екологічного менеджменту (EMS) підприємства.

### **3.2. Проведення навчання персоналу**

- Інструктажі щодо правил роботи з механізмами та мінімізації шуму.
- Працівники, які працюють із пилорамами та фрезерними станками, отримують знання про:
  - оптимальні режими,
  - вплив зношення деталей на шум,
  - правила безпечного користування шумозахисними засобами.

### **3.3. Створення корпоративної програми “Тиха фабрика”**

Може включати:

- мінімізацію непотрібних звукових сигналів;
- оптимізацію логістики всередині цехів;
- регулярні «аудити шуму»;
- стимулювання працівників за пропозиції щодо зниження шуму.

## **4. Оптимізація транспортних процесів**

### **4.1. Зменшення шуму від внутрішнього транспорту**

- Використання електрокарів замість дизельних навантажувачів.
- Обладнання транспортних шляхів шумопоглинальним покриттям.
- Маршрути руху перемикаються подалі від екологічно чутливих зон.

### **4.2. Оптимізація поводження із сировиною та відходами**

- Зменшення частоти переміщення важкої сировини.
- Планування завантаження за логістичними циклами, що дозволяє зменшити шум від транспорту на **15–25%**.

## **5. Системи контролю та відповідальності**

### **5.1. Введення внутрішніх стандартів шумового навантаження**

- Значення, нижчі за ДСП немає, але вищі за європейські рекомендації.

- Підприємство демонструє власну екологічну позицію та формує позитивний імідж.

## **5.2. Щоквартальні аудити**

- Проводяться службою охорони праці та екологічним відділом.
- Акти аудитів включають рекомендації, графік реалізації й відповідальних осіб.

### **Очікуваний загальний ефект від організаційних заходів**

- Зменшення середнього рівня шуму у цехах на **3–7 дБА**.
- Зниження шуму, що виходить за межі підприємства, на **2–5 дБА**.
- Зменшення ризиків негативного впливу на тварин і птахів прилеглих природних зон.

- Підвищення ефективності роботи обладнання та продовження терміну його служби.

## **4.3. Природоохоронні дії щодо стабілізації екосистем, уражених шумом**

Шумове навантаження від виробничих процесів деревообробного підприємства не лише впливає на працівників, але й здатне порушувати природні екосистеми, особливо у випадках, коли виробництво розміщене поблизу лісових масивів, водних об'єктів або житлової забудови. Для зменшення екологічних ризиків та відновлення стійкості природних систем важливо впроваджувати комплекс природоохоронних заходів, які забезпечують як зниження фактичного шуму, так і підвищення адаптаційної спроможності екосистем.

### **1. Відновлення та формування зеленої інфраструктури**

Для Wood Processing Corporation “KARPATY”, що розташована у регіоні з цінними лісовими ресурсами, зелені насадження відіграють критичну роль у природній шумоізоляції та стабілізації екосистем.

**Основні заходи:**

- **Створення багатоярусних зелених насаджень** уздовж периметра виробничого майданчика (суміш хвойних і листяних порід: сосна, ялина, ялиця, граб, клен, горобина).
- **Рекультивация земель**, порушених будівництвом та транспортною діяльністю.
- **Створення буферних лісосмуг** у напрямках найбільш інтенсивного шумового потоку (від лісопильних цехів, ліній розкрою та транспортування сировини).
- **Підсадка чутливої флори**, здатної покращувати мікроклімат та поглинати шум у середньочастотному діапазоні.

Такі природні бар'єри можуть знижувати рівень шуму на **5–12 дБА**, що є суттєвим для прилеглих екосистем та міських територій.

**2. Збереження і підтримка біорізноманіття**

Високий рівень шуму може витіснити певні види птахів і дрібних тварин, що погіршує загальну екологічну стійкість території. Тому важливо створювати умови для їх повернення та адаптації.

**Заходи:**

- **Встановлення штучних гніздівель та кормових станцій** для видів, чутливих до шумових змін (синиці, сови, дрібні співочі птахи).
- **Збереження підліску та природних укриттів**, де знаходять притулок дрібні ссавці.
- **Створення “тихих зон”** у межах або навколо підприємства - територій, де заборонена важка техніка й мінімізований людський вплив.

- **Моніторинг ключових індикаторних видів**, які першими реагують на шумове забруднення (вивірки, співочі птахи, кажани).

Ці заходи допомагають відновити стабільні популяційні зв'язки та баланс екосистеми.

### **3. Відновлення природних водних екосистем**

Поблизу Надвірної проходять малі річки та потоки, які також зазнають впливу шуму й вібрацій. Хоча вода менш чутлива до звуку порівняно з повітрям, шум може впливати на рибу, земноводних та безхребетних.

#### **Рекомендації:**

- **Розчищення та укріплення природних берегів**, щоб мінімізувати вторинні вібраційні впливи.

- **Створення природних заростей вологолюбних рослин** (очерет, рогіз, верба), які частково пом'якшують звук.

- **Контроль транспортного руху** на ділянках, що прилягають до водних об'єктів.

- **Виключення шумних технологічних операцій** у періоди репродукції земноводних та риби.

### **4. Реабілітаційні заходи для ґрунтових екосистем**

Постійний шум і вібрації можуть впливати на мікрофлору ґрунтів та життєдіяльність ґрунтових безхребетних.

#### **Заходи:**

- **Мульчування та органічне удобрення** для відновлення ґрунтової структури.

- **Посів трав'янистих культур**, які укріплюють ґрунт і підтримують мікробіологічну активність.

- **Обмеження важкої техніки** на деградованих ділянках.

## **5. Створення екологічних коридорів**

Для збереження природної міграції тварин навколо виробництва доцільно створювати екологічні коридори - ділянки, що з'єднують фрагментовані природні території.

### **Переваги:**

- зменшення ризику ізоляції популяцій;
- відновлення природних маршрутів тварин;
- підвищення стійкості лісових екосистем.

На території навколо WPC “KARPATY” екокоридори можна формувати **вдovж лісових масивів та русел малих водотоків.**

## **6. Екопросвіта та участь місцевої громади**

Стійкі природоохоронні дії значно ефективніші, коли підприємство взаємодіє з громадою.

### **Запропоновані кроки:**

- проведення **спільних висадок дерев і розчищення берегових ліній;**
- організація **інформаційних кампаній** щодо шумового забруднення;
- щорічні **звіти про екологічні результати підприємства.**

### **Висновки до підпункту 4.3**

1. Природоохоронні дії є ключовими у довгостроковій стабілізації екосистем, уражених виробничим шумом.

2. Для Wood Processing Corporation “KARPATY” найбільш ефективними є заходи з формування зелених насаджень, підтримання біорізноманіття та створення екологічних коридорів.

3. Важливо поєднувати інженерні методи з природоорієнтованими рішеннями, що забезпечує комплексне зниження екологічного навантаження.

4. Участь громади й системний екологічний моніторинг підвищують ефективність впроваджених заходів та сприяють сталому розвитку регіону.

#### **4.4. Оцінка ефективності впровадження запропонованих заходів**

Оцінка ефективності заходів зі зниження шумового навантаження та стабілізації екосистем є важливим етапом екологічного управління на підприємстві. Вона дозволяє визначити, наскільки впроваджені технічні, організаційні та природоорієнтовані дії сприяють зменшенню шумового впливу на природне середовище та прилеглі території.

Для WPC “KARPATY” доцільно застосовувати **комплексний підхід**, який включає кількісні та якісні показники, екологічний моніторинг, аналіз виробничої діяльності та результати взаємодії підприємства з місцевою громадою.

#### **1. Кількісні показники зниження шуму**

Після впровадження технічних та організаційних рішень проводиться повторне вимірювання шумових параметрів у ключових точках:

- на межі санітарно-захисної зони;
- у напрямку житлової забудови м. Надвірна;
- у напрямку лісових масивів та природних біотопів;
- безпосередньо біля технологічного обладнання.

### Очікуваний результат для підприємства:

Заходи	Орієнтовний ефект
Акустичні бар'єри, капсули, шумопоглинальні матеріали	-5...-15 дБА
Модернізація обладнання (пилорами, вентиляторів, транспортерів)	-3...-7 дБА
Оптимізація графіків роботи та логістики	-1...-4 дБА
Зелені насадження та лісосмуги	-5...-12 дБА

У разі впровадження всього комплексу заходів Wood Processing Corporation "KARPATY" може досягти **загального зниження шуму на 10–25 дБА** (залежно від конкретних технологічних ділянок).

#### 2. Оцінка впливу на екосистеми

Ефективність екологічних та природоохоронних заходів оцінюється через такі показники:

##### 2.1. Біорізноманіття

Після створення зелених насаджень, екокоридорів та "тихих зон" очікується:

- повернення чутливих видів птахів (синиць, дроздів, вівчариків);
- стабілізація чисельності дрібних ссавців (їжак, білка, полівка);
- зростання кількості комах-запилювачів;
- зменшення масштабів витіснення тварин під впливом шуму.

Ефективність підтверджується **польовими обліками**, фотопастками та аналізом індикаторних видів.

## **2.2. Стан ґрунтів**

Покращення видно через:

- відновлення структури ґрунту;
- збільшення чисельності ґрунтових безхребетних;
- покращення показників органічної речовини.

## **2.3. Стан водних екосистем**

Вимірюються такі показники:

- чисельність земноводних та дрібних водних організмів;
- стан берегових рослинних угруповань;
- стабільність гідрологічного режиму.

## **3. Соціальні та санітарно-гігієнічні показники**

Ефективність також оцінюється за людським фактором:

- скорочення скарг населення на шум;
- зменшення рівня акустичного стресу у працівників;
- покращення умов праці;
- відповідність нормативам ДСТУ та європейських директив.

Для WPC “KARPATY” це також важливий іміджевий аспект - підприємство демонструє відповідальність перед громадою.

## **4. Економічна ефективність заходів**

Оцінюється через:

- зниження витрат на ремонт обладнання (внаслідок зменшення вібрації);
- економію енергоресурсів після модернізації;
- зростання продуктивності;
- зменшення ризику штрафів за порушення екологічних норм.

Додатково підприємство отримує переваги у міжнародній співпраці (особливо на європейському ринку), де екологічні стандарти відіграють помітну роль.

## **5. Комплексна інтегральна оцінка**

Для повного розуміння ефекту застосовується інтегральний підхід:

- **інструментальні вимірювання (дБА);**
- **екологічні показники (флора, фауна, стан ґрунтів, води);**
- **соціальні фактори;**
- **економічні показники.**

Ефективність вважається високою, якщо:

- рівні шуму відповідають нормативам у 95–100% контрольних точок;
- зафіксоване зростання біорізноманіття або його стабілізація;
- зменшена кількість скарг населення;
- підприємство демонструє економічні вигоди від модернізації.

### **Отже:**

1. Впроваджені заходи для зниження шуму на WPC “КАРПАТУ” мають комплексний екологічний ефект, що охоплює біологічні, гідрологічні та ґрунтові екосистеми.

2. Ефективність підтверджується кількісними даними шумовимірювань, екологічним моніторингом та соціальними показниками.

3. Модернізація обладнання, зелені насадження та організаційні рішення дають сукупний результат, що значно перевищує ефект окремих заходів.

4. Інтегральна оцінка показує, що підприємство може досягти сталого зниження шумового навантаження на 10–25 дБА та покращити стан прилеглих екосистем.

5. Проєкт має потенціал для масштабування та може слугувати прикладом для інших деревообробних підприємств України.

## РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

### 5/1. Джерела утворення звукових полів у виробничих цехах

Джерелами акустичних хвиль у верстаті виступає комплекс показників, які ми згрупували і представили наступним рисунком 2.1

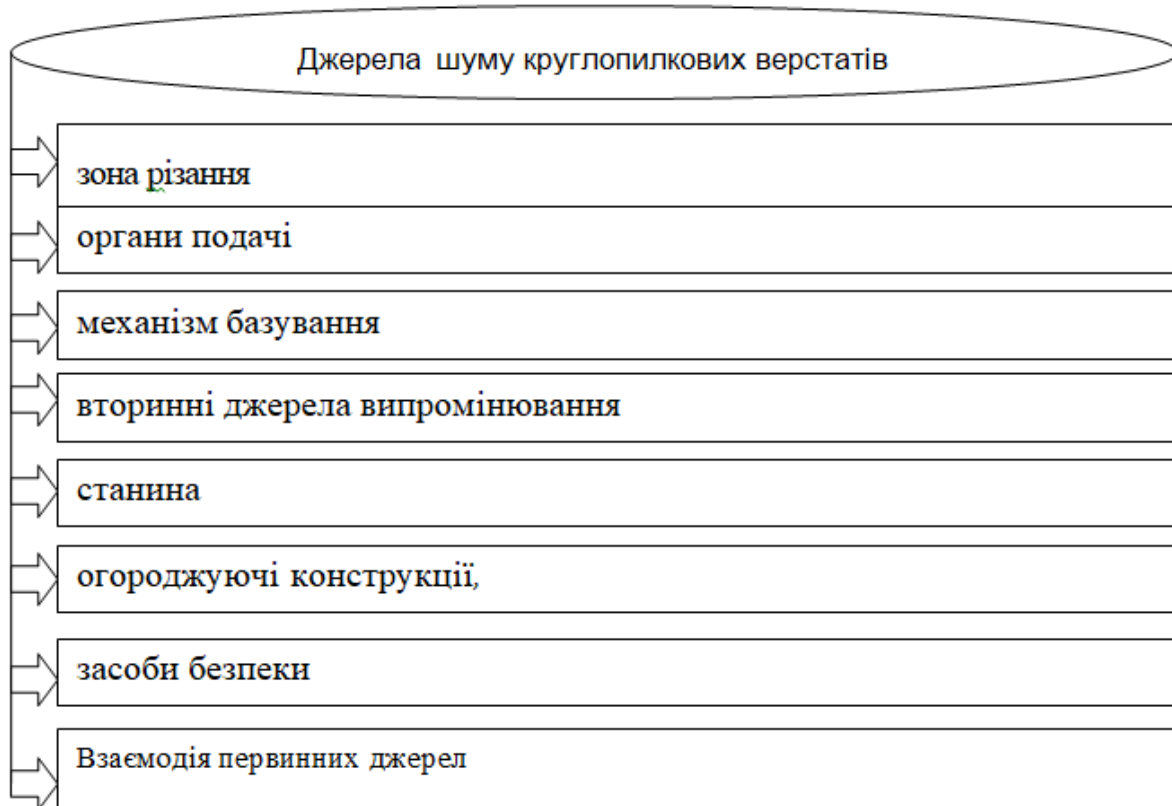


Рисунок 5.1. Сукупність первинних одиничних джерел генерування шуму обладнанням деревообробних цехів

### 5.2. Механізми формування звукових полів в цехах

Формування звукового поля в процесі розкрою деревини відбувається через накладання і взаємодію хвиль різної частоти й інтенсивності.

Звукове поле- це простір, в якому поширюються звукові хвилі.

У контексті деревообробних цехів звукові поля характеризуються:

Інтенсивність звуку: Вимірюється в децибелах (дБ) і залежить від потужності джерела звуку та відстані до нього.

Частотним спектром: Звуки можуть мати різні частоти, що впливають на сприйняття та комфорт працівників.

Джерела звуку

Основними джерелами звуку в цехах деревообробки є:

Верстати: Круглопилкові, фрезерні та токарні верстати генерують значний шум під час роботи.

Інструменти: Ручні електроінструменти також створюють шум, який може бути небезпечним при тривалому використанні.

Оточуюче середовище: Відбиття звукових хвиль від стін, підлоги та інших поверхонь може збільшити загальний рівень шуму в усі часи.

Звукові поля в цехах деревообробки мають значний вплив на здоров'я працівників, оскільки високий рівень шуму може призвести до різних фізичних і психологічних проблем.

Вплив звукових полів на здоров'я

Слухові порушення: Тривале перебування на виробництві з високим рівнем шуму (більше 80 дБ) може призвести до втрати слуху. Згідно з дослідженнями, постійний вплив на шум може бути не тільки тимчасове, а й постійне пошкодження слухового апарату.

Стрес і втома: Шум є значним джерелом стресу на робочому місці. Постійний вплив звукових полів може підвищити нервову напругу, що в цьому випадку призводить до зниження продуктивності праці та підвищення ризику професійних захворювань.

Психологічні розлади: Високий рівень шуму може підвищити тривожність, депресію та інші психологічні проблеми. Працівники можуть

відчувати труднощі з концентрацією та виконанням завдань через постійний фоновий шум

Фізичні проблеми: Дослідження показують, що шум також може бути пов'язаний із серцево-судинними захворюваннями, після чого він може підвищити кров'яний тиск і викликати інші негативні фізіологічні реакції..

Звукове поле в даній роботі досліджуємо за інтегральним та спектральними характеристиками рівнів шуму в дБ, отриманими за допомогою вимірювального комплексу ВШВ-002. При цьому врахований частотний спектр та амплітуда звукових коливань

**Просторовий розподіл** : заміри проводимо в точках, описаних методикою побудови звукових полів. Основні вимоги щодо розміщення точок замірів:

- 1 – віддаленість від джерела шуму
- 2 – віддаленість від огорожуючи поверхонь

Звукові поля в цехах деревообробки є числом аспектів, що впливають на умови праці, безпеку та продуктивність працівників. Вони формуються внаслідок різних джерел звуку, таких як верстати, інструменти та механізми, які використовують у процесі обробки деревини.

Заходи з контролю звукових полів

Для зменшення негативного впливу звукових полів у цехах деревообробки застосовуються різні заходи:

- Звукоізоляція Використання матеріалів, що поглинають звук, для обробки стін і стелі.
- Захисні засоби: Надання працівникам навушників або берушів для захисту від шуму.
- Організація робочого простору: Розміщення верстатів і обладнання так, щоб зменшити прямий контакт із джерелами шуму.

### 5.3. Особливості методики проведення експериментальних замірів

Існує кілька методів для визначення шумових характеристик, які можна класифікувати на точні, технічні та орієнтовні. Ці регламентуються загальними стандартами. Вибір конкретного методу дослідження шуму верстата залежить від кількох факторів:

Характер звукового поля у виробничому часі.

Наявність фонового шуму .

Кількість і розташування верстатів у діючих ціхах.

Можливість ізоляції шуму від окремих джерел.

Аналіз розташування круглопильного обладнання на різних підприємствах показав, що такі верстати зазвичай встановлюються в один ряд паралельно один до одного, з відстанню, що лише незначно перевищує найбільш характерний розмір контуру верстата цієї групи. Це дозволяє стверджувати, що в разі незадоволення у виробничому місці не реалізується ані вільне, аніфузне звукове поле. Для цього підтвердження проводилися вимірювання спадів рівнів звукового тиску в часі при збільшенні відстані від джерела шуму. У випадку дифузного звукового поля рівень звукового тиску повинен залишатися практично незмінним (допустимому відхилення 1-2 дБ). В умовах вільного звукового поля рівень знижується на 6 дБ при подвоєнні відстані від верстата (акустичний центр джерела шуму). У деяких випадках, для економії часу під час, дослідження проводилася орієнтовна оцінка звукового поля, яка дозволяла припустити, за умови вільного поля розташування на диспозиції, що перевищує довжину хвилі або в 2-3 рази більше для найбільшого лінійного розміру контуру верстата.

Отже, використання точних і технічних методів для визначення шумових характеристик верстатів у виробничих умовах є неможливим. З огляду на зазначені умови та накладені обмеження, в промисловості доцільно

використаний орієнтовний метод для оцінки характеристик шумових джерел. Відповідно до стандартів, встановлюються такі шумові характеристики: рівень звукової потужності в частотних смугах, скоригований рівень звукової потужності, а також рівень звукового тиску в контрольних точках для різних частот і загального рівня звуку. Рівні звукового тиску вимірювалися в октавних смугах частотою із середньгеометричними частотами від 63 до 8000 Гц. Умови вимірювання у виробничому середовищі повинні відповідати вимогам стандартів при  $K = \text{CONST}$ , де  $K \leq 7$ . Перед початком вимірювання сталося  $K$  для кожної октавної частоти смуги за допомогою відповідної формули:

$$K = 10 \cdot \lg[1 + 4 \cdot S/A \cdot (1 - A/S_v)]$$

де  $S$  площа вибраної випромінюваної поверхні,  $\text{м}^2$ ;

$A = a_s \cdot S_u$  - площа (еквівалентна) звукопоглинання,  $\text{м}^2$ ;

$S_u$  - загальна площа конструкцій огорожуючих об'єкт шуму,  $\text{м}^2$ ;

$a_s$  - коефіцієнт звукопоглинання.

При  $K = 2$  поправка не враховується. Під час проведення досліджень сусідні верстати були виділені. Мікрофон шумоміра встановлювався в кількох точках, розташованих на відстані 1 метра від поверхні верстата. Кількість точок вимірювання обиралася так, щоб різниця рівнів звукових тисків між двома сусідніми точками не перевищувала 8 дБ; у протилежному випадку кількість точок подвоювалася, але не могла бути меншою за 5. Схема розміщення точок вимірювання для досліджуваних верстатів наведена в додатку 3. Вимірювальна поверхня верстата, яка розглядається як умовний паралелепіпед, розташована на відстані 1 метра від звукоактивних поверхонь, наявних за відповідною формулою:

$$S = 4(a \cdot b + a \cdot c + b \cdot c) \cdot \frac{a + b + c}{a + b + c + 2}$$

Перед початком вимірювання визначався фоновий шум (шум від іншого обладнання), який вимірювався в тих же розмірах і точках. Фоновий шум не враховувався, якщо його рівень перевищував на 10 дБ значення шуму, зафіксованого при включеному досліджуваному джерелі.

$$L_m = 10 \cdot \lg \left( \frac{1}{n} \sum_{L=1}^n 10^{0.1L_i} \right) - K,$$

де  $L_i$  - рівень звукового тиску в смузі частот в  $i$ -й точці вимірювання, дБ;

$n$  - кількість точок вимірювання.

Якщо значення  $L_i$  відрізняються більше, ніж на 5 дБ, то:

$$L_m = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n L_i - K$$

Рівень звукової потужності в смугах частот  $L_p$ , дБ обчислюється:

$$L_p = L_m + 10 \cdot \lg \frac{S}{S_0} \quad (2.2)$$

де  $S_0 = 1 \text{ м}^2$ .

Вимірювання рівня звукової потужності здійснюється при різних режимах роботи верстату, як на холостому ході, так і під час фрезерування. Для виявлення основних джерел шуму та їх внеску в загальний шум використовувався метод додаткового виключення джерела. Вимірювання відбувалися за такою схемою:

Вимірювання фонового шуму в цій механічній обробці деревини.

Вимірювання рівня шуму механізму подачі.

Вимірювання рівня шуму ножового вала (при встановленій системі подачі та витяжки).

Визначення шуму ексгаустерної системи.

Вимірювання рівня та частотних характеристик шуму верстата на холостому ходу.

У випадку, коли таке розділення не було можливим, застосовувався метод енергетичних розрахунків (сумування). Загальний рівень та окремі рівні частотних складових джерел визначалися за відповідною формулою:

$$L_2 = L_1 - 10 \cdot \lg(1/(10 \cdot (L_0 - L_1)))$$

$$L_n = L_1 - 10 \cdot \ln \frac{1}{10 \cdot (L_0 - L_1)/10}$$

Де:  $L_2$  - рівень шуму вичлененого джерела, дБ;

$L_1$  - рівень шуму після його включення, дБ;  $L_0$  - загальний рівень шуму |

У деяких випадках для проведення більш детального аналізу шуму використовується магнітофон для запису звукових сигналів, який потім аналізується на самописці в лабораторних умовах. Для визначення абсолютного рівня звукового тиску досліджуваного шуму записується контрольний сигнал з пістофона з фіксованим рівнем звукового тиску. Важливо відзначити, що магнітний запис шуму не замінює, а лише доповнює раніше описаний метод акустичних досліджень. При значеннях розрахункової сталої  $K$ , які не перевищують 2 дБ, максимальний показник спрямованості випромінювання:

$$G = L_i - L_m + 3 \quad (2.3)$$

де  $L_i$  - спектральний рівень звукового тиску в  $i$ -й точці вимірювання на півсферичній поверхні, дБ;

$L_m$  - загальний рівень звукового тиску в  $i$ -й точці.

Також важливою характеристикою шуму є його стабільність у часі. На думку Ю.М. Льящука, до групи стабільних шумів відносяться ті, у яких не спостерігаються

флуктуації починаються протягом часу, меншого ніж 2-3 постійних часових приладу. При вимірюванні стабільного шуму апарат працює у встановленому режимі. Нестабільні переривчасті шуми характеризуються повно змінною огибаючою спектрально-складових. При дослідженні таких шумів визначалася зміна загального рівня звукового тиску в часі під час роботи верстата в різних режимах. Крім додаткових джерел шуму може бути вирівнювання поверхні корпусу верстата та дисбаланс ножового вала, проводилися вимірювання параметрів звукової вібрації. Точки вимірювання обиралися на корпусі верстата та на кришці підшипників ножового вала. Контрольним показником виступав рівень вібрації (дБ).

### 3.2. Вимірювальна апаратура

Для дослідження характеристик шуму розкрійних верстатів використовується весь вимірювач шуму та вібрації ВШВ-003-М2, а також комплект апаратури для вимірювання шуму та вібрації фірми RFT. Вимірювальний тракт складається з кількох залишків з комбінованих приладів, і його конфігурація змінюється залежно від умов проведення вимірювань, методу реєстрації отриманих результатів та інших факторів. Безпосередні вимірювання використовувалися за допомогою шумоміра RFT 00024 (1) у поєднанні з конденсаторним мікрофоном, підсилювачем і мікрофонною капсулею МУ/МК 202 (2), а також октавними фільтрами OF-101. Вимірювальна система приведена на рис.5.2.



Рис.5.2 Вимірювальні прилади: ВШВ-001, портативний вимірник шуму

### **5.5. Результати експериментальних досліджень**

На рисунку 5.3. представлено графічну інтерпретацію результатів замірів звукового поля на чотирьох робочих місцях в цеху відповідно до розробленої методики. Зведена відомість даних в додатку.

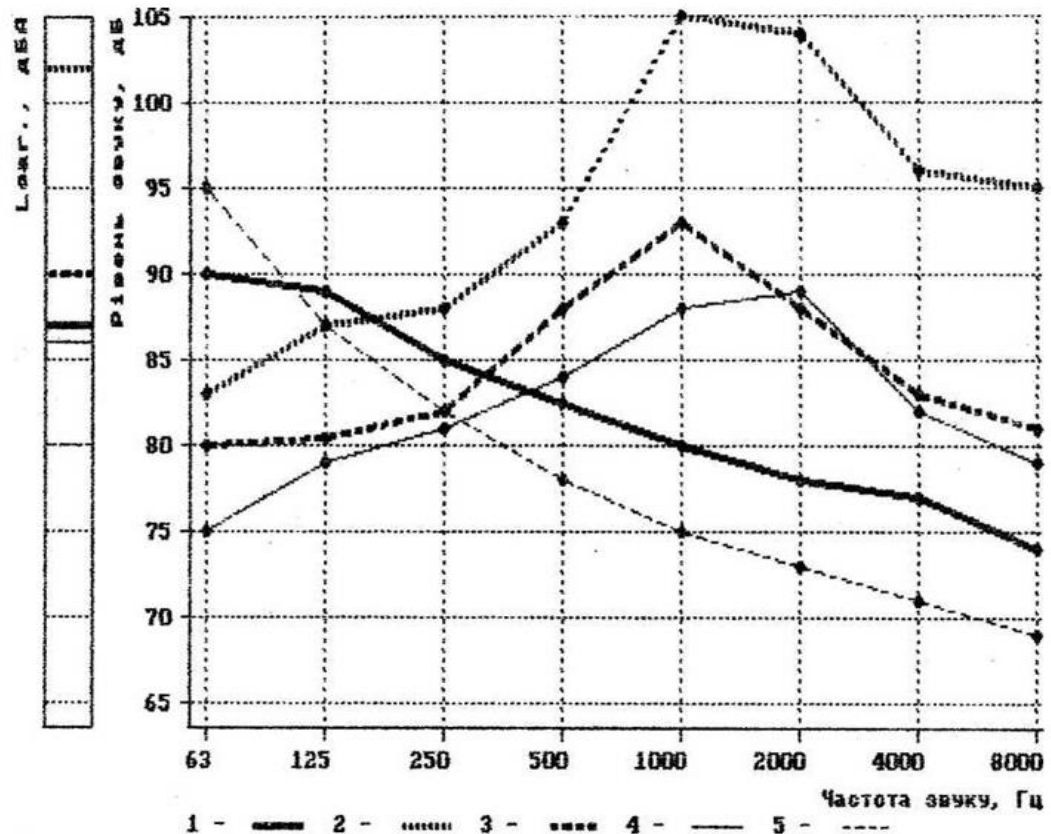


Рисунок 5.3. Результати дослідження звукових полів на чотирьох робочих місцях цеху

Враховуючи просторове розміщення робочих місць, ми констатували, що найскладніша акустична картина спостерігається в робочих зонах безпосередньої близькості до зони різання, а також на відстані 1,5 -2 м від стін приміщення.

Якщо перший висновок є логічним і зрозумілим з точки зору аеродинамічних потужних явищ, характерних для обертання пил, то другий – можна пояснити виключно ревербераційними явищами в цеху. Це означає, що така складна картина зумовлена накладанням прямих і відбитих від огорожуючи поверхонь цеху (стін) звуків.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У магістерській роботі виконано комплексне дослідження впливу шумового забруднення деревообробних виробництв на екосистеми, зокрема на прикладі Wood Processing Corporation “KARPATY” (м. Надвірна, Івано-Франківська область). На основі проведеного аналізу сформульовано такі узагальнені висновки:

1. **Деревообробні виробництва є значними джерелами техногенного шуму**, що формується внаслідок роботи високошвидкісних пил, фрезерних агрегатів, транспортних систем, сушильних камер, вентиляційних установок та іншого технологічного обладнання. Всі ці фактори створюють складний спектр акустичного навантаження із широким діапазоном частот і підвищеним рівнем інтенсивності.

2. **Виробничий шум має комплексний негативний вплив на біологічні об’єкти**, включно з порушеннями поведінкових реакцій тварин, стресовими станами, зміною ареалів проживання, зниженням біорізноманіття, а також потенційним впливом на відтворювальні процеси окремих видів. Особливо чутливими до шуму виявляються птахи, земноводні та дрібні ссавці.

3. Проведений огляд нормативно-правової бази свідчить, що **законодавство України поступово наближається до європейських вимог**, однак залишається менш деталізованим щодо екосистемного впливу шуму. Європейські директиви передбачають ширший спектр заходів контролю шумового забруднення та враховують екологічні аспекти при розробці політик шумозахисту.

4. На прикладі Wood Processing Corporation “KARPATY” встановлено, що підприємство формує **стійкі зони підвищеного шуму**,

особливо у виробничих секціях різання, транспортування та сушіння деревини. Вимірювання рівнів шуму засвідчили перевищення рекомендованих показників у технологічних приміщеннях та локальні зони впливу поза межами цехів.

5. Аналіз прилеглих екосистем показав, що **виробничий шум підприємства впливає на природні біотопи**, розташовані поруч із виробничими майданчиками. Виявлено зменшення чисельності деяких видів птахів та зміни в поведінкових патернах дрібних лісових тварин, що корелюють з підвищеним рівнем акустичного навантаження.

6. На основі проведених досліджень розроблено **комплекс технічних, організаційних та природоохоронних заходів**, спрямованих на зменшення шумового навантаження, включаючи вдосконалення обладнання, встановлення шумозахисних бар'єрів, оптимізацію режимів роботи техніки, створення зелених буферних зон та екокоридорів.

7. Оцінка ефективності впровадження запропонованих заходів показала, що підприємство може досягти **зниження шумового впливу на 10–25 дБА**, залежно від технологічних ділянок. Це сприяє покращенню умов праці, зниженню негативного екологічного ефекту та підвищенню рівня охорони довкілля відповідно до міжнародних підходів.

8. Проведена робота підтверджує необхідність **впровадження екосистемного підходу до управління шумовим забрудненням**, що включає моніторинг, оцінку ризиків, широке використання інженерних рішень та природоорієнтованих методів.

Загалом результати дослідження демонструють, що техногенний шум у деревообробній промисловості є важливим екологічним фактором, який потребує системного контролю та корекції. Комплекс запропонованих заходів для Wood Processing Corporation “KARPATY” підтверджує

можливість значного зниження шумового впливу та покращення стану прилеглих екосистем, що робить підприємство більш екологічно відповідальним та конкурентоспроможним у сучасних умовах.

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища». – Київ: ВРУ, 2023.
2. Закон України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення». – Київ: ВРУ, 2022.
3. ДСП 173-96 «Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів». – Київ: МОЗ України.
4. ДСТУ ISO 1996-1:2018 «Акустика. Опис, вимірювання та оцінювання шуму довкілля». – Київ: ДП «УкрНДНЦ».
5. ДСТУ 2867-94 «Шум. Методи вимірювання на робочих місцях». – Київ: Держстандарт України.
6. Наказ МОЗ України №463 «Про затвердження Державних санітарних норм виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку». – Київ, 2019.
7. Методичні рекомендації з оцінки впливу шуму на довкілля. – Київ: Міндовкілля України, 2021.
8. Литвиненко О.О. Шумове забруднення техногенного середовища. – Львів: ЛНУ, 2020.
9. Курило М.М. Екологічні аспекти діяльності деревообробних підприємств. – Івано-Франківськ: IFNTUOG, 2021.
10. Стефурак В.М. Техногенні навантаження та їх вплив на екосистеми Карпат. – Ужгород: УжНУ, 2019.
11. Рудик В.І. Акустичний моніторинг у промислових регіонах України. – Київ: Наукова думка, 2022.

12. Державний реєстр нормативних документів України щодо шуму. – Київ: Міндовкілля, 2023.
13. Звіт Wood Processing Corporation “КАРПАТУ” щодо стану охорони довкілля за 2023 рік. – Надвірна, 2024.
14. Європейська директива 2002/49/ЄС щодо оцінювання та управління шумом навколишнього середовища. – Official Journal of the European Union.
15. Regulation (EU) No 1304/2014 on noise-related operating restrictions at EU airports. – European Parliament, 2014.
16. Directive 2000/14/EC on noise emission in the environment by equipment for outdoor use. – European Commission.
17. ISO 9612:2009 «Acoustics - Determination of occupational noise exposure». – International Organization for Standardization.
18. WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region. – World Health Organization, 2018.
19. Burroughs, C. Industrial Wood Processing: Noise and Health Impact Assessment. – London: EcoPress, 2020.
20. Brown, A. & Lamont, K. Environmental Acoustics: Impacts on Wildlife. – Berlin: Springer, 2021.