

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 АКУСТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ В  
ДЕРЕВООБРОБНИХ ЦЕХАХ ПРИ РОЗПИЛЮВАННІ ДЕРЕВИНИ"**

Виконав: студент 6 курсу, групи ТД-62м  
Спеціальність 187 «Деревообробні та  
меблеві технології»

**Антонов І. В.**  
(прізвище та ініціали)

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

Рецензент **Ференц О.Б.**  
(прізвище та ініціали)

Львів-2023

# НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

Інститут	Деревообробних технологій і дизайну
Кафедра	технологій захисту навколишнього середовища і деревини та безпеки життєдіяльності
Освітній рівень	Магістр
Спеціальність	187 «Деревообробні та меблеві технології»

## ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри, проф.

Кшивецький Б.Я.

“30” вересня 2023 року

## ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

**Антонову Ігорю Володимировичу**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: **"Дослідження акустичних параметрів в деревообробних цехах при розпилюванні деревини"**

«Study of acoustic parameters in woodworking factories in the process of cutting wood»)

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

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

затверджена наказом НЛТУ України від “11” липня 2023 року № С- 305

2. Строк подання студентом роботи до 15.12.2023 року.

3. Вихідні дані до роботи \_\_\_\_\_

Виконати огляд літературних джерел з проблематики, теоретичні і експериментальні дослідження впливу на шумоутворення та зниження шуму в процесі розкою деревини на круглопилковому обладнанні

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

1. Аналіз стану питання та задачі досліджень.

2. Дослідження впливу конструкційних та режимних параметрів на шумоутворення круглопилкових верстатів в холостому та робочому режимах.

3. Охорона праці і довкілля.

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 15.09.2023 року

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Прим.
	Аналіз стану питання	до 01.10.23	
	Експериментальні дослідження	до 15.11.23	
	Обробка результатів експериментальних досліджень	до 30.11.23	
	Охорона праці	до 05.12.23	
	Оформлення пояснювальної записки і підготовка презентації	до 15.12.23	

**Студент**

\_\_\_\_\_ ( підпис )

**Антонов І.В.**

(прізвище та ініціали)

**Керівник роботи**

\_\_\_\_\_ ( підпис )

**Сомар Г.В.**

(прізвище та ініціали)

## Анотація

Магістерська робота «Дослідження акустичних параметрів в деревообробних цехах при розпилювання деревини» містить результати дослідження процесу утворення шуму та способів впливу з метою його зменшення для круглопилкових деревообробних верстатів. Дане обладнання вважається найбільш шумним в деревообробних цехах. Застосувавши методику дослідження пріоритетних джерел шуму деревообробних круглопилкових верстатів, нами запропонована акустична будова круглопилкового верстата.

Проведені дослідження акустичних характеристик круглопилкових верстатів методом послідовного вилучення джерел шуму дали можливість детальніше вивчити причини суттєвих перевищень рівнів звукового тиску над допустимими значеннями у високочастотних ділянках спектра (2000...8000 Гц). Ці результати були використані для обґрунтування конкретних заходів зниження шуму як пріоритетних.

Експериментально провели дослідження та порівняння звукопоглинаючої ефективності трьох видів нових плитних матеріалів, що дозволило розробити рекомендації для застосування їх для зменшення шуму шляхом зменшення ревербераційного ефекту приміщень деревообробних цехів.

Пояснювальна записка до робота складається з 5-и розділів, викладена на 63 сторінках (основний текст, висновки та список літератури).

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	7
РОЗДІЛ 1. РОЗКРІЙНЕ ОБЛАДНАННЯ ДЕРЕВООБРОБНИХ ЦЕХІВ: ПЕРСПЕКТИВИ ТА ПРОБЛЕМИ ЗАСТОСУВАННЯ .....	10
1.1 Круглопилкові верстати - потужні джерела утворення шуму на деревообробних підприємствах .....	10
1.2. Аналіз типів розкрійного обладнання, що застосовується в деревообробці .....	13
1.3 Перспективи застосування багатопилкових круглопиляльних верстатів .....	23
1.4. ВИСНОВКИ З РОЗДІЛУ .....	27
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ПІДХОДИ ДО ЗНИЖЕННЯ ШУМУ КРУГЛОПИЛКОВИХ ВЕРСТАТІВ.....	28
2.1. Методика вибору засобів і методів зниження шуму круглопилкових верстатів .....	28
2.2. Вимірювання шумових характеристик .....	32
2.3. Вимірювальна апаратура .....	36
2.4. Обробка результатів вимірювань .....	38
2.5. Висновки з розділу .....	41
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗУ ШУМУ ВЕРСТАТА І ОСНОВНИХ ЙОГО ДЖЕРЕЛ .....	42
3.1. Умови та результати натурних досліджень в навчально-виробничих майстернях НЛТУ України .....	42
3.2. Дослідження аеродинамічного шуму круглопилкових дереворізальних верстатів .....	44
РОЗДІЛ 4. ОСНОВНІ НАПРЯМКИ ЗНИЖЕННЯ ШУМУ ДАНОЇ ГРУПИ ВЕРСТАТІВ.....	48
4.1. Аналіз і обґрунтування пріоритетів зниження шуму .....	48
4.2. Структура процесу зниження шуму .....	51

4.3. Результати застосування звукоізолюючого кожуха зони різання.....	53
<b>РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА</b>	
<b>ДЕРЕВООБРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ .....</b>	<b>55</b>
5.1. Екологічний стан підприємств.....	55
5.2. Обґрунтування та ефективність заходів з охорони праці та довкілля.....	57
<b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ .....</b>	<b>61</b>
<b>ВИКОРИСТАНІ ЛІТЕРАТУРНІ ДЖЕРЕЛА .....</b>	<b>62</b>

## ВСТУП

**АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ.** Шуми в деревообробних цехах на 15-20 дБА перевищують гранично-допустимі норми. агато рокв вчені проводили дослідження, але проблема є актуальною. На даний час більше 80% робочих місць в цехах деревообробки мають необхідність проходження атестації через дуже високий рівень шуму. Проблема має соціальний та економічний негативні наслідки.

Високі акустичні характеристики є одночасно небезпечними та шкідливими в умовах виробництва. Як небезпеки - під дією шумів стаються зміни в організмі робітників, які різко підвищують ризик травмування через:

- погіршення координації рухів бо сповільнюються реакції вестибулярного апарату при високих шумах;
- швидковтомлюваність, що не дає зосередитися і вчасно відреагувати на обстановку;
- погіршення зору;
- ускладнення розбірливості мови та сприйняття попереджувальних сигналів небезпеки;
- галюцинації через перенапуження нервової системи.

Важливе значення має також економічний наслідок шуму. А саме:

- пад продуктивності праці (шум на 1дБА більший над допустимою нормою (80дБА) - знижується продуктивність праці на 1%, у випадку ручної праці може знизитися продуктивність до 60%, для операторів що обслуговують автоматизовані лінії – на 20 %)
- через погіршення точності та якості роботи росте обсяг браку (більш ніж на 50 %)
- втрати через професійні захворювання (при підвищенні рівня шуму на 1дБ над ГС-75 збільшує кількість професійних захворювань на 20...30%),

- помилковість в роботі різко зростає
- виплати, пов'язані з виробничим травматизмом;
- компенсаційні заходи за результатами атестації ( внаслідок підвищеного шуму і вібрації);
- спеціальні засоби захисту.

Проблема актуальна вже багато років. Її розв'язанням займаються вчені різних країн на протязі багатьох десятиліть. Ціла наукова школа працювала і в нашому університеті. Цікаві дослідження проводилися з джерелами шуму та над зменшенням його, проте проблема не зникла.

Доведено, що найпотужнішими джерелами шуму при деревообробці є верстати. Отже, зниження шуму базових станків – крок вагомий до зменшення проблеми.

Розкрійні деревообробні станки - одні з найсильніших джерел шуму. В роботі описані дослідження круглопилкових верстатів на предмет генерування ними шуму.

**МЕТА ДАНОЇ РОБОТИ** полягає в оцінці та аналізі процесу шумоутворення круглопилкових верстатів як изначальних джерел шуму, що здебільшого формують акустичні умови в цехах механічного оброблення деревини , щоб на базі цього запропонувати ефективні способи зменшення шуму.

***Поставлена мета досягається реалізацією таких завдань:***

- огляд стану питання щодо круглопилкових верстатів як переважаючих джерел шуму в техпроцесі механічної переробки деревини;
- проведення натурних досліджень круглопилкових верстатів на предмет утворення ними шуму в навчально-виробничих майстернях НЛТУ України;
- систематизація акустичної будови однопильного круглопилкового верстата;
- проведення експериментальних досліджень ревербераційних властивостей нових зразків плитних матеріалів в лабораторії охорони праці кафедри ТЗНС Д БЖД.

- надання рекомендацій до застосування нових екологічних матеріалів для поглинання шуму в деревообробних цехах.

**МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.** Комплексний експериментально-теоретичний метод дослідження використаний при написанні даної роботи.

Теоретичні дослідження проводилися з використанням теорії акустики та процесів реверберації та звукопоглинання. Експерименти зводилися до виявлення та оцінки первинних джерел шуму, а також особливостей направленості випромінювання шуму ідкруглопилкових верстатів.

**ПРАКТИЧНА ЦІННІСТЬ РОБОТИ** полягає у: обґрунтуванні рекомендованих способів та методів зниження шуму куглоплкових верстатів; розробленні рекомендацій для ефективного зниження шуму за рахунок цілеспрямованого обґрунтованого плану заходів.

# РОЗДІЛ 1. РОЗКРІЙНЕ ОБЛАДНАННЯ ДЕРЕВООБРОБНИХ ЦЕХІВ: ПЕРСПЕКТИВИ ТА ПРОБЛЕМИ ЗАСТОСУВАННЯ

## 1.1 Круглопилкові верстати - потужні джерела утворення шуму на деревообробних підприємствах

Висока шумність і вібрація технологічних процесів та обладнання є однією з проблем деревообробки, що відносить її до категорії небезпечних і шкідливих виробництв, [1-3] Ці шкідливі параметри значно ускладнили ситуацію, коли в деревообробне виробництво стали впроваджуватися високошвидкісні верстати, агрегати, механізовані та автоматизовані лінії та інше обладнання, яке попри добрі технологічні показники генерувало проблемно високі шуми та вібрації. Рівень шуму й вібрації за 10 – 15 років збільшився на 25...30 %. Серед найбільш шумних джерел – розкрійні круглопилкові верстати (табл.1.1)

Таблиця 1.1

Середньотипові рівні шуму деревообробних верстатів

№ п/п	Верстати	Рівні звуку, дБА	Рівні звукового тиску дБ, в октавних смугах із середньо геометричними частотами Гц								Показники шуму
			63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Чотиристоронні	104-115	90-96	94-100	96-108	95-104	94-101	99-97	86-95	85-92	0,76
2	Рейсмусові	93-105	80-95	75-94	77-96	83-98	85-97	94-109	86-102	85-100	0,68
3	Фугувальні фрезерування	79-87	80-85	83-90	84-87	83-88	78-80	75-77	71-74	68-73	0,21
4	Круглопилкові інструментів інструментів	90-97	78-86	76-85	81-89	83-91	92-101	92-99	89-98	89-103	0,63
5	Шліфувальні	78	79-83	82-88	83-86	82-84	77-80	75-77	70-73	68-70	0,18

Нами опрацьовані літературні джерела [1 - 9] і на підставі того ми згрупували причини дуже високої шумності даної групи верстатів (рис.1.2).



Рисунок 1.2. Сукупність причин високої шумової активності верстатів

Таблиця 1.2

## Результати досліджень шуму деревообробного обладнання [3-5]

Найменування верстатів, машин	Рівні звуку, дБА	Рівні звукового тиску дБ, в октавних смугах із середньо геометричними частотами Гц							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Круглопилковий верстат поздовжнього розкрою	106/ 109	104/ 106	100/ 102	106/ 109	102/ 106	102/ 104	101/ 103	97/98	86/90
Розкрійний багатопилковий верстат	104/ 108	95/ 97	100/ 101	108/ 111	104/ 107	100/ 103	97/ 101	94/96	90/93
Обрізний верстат	115/ 117	112/ 114	110/ 113	118/ 119	116/ 119	115/ 118	108/ 111	106/108	100/10 3
Чотиристоронній верстат	100/ 103	98/ 102	99/ 103	102/ 104	100/ 104	101/ 103	95/9 8	92/95	85/88
Фугувальний верстат	93/96	68/ 93	71/74	76/79	78/81	82/85	88/9 4	88/93	74/78
Рейсмусовий верстат	98/100	70/ 79	75/79	75/80	84/93	90/100	96/9 8	89/93	79/87
Бензопила	102/ 104	111/ 113	108/ 111	104/ 106	107/ 109	98/ 101	91/9 5	87/91	78/81
Свердлильний верстат	105	108	109	105	107	100	98	100	97
Вентилятор: - відцентровий	98	100	103	106	98	101	104	101	94
-осьовий	96	99	102	105	97	97	97	99	92
Санітарна норма	80	94	87	82	78	75	73	71	81

**Примітка:** чисельник - наведені рівні звукового тиску холостого ходу, знаменник – робочого ходу.

Дані таблиці 1.2 додатково свідчать про те, що шум круглопилкових ерстатів верстатів треба додатково вивчати і впливати для його зниження.

## **1.2. Аналіз типів розкрійного обладнання, що застосовується в деревообробці**

### **Технологія та машини для багатопилкової обробки деревини та деревинних матеріалів**

Багатопилкові шпindelьні верстати широко застосовуються в лі сопи ля льному, деревообробному, плитному, столярно-меблевому, целюлозно-паперовому виробництвах. Дане обладнання використовується для розпилювання колод, брусів, пиломатеріалів, плитних матеріалів. Схеми розкрою, при яких застосовуються багатопилкові верстати, можуть бути як поздовжні, так і поперечні, залежно від типу вибраного обладнання. Багатопилкові шпindelьні вузли можуть застосовуватись в спеціалізованих круглопиляльних потоках, які переробляють тонкомірні колоди, в потоках з лісопиляльними рамами, стрічко-пиляльними верстатами та фрезерувальними агрегатами.

#### **Верстати для розпилювання колод та брусів.**

Для масового розпилювання колод малих діаметрів на бруси, розвалу брусів на дошки застосовуються багатопилкові шпindelьні верстати типу Т-92, ЦДТ7, Б2Ц та брусорозпилювальні типу Т-94, Ц12Д-1, Ц8Д-8 [3; 18-20].

Чотирьопилковий верстат Т-92 забезпечує розпилювання тонкомірних колод з отриманням бруса, двох необрізних дощок та двох обаполів [18]. Пилки розміщені на індивідуальних чотирьох валах (рис.А.1.). Позитивною рисою даних верстатів є їх висока продуктивність, відсутність складного та важкого фундаменту у порівнянні з лісопиляльними рамами 1-го ряду. Але в процесі експлуатації верстатів Т-92 виявлено ряд конструктивних недоліків [19], основні з яких: нестійка робота пилок, особливо з пониженою товщиною диска пилки, перебазування колод, велика чутливість до кривизни" колод, що нерідко призводить до втрати точності розпилювання, перегрівання пилок та їх деформації, виникнення тріщин в дисках пилок, що супроводжується підвищенням рівня шуму та вібрації. В даний час верстати Т-92 серійно не

випускаються, але в промисловості їх застосовують і зараз.

Для випилювання двокантного бруса з тонкомірних колод застосовується двопилковий колодопиляльний верстат типу Б2Ц з пилками, розміщеними в різних площинах [3]. Пиляльний механізм складається із двох супортів з пилками, встановленими симетрично відносно осі просвіту верстата. Кожна пилка набуває обертового руху від індивідуального електродвигуна через клинопасову передачу. Симетричне переміщення пилок на ширину випилюваного бруса здійснюється двома гідравлічними позиціонерами. На рис.А.3. наведена технологічна схема круглопиляльного верстата Б2Ц.

Верстати типу ЦДТ7 призначені для розпилювання колод (в основному фаутних) на шпали та бруси. При випуску на таких верстатах основної продукції утворюються супутні матеріали: шпальні вирізки, дошки, обаполи. Дві пилки розташовані на паралельних валах - одна зверху, інша - знизу, і утворюють один пропили. Робота даних верстатів характеризується високим рівнем віброакустичної активності, що не відповідає санітарно-гігієнічним нормам.

Круглопиляльні багатопилкові брусорозвальні верстати призначені для поздовжнього розпилювання дво-, чотирикантних брусів на дошки і можуть замінити лісопиляльні і рами другого ряду.

В залежності від найбільшої висоти розпилюваного бруса пилки закріплюються на одному (восьмипилкові верстати Т-94 (рис.А.3.) та Ц8Д-8 з одновалковим механізмом різання) або на двох паралельних валах (багатопилковий верстат Ц12Д-1 з двовалковим пиляльним механізмом) [19, 20]. Пилковий вал одновалкових верстатів Т-94 та Ц8Д-8 змонтовано на трьох опорах, одна із опор знімна і висувається при заміні пилок. Верстати Т-94 переважно застосовуються в лісопиляльних потоках, де в ролі головного колодопиляльного обладнання виступають верстати Т-92. При експлуатації верстатів Т-94 виявлено ряд суттєвих недоліків [19]: нестійка робота круглих

пилкок, особливо з пониженою товщиною диска; перебазування брусів, що призводить до зниження точності розпилювання; не завжди задовільна якість оброблюваної поверхні; великі простои через перегрівання пилкок внаслідок їх заклинювання; незадовільна робота гідропривода; підвищений рівень шуму та вібрації. На багатьох підприємствах верстат Т-94 був модернізований, але зазначені недоліки існують і впливають на якість розпилювання деревини і віброакустичний режим роботи.

Кращі характеристики мають верстати Ц8Д-8, які можуть бути використані в лісопиляльних потоках з різноманітним головним обладнанням. Для даних верстатів передбачено передній стіл (з механізмом подачі, центрувальним пристроєм, давачами довжини та притиску) і задній стіл (роликівий привідний конвейєр).

Двовалковий дванадцятипилковий верстат Ц12Д-:1 може використовуватись в рамних лісопиляльних потоках, а також в лініях з головними круглопиляльними, стрічкопиляльними, фрезерувальними та фрезерувально-пиляльними верстатами. Особливістю цього верстата є наявність двох паралельних валів (верхній та нижній) (рис.А.4.). Завдяки розміщенню пилкок на двох валах можливе зниження їх товщини і, як наслідок, ширини пропилу з 6-8 мм до 4-5 мм, що значно знижує втрати пилопродукції на тирсу. Між пилками нижнього вала розміщені напрямні з антивібраторами, застосування котрих підвищує точність розпилювання та знижує рівень шуму. За кожною пилкою встановлені розклинювальні ножі, передбачене водяне охолодження пилкок. Всі ці заходи підвищують працездатність верстатів та зменшують втрати сировини.

До складу фрезерувально-пиляльного агрегата лінії агрегатної переробки колод (ЛАПБ) входить пилковий механізм, який складається із набору пилкок різного діаметра і призначений для розкрою попередньо вифрезерованого ступінчатого бруса [21]. Багатопилковий механізм для розпускання чотириконтного бруса встановлений у фрезерувально-пиляльному агрегаті КПБ-1, призначеному для переробки тонкомірних колод.

## **Верстати для поздовжнього розпилювання пиломатеріалів.**

В ролі обладнання, призначеного для виробництва з необрізних дощок чистообрізних пиломатеріалів прямокутного перерізу шляхом двостороннього паралельного обрізування крайок, а також для розкрою широких дощок застосовуються обрізувальні круглопиляльні верстати. За кількістю пилки, встановлених на валу, розрізняють дво-, три- і багатопилкові обрізувальні верстати [22]. В залежності від призначення обрізувальні верстати мають на пилковому валу нерухомі в осьовому напрямі (корінні) і рухомі пилки. Віддаль між пилками визначає ширину випилюваних матеріалів.

Найбільш поширені середньопросвітні двопилкові обрізувальні верстати моделей Ц2Д-5А та Ц2Д-7А [18-23]. Пилковий вал даних верстатів виконаний збірним. На валу встановлені дві пилки: ліва за ходом матеріалу закріплена нерухомо (корінна) і права - рухома. Гідравлічний механізм з преселективним управлінням переміщення пилки на заданий розмір випилюваної дошки дозволяє скоротити час переналагодження верстата на новий типорозмір наступного пиломатеріалу. Подача дощок у верстат - вальцьова (рис.А.5).

Для широкопросвітних потоків використовуються чотирьопилкові обрізувальні верстати Ц4Д-2, в яких переміщення пилкових супортів також забезпечується гідрофікованими пристроями. Для розкрою необрізних, головним чином коротких відрізків дощок, на мірні по ширині планки застосовують обрізувальні верстати типу Ц5Д-2 [20]. Такий верстат має два пилкових супорта, один з яких нерухомий з трьома пилками, а другий - двопилковий, що пересувається за допомогою гідравлічного привода.

Для випилювання тонких дощок товщиною від 8 мм і більше зі швидкістю подачі від 10 до 50 м хв<sup>-1</sup> із обох боків товщиною до 250 мм та з товстих дощок шириною до 180 мм застосовуються реброві круглопиляльні верстати.

В двопилковому ребровому верстаті моделі Ц2Р обидві пилки встановлюються на паралельних валах на віддалі товщини випилюваної дошки. Щоб отримати вузький пропил (2 мм для сухої деревини і 2,2 мм для вогкої), на ребрових верстатах застосовують конічні пилки. Завдяки цьому втрати на тирсу майже в 2 рази менші та дещо нижчий рівень шуму, ніж при роботі звичайними пилками з плоским диском.

При прямолінійному поздовжньому розкрої дощок і брусів на чистові і чорнові заготовки постійної або різної ширини застосовуються багатопилкові верстати з механізованою подачею. Подавальний механізм може бу<sup>TM</sup> з однією пірнаючою гусеницею (рис. А.6, а) або з двома гусеницями (рис. А.6, б, г), що характерно для прирізних верстатів [21]. Крім гусеничної подачі у верстатах даного типу застосовується також вальцьовий механізм подачі (рис. А.6, в). Вальцьові подавальні механізми простіші, ніж гусеничні, але розпилювання матеріалу неправильної форми призводить до непрямолінійного пропилу.

В деяких моделях багатопилкових верстатів пилки розміщуються у два ряди - перший ряд за ходом подачі знизу, другий - зверху. Нижні пилки захоплюють нижню половину пропилу, а верхні - другу половину, закінчуючи розпилювання. В даному випадку застосовуються пилки меншого діаметра і, відповідно, меншої товщини, що дозволяє зменшити відходи деревини в тирсу. Верстата даного типу генерують рівень шуму вищий, порівняно з однопилковими, оскільки збільшена кількість джерел шуму.

Багатопилковий прирізний верстат з пірнаючою подавальною гусеницею ЦМР-2 має розміщений зверху, відносно поверхні робочого стола, пилковий вал, притискні і подавальні вальці та подавальний конвейер з «пірнаючою» гусеницею, що знаходиться внизу. Десять пилок зібрані на оправці. Віддаль між ними встановлюється за допомогою каліброваних за

товщиною кілець. На шпинделі верстата оправка фіксується спеціальними гайками. Пилковий вал верстата ЦМ Р-2 зображено на рис. 1.1.

У верстаті ЦДК-5 пилки встановлюються безпосередньо на пилковому валу. Верстат ЦДК5-1 укомплектовується зворотнім транспортером, що використовується для повторного пропускання заготовок.

### Верстата для поперечного розкрою пиломатеріалів.

Для розкрою поперек волокон дощок і брусків на чистові і чорнові заготовки певної довжини або для видалення з них дефектів крім однопилкових застосовуються також і багатопилкові верстата. Багатопилковий торцювальний агрегат Ц27К для торцювання та поперечного розкрою дощок на стандартні довжини обладнаний 27-ми пилковими супортами, з яких два крайні нерухомі, а решта мають можливість переміщення у вертикальній площині, займаючи верхнє (неробоче) або нижнє (робоче) положення, відповідно до місця вирізки дефекту чи торцювання дошки, згідно із заданою програмою. Механізована подача дощок здійснюється ланцюговим конвейєром.

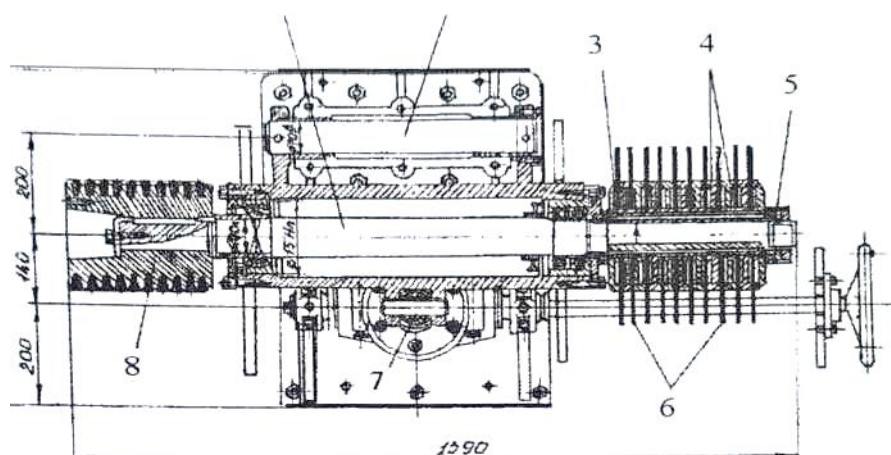


Рис. 1.1. Пилковий вал прирізного верстата ЦМР-2:

1 - пилковий вал; 2 - вісь; 3 - оправка; 4 - проставочні шайби; 5 - фіксуюча гайка; 6 - пилки; 7 - конічна пара; 8 - шків пилкового вала.

У верстатах слешерах (типу ЦТЗ-2М) поперечний розкрій пиломатеріалів здійснюється за постійною програмою, яка визначена взаємним розміщенням пилок, оскільки пилки на даному обладнанні встановлюються стаціонарно. Подача пиломатеріалів в зону різання здійснюється за допомогою поперечного ланцюгового конвейєра. На слешерах встановлюється 3-8 пилок.

Для масового і точного торцювання дощок та брусків застосовуються двопилкові кінцевирівнювальні верстати з подачею заготовок вручну на каретці або конвеєрними ланцюгами, що мають механічний привід. Найбільш поширені верстати з подачею конвеєром, де застосовується прохідний метод обробки. Ліворуч і праворуч за ходом подачі розташовані два пилкових супорти з двокоординатними (по вертикалі та горизонталі) і кутовими налагоджувальними переміщеннями. Для обробки заготовок різної довжини ліву частину верстата змонтовано на одному блоці, який переміщується по напрямних в поперечному напрямі. Принципова схема кінцевирівнювача наведена на рис.А.7.

Найбільш поширені верстати моделей Ц2К12, Ц2К20. Існують верстати, де слідом за пилковими встановлені фрезерні супорти. Вони забезпечують вищу якість обробки (Ц2К12Ф-1, Ц2К20Ф-1), але мають вищий рівень шуму.

Крім цього існують торцювальні верстати з барабанною подачею заготовок. Заготовки кріпляться на обертовому барабані, який і подає їх в зону різання, а після торцювання знову повертає до верстатника, де відбувається заміна оброблених деталей на неторцьовані.

### **Верстати для форматного розкрою плитних матеріалів.**

Для розкрою або обрізування по периметру, тобто на заданий формат, плитних матеріалів (фанери, ДВП, ДСП та ін.) застосовуються круглопиляльні верстати для форматного розпилювання.

Найбільш поширені форматно-обрізувальні верстати, що працюють за Г-подібною схемою, типу ДЦ-ЗМ. Дані верстати складаються з двох однакових секцій, розміщеними під прямим кутом одна відносно іншої. Заготовка подається ланцюговим конвейером з упорами в зону двостороннього обрізування. Обрізана з обох сторін заготовка подається на напрямні другої секції верстата для поперечного обрізування. Тут вона підхоплюється упорами свого конвейєра і подається на пилки, що формують дві інші її сторони.

Багатопилкові форматні верстати за характером переміщення плити в процесі обробки поділяються на три типи - позиційні, прохідні і позиційно-прохідні.

В позиційних верстатах пачка розкроюваних плит подається на позицію і фіксується нерухомо на базувальних елементах. Потім пилкові супорти, що рухаються в поздовжньому і поперечному напрямках, проводять розкрій плит.

На прохідних верстатах, як правило, обробляються одиничні плити на прохід спочатку в поздовжньому, а потім в поперечному напрямку. Плита і її частини (після розкрою) подаються на набір пилок. В роботі беруть участь ті пилки, які передбачені планом розкрою.

Позиційно-прохідні верстати характерні тим, що розкрій в одному напрямку (поздовжньому чи поперечному) здійснюється при нерухомій плиті (позиційна обробка), а розкрій в іншому напрямку - при рухові плити на прохід. Найпростіший з форматних верстатів цього типу - трипилковий ЦТЗФ. Два пилкових супорти призначені для поздовжнього розкрою на прохід при рухові каретки з пачкою розкроюваних плит по напрямних. Третій пилковий супорт виконує поперечні різь, виконуючи переміщення по поперечному порталі при нерухомій каретці (рис.А.9, а).

Верстат з поперечним порталом складається із двох частин: для поперечного розкрою на прохід і поперечного по позиції (рис.А.9, б). На першій ділянці змонтовано ланцюговий подавальний механізм. Декілька пилок з індивідуальним приводом здійснюють поздовжній розкрій. Розрізані смуги

плити декількома клиновими пасами подаються для поперечного розкрою в другу частину верстата. Всі пилки, змонтовані на порталі, який переміщується в поперечному напрямі, виконують різ одночасно, після притискання смуг плити до упорів. Після виносу смуг з верстата подається наступна плита.

Найбільш перспективними є верстати з можливостями змішаного розпилювання [21]. На семипилковому верстаті з рухомим упором поздовжній розкрій плити проходить за декілька переходів, а поперечне - на прохід (рис.А. 10, а). Розмір поздовжньої смуги, що відрізається, визначається положенням упора, який керується програмою. На даному верстаті можливий змішаний розкрій, всі різі поперечного розкрою виконуються одночасно, відрізнена поздовжня смуга залишається в процесі всієї обробки на одній базовій поверхні каретки.

Продуктивність операції розкрою підвищується, якщо частину її переходів виконувати не послідовно, а паралельно. На такому принципі і базується робота багатопилкового форматного верстата ЦТМФ (рис.А.10, б). Продуктивність даного верстата вища, ніж попередніх, а збільшена кількість пилок для поперечного розкрою до 10 розширила технологічні можливості верстата.

На базі верстата ЦТМФ створено автоматичну лінію для форматного розкрою плитних матеріалів, збільшена до 5-6 кількість поздовжніх і до 18-20 кількість поперечних пилок створює оптимальні умови для реалізації будь-якого плану розкрою. В таблиці 1.1 наведено основні технічні параметри пилкових вузлів багатопилкових круглопиляльних верстатів.

Таблиця 1.1

## Основні технічні параметри багатопилкових круглопиляльних верстатів

Модель	Просвіт верстата, мм	Кіль- кість пилوک	Частота обертання пилкового вала, хв <sup>1</sup>	Діаметр пилки, мм	Швид- кість подачі, м хв <sup>1</sup>	Потуж- ність двигуна, кВт
Для поздовжнього розпилювання						
Колодопиляль						
Т-92	280	4	1765	550;750	10...60	100,0
Б2Ц	320	2	1200	900	10...60	44,0
ЦДТ7	800	2	965	250	10...80	128,5
Т-94	160	8	1470	650	10...60	100,0
Ц8Д-8	180	8	1490	630	10...60	105,0
Ц12Д-1	200	12+12	1500	630;400	10...80	213,0
Обрізувальні						
Ц2Д-5А	710	2	2860	400	80...120	40,0
Ц2Д-7А	450	2	2860	400	100	45,0
Ц4Д-2	1100	4	2860	400	80	50,0
Ц5Д-2	400	5	2930	320	13,8...48	24,0
Прирізні						
ЦДК-5	600	5	3600	400	8...40	20,0
ЦДК5-2	450	5	3600	400	до 60	24,0
ЦМР-2	450	10	2940	250;320	6...60	44,6
Для поперечного розпилювання						
Торцювальні						
ЦТЗ-2М	7500	3	2020	600	0,12,0,24	48,0
Ц27К	6500	27	2060	600	22...44	74,8
Ц2К12-1	1200	2	2900	400	5...16	12,3
Ц2К12Ф-1	1200	2	2900	400	5...16	16,7
Ц2К20-1	2000	2	2900	400	5...16	12,3
Ц2К20Ф-1	2000	2	2900	400	5...16	16,7
Для форматного розпилювання						
Двопилковий						
ЦФЗ	2500	2x2	3000	400	10,4	23,3
Трипилковий						
ЦТЗФ-1	3500	3	3000	400	4...25	14,2
Багатопилковий						
ЦГМФ	3700	7	2900	400	12,5	20,5

### **1.3 Перспективи застосування багатопилкових круглопиляльних верстатів**

Існує багато лісопиляльних та деревообробних підприємств, на яких круглопиляльні верстати складають до 60% всього парку верстатів. Поширенню даних верстатів, в тому числі і багатопилкових, сприяють їх переваги [19]: великі швидкості різання та подачі, безперервний обертовий рух різального інструмента, порівняно проста конструкція механізмів, зручність експлуатації, відсутність складного і важкого фундаменту, мобільність та великі можливості автоматизації операцій. Поряд з тим багатопилкові верстати мають і суттєві недоліки, що обмежує їх використання. Це пояснюється наступними причинами: відсутність багатопилкових верстатів, які б відповідали усім вимогам і були надійними в роботі і наявністю в сучасних багатопилкових круглопиляльних верстатах технологічних недоліків, до яких відносяться не завжди задовільна якість розпилювання, порівняно великі відходи деревини в тирсу, підвищена віброакустична активність.

Якість круглопилкового розпилювання деревини та акустична активність процесу пиляння знаходяться в залежності від стійкості круглих пилок і якості їх підготовки до роботи, надійності базувальних пристроїв, технічного стану верстатів, точності форми та фізико-механічних властивостей деревини, що обробляється.

В лісопилянні все більшого значення набувають безперервні технологічні процеси обробки сировини на комплексній основі. Цим посилюється інтерес до круглопиляльних верстатів, які мають велику пропускну здатність. Можливості багатопилкових верстатів для розкрою деревини та деревинних матеріалів ще не вичерпані.

Напрями вдосконалення технологічних схем та конструкцій БКВ тісно пов'язані із задачами вдосконалення систем базування стосовно обробки колод та брусів, зниження трудозатрат при обробці, комплексного використання сировини та забезпечення максимальної продуктивності процесу. Загальним та необхідним структурним елементом багатопилкових верстатів перспективних технологічних схем для поздовжнього розпилювання колод та брусів є фрезерний блок, призначений для перетворення в тріску обапільної або частково обапільної зони колод та брусів (рис. 1.2). В даних верстатах є доцільним двостороннє бокове розміщення фрезерних головок [19]. Кількість пилок у верстатах для розпилювання колод повинно бути від 2 до 4. Крайку в необрізних дошках можна ефективно обробляти на фрезерувально-обрізувальних верстатах. В верстатах для розпилювання брусів пилки можуть бути зосередженими на одному пилковому валу (рис. 1.2, е) або розміщеними на індивідуальних пилкових валах (рис. 1.2, б, є, ж). При одновальному механізмі різання забезпечується компактність верстата, але існує ряд суттєвих недоліків: великі затрати часу на налагодження постави пилок та розклинювальних ножів, підвищені вимоги до точності монтажу та якості підготовки пилок, заклинювання пилок, підвищена чутливість до проявів внутрішніх напружень в брусах.

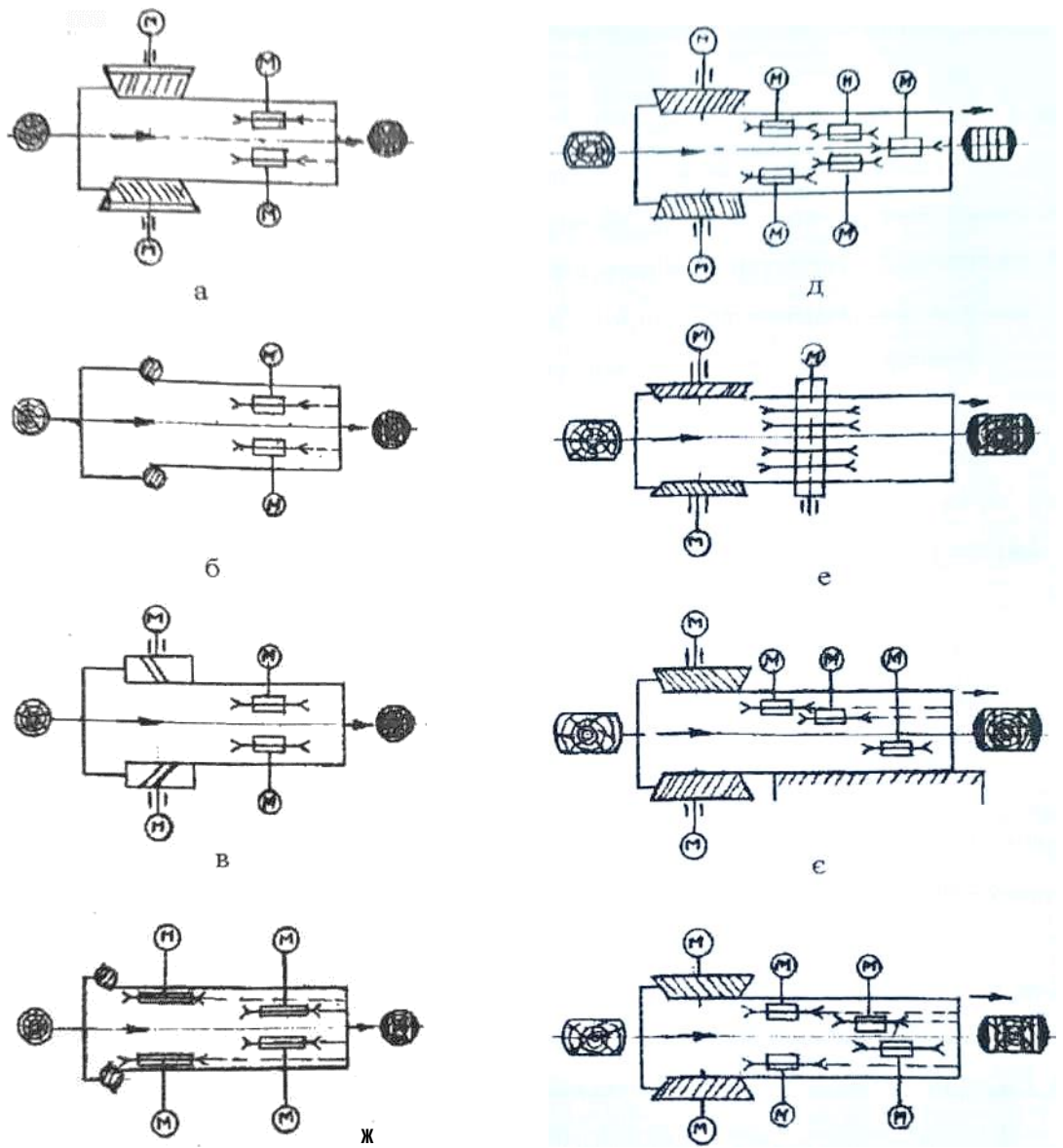


Рис. 1.2. Перспективні технологічні схеми БШВ; а, б, в, г - для розкрою колод; д, е, є, ж - для розкрою брусів.

Схеми д, є, ж (рис. 1.2) призводять до збільшення довжини верстатів, але мають ряд суттєвих переваг: процес налагодження пилкового постава може бути порівняно просто механізований та автоматизований, незначні затрати часу на зміну пилок, зручність обслуговування, уникнення заклинювання

пиллок, незалежність пиллок в роботі, можливість базування брусів по боковій поверхні та в кут.

В залежності від призначення круглопиляльних верстатів їх пилкові вузли можуть бути виконані однопоставними або двопоставними (багатопоставними). При порівняно малих висотах пропили доцільно застосовувати однопоставні верстати. Вони більш компактні та зручні в експлуатації. При великих висотах пропили і застосуванні пиллок для отримання технологічної стружки замість тирси досить перспективні двопоставні (багатопоставні) *верстати*.

Застосування верстатних ліній на базі круглопиляльних верстатів та агрегатів дозволяє підвищити продуктивність розпилювання за рахунок скорочення технологічного циклу, перекриття основного та допоміжного часу, стабілізації режиму обробки та скорочення затрат на транспортно-перевантажувальні операції.

## 1.4. ВИСНОВКИ З РОЗДІЛУ

1. Круглопилкові верстати дуже широко застосовуються в деревообробному виробництві
2. Операції, які вони здійснюють не можна замінити іншим типом обладнання
3. Існують всі передумови для розширення їх застосування
4. Проблема високої шумності даних верстатів вирішувалася на протязі багатьох десятиліть, в тому числі школою промислової акустики ім. проф. Носовського Теодозія Андрійовича Національного лісотехнічного університету України. Зокрема, круглопилковим обладнанням в плані його шумів займалися Сторожук В.М., Зубик С.А.
5. Круглопилкове обладнання залишається дуже потужним джерелом шуму. Причини шуму достатньо досліджені, проте засоби і заходи зниження їх шуму потребують вивчення і вдосконалення.

## РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ПІДХОДИ ДО ЗНИЖЕННЯ ШУМУ КРУГЛОПИЛКОВИХ ВЕРСТАТІВ

### 2.1. Методика вибору засобів і методів зниження шуму круглопилкових верстатів

Нижче викладений метод наближеного розрахунку шуму круглопилкових, який ґрунтується на результатах аналізу натурних експериментів по вимірюванню рівнів звукової потужності з метою використання його в процесі оптимізації для встановлення засобів чи методів зниження шуму.

Ми проаналізували усереднені експериментальні дані по сумарному рівню звукової потужності круглопилкових верстатів, які використовуються на виробничих підприємствах. Тут же подані основні конструктивні параметри: відносна частота обертання ножового вала і його діаметр, які відіграють важливу роль при формуванні аеродинамічного шуму в зоні різання даних верстатів.

Залежність сумарного рівня звукової потужності від відносної частоти обертання вала верстата зображена на рис.2.1.

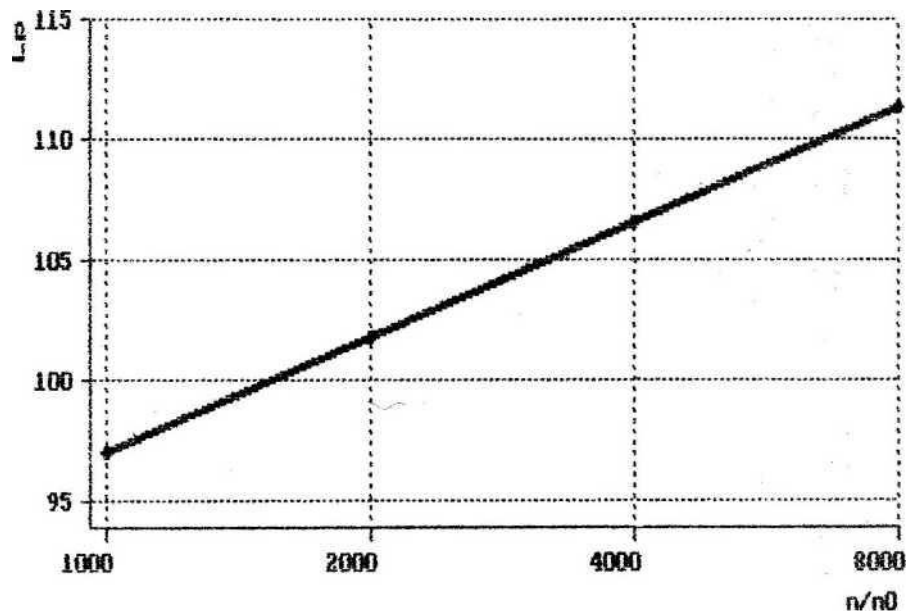


Рис.2.1 Залежність сумарного рівня звукової потужності від відносної частоти обертання вала

Тут  $n$  - частота обертання вала,  $\text{хв}^{-1}$

$n_0$  - умовне порогове значення, яке становить  $1 \text{ хв}^{-1}$ .

Точки на рисунку відповідають експериментальним даним. Пряма лінія описується такою залежністю

$$L_{p\Sigma} = 49 + 16 \cdot \lg \frac{n}{n_0}$$

Дана формула дає змогу оцінити очікуваний сумарний рівень звукової потужності в залежності від проектного значення номінальної кількості обертів конструйованого верстата без врахування спеціальних засобів зниження шуму, тобто оцінити сумарну звукову потужність джерела в чистому вигляді.

Проте для аналізу і оцінки заходів щодо шумозниження необхідно знати також розподіл звукової потужності, що утворюється верстатом по частоті, зокрема його октавні рівні звукової потужності -  $L_{\text{рокт}}$  Спектральні характеристики звукової потужності різних однотипних джерел в залежності від приведеної частоти

$$f' = f \frac{D}{D_0}$$

В даній формулі:  $f$  - середньгеометрична частота, що відповідає октавній смузі, Гц;  
 $D$  - діаметр різального інструменту, м,  $D_0$  - 1 м.

В даному випадку врахування діаметру робочого органу не є випадковим. Результати експериментальних досліджень, виконаних на моделі верстата і в ряді інших натурних об'єктів виявили закономірність зсуву спектра у високочастотну область із зменшенням діаметра вала [4]. Тому використання при обробці експериментальних даних приведеної частоти, яка враховує цей вплив, дає змогу, як свідчить рис.2.2, отримати достатньо компактне розташування спектральних кривих. Як видно з рисунка, спектри, відібрані таким чином, практично подібні, їх максимальні складові лежать в досить вузькому діапазоні приведених частот  $f'=50...200$  Гц.

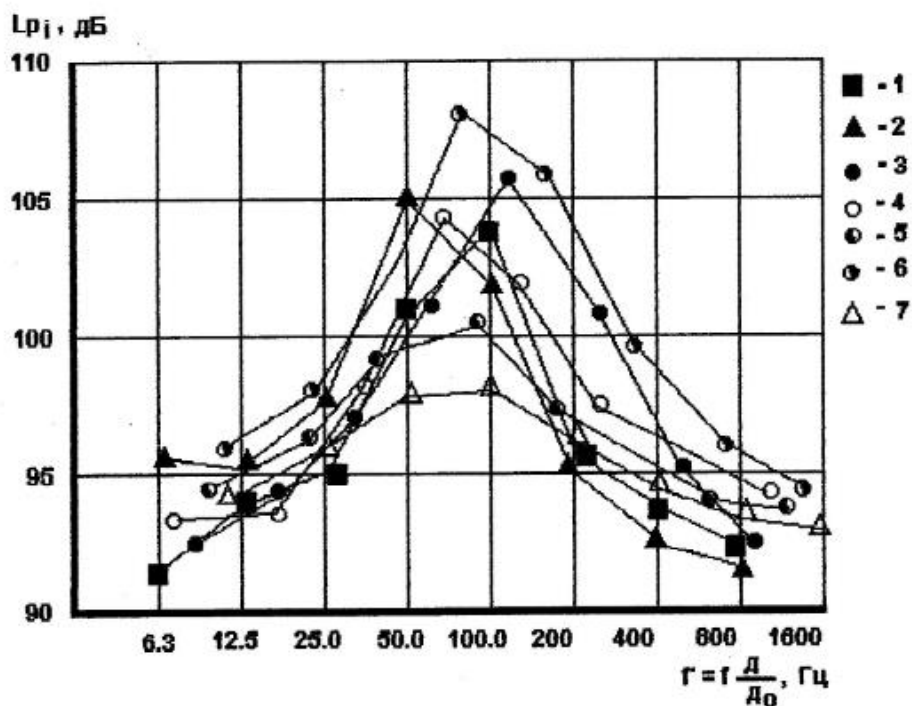


Рис.2.2. Частотні характеристики рівнів звукової потужності верстатів при відношенні  $n/D$  відповідно: 1 – 5000/100; 2 - 5500/100; 3 - 6000/125; 4 – 5000/125; 5 - 4000/160; 6 - 6000/180; 7 - 3000/200;

Якщо подати ці ж експериментальні дані в координатах  $(L_{pz} - L_{pi}) = f(f')$  та апроксимувати їх, то групу приведених вище спектрів можна замінити одним узагальненим (апроксимованим) спектром, зображеним на рис.2.3.

Останній можна рекомендувати для наближеного розрахунку спектральних складових звукової потужності верстатів. Складові визначаються за формулою:

$$L_i = L_{pz} - \Delta L_{pi}$$

величина  $L_i = L_{pz} - \Delta L_{pi}$  визначається з графіка рис.2,4, а сумарна звукова потужність  $L_{pz}$  - за формулою (2.1). Для прикладу розглянуто розрахунок верстата СФ-4, який має параметри  $n_{\text{відн.}}=6000 \text{ хв}^{-1}$ ,  $D_{\text{відн.}}=0.125$ .

За формулою 2.1 знайдемо приведені частоти  $f$ , які відповідають середньгеометричним октавним частотам 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц. По графіку рис.2.5 знайдемо поправку  $\Delta L_i = L_{pz} - \Delta L_{pi}$ , які відповідають цим частотам і за формулою визначимо шукані спектральні значення звукової потужності верстата.

### Частотна характеристика шуму

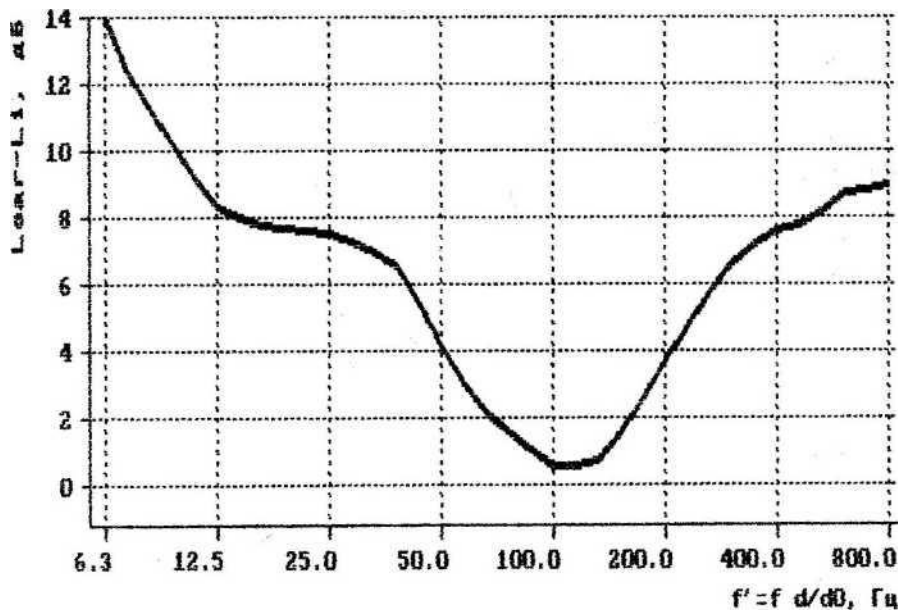


Рис. 2. 9

Рис.2.3. Частотна характеристика шуму круглопилкового верстата

Виходячи з цього сумарна звукова потужність верстата

$$L_{pz} = 49 + 16 \cdot \lg \cdot \frac{6000}{1} = 109 \text{ дБ}$$

Результати розрахунку приведені в табл.2.2. Для порівняння взято контрольний замір спектральних складових звукової потужності для верстата СФ-7.

Таким чином, приймаючи до уваги простоту розрахунку і задовільне співпадання його результатів з отриманими в експерименті, дану методику рекомендується використовувати для попередньої оцінки очікуваного шуму, створюваного фугувальним верстатом при досліджуванні впливу на його акустичну активність шумозниження. При цьому акустичну ефективність можна оцінити як за сумарним рівнем звукової потужності, так і за спектральними характеристиками шуму, що дасть можливість ґрунтовного аналізу і раціонального вибору оптимальних засобів і методів шумозниження. Методика виявлення і дослідження основного джерела шумоутворення машини у виробничих умовах.

## 2.2. Вимірювання шумових характеристик

Існує ряд методів визначення шумових характеристик: точні, технічні та орієнтовні, які регламентуються загальними стандартами [10]. Вибір того чи іншого методу дослідження шуму верстата залежить від ряду причин:

- \* *характеру звукового поля у виробничому приміщенні;*
- \* *наявності фонового шуму;*
- \* *кількості і взаєморозташування верстатів в діючих цехах;*
- \* *можливості вилучення шуму окремих джерел і т.д.*

Аналіз схем встановлення круглопилкового обладнання на різних підприємствах показав, що дані верстати встановлюються, як правило, в один ряд паралельно один до одного, на відстані, що незначно перевищує довжину найбільшого характерного розміру контуру верстата даної групи. Тому дана обставина, на підставі відомих співвідношень, дозволяє стверджувати, що в більшості випадків у виробничому приміщенні не реалізується ні вільне, ні дифузне звукове поле [9]. Для перевірки даного твердження проводилися вимірювання характеру спадів рівнів звукового тиску в приміщенні при збільшенні віддалі від джерела шуму. При наявності дифузного звукового поля рівень звукового тиску повинен бути практично незмінним (допустиме відхилення 1...2 дБ [9...10]). У вільному звуковому полі він зменшується на 6 дБ при подвоєнні відстані від верстата (акустичного центру джерела шуму). В окремих випадках, з метою економії часу при дослідженнях, проводилася орієнтовна оцінка звукового поля, яка давала підстави для припущення, що умови вільного поля існують при відстані від джерела більшій, ніж довжина хвилі, або яка в два - три рази перевищує найбільший лінійний розмір контура верстата [11].

Таким чином, застосування точного і технічного методів визначення шумових характеристик для верстатів в умовах виробництва не можливе.

У зв'язку з тим, з урахуванням наведених умов і накладених обмежень, в умовах виробництва можна використовувати орієнтовний метод визначення шумових характеристик джерел.

У відповідності із стандартами встановлюються шумові характеристики:

рівні звукової потужності у смугах частот і коректований рівень звукової потужності; рівень звукового тиску в смугах частот в контрольних точках і рівень звуку.

Рівні звукового тиску визначаються в октавних смугах частот із середньгеометричними частотами від 63 до 8000 Гц. Умови вимірювань у виробничому приміщенні повинні відповідати вимогам стандартів [35,89] при  $K=CONST$   $K \leq 7$ . Перед початком вимірювань визначалася стала  $K$  для

кожної октавної смуги частот за формулою:

$$K = 10 \cdot \lg [1 + 4 \cdot S/A \cdot (1 - A/S_v)] \quad (2.1)$$

де  $S$  площа вибраної випромінюваної поверхні, м<sup>2</sup>;

$A = a_s \cdot S_u$  - еквівалентна площа звукопоглинання, м<sup>2</sup>;

$S_u$  - площа огорожуючих конструкцій приміщення, м<sup>2</sup>;

$a_s$  - коефіцієнт звукопоглинання.

При  $K = 2$  поправка не враховується [116]. При проведенні досліджень сусідні верстати були відключені. Мікрофон шумоміра встановлювався в декількох точках, що знаходилися на відстані 1 м від поверхні верстата. Кількість точок вимірювань вибиралася таким чином, щоб різниця рівнів звукових тисків в двох сусідніх точках не перевищувала 8дБ, в іншому випадку кількість точок подвоювалася, проте ця кількість не може бути меншою 5. Схема розміщення точок вимірювання для розглядуваних верстатів подана на рис.2.10, де  $a = 0.5 \cdot l_1 + d$ ;  $b = 0.5 \cdot l_2 + d$ ;  $c = l_3 + d$ ;  $d = 1$  м;  $h_1 = 0.25 \cdot (b + c - d)$ .

Вимірювальна поверхня верстата як умовний паралелепіпед, розміщений на відстані 1 м від звукоактивних поверхонь, визначається за формулою:

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

Перед проведенням вимірювань визначався фоновий шум (шум від іншого обладнання), отриманий в аналогічних величинах і вимірювальних точках. Фоновий шум не враховувався, коли його значення було більш, ніж на 10 дБ менше рівня шуму, заміряного при включеному досліджуваному джерелі.

Середній рівень звукового тиску в смузі частот  $L_m$ , дБ на вимірювальній

поверхні становить:

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

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 проводиться при різних режимах роботи верстата як на холостому ході, так і при фрезеруванні.

З метою виявлення основних джерел шуму і їх вкладу в сумарний шум верстата, застосовувався метод послідовного виключення джерел. Вимірювання проводилися за наступною схемою:

- \* *вимірювання фонового шуму в цеху механічної обробки деревини;*
- \* *вимірювання рівня шуму механізму подачі;*
- \* *вимірювання рівня шуму ножового вала (при відключеній системі подачі та витяжки);*
- \* *визначення шуму ексгаустерної системи;*
- \* *вимірювання рівня і частотних характеристик шуму верстата на холостому ході.*

В тих випадках, коли таке розділення не виконувалося, застосовувався метод енергетичних розрахунків (сумування). Загальний рівень та рівні окремих частотних складових джерела визначалися за 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 досліджуваних джерел.

В деяких випадках для проведення більш детального аналізу шуму, використовується магнітофон для запису шуму з подальшим його аналізом на самописці в лабораторних умовах. Для визначення абсолютного рівня звукового тиску досліджуваного шуму попередньо проводиться запис контрольного сигналу з пістофона з фіксованим рівнем звукового тиску. Однак слід зазначити, що магнітний запис шуму не виключає, а лише доповнює попередньо викладений метод акустичних досліджень.

При значеннях розрахунку сталої  $K$ , що не перевищують 2 дБ, визначається показник спрямованості випромінювання [5]:

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

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.

Важливою характеристикою шуму є також ступінь його стабільності в часі [6...8]. На думку Ю.М.Льящука [7], до групи стабільних шумів відносяться шуми, в яких не спостерігається флуктуацій огинаючої на протязі часу меншого, ніж 2...3 сталих часу приладу. При вимірюванні стабільного шуму апаратура працює в установленому режимі. Групу нестабільних переривчатих шумів утворюють шуми із повільно змінною огинаючою спектральних складових. При дослідженні таких шумів визначалася зміна загального рівня звукового тиску в часі при роботі верстата на різних режимах.

Враховуючи, що додатковим джерелом шуму може бути коливання поверхні корпусу верстата і дисбаланс ножового вала, проводилися вимірювання параметрів звукової вібрації. Точки вимірювання вибиралися на корпусі верстата і на кришці

підшипників ножового вала. В якості контрольного показника приймався рівень вібрації (дБ).

### 2.3. Вимірювальна апаратура

Для дослідження характеристик шуму круглопилкових верстатів використовувався вимірювач шуму і вібрації ВШВ-003-М2 та комплект шумо- та вібровимірювальної апаратури фірми RFT. Із декількох послідовно з'єднаних приладів складається вимірювальний тракт. В залежності від умов проведення вимірювань, способу реєстрації отримуваних результатів та інших обставин змінюється кількість приладів, що входять в вимірювальний тракт.

Безпосередньо вимірювання проводилися шумоміром RFT 00024 (1) і з конденсаторним мікрофоном з перепідсилювачем і капсулем мікрофонним МУ/МК 202 (2) і октавними фільтрами OF-101.

Вимірювальна система приведена на рис.2.1.



Рис.2.1 Вимірювальні прилади: ВШВ-001, портативний вимірювач шуму

Дані прилади відповідають вимогам стандартів і є приладами 1 класу. При вимірюваннях в виробничих приміщеннях, де спостерігаються протяги, для захисту від вітру використовувався екран W 70.

Для лабораторного аналізу виробничих шумів сигнал із шумоміра записується. В необхідному для аналізу діапазоні частот 53 ... 8000 Гц тракт запису-відтворення мав лінійну амплітудно-частотну характеристику  $\pm 5$  дБ і динамічну  $\pm 2$  дБ в діапазоні 100...10000 Гц тобто в октавних смугах із середньгеометричними частотами від 125 до 8000 Гц (рис.2.2).

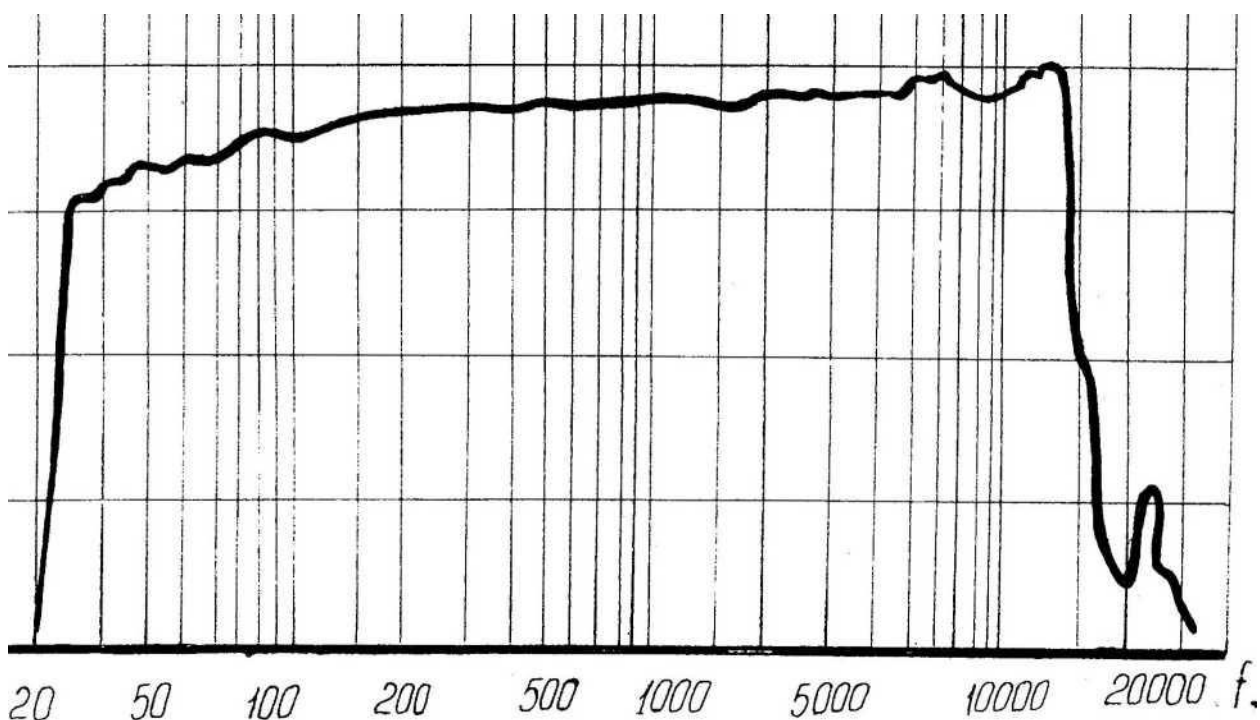


Рис.2.2 Амплітудно-частотна характеристика мікрофона

Аналіз записаного сигналу здійснюється на аналізаторі 2107 фірми "Брюль і К'єр" (вузько смуговий, з відносною смугою пропускання в %) і герц-октавному аналізаторі фірми RFT-T0A 111 (3) з подальшим записом на самописці рівнів PSG-101 (4).

Перед проведенням робіт шумоміри і октавні фільтри проходили перевірку і перед кожним безпосереднім вимірюванням проводиться калібрування вимірювального тракту з допомогою пістофона 00003, який виступає прецизійним джерелом звуку з частотою 180 Гц і рівнем звукового тиску 118 дБ. Межа основної похибки  $\pm 0.3$  дБ.

Для вимірювання параметрів рівнів звукової вібрації корпусів верстатів застосовується вимірювальний тракт фірми RFT. Основним елементом в тракті є п'єзоелектричний датчик типу КД 35. Частотна характеристика датчика лінійна в діапазоні від 3 до 10000 Гц. Розміри: маса датчика (20 г) є незначними, тому не можуть чинити вплив на зміну параметрів досліджуваного об'єкту. Закріплення датчика на потрібній поверхні здійснюється з допомогою з'єднувального матніта 1300 Для перетворення механічних коливань в електричні використовується *адаптер механічного звуку 00009 замість I° - капсули мікрофона МК 102. Як реєстратор* рівнів використовувався шумомір *PSI-202 з октавним фільтром OF-101.*

#### **2.4. Обробка результатів вимірювань**

Результат вимірювання складається із значення вимірюваної величі і значення похибок, які впливають на результат вимірювання. Похибки поділяються на випадкові і систематичні. До систематичних відносяться похибки, зумовлені нерівномірністю частотної характеристики і діаграми спрямованості мікрофона шумоміра; зміною температури, вологості, атмосферного тиску; точністю вимірювального прилада; видом звукового поля; акустичними перешкодами. Ці похибки достатньо точно враховуються, оскільки відомі їх причини.

В зв'язку з тим, що при проведенні вимірювань враховувалась: якість звукового поля у виробничому приміщенні і при необхідності результат вимірювання вводилася поправка "К". Поправка на нерівномірність частотної характеристики мікрофона шумоміра вносилася в результат вимірювання з врахуванням характеру звукового поля і частоти ви-

мірюваного звуку. Вводиться поправка на зміну параметрів мікроклімату (температура, вологість, атмосферний тиск). Перед початком і після закінчення вимірювання виконується калібрування вимірювального тракту з допомогою пістофона.

Крім систематичних похибок, навіть при найретельніших вимірюваннях можуть виникати випадкові помилки, тобто невеликі розбіжності в результатах

повторювальних дослідів при збереженні всіх умов експерименту. Причини, що обумовлюють випадкові помилки, бувають об'єктивні і суб'єктивні (останні залежать від кваліфікації оператора), значення яких, як правило, важко врахувати. Практично при вимірюванні рівнів звуку слід очікувати як систематичні, так і випадкові помилки.

Таким чином, в зв'язку із неможливістю точного визначення основного джерела похибок, на підставі теореми Ляшунова можна зробити припущення про нормальний закон розподілу сумарної похибки. Гіпотеза про справедливість нормального закону розподілу відхилень звукового тиску від їх істинного значення широко застосовується в практиці наукового експерименту.

За нормального закону розподілу найбільш достовірним прийнято вважати середнє арифметичне вимірюваної величини, що отримується при усередненні декількох результатів як в одній точці, так і в різних точках. Істинне значення результату знаходиться в надійному інтервалі  $\pm X$ , значення якого залежить від кількості вимірювань з врахуванням можливих похибок.

Найбільш достовірним прийнято вважати середнє значення вимірюваної величини - рівня звуку, або рівня звукового тиску. Середнє значення отримується як при усередненні результатів вимірювань в одній, чи декількох точках. Усереднення рівнів звукового тиску ведеться таким чином [9]. Якщо усереднювані значення  $L_i$  лежать в межах від 5 до 7 дБ, то з похибкою меншою, ніж 1 дБ, середній рівень звукового тиску  $L_m$  і середнє квадратичне відхилення ряду  $S$  обчислюється за формулами:

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

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^n (L_i - L_m)^2 / (n - 1)},$$

$$S = \sqrt{\frac{1}{n - 1} \sum_{i=1}^n (L_i - L_m)^2},$$

де  $n$  - кількість замірів.

Якщо вказана різниця перевищує 7 дБ, то для обробки вибірки використовуються вирази :

$$L_m = 10 \cdot \lg \left( 1/n \cdot \sum_{i=1}^n 10^{0.1L_i} \right)$$
$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^n (10^{0.1L_i} - 10^{0.1L_m})^2 / (n - 1)}$$

Середнє квадратичне відхилення результату визначається за формулою:

$$S_n = \frac{S}{\sqrt{n}}$$

Похибка результату усереднення рівнів звукового тиску визначалася із наступного виразу:

$$\Delta X = t \cdot S_n = \frac{t \cdot S}{\sqrt{n}}$$

де  $t$  - параметр розподілу Ст'юдента, який відповідає надійній ймовірності  $P$ .

При акустичних вимірюваннях, як правило, приймають  $p=68\%$  [67].

Величина  $\Delta X$  характеризує інтервал рівнів, в границях якого може знаходитися істинне значення вимірюваної величини з прийнятою ймовірністю.

Так істинне значення рівня вимірюваної величини  $L_m$

$$\left( 10^{0.1L_m} - \frac{t \cdot S}{\sqrt{n}} \right) \leq 10^{0.1L_m} \leq \left( 10^{0.1L_m} + \frac{t \cdot S}{\sqrt{n}} \right)$$

Для отримання достовірних значень, враховуючи, що використовувалася вимірювальна апаратура 1 класу, вимірювання проводилися не менше трьох разів [18].

Критерієм оцінки при визначенні кількості вимірювань і правильності вибору надійного інтервала є умова, відповідно до якої відкидаються результати, які мають відхилення від середньоарифметичного більше, ніж  $3S$ , тобто надійний інтервал повинен бути меншим, ніж вказане значення.

## 2.5. Висновки з розділу

- Аеродинамічний шум є переважаючим над механічною складовою, отже процес шумозниження треба акцентувати на аеродинамічних явищах в зоні різання
- Звуковий режим круглопилкових верстатів стабільний і постійний на холостому ході та змінний в процесі різання. В окремих випадках шум можна класифікувати як пульсуючий – що свідчить про особливу небезпеку та шкідливість для робітників деревообробних цехів.
- Шляхом послідовного вилучення джерел розроблена акустична структура однопилкового круглопилкового верстата. Це створило передумови для раціонального вибору засобів зниження шуму даних верстатів.

## РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗУ ШУМУ ВЕРСТАТА І ОСНОВНИХ ЙОГО ДЖЕРЕЛ

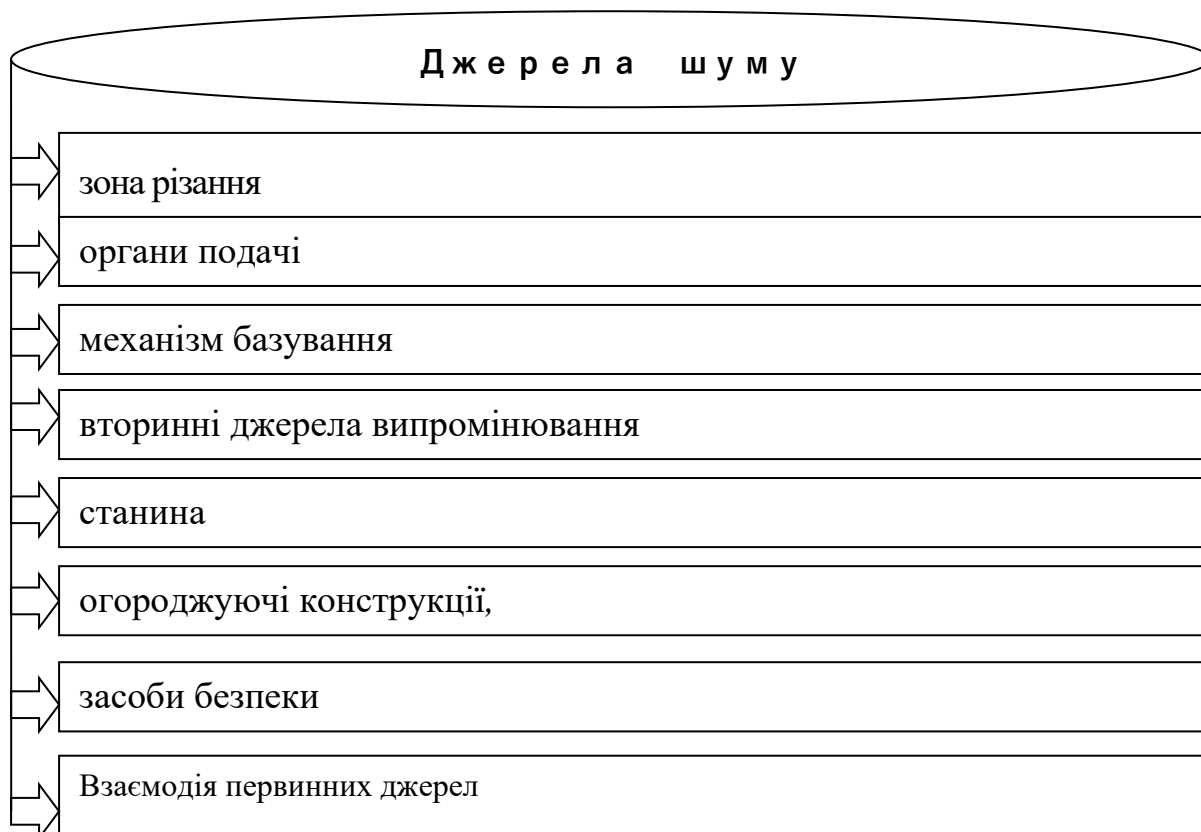
### 3.1. Умови та результати натурних досліджень в навчально-виробничих майстернях НЛТУ України

Дослідження рівнів шуму круглопилкових верстатів проводилися в навчально-виробничих майстернях механічної обробки деревини та в лабораторії промислової акустики НЛТУ України.

*Вищезгадані дослідження показали:* тип круглопилкових верстатів, їх конструкції і розміщені практично однакові; вони встановлюються в потоці технологічної лінії МОД, розташованій в одному виробничому приміщенні.

Все це обумовлює відносно **стабільний звуковий режим при розкрії деревини**. Проведений запис на самописець зміни загального рівня шуму в часі, на холостому і робочому ходах. Результати дають підстави на висновок, що, незалежно від режимів роботи верстата, рівні шуму мають незначне відхилення в часі (що не перевищує 5 дБ), тобто за визначенням - **шум постійний**.

За результатами суб'єктивного методу досліджень розроблена акустична структура круглопилкового верстата, що визначає основні джерела шуму, їх взаємодію і призначення.



Основними генераторами шуму круглопилкових верстатів відповідно за інтенсивністю випромінюваного шуму є:

- \* *зона різання; механізм різання разом з елементами верстата, що виступають перепонами на шляху поширення звукової хвилі від круглої пили;*
- \* *органи подачі;*
- \* *механізм базування, що працює в умовах значних динамічних перевантажень викликаних ударним характером процесу розкрою;*
- \* *вторинні джерела випромінювання: станина, огорожуючі конструкції, засоби безпеки і т.п.*

Кінематичний та динамічний аналіз сил різання свідчить про їх циклічність, що в умовах різних режимних і конструктивних факторів характеризується випромінюванням акустичних сигналів певної інтенсивності і частоти.

Оцінка показника спрямованості ( $P_c$ ) при сферичному випромінюванні велася за виразом:

$$P_c = L_{CP} = L_i$$

де  $L_{CP}$ - середній октавний рівень звукового тиску, дБ;

$L_i$ - значення рівня на вимірювальній поверхні в заданій точці, дБ.

### 3.2. Дослідження аеродинамічного шуму круглопилкових дереворізальних верстатів

Рівень шуму механічного походження пропорційний квадрату колової швидкості (частоти обертання), аеродинамічний шум характеризується вищими показниками степені залежності рівня шуму від частоти обертання [7]. Вид залежності  $L=f(m)$  може характеризувати роль механічного шуму в сумарному шумі дискових пилок та дозволяє встановити діапазон частот обертання  $m$  (колових швидкостей), в котрому він превалує.

Для з'ясування співвідношення між аеродинамічним та механічним шумом залежність  $L=f(m)$  подано в напівлогарифмічній системі координат.

Шум даної машини має аеродинамічний і механічний характер. Аеродинамічний шум виникає в результаті руху повітря, аналогічно процесам, що протікають у вентиляторі та від повітряних потоків у стружкопроводі.

Звукова потужність аеродинамічного шуму даної машини пропорційна шостому ступеню швидкості обертання її диску.

Звукова потужність аеродинамічного шуму (дБ), пропорційна шостому ступеню від швидкості обертання її диску:

$$W_{aep} = v^6 \cdot D, \quad (3.1)$$

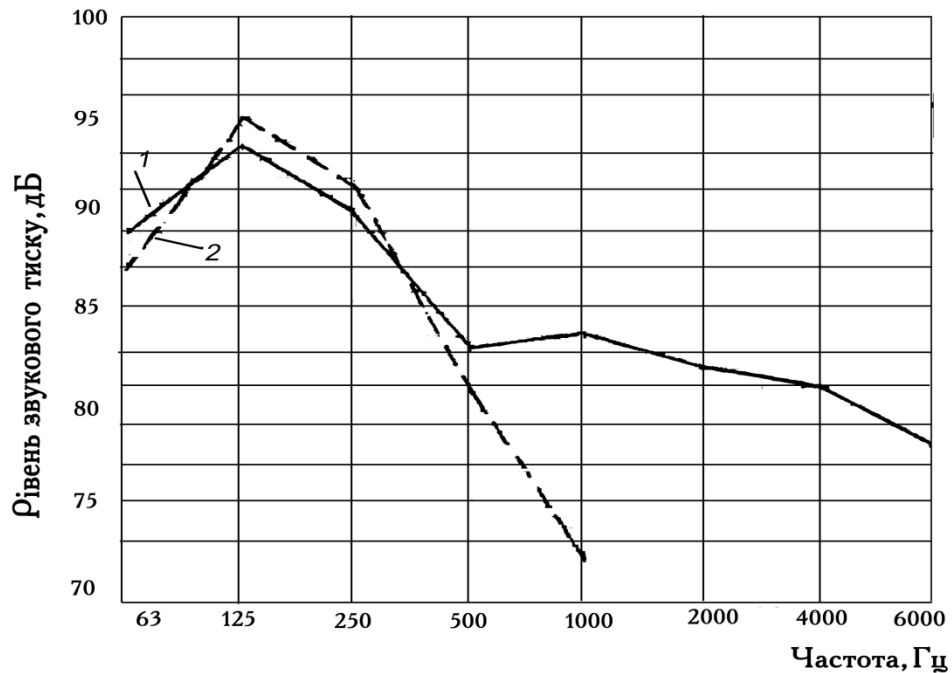
де  $v$  – кругова швидкість різального диска, м/с;  $D$  – діаметр диска, м.

Механічний шум на холостому режимі роботи машини утворюється від шуму в підшипниках кочення, шуму в елементах приводу різального диска і механізмі подачі, від вібрації елементів конструкції, що виникає в

результаті від незрівноваженості обертових мас. Звукова потужність механічного шуму пропорційна ступеню  $7/3$  від частоти обертання різального диска, тобто росте повільніше, ніж аеродинамічна звукова потужність:

$$W_{\text{мех}} = a n^{7/3}, \text{ дБ}, \quad (3.2)$$

де  $a$  – постійна величина;  $n$  – частота обертання,  $\text{хв}^{-1}$ .



**Рис. 3.1. Спектр шуму однопилкового :**

*1 – робочий хід; 2 – холостий хід*

З метою визначення основних складових шуму, створюваного круглопильними верстатами в загальному процесі генерації шуму, було проведено дослідження методом пошукового послідовного виділення джерела. Рис. 3.2 показано: 1 - спектр шуму механізму живлення та базування; 2 - спектр шуму різального механізму; 3 - шум холостого ходу; 4 - робочий режим шуму.

З представлених кривих видно, що шум живильного механізму значно нижчий за основний спектр і не перевищує нормативного значення ГС-75. Це

дозволяє стверджувати, що він не робить суттєвого впливу на загальний процес утворення машинного шуму. Акустична оцінка механізму подачі важлива для забезпечення необхідного закриття заготовки під час обробки.

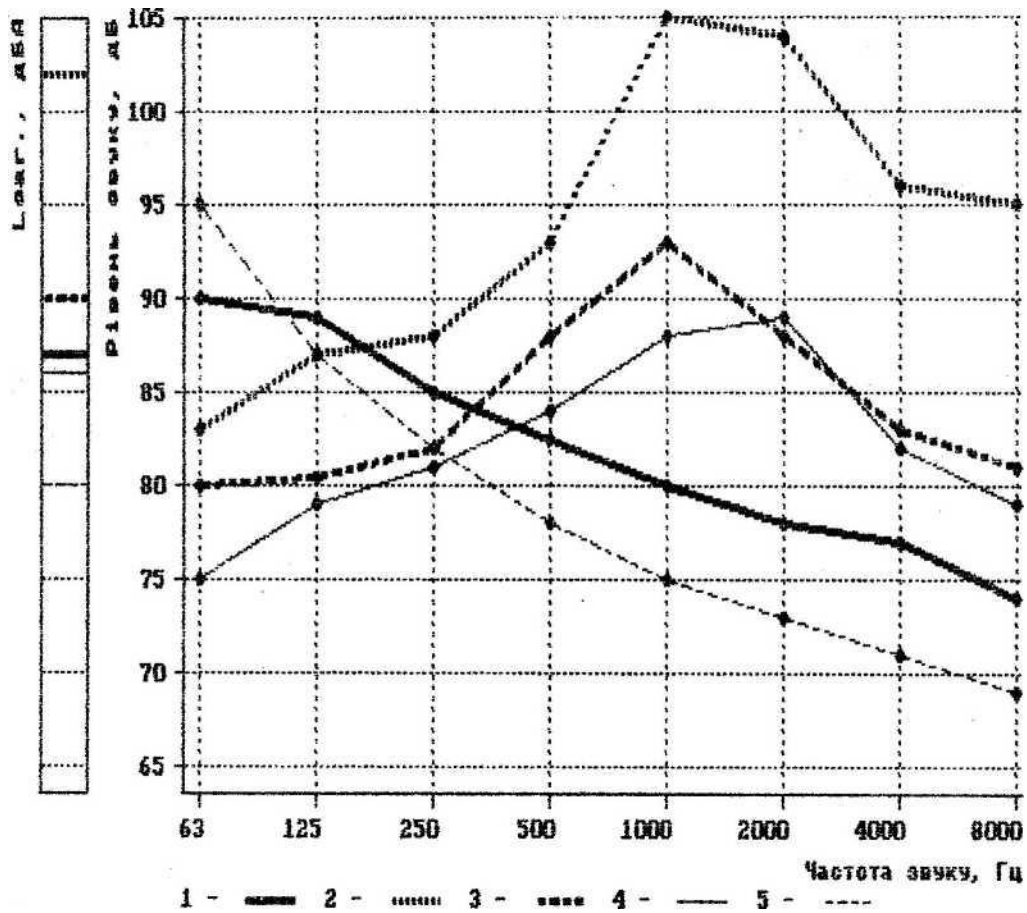


Рис.3.2.Спектр рівнів звукового тиску складових шуму  
одно пилкового круглопилкового верстата

- 1 - спектр шуму механізму подачі та базування;
- 2 - спектр шуму різального механізму;
- 3 - шум холостого ходу;
- 4 - робочий режим шуму

Характер лінії 2 аналогічний за тенденцією та наближеними значеннями до спектру шуму холостого ходу досліджуваного верстата з вираженим зростанням рівня звуку в області середніх і високих частот, на яку припадає найбільше значення звукової енергії. Перевищення значення спектру холостого ходу на частоті 2000 Гц на 2...3 дБ можна пояснити тим,

що в процесі взаємодії шуму механізму різання і подачі рівні шуму в смузі частот 2000 Гц перетворюються в дещо нижчий діапазон частоти, що сприяє певному поповненню середньочастотної складової основного спектра.

Таким чином: основне джерело творення шуму круглопилкового обладнання - зона різання - складна багатоелементна структура. Основна складова шуму, індукованого в зоні різання – аеродинамічні процеси навколо пили, що обертається, що в основному виражається пульсаціями повітряних потоків через підйомні щілини, посилюючи свою дію шляхом взаємодії з навколишніми елементами конструкцій верстата.

Другим за значенням загального рівня шуму виступає шум різання - результат взаємодії ріжучого інструменту з оброблюваним матеріалом. Індукований таким чином шум має механічне походження.

## РОЗДІЛ 4. ОСНОВНІ НАПРЯМКИ ЗНИЖЕННЯ ШУМУ ДАНОЇ ГРУПИ ВЕРСТАТІВ

### 4.1. Аналіз і обґрунтування пріоритетів зниження шуму

Частотна характеристика шуму однопилкового верстата показує - перевищення санітарних норм складає 27 дБ[8]. Нами проаналізовані дослідження шуму цих верстатів і способи їх зниження. Результати ми звели в рис.4.1

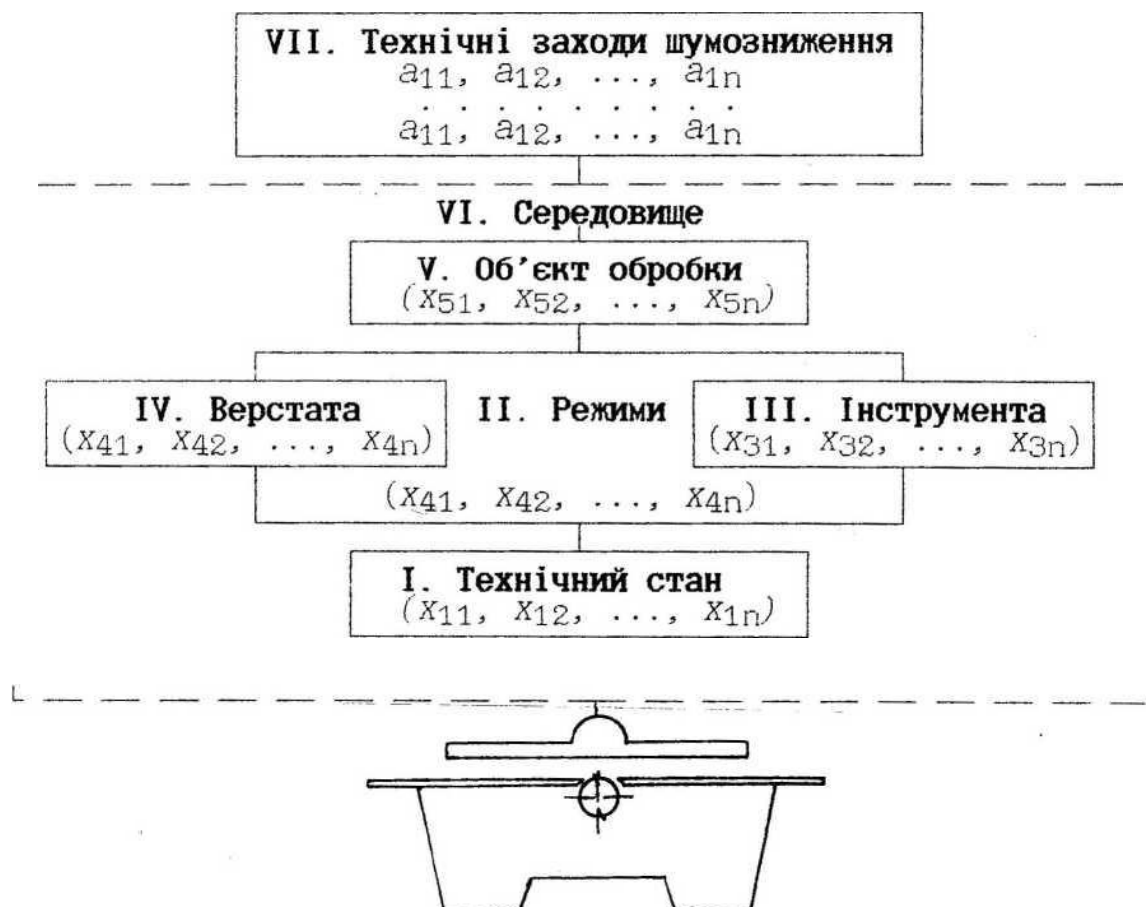


Рис.4.1. Пріоритетна послідовність впливу на акустичну активність деревообробного верстата

Логіка полягає в наступному. Групи факторів формують структуру процесу з відповідними факторами ( $x_{i1} \dots x_{in}$ ), а їх розташування на схемі визначає номер пріоритету. Так, шум верстата неможливо знижувати, якщо його технічний стан не привести у відповідність з технічними (паспортними) вимогами (1 - й пріоритет). Всі елементи та вузли верстата повинні надійно закріплюватись, деталі, що рухаються, повинні мати нормовані зазори, а

конструкція в цілому - нормовану жорсткість та вібростійкість і інше. Значне місце займає вид мастильних матеріалів та режим змащування.

На другому місці - завжди режими роботи поряд з експлуатаційними параметрами різального інструмента, верстата та оброблюваної деревини. При цьому інструмент, верстат і об'єкт обробки (2, 3 і 4 пріоритети) формують самостійні напрямки досліджень.

Особливого значення набуває повітряне середовище, як основний провідник "шумових" коливань. Тиск повітря, температура і вологість змінюють його акустичні властивості. Цього не можна не враховувати, вивчаючи шумові процеси, до того ж це новий напрям управління акустичними процесами при фрезеруванні деревини.

Неважко побачити, що проблема шуму при розпилюванні деревини може успішно реалізовуватись лише внаслідок системних заходів по вивченню впливу окремих груп факторів, з подальшим переходом до звукового каналу, який їх об'єднує. Такі підходи і є класифікаційними. Крім іншого, вони базуються на функціональній структурі верстата, тісно пов'язані з нею, в зв'язку з чим орієнтовані в основному на етапи проектування і конструювання машин.

Сучасна практика зниження шуму при експлуатації круглопилкових верстатів, не маючи обґрунтованих інженерно-технічних рішень, та недооцінюючи вплив шуму на організм людини, змирилася з неможливістю результативної боротьби з ним. **Як результат – 90% робочих місць з круглопилковим обладнанням підлягають атестації через незадовільні акустичні умови праці**

Літературний пошук шумознижувальних методів, заходів вітчизняних і закордонних вчених, свідчать про протилежне. Разом з тим, окремі напрямки зниження шуму круглих пил, практично зовсім не вивчені. Серед них взаємодія, накладання окремих складових в загальному шумі, їх звукових каналів, аеродинамічних процесів, за умов зміни параметрів повітряних потоків, технічного стану машин і інше.

Наведене переконливо свідчить про те, що саме поняття зниження шуму круглопилкового деревообробного обладнання правомірне лише в плані системних

підходів. Тактика вирішення проблеми повинна реалізовуватись тільки через конкретні види круглопилкових верстатів. Таке розуміння ефективно використане нами для вивчення шуму круглопилкових верстатів.

Викладене переконує в необхідності ґрунтовного і систематизованого наукового вивчення при реалізації антишумової програми.

В процесі експлуатації машини виникає ряд обставин, які не дають змоги суттєво знизити її шумність шляхом підтримки належного технічного стану і акустичної оптимізації режимних факторів, тому вимагаються спеціальні технічні засоби шумозниження, задача оптимізації яких має важливі акустичні та техніко-економічні аспекти. Суть розв'язання такої задачі полягає у виборі оптимальних засобів і методів зниження шуму для конкретних умов та режимів роботи верстатів.

Оскільки об'єкт дослідження являє собою багатofакторну систему, процес оптимізації засобів та методів зниження шуму круглопилкових верстатів доцільно проводити поетапно. Встановлено [10], що для послаблення шуму машини необхідно виявити основне джерело шуму, щоб застосувати заходи шумозниження в першу чергу до найпотужнішого генератора акустичної активності. Заглушення більш слабких джерел практично не знизить шуму машини [10] і набуває сенсу тільки після послаблення сильніших.

Виявлення основного джерела шуму круглопилкового верстата вбачається можливим двома способами. Перший пролягає в огляді шумного агрегата і прослуховуванні загального шуму та шуму окремих вузлів. В результаті здатності слухового апарату до аналізу складових звуків на фоні складного шуму сконцентровується увага на певних звуках, які найсильніше виділяються і підлягають першочерговому зниженню. Таким чином встановлюється конкретний об'єкт акустичної оптимізації - певний вузол агрегата, що генерує шум найвищого рівня. При необхідності можливе застосування об'єктивного методу досліджень.

Другий етап полягає в дослідженні найбільш шумного вузла: вивченні природи шумоутворення, формалізації джерела первинними випромінювачами, акустичному порівнянні первинних джерел агрегату, що обумовлює встановлення пріоритетів на рівні технічних заходів шумозниження.



розрахунку вихідних спектрів обладнання є, як правило, достатньо складними і потребують великих затрат розрахункового часу. Крім цього, на даний час для багатьох видів обладнання вони не розроблені. Зокрема, для розрахунку круглопилкових деревообробних машин вони відсутні. З іншого боку в різних галузях техніки знайшли достатньо широке застосування напівемпіричні методи розрахунку, на підставі яких в першому наближенні можуть бути сформульовані вимоги до заходів, що проектуються для шумозниження. Основна перевага напівемпіричних методів - низька трудомісткість при достатній точності розрахунків. Такі методи існують для розрахунку шуму різних типів верстатів [4...12].

Таким чином, процес акустичної оптимізації повинен проводитися диференційовано на рівні кожного пріоритету та інтегровано в цілому.

Перший пріоритет зниження шуму верстатів є **дотримання високого рівня технічного стану верстатів**. Існує думка [14-15], що даний метод може знизити шум на 5...10 дБА. Включає він:

- правильність і точність монтажу,
- вчасне налагодження,
- ремонт верстата,
- заточку,
- встановлення і настроювання з чітким дотриманням режимів оброблюваного інструменту,
- зміну конструкції і способу кріплення засобів безпеки.

За даними чеських дослідників [11] затуплення інструменту підвищує рівень шуму на 2...8 дБА, тобто дає збільшення шуму на 3...10%. Автор [11] вважає, що точна установка ножів дозволяє при встановлених режимах<sup>1</sup> знизити частоту обертання валів на 1000 хв<sup>-1</sup>, що привело б до зниження шуму на 5...10 дБА при холостому режимі і на 3...8 дБА при робочому режимі (за рахунок зменшення дисбалансу).

Точність налагодження забезпечується застосуванням нових, прогресивних методів з використанням точних приладів.

При вирішенні шумової проблеми важливе значення належить стану

акустичної дослідженості об'єкту шуму. Як свідчить світова практика[11-15], найбільш повну картину про об'єкт шуму дає акустична моніторизація стану шумних машин.

Моніторизація вирішує дві задачі:

\* діагностика виходу із дії окремих деталей, вузлів, інших неполадок,;

\* неперервний контроль акустичного середовища;

Розкрій деревини в основному визначають такі складові: верстат, різальний інструмент, матеріал обробки та їх взаємодія.

Критерієм оцінки є загальний рівень та спектр шуму верстата при фіксованих значеннях конструктивних чи режимних параметрів. Межі змінних факторів визначаються технічною характеристикою верстата (при врахуваннях техніко-економічних показників фрезерування).

Заходи щодо зниження шуму механізму різання розроблені в трьох напрямках:|

- оптимізація конструкції пили;
- оптимізація форм та розмірів перфорованих накладок столів;
- раціоналізація способів кріплення пилки до станини для зменшення зусиль дисбалансу та ударних навантажень.

#### **4.3. Результати застосування звукоізолюючого кожуха зони різання**

На двох однопилкових верстатах в навчально-виробничих майстернях НЛТУ України нами проведені дослідження з використанням звукоізолюючого кожуха, виготовленого із плити екологічної, розробленої науковою лабораторією кафедри *технології деревинних композиційних матеріалів, целюлози і паперу Національного лісотехнічного університету України «Тетра Паку»* (Рис. 4.3)

*На кафедрі проводяться науково-дослідні роботи щодо розроблення нових плитних матеріалів. Ми застосували плиту з використанням*

*тетрапаку, оскільки це екологічна плита, яка вже застосовувалася для досліджень звукопоглинаючих характеристик. Результати виявилися позитивними – тому ми вирішили продовжити дослідження акустичних характеристик даних плит.*



Рис.4. 3. Зразок плити із Тетра -Паку

Таблиця 4.1

Ефект звукоізоляції при застосуванні кожуха із плити, виготовленої з використанням Тетра-Паку

Віддаль до досліджуваного екрану	Коефіцієнти звукоізоляції на октавних частотах							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Звукоізолюючий екран віддаль 0,5 м	0,0	0,1	0,1	0,3	0,5	0,1	0,1	0,3
Звукоізолюючий екран віддаль 0,7 м	0,4	0,3	0,2	0,5	0,7	0,3	0,2	0,1
Звукоізолюючий екран віддаль 1 м	0,5	0,5	0,2	0,3	0,3	0,3	0,5	0,4

## РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ДЕРЕВООБРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ

### 5.1. Екологічний стан підприємств

Технологічні процеси на деревообробних підприємствах пов'язані з виділенням в атмосферу шкідливих речовин: пилу, пари розчинників і розріджувачів, формальдегіду, окису вуглецю, оксидів азоту, аміаку, деревних відходів та інших.

Основними джерелами забруднення атмосферного повітря на деревообробному підприємстві є цехи механічної обробки деревини, котельня, ремонтно-механічна майстерня, автотранспортні засоби та ін (табл.5.1).

Таблиця 5.1.

Основні види речовин, що забруднюють атмосферу на підприємстві

№ пп.	Джерела забруднення	Шкідливі речовини, що забруднюють атмосферу
1	2	3
1	Деревообробні цехи	Деревний пил, окис вуглецю, вуглеводні,
2	Паросилове господарство (котельня), ремонтно-механічна майстерня, автотранспортні засоби	Окис вуглецю, окис азоту, сірчаний ангідрид, зола, сажа, аерозоль свинцю, випари паливно-мастільних матеріалів, абразивний і металевий пил та ін.

Вихідні дані для розрахунку категорії екологічної небезпеки подано в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2

Вихідні дані для розрахунку категорії екологічної небезпеки

Назва речовин, які викидаються	ГДК с.д. (мг./куб.м.)	Клас небезпечності	Річні викиди шкідливих речовин (т / рік)
1.Сажа	4	4	4,841
2. Ангідрид сірчистий	10	3	1,497

3. Вуглецю оксид	20	4	15,692
4. Бутилацетат	200	4	0,714
5. Етилацетат	200	4	0,420
6. Ксилол	50	4	0,579
7. Ацетон	200	4	0,318
8. Толуол	50	4	0,618
9. Формальдегід	0,5	2	1,745
10. Аміак	20	4	0,014
11. Спирт етиловий	1000	4	0,505
12. Спирт бутиловий	10	3	0,225

Безрозмірна константа  $\alpha_i$  визначається у відповідності з класом небезпечності речовин за даними таблиці 5.3.

Таблиця 5.3

Безрозмірна константа у відповідності з класом небезпечності речовини

Константа	Клас небезпечності речовини			
	1	2	3	4
$\alpha_i$	1,7	1,3	1,0	0,9

У відповідності з розрахованим значенням КЕН, підприємстві присвоюється категорія екологічної безпеки. При цьому використовуються дані з таблиці 5.4.

Таблиця 5.4

Категорії безпеки підприємства і граничні значення КЕН

Категорія безпеки	Значення КЕН	Санітарно-захисна зона (СЗЗ), м
I	$\geq 10^8$	1000
II	$10 > \text{КЕН} \geq 10^4$	500
III	$10^4 > \text{КЕН} \geq 10^3$	300
IV	$< 10^3$	100

Розрахуємо КЕН для навчально-виробничої майстерні за 2021 і 2022 роки:

- 2021

$$КЕН = \left(\frac{5,256}{4}\right)^{0,9} + \left(\frac{2,189}{10}\right)^1 + \left(\frac{19,007}{20}\right)^{0,9} + \left(\frac{1,07}{200}\right)^{0,9} + \left(\frac{1,009}{50}\right)^{0,9} + \left(\frac{0,617}{200}\right)^{0,9} + \left(\frac{1,174}{50}\right)^{0,9} + \left(\frac{2,717}{0,5}\right)^{1,3} + \left(\frac{0,024}{20}\right)^{0,9} + \left(\frac{0,764}{1000}\right)^{0,9} = 11,564$$

- 2022

$$КЕН = \left(\frac{6,544}{4}\right)^{0,9} + \left(\frac{0,380}{10}\right)^1 + \left(\frac{6,655}{20}\right)^{0,9} + \left(\frac{0,751}{200}\right)^{0,9} + \left(\frac{0,447}{50}\right)^{0,9} + \left(\frac{0,453}{200}\right)^{0,9} + \left(\frac{0,591}{50}\right)^{0,9} + \left(\frac{0,221}{0,5}\right)^{1,3} + \left(\frac{0,004}{20}\right)^{0,9} + \left(\frac{0,448}{1000}\right)^{0,9} = 2,358$$

Як видно з результатів розрахунку, дане виробництва має 4-ту категорію небезпеки. При цьому санітарно-захисна зона навколо підприємства не повинна бути меншою ніж 100 м.

## 5.2. Обґрунтування та ефективність заходів з охорони праці та довкілля

Під моніторингом розуміють систему спостережень за змінами стану середовища викликаних антропогенними причинами, яка дозволяє прогнозувати розвиток цих змін. Термін “моніторинг” походить з латинської мови, що в перекладі означає “спостережливий” або “запобігаючий”.

Об’єктами моніторингу можуть бути природні, антропогенні або природно антропогенні екосистем. Мета моніторингу – це не тільки пасивна констатація фактів, але й проведення експериментів, моделювання процесів, їх прогнозування.

Основними завданнями моніторингу є :

- спостереження за фактичним станом біосфери та її змінами;

- виділення змін, викликаних діяльністю людини та узагальнення результатів спостережень;
- оцінка змін біосфери та їх тенденцій;
- виявлення тенденцій, зумовлених антропогенною діяльністю;
- прогнозування тенденцій у зміні стану біосфери.

Ці завдання формують системи моніторингу, блок-схема якої наведена на рис. 5.1. На схемі показані прямі й зворотні зв'язки між основними системоутворюючими блоками.

Блоки “Спостереження” і “Прогнозування стану” тісно пов'язані між собою, оскільки прогнозування стану навколишнього середовища можливе лише при наявності достатньо репрезентативної інформації про фактичний стан середовища (прямий зв'язок).

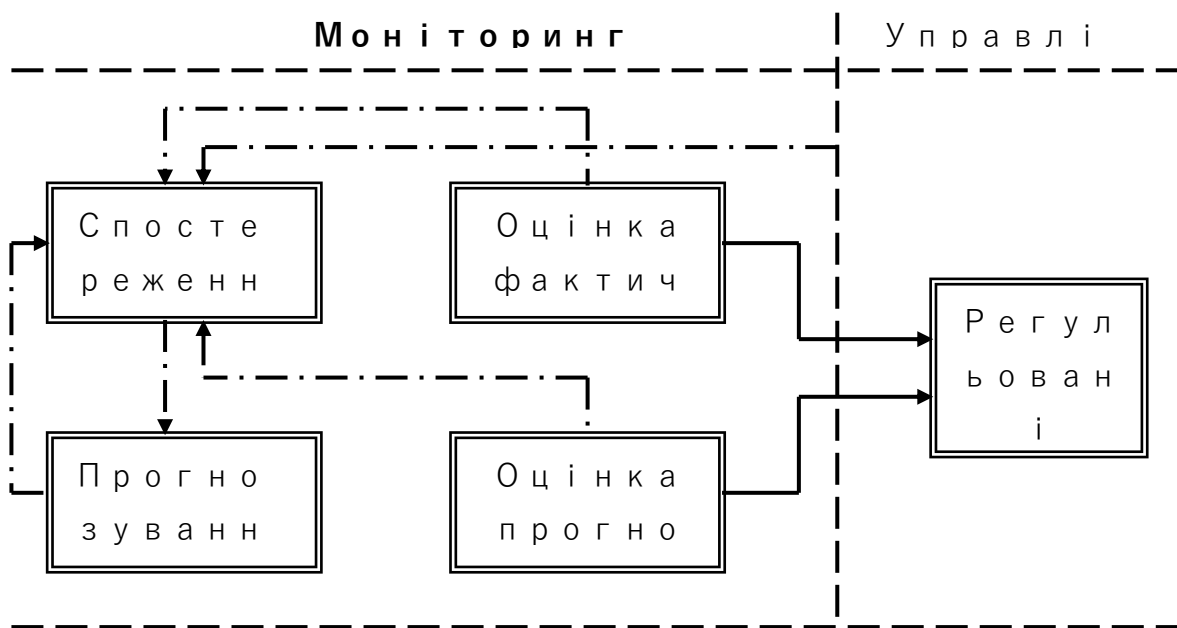


Рис. 5.1. Блок-схема моніторингу

Побудова прогнозування, з однієї сторони – мається на увазі знання закономірностей змін стану природного середовища, наявність схеми і можливостей числового розрахунку, з іншої – направленість прогнозування, в значній мірі повинна визначати структуру й склад сітки спостереження (зворотний зв'язок). Дані, що характеризують стан природного середовища,

отримані в результаті спостережень або прогнозування, повинні оцінюватися в залежності від того, в якій області людської діяльності вони використовуються.

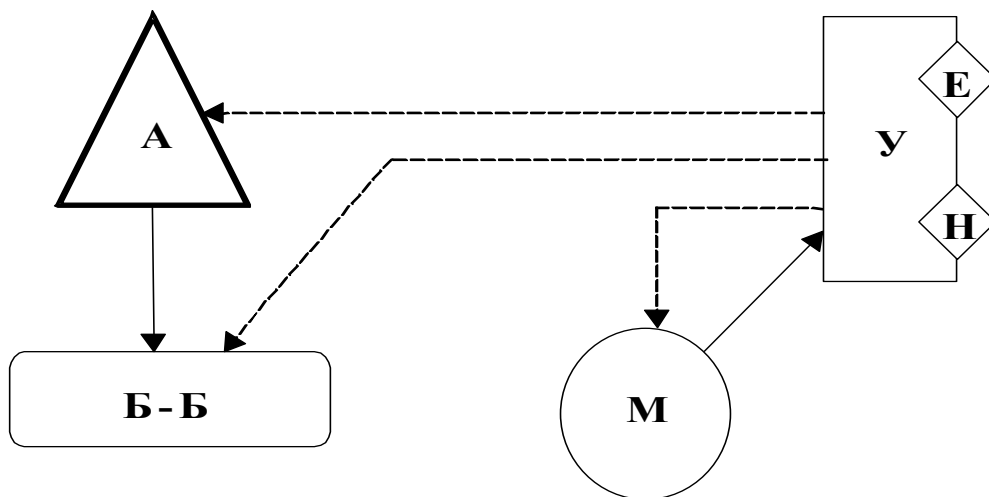
Під оцінкою фактичного стану природного середовища розуміють з однієї сторони – визначення збитків від дії на нього шкідливих параметрів, а з іншої сторони – вибір оптимальних умов діяльності людини, визначення існуючих екологічних резервів. При такій оцінці мають на увазі визначення допустимих навантажень на навколишнє природне середовище.

Інформаційна система моніторингу антропогенних змін є складовою частиною системи управління, взаємодії людини з навколишнім середовищем, оскільки інформація про існуючий стан природного середовища і тенденції його зміни повинна бути покладена в основу розробки заходів з охорони природи, і враховується при плануванні розвитку економіки.

На рис. 5.2 наведена схема управління станом навколишнього природного середовища. На схемі умовно суміщені енергетичні та інформаційні потоки.

Елемент біосфери з рівнем стану Б під впливом антропогенної дії А змінює свій стан (Б - Б'). За допомогою моніторингу М формується фотографія зміненого стану, проводиться узагальнення даних, аналіз й оцінка фактичного і прогнозованого стану. Отримана інформація передається в блок управління У для прийняття відповідних рішень.

На основі даної інформації в залежності від рівня науково-технічних розробок Н та економічних можливостей Е приймаються заходи щодо обмеження або призупинення антропогенної дії на біосферу. Безумовно, можливі інші комбінації перерахованих підходів, удосконалюється система моніторингу (на схемі показані штриховими лініями).



**Рис.5.2. Схема управління станом навколишнього природного середовища:**

А – антропогенна дія; Б – стан середовища до антропогенної дії;  
 Б' – стан середовища після антропогенної дії; М – моніторинг;  
 У – блок управління; Н – рівень науково-технічних розробок;  
 Е – економічні можливості.

Спостереження за станом навколишнього природного середовища повинні включати спостереження за джерелами й факторами антропогенної дії (в тому числі за джерелами забруднення, випромінювання та ін.), за станом елементів біосфери, за зміною її структурних і функціональних показників. При цьому мається на увазі отримання даних про початковий (фоновий) стан елементів біосфери.

В системі моніторингу здійснюються три специфічні функції: спостереження, оцінка й прогноз. Якщо об'єктами спостережень є локальні джерела, але підвищеної небезпеки (місця захоронення радіоактивних відходів, хімічні заводи та ін.), то такий моніторинг називається **імпактним**. Збільшення масштабів спостереження до тисяч квадратних кілометрів веде до **регіонального моніторингу**.

В задачах промислової екології найбільш значимим є локальний моніторинг – як система, що дозволяє оперативно відслідковувати якість середовища і приймати адекватні заходи.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Круглопилкові верстати – потужні джерела шуму, що до 28 дБА за загальним рівнем перевищують норматив для виробничих приміщень (80 дБА)
2. Розкрійне круглопилкове обладнання дуже широко застосовується в деревообробній галузі і часто є безальтернативним і оптимальним для виконання даної операції
3. Майже 90% робочих місць в цехах МОД підлягають процедурі атестації через надмірні шуми
4. В роботі проведена систематизація та узагальнення основних джерел шумоутворення круглопилкових верстатів. Проведені натурні дослідження шуму верстатів в навчально виробничій майстерні НЛТУ України. Розроблена акустична структура круглопилкового верстата.
5. На підставі систематизації способів і методів зниження шуму даної групи верстатів розроблений механізм раціоналізації процесу шумозниження.
6. Досліджена ефективність зниження шуму в зані різання шляхом використання звукоізолюючого кожуха із нового зразка екологічної плити із Тетра-Паку.
7. Ефект застосування кожуха за загальним рівнем складає 3-5 дБА, що свідчить про доречність проведення подальших досліджень даних плит із подальших їх застосуванням з метою звукоізоляції.
8. В роботі запропоновані заходи для підвищення екологічності виробництва: розрахована санітарно-захисна зона та запропонована система моніторингу стану довкілля.

## ВИКОРИСТАНІ ЛІТЕРАТУРНІ ДЖЕРЕЛА

1. Сторожук В.М. Виробничі шуми: природа і шляхи зниження. – К.: Основа, 2003. – 382 с.
2. Апостолюк С.О., Джигирей В.С. та ін. Охорона праці в деревообробній промисловості, - К.: Основа, 2003. – 486 с.
3. Закон України «Про охорону праці» - К.: Основа, 2003. – 28 с;
4. Законодавство України про охорону праці у 4-х томах. – К.: Основа, 1995.
5. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.
6. ДСН 3.3.6.039-99 Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації
7. Жидецький В.Ц., Джигирей В.С. Основи охорони праці. – Львів: Афіша, 2000. -350 с.
8. Русак О.Н. и др. Указания по снижению шума в деревообрабатывающей промышленности. – М.: Лесная промышленность, 1976. – 152 с.
9. Геврик Є.О. Охорона праці: Навч. посібн. – К.: Ніка-Центр, 2007.- 376 с.
10. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці. – підручник – Львів: УАД, 2016. – 336.
11. Апостолюк С.О., Джигирей В.С. та ін. Охорона праці у виробництві деревних композиційних матеріалів. – К.: Основа, 2003. – 381 с.
12. Апостолюк С.О., Джигирей В.С., Апостолюк А.С. та ін. Охорона праці в лісопильно-деревообробному виробництві. – К.: Основа, 2003. – 285 с.
13. Апостолюк С.О., Джигирей В.С. та ін. Санітарно-технічне та екологічне забезпечення безпеки праці в деревообробці.
14. Пальгов О.Н., Корнієнко А.А. Про шкідливість шуму і вібрації. – К.:

Здоров'я, 1977 – 39 с.

15. Апостолюк С.О., Джигирей В.С., Апостолюк А.С. Промислова екологія. – К.: Знання, 2005 – 480 с.
16. Белов С.В., Барбинов Ф.А., Козьяков А.Ф. и др. Охрана окружающей среды. – М.: Высшая школа, 1991. – 319 с.
17. Апостолюк С.О., Джигирей В.С. та ін. Безпека праці: ергономічні та естетичні основи. – К.: Знання, 2005. – 215 с.
18. Жидецький В.Ц., Джигирей В.С., Сторожук В.М. та ін. Практикум із охорони праці. – Львів: Афіша, 2000 – 350 с.
19. Геврик Г.О. Охорона праці. – К.: Ельта. Ніка центр, 2003. – 279
20. Никитин Л.И., Щербаков А.С.. Охрана труда в лесном хозяйстве, лесной и деревообрабатывающей промышленности. – М. : Лесная промышленность, 1985. – 315 с.
21. Протоєрейський О.С, Запорожець О.І. Охорона праці в галузі: Навч. посіб. – К.: Книжкове вид-во НАУ, 2005. – 268 с.
22. Русаловський А.В. Правові та організаційні питання охорони праці: Навч. посіб. – 4-те вид., допов. і перероб. – К.: Університет «Україна», 2009. – 295 с.
23. Третьяков О.В., Зацарний В.В., Безсонний В.Л. Охорона праці: Навчальний посібник з тестовим комплексом на CD/ за ред. К.Н. Ткачука. – К.: Знання, 2010. – 167 с. + компакт-диск.
24. Гогіташвілі Г.Г., Карчевські Є.Т., Лапін В.М. Управління охороною праці та ризиком за міжнародними стандартами: Навч. посіб. – К.: Знання, 2007. – 367 с.
25. Катренко Л.А., Кіт Ю.В., Пістун І.П. Охорона праці. Курс лекцій. Практикум: Навч. посіб. – Суми: Університетська книга, 2009. – 540 с.
26. Охорона праці в будівництві: Навч. посіб. посібник / за редакцією Коржика Б.М. і Іванова В.М. – Харків: Форт, 2010. – 388 с.