

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 ЗМІНИ ПОКАЗНИКА ШУМНОСТІ ОДНО
ПИЛКОВОГО ВЕРСТАТА ПРИ ШУМОЗНИЖЕННІ»**

**«Investigating changes in the noise level of a single saw machine during
noise reduction»**

Виконав: студент 6 курсу, групи ДМТ-63м
Спеціальність 187 «Деревообробні та
меблеві технології»

Бузікевич О. Б.

(прізвище та ініціали)

Керівник Соколовський І.А.

(прізвище та ініціали)

Рецензент _____

(прізвище та ініціали)

Львів-2024

ІНН
Київська

Освітній рівень
Спеціальність

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

Магістр

187 «Деревообробні та меблеві
технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри, проф.

Кшивецький Б.Я.

«30» вересня 2024 року

ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Бузікевичу Олегу Богдановичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Дослідження зміни показника шумності одно-
цилкового верстата при шумозниженні»

**Investigating changes in the noise level of a single saw machine during
noise reduction.**

Керівник роботи: Соколовський Ігор Андрійович, доцент, к.т.н.

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

затверджена наказом НЛТУ України від "12" липня 2024 року № С- 467

2. Строк подання студентом роботи до 10.12.2024 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


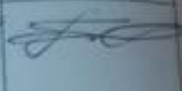
_____ 2. Дослідження впливу конструкційних та режимних параметрів на шумоутворення круглопилкових верстатів в холостому та робочому режимах
Розрахунок показника шумності.

_____ 3. Охорона довкілля.

5. Перелік презентаційного матеріалу матеріалу

(слайди презентації результатів теоретичних і експериментальних досліджень)

6. Консультанти розділів роботи

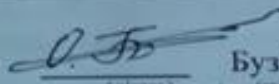
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	Завдання прийняв
Охорона навколишнього середовища	доц. Соляр Г.В.		

7. Дата видачі завдання 15.09.2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Прим.
	Аналіз стану питання	до 01.10.24	
	Експериментальні дослідження	до 15.11.24	
	Обробка результатів експериментальних досліджень	до 30.11.24	
	Захист довідки	до 05.12.24	
	Оформлення пояснювальної записки і підготовка презентації	до 10.12.24	

Студент


(підпис)

Бузікевич О. Б.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Соколовський І.А.

(прізвище та ініціали)

Анотація

У магістерській роботі "Дослідження зміни показника шумності однопилкового верстату при шумозниженні" розглядається проблема шуму, що відбувається під час роботи деревообробних верстатів, зокрема однопилкових. Актуальність теми зумовлена негативним впливом високого рівня шуму на здоров'я працівників та екологічну безпеку, а через це на продуктивність праці та економічні показники виробництва.

У роботі проведено детальний огляд літератури, що використовує джерело шуму в одному пилковому верстаті, а також існуючих методів його зменшення. Описано конструкцію та принципи роботи верстатів, що дозволяють зрозуміти механізми виникнення шуму. Експериментальна частина містить опис методології дослідження, в якому були використані сучасні звукові датчики для вимірювання після рівня шуму до та впровадження шумознижуючих технологій. Результати експерименту продемонстрували значні показники зменшення шумності за рахунок розробки амортизуючих матеріалів та оптимізації конструкції верстата. Обговорення результатів показує ефективність застосованих методів у контексті підвищення комфортності праці та зниження ризиків для здоров'я працівників. У висновках підкреслюється важливість подальших досліджень у цій галузі та перспективи впровадження нових технологій для покращення умов праці в деревообробному виробництві.

Ключові слова: шумність, однопилльний верстат, шумозниження, деревообробка, охорона праці.

ABSTRACT

The master's thesis "Study of changes in the noise level of a single-sawing machine during noise reduction" considers the problem of noise occurring during the operation of woodworking machines, in particular single-sawing machines. The relevance of the topic is due to the negative impact of high noise levels on the health of workers and environmental safety. The work provides a detailed review of the literature using the source of noise in a single-sawing machine, as well as existing methods for its reduction. The design and principles of operation of the machines are described, which allow us to understand the mechanisms of noise generation.

The experimental part contains a description of the research methodology, in which modern sound sensors were used to measure the noise level before and after the introduction of noise-reducing technologies. The experimental results demonstrated significant noise reduction indicators due to the development of shock-absorbing materials and optimization of the machine design. The discussion of the results shows the effectiveness of the applied methods in the context of increasing work comfort and reducing risks to the health of workers. The conclusions emphasize the importance of further research in this area and the prospects for the introduction of new technologies to improve working conditions in woodworking production.

Keywords: noise, single-field machine, noise reduction, woodworking, labor protection.

ВСТУП

Актуальність теми магістерської роботи "Дослідження зміни показника шумності одного пилового верстата при шумозниженні" збільшенням зростаючої ваги до екологічних та безпекових аспектів виробництва. У сучасних умовах, коли шумове забруднення стало серйозною проблемою для здоров'я працівників і навколишнього середовища, його методи дослідження зменшуються у великій кількості. Впровадження нових технологій, які не дозволяють знизити рівень шуму на виробництві, може суттєво покращити умови праці та зменшити ризики для здоров'я

Мета і завдання дослідження

Мета дослідження у вивченні ефективності різних методів шумозниження однопилкового деревообробного верстата та аналізу їх впливу на показники шумності.

Завдання дослідження включити:

- Аналіз існуючих методів зменшення шуму на верстатах.
- Вимірювання рівня шуму до і після застосування заходів шумозниження.
- Оцінка впливу різних матеріалів і технологій на зниження шумності.
- Розробка рекомендацій щодо оптимізації процесів для зменшення шумового забруднення

Наукова новизна

Наукова новина даного дослідження - у впровадженні нових підходів до зменшення шумності одного пилового верстату, які раніше не були детально вивчені. Це включає:

Використання нових матеріалів для звукоізоляції.

Вдосконалення нових конструкцій верстатів, що сприяють зменшенню шуму.

Аналіз ефективності комбінацій традиційних і новітніх методів шумозниження

Об'єкт і предмет дослідження

Об'єктом дослідження є один пиловий верстат, який використовується в деревообробній промисловості. Предметом дослідження є показники шумності цього верстата до і після застосування його заходів щодо шумозниження, а також вплив різних методик на результати вимірювання.

Таким чином, робота має потенціал не тільки для теоретичного внеску в науку, але й для практичного застосування в промисловості, що підвищить безпеку праці та екологічність виробництва.

РОЗДІЛ 1. КРУГЛОПИЛКОВІ ОДНОПИЛЬНІ ВЕРСТАТИ В ДЕРЕВООБРОБЦІ: ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ

1.1. Види однопилкових круглопильних деревообробних верстатів

Однопилкові круглопильні верстати є інструментом у деревообробній промисловості, призначеним для різання деревини. Основні види таких верстатів включають:

Круглопильні верстати з ручною подачею :

Використовуються для виконання простих операцій розпилювання.

Оператор вручну подає матеріал до леза, що забезпечує високу точність, але знижує продуктивність.

Автоматичні круглопильні верстати :

Оснащені механізмами для автоматичної подачі матеріалу.

Збільшують продуктивність і зменшують трудозатрати, що робить їх ідеальними для масового виробництва.

Верстати для поздовжнього та поперечного розпилювання :

Спеціалізовані на виконання конкретних типів розпилювання: поздовжнього (для отримання довгих заготовок) та поперечного (для отримання коротших частин).

Можна мати різні конфігурації лез для виконання конкретних завдань.

Форматні круглопильні верстати :

Призначені для розпилювання плитних матеріалів (ДСП, фанера).

Забезпечують високу точність і якість обробки завдяки стабільній подачі і можливості налаштування під різні формати.

Верстати з можливістю регулювання кута різання :

Дозволяють підтримувати косі зрізи, що є у виробництві для виготовлення меблів та інших виробів з дерева.

Кут різання може бути швидко налаштований, що закінчиться гнучкістю виробництва.

1.2. Роль однопілкових круглопилельних верстатів у деревообробному виробництві

Круглопилельні верстати дають можливість ключову роль у деревообробному виробництві за своїми характеристиками та особливостями:

Ефективність обробки : Завдяки простоті конструкції та високій швидкості роботи, ці верстати максимально здатні обробляти великі обсяги деревини за короткий час, що забезпечує загальну продуктивність підприємства.

Точність і якість : Круглопилельні верстати забезпечують високу точність різання, що важливо для виготовлення деталей, які потребують точного підгонки, таких як елементи меблів, конструкції будівель.

Універсальність : Багато моделей можуть бути налаштовані для виконання різних видів обробки, що дозволяє підприємствам адаптуватися до змін у запиті на виробництво.

Зниження витрат : Використання автоматизованих систем подачі та енергоефективних технологій дозволяє значно знизити витрати на виробництво

Таким чином, однопилельні круглопилельні верстати є незамінним обладнанням у деревообробному виробництві, яке забезпечує ефективність, точність і гнучкість у процесах обробки деревини.

Загальний вигляд такого верстатів поданий на рисунку 1.



Рисунок 1. Загальний вигляд сучасного круглопилкового верстата

1. 3. Огляд літератури з вивчення утворення та зниження шуму однопилкових круглопилельних верстатів

Круглопилельні верстати, які широко використовуються в деревообробній промисловості, є потужними джерелами шуму, що може негативно вплинути на здоров'я працівників і продуктивність праці.

Основні аспекти огляду літератури:

Виникнення шуму : Шум, що генерується круглопилельними верстатами, переважно призводить до механічних коливань, що передаються через структуру верстата та оброблюваного матеріалу. Висока частота обертання пилки та їх конструктивні особливості значно впливають на рівень шуму аеродинамічної природи, що робить їх особливо небезпечними і шкідливими.

Норми шуму : В Україні встановлені державні санітарні норми допустимого рівня шуму на виробництві, які повинні підтримуватися для забезпечення безпеки працівників. Наприклад, максимальний рівень шуму в робочих приміщеннях не повинен перевищувати 80 дБА.

Засоби зниження шуму : Різноманітні методи та технології використання для зменшення шуму від круглопилельних верстатів. Це включає використання звукоізоляційних матеріалів, модернізацію конструкційних верстатів, а також застосування сучасних технологій автоматизації, які можуть зменшити тривалість роботи обладнання.

Основні напрямки дослідженості шуму круглих пил

Аспект	Опис	Джерела
Виникнення шуму	Шум відображається через механічні коливання та високу частоту обертання пилок.	[1-9]
Норми шуму	Максимальний рівень шуму в робочих приміщеннях не повинен перевищувати 80 дБА.	[10, 11]
Засоби зниження шуму	Використання звукоізоляційних матеріалів та модернізація конструкцій верстатів.	[3-7, 12-14]

Цей огляд демонструє важливість дослідження проблеми шуму в деревообробній промисловості та необхідність подальшого вдосконалення методів його зниження для забезпечення безпечних умов праці.

1.4. Проблема шуму круглопилкового обладнання

Шуми в деревообробних цехах перевищують гранично допустимі норми на 15-20 дБА. протягом багатьох років вчені проводили дослідження цієї проблеми, яка залишається актуальною. На сьогодні понад 80% робочих місць у деревообробних цехах потребують атестації через високий рівень шуму, що має соціальні та економічні негативні наслідки. Високі акустичні характеристики є небезпечними і шкідливими для працівників. Під впливом шуму в організмі робітників відбуваються зміни, які суть підвищують ризик травмування через:

підвищення координації рухів через уповільнення реакцій вестибулярного апарату;

швидку спокійність, що заважає зосередженню та своєчасній реакції на природні;

обмеження зору;

ускладнення розуміння мови та сприйняття переджувальних сигналів безпеки;

галюцинації, викликані перенапруженням нервової системи.

Економічні наслідки шуму також є суттєвими:

- ✓ зниження продуктивності праці: на кожен дБА перевищення допустимого рівня (80 дБА) продуктивність знижується на 1%; при ручній праці це може призвести до зниження продуктивності до 60%, а для операторів автоматизованих ліній — на 20%;
- ✓ збільшення обсягу браку через зниження точності та якості роботи (більше ніж на 50%);
- ✓ втрати через професійні захворювання: при підвищенні рівня шуму на 1 дБ над ГС-75 кількість професійних захворювань зростає на 20-30%;
- ✓ зростання помилок у роботі;
- ✓ витрати, пов'язані з виробничим травматизмом;
- ✓ компенсаційні заходи за результатами атестації через підвищений шум і вібрацію;
- ✓ необхідно у спеціальних засобах захисту.

Ця проблема залишається актуальною вже багато років. Виконавцями займаються вчені різних країн течію десятиліть. У нашому університеті також працювала ціла наукова школа, яка проводила дослідження шуму та методів його зменшення, але проблема не втратила своєї значущості. Дослідження показали, що основними джерелами шуму в деревообробці є верстати. Зниження шуму базових станків є кроком у вирішенні цієї проблеми. Розкрійні деревообробні станки є одними з найпотужніших джерел шуму, і в роботі розглядаються дослідження круглопилкових верстатів щодо їх шумогенерації.

Круглопилвні верстати як значні джерела шуму на деревообробних підприємствах

Високий рівень шуму та вібрації, що забезпечує під час технологічних процесів і роботи обладнання, є єдиним з основних проблем у деревообробній промисловості, що відносить її до категорій небезпечних і шкідливих виробництв. Ці шкідливі фактори значно ускладнили процес, після чого на ринок почали впроваджуватися високошвидкісні верстати, механізовані та автоматизовані лінії, які, незважаючи на свої добрі технологічні

характеристики, генерують потужний шум і вібрацію. протягом останніх 10-15 років рівень шуму та вібрації зріс на 25-30%. Серед найбільших гучних джерел виділені розкрійні круглопилькові верстати.

Таблиця 1.2

Спектри шуму для порівняння

Верстати	івні звуку, дБА	Рівні звукового тиску дБ, в октавних смугах із середньо геометричними частотами Гц								оказник шумності
		3	25	50	100	200	400	800	1600	
1										
Багатопилковий розкрійний верстат (5 пил)	04-115	0-96	4-100	6-108	5-104	4-101	9-97	6-95	5-92	,76
Однопилковий кругло пильний верстат	9-87	0-85	3-90	4-87	3-88	8-80	5-77	1-74	8-73	,21
ГС-75	9	6	2	8	1	5	3	0	8	

1.5 ВИСНОВКИ З РОЗДІЛУ

1. Круглопильні верстати широко використовують у деревообробному виробництві.
2. Операції, які забезпечуються цими верстатами, не можуть бути замінені іншим обладнанням.
3. Існують усі умови для розширення їх використання.
4. Проблема високого рівня шуму в цих верстатах досліджується вже багато років, зокрема в рамках школи промислової акустики імені професора Теодозія Андрійовича Носовського в Національному лісотехнічному університеті України. Дослідження шуму круглопилкового обладнання проводили Сторожук В.М. та Зубик С.А.
5. Круглопильне обладнання залишається потужним джерелом шуму. Хоча причини його виникнення добре вивчені, засоби та методи зниження шуму потребують подальшого дослідження та вдосконалення.

Розділ 2. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ НАТУРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ШУМОУТВОРЕННЯ ВЕРСТАТА

2.1 Методика виявлення та дослідження основного джерела шуму верстата в умовах виробництва

Основними аспектами дослідження шуму пилюкових верстатів є визначення рівнів та спектрального складу акустичних коливань, які генерують найбільш інтенсивні джерела шуму і вібрацій. Це включає вивчення виникнення фізичної природи та випромінювання коливань у кожного з цих джерел, а також порівняння їх акустичної активності для встановлення зв'язку між акустичними явищами та експлуатаційними характеристиками верстату.

Сучасні методи дослідження шуму виробничого обладнання та його окремі джерела можна поділити на дві основні групи:

- Натурні методи, які передбачають дослідження шуму серійних верстатів у реальних виробничих умовах.
- Експериментальні методи акустичних випробувань, при яких верстат або його модель встановлюються в спеціально створених умовах, що дозволяють вільному звуковому полюсу.

Найпростішим підходом під час природних досліджень є визначення шумового поля та діаграми розподілу вібрацій корпусу верстата, а також закономірність зміни цих полів і діаграм залежно від режиму роботи. Акустичні характеристики надають первинну інформацію про "питому вагу" окремих джерел у загальному шумі та вібраціях корпусу верстата. Крім того, порівняння закономірностей зміни сильне збурення, що дія в кожному джерелі, з використанням шумових полів і вібрацій діаграми дозволяє оцінити значущість того чи іншого джерела коливань при роботі верстата в різних режимах.

Для виявлення основних джерел високочастотного випромінювання можуть бути використані шумові діаграми, отримані в досліджуваній області частот. Вони дають чіткі виявлення про розташування джерела високочастотного шуму. Для детального аналізу шумності та вібрацій, що виражаються з окремих джерел, у зонах з підвищеними коливаннями

проводиться вузько-спектральний аналіз. Спектри шуму в зоні розташування досліджуваного джерела достатньо повно характеризують якісні характеристики випромінювання. Методи визначення шумових характеристик виділяються на точні, технічні та орієнтовані, які описані у відповідних стандартах. Достовірність отриманих результатів, як і вибір природних методів дослідження, залежить від акустичних властивостей приміщення. Особливості використання деревообробного обладнання та його щільність у виробничому середовищі призводять до незначної наявності сторонніх шумів (фонового шуму). Тому під час вимірювання контролюється рівень шуму, для чого фіксуються рівні звукового тиску в точках випромінювання при включеному та вимкненому джерелі шуму. Якщо різниця становить 10 дБ і більше, вплив фонового шуму може не постраждати.

Таким чином, основними недоліками природних досліджень є:

- ✓ нижча точність;
- ✓ значний вплив фонового шуму на результати;
- ✓ неможливість детального розподілу джерела шуму.

Переваги природних досліджень включають:

- ✓ нижчі витрати, через що вони не потребують стаціонарного обладнання та камер;
- ✓ можливість отримати характеристику шуму в реальних умовах експлуатації, що є остаточним критерієм оцінки запланованих заходів.

Отже, проведення природних акустичних досліджень є важливою умовою для ефективної роботи щодо зниження шуму в досліджуваному обладнанні.

Існує кілька методів для визначення шумових характеристик, які можна класифікувати на точні, технічні та орієнтовні, і які регламентуються загальними стандартами. Вибір конкретного методу для дослідження шуму пилюкових верстатів залежить від ряду чинників:

- характер звукового поля у виробничому часі;
- наявність фонового шуму;

- кількість та розташування верстатів у дії цих цехів;
- можливості ізоляції шуму від окремих джерел тощо.

Аналіз схем установки пилкових верстатів на підприємствах показав, що ці верстати зазвичай розміщуються в один ряд паралельно один до одного, на відстані, що більша за характерний розмір контуру верстата даної групи.

Це фактично, з огляду на відомості, свідчить про те, що у вільному перегляді у виробничому приміщенні не реалізується ані вільне, ані дифузне звукове поле.

Для цього припущення проводилися перевірки вимірювання спадів рівнів звукового тиску в більшій мірі при збільшенні відстані від джерела шуму. У разі наявності дифузного звукового поля рівень звукового тиску має залишатися практично незмінним (допустимому відхилення 1...2 дБ).

У вільному звуковому полі він зменшується на 6 дБ при подвоєнні відстані до верстата (акустичний центр джерела шуму). В окремих випадках, для економічного часу під час дослідження, проводиться орієнтовна оцінка звукового поля, яка дозволяла припустити, за умови вільного поля розташування при відстані від джерела, що перевищує довжину хвилі або в два-три рази більше за найбільший лінійний розмір контуру.

Таким чином, використання точних і технічних методів визначення шумових характеристик пилкових верстатів у виробничих умовах є доцільним. З огляду на наведені умови та накладені обмеження, в умовах виробництва також можна використати орієнтовний метод визначення шумових характеристик джерел.

2.2. Заміри характеристик шуму в натурних умовах

Відповідно до стандартів визнаються шумові характеристики, такі як рівень звукової потужності в октавних смугах частот і скоригований рівень звукової потужності, а також рівень звукового тиску в контрольних точках і загальний рівень звуку.

Рівні звукового тиску вимірювалися в октавних смугах частотою із середньо-геометричними частотами від 63 до 8000 Гц. Умови вимірювання у виробничому приміщенні повинні відповідати вимогам стандартів, при цьому коефіцієнт K має постійно залишатися і не перевищувати 7. Перед початком вимірювання для кожної октавної суми частотний коефіцієнт K за допомогою відповідної формули:

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

де S площа вибраної випромінюваної поверхні, m^2 ;

$A = a_s \cdot S_u$ - еквівалентна площа звукопоглинання, m^2 ;

S_u - площа огорожуючих конструкцій приміщення, m^2 ;

a_s - коефіцієнт звукопоглинання.

При $K = 2$ поправка не враховується. Під час проведення досліджень сусідні верстати були виділені. Мікрофон шумоміру розміщувався в кількох точках на відстані 1 м від поверхні верстата. Кількість точок вимірювання вибиралася так, щоб різниця рівнів звукових тисків між двома сусідніми точками не перевищувала 8 дБ; в іншому випадку кількість точок висувалася, але не могла бути меншою за 5. Схема розміщення точок виміру для розглянутих верстатів представлена на рис. 2.1, де $a = 0,5 l_1 + d$; $b = 0,5 l_2 + d$; $c = l_3 + d$; $d = 1$ м; $h_1 = 0,25 \cdot (b + c - d)$. Вимірювальна поверхня верстата моделюється як умовний паралелепіпед, розташований на відстані 1 м від звукоактивних поверхонь, і додатково 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 рівень фонового шуму (шум від іншого обладнання), який отримувався в тих же розмірах та вимірювальних точках. Фононий шум не враховувався, якщо його значення було на 10 дБ або більше нижче рівня шуму, зафіксованого при включеному досліджуваному джерелі.

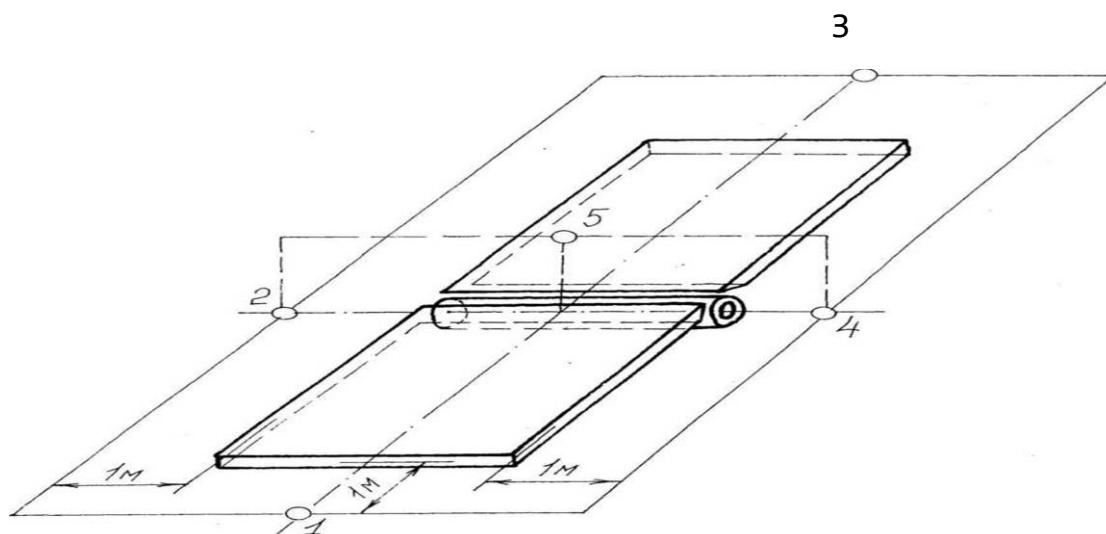


Рис.2.1. Як розмістити вимірювальні точки для отримання достовірного результату

Середній рівень звукового тиску в смузі частот L_m , дБна 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 проводилися в різних режимах роботи верстата, як на холостому ході, так і під час розпилювання. Для виявлення основних джерел шуму та їхнього зовнішнього середовища в загальному шумі використовувався метод зовнішнього виключення джерел. Вимірювання відбувалися за такою схемою:

- вимірювання фонового шуму в цеху механічної обробки деревини;
- вимірювання рівня шуму механізму подачі;
- вимірювання рівня шуму пилки (при вимкненій системі подачі та витяжки);
- визначення шуму ексгаустерної системи;
- вимірювання рівня та частотних характеристик шуму верстата на холостому ході.

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

У деяких випадках для проведення більш детального аналізу шуму потрібно вибрати магнітофон для запису звуку, що дозволяє здійснити подальший аналіз на самописці в лабораторних умовах. Для визначення абсолютного рівня звукового тиску досліджуваного шуму спочатку записується контрольний сигнал з пістофона з фіксованим рівнем звукового тиску. Важливо відзначити, що магнітний запис шуму не замінює, а лише доповнює раніше описані методи акустичних досліджень. При значеннях розрахункової сталі K , що 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.

Важливою характеристикою шуму є також його стабільність у часі. Як зазначає Ю.М. Ільщук, до групи стабільних шумів відносяться ті, в яких не всі флуктуації починаються протягом менш ніж 2-3 сталих годин приладу. Під час вимірювання стабільного шуму апаратура працює в заданому режимі. Нестабільні переривчасті шуми формують групу шумів з повно змінною огинаючою спектральних складових. При дослідженні таких шумів визначалися

зміни загального рівня звукового тиску в часі під час роботи в різних режимах. Як додатковими джерелами шуму можуть бути коливання верхнього корпусу верстата і дисбаланс ножового вала, проводилися вимірювання параметрів звукової вібрації. Точки вимірювання вибиралися на корпусі верстата та на кришці підшипників ножового вала. Контрольним показником приймався рівень вібрації (дБ).

2.3. Вимірювальна апаратура

Для дослідження характеристики шуму круглопилкових верстатів використовувалися вимірювач шуму і вібрації ВШВ-003-М2, а також портативний шумомір для визначення інтегрального показника шуму. Вибір типу приладу залежить від умов проведення виміру, способу реєстрації отриманих результатів та інших факторів. на рис. 2.2 представлені вимірювальні прилади, які використовувалися в дослідженнях.



2.3. Акустична вимірювальна система ВШВ-003-М2

Ці прилади відповідають вимогам стандартів і належать до класу 1. У виробничих приміщеннях, де є протяги, для захисту від вітру використовується екран W 70. Для спектрального аналізу виробничих шумів сигнал з шумоміру записується на магнітофон. У необхідному діапазоні частот від 53 до 8000 Гц тракт запису-відтворення має лінійну амплітудно-частотну характеристику ± 5 дБ і динамічну ± 2 дБ у діапазоні 100...10000 Гц, тобто в октавних смугах із середньо-геометричними частотами від 125 до 8000 Гц.

Перед проведенням вимірювань шумоміри та октавні фільтри проходять перевірку, а перед кожним вимірюванням калібрується вимірювальний тракт за

допомогою пістофона 00003, який є прецизійним джерелом звуку з частотою 180 Гц і рівнем звукового тиску 118 дБ. Основна похибка складає $\pm 0,3$ дБ. Для вимірювання параметрів звукової вібрації корпусів верстатів використовується вимірювальний тракт ВШВ-003-М2. Основним елементом у тракті є п'єзоелектричний датчик типу КД 35, який має лінійну частотну характеристику в області від 3 до 10000 Гц. Його маса (20 г) є незначною, тому не впливає на зміни параметрів досліджуваного об'єкта. Закріплення датчика на поверхні відбувається за допомогою з'єднувального магніту 1300. Для перетворення механічних коливань в електричні сигнали використовується адаптер механічного звуку 00009 замість капсули мікрофона МК 102. Як реєстратор рівнів використовує шумомір ВШВ-003-М2 з октавним фільтром.

2.4. Обробка результатів вимірювань

Результат вимірювання складається з величини, що вимірюється, та значно похибок, які впливають на цей результат. Похибки поділяються на випадкові та систематичні. Системні похибки забезпечують через нерівномірність частотної характеристики і діаграми спрямованості мікрофона шумоміра; зміни температури, вологості, атмосферного тиску; точності вимірювального приладу; тип звукового поля; акустичних перешкод. Ці похибки можна досить точно врахувати, після їх причини відомо. Якщо під час вимірювання враховувалися якість звукового поля у виробничому режимі, за необхідності до результатів вимірювання вводилася поправка "К".

Поправка на нерівномірність частотної характеристики мікрофона враховувалася залежно від характеру звукового поля та частоти вимірювального звуку. Також вводилася поправка на зміни параметрів мікроклімату (температура, вологість, атмосферний тиск).

Перед початком і після завершення вимірювання проводилося калібрування вимірювального тракту за допомогою пістофона. вибір систематичних помилок, навіть при найретельніших вимірюваннях можуть виникати випадкові помилки — невеликі розбіжності в результатах повторних експериментів при збереженні всіх умов.

Причини випадкових помилок можуть бути об'єктивними і суб'єктивними (останні залежати від кваліфікації оператора), а їх значення зазвичай важко врахувати. При вимірюванні рівнів звуку слід очікувати як систематичні, так і випадкові помилки.

Таким чином, у зв'язку з неможливістю точного розташування основних джерел похибок, на основі теореми Ляшунова можна припустити, що сумарна похибка підпорядковується нормальному закону розподілу. Гіпотеза про справедливість нормального закону розподілу відхилень звукового тиску від їх істинного значення широко застосовується в практиці наукових експериментів. Згідно з нормальним законом розподілу найбільш достовірним визначається середня арифметична вимірювальна величина, отримана шляхом усереднення кількох результатів як в одній точці, так і в різних точках. Істинне

значення результату знаходиться в надійному інтервалі $\pm X$, величина якого залежить від кількості вимірювань з урахуванням можливих похибок. Найбільш достовірним є середнє значення вимірювальної величини — рівень звуку або рівень звукового тиску. Середнє значення обчислюється як у середовищі дозволу результатів вимірювань в одній точці, так і в кількох точках. Усереднення рівня звукового тиску виконується таким чином: якщо усереднені значення L_i знаходяться в межах від 5 до 7 дБ, з похибкою менше ніж 1 дБ середній рівень звукового тиску L_m та середнє квадратичне відхилення ряду S обчислюється за формулами на наступній сторінці.

Величина ΔX характеризує інтервал рівнів, у межах якого може бути істинне значення вимірювальної величини з прийнятою ймовірністю. Для отримання достовірних результатів, враховуючи, що використовувалася вимірювальна апаратура 1 класу, вимірювання проводилося не менше трьох разів. Критерієм оцінки при визначенні кількості вимірювань і правильності вибору надійного інтервалу є умови, згідно з якими відкидаються результати, які мають відхилення від середнього арифметичного більше ніж $3S$; цей надійний інтервал повинен бути меншим за це значення.

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

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

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

де n - кількість замірів.

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

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

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

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].

2.5. Результати дослідження шуму верстата

Дослідження рівнів шуму одно пилкових верстатів проводилися в майстернях механічної обробки деревини

Отримані результати показали, що:

типи круглопилкових верстатів, їх конструкція та розміщення практично однакові;

верстати встановлюються в потоці технологічної лінії механічної обробки деревини, розташовані в одному виробничому місці;

виробничі цехи мають різноманітні розміри і форми в плані;

одноаилкові кругло пильні верстати не мали суттєвих конструктивних відмінностей.

Ці фактори сприяють стабільному звуковому режиму під час розпилювання деревини.

Запис змін загального рівня шуму в цехах механічної обробки деревини на самописець проводився в часі, як на холостому, так і на робочому ході. Результати дозволяють зробити висновок, що незалежно від режимів роботи верстата рівнів шуму мають незначні коливання в часі (не перевищують 5 дБ), що відповідно до визначення стандарту показують про постійний характер шуму.

За результатами суб'єктивного методу досліджень розроблена акустична структура деревообробного, що визначає основні функціональні частини, їх взаємодію і призначення (рис.2.2).

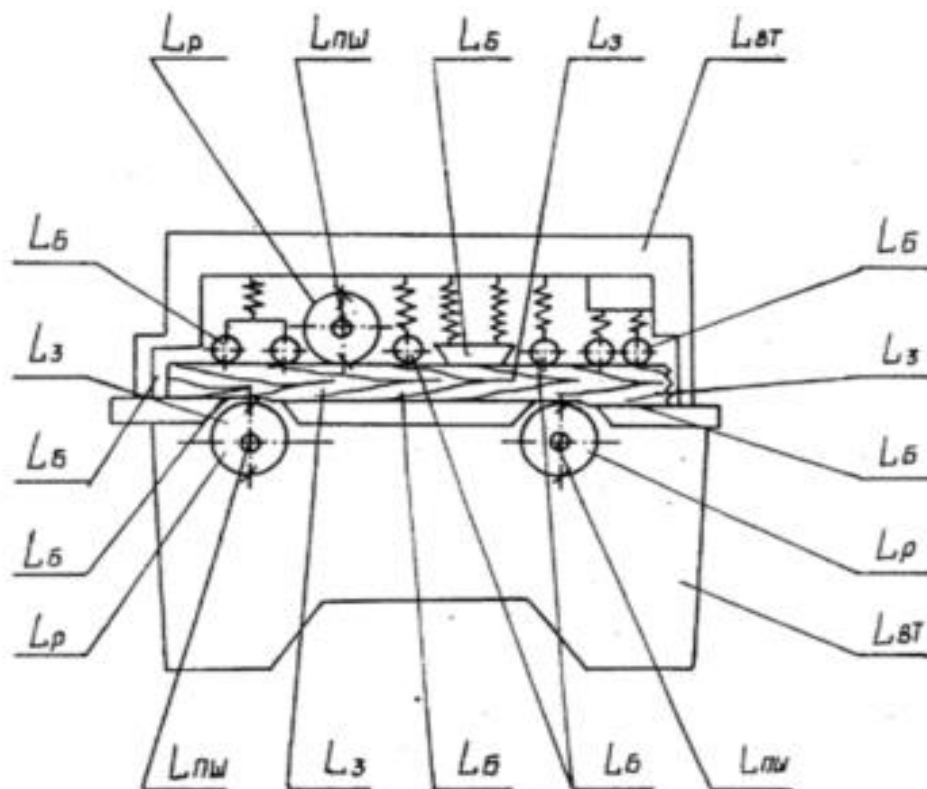


Рис.2.2. Акустична структура верстата

L_p - шум механізму різання;

L_b - шум механізму подачі і базування заготовки під час обробки;

L_z - шум, створюваний заготовкою в процесі її обробки;

$L_{пш}$ - шум підшипників; $L_{вт}$ - шум вторинних джерел.

Акустична структура, яка моделює формування звукових сигналів машини, її механізмів і вузлів, відображена в схемах, що містять джерела випадкових або детермінованих сигналів. Основними вузлами поздовжньо-фрезерних верстатів, відповідно до інтенсивності випромінюваного шуму, є:

механізм різання разом з елементами верстата, які виступають перешкодами на шляху розширення звукової хвилі від ножового вала (зона різання);

механізм подачі;

механізм базування, що працює в умовах значних динамічних перевантажень, викликаних ударним характером процесу фрезерування;

вторинні джерела випромінювання: станини, огорожувальні конструкції, засоби безпеки тощо.

Кінематичний та динамічний аналіз сильного різання показує про їхню циклічність, що в різних умовах режимів і конструктивних факторів характеризується випромінюванням акустичних сигналів певної інтенсивності та частоти. На рис. 2.14 показано розподіл загальних рівнів шуму верстата Ц-6 за кривими показниками спрямованості, виміряних на різних відстанях у відповідних точках під час роботи.

Можливість вимірювання P_s верстата на даному підприємстві обумовлена наявністю виробничого приміщення відносно великих розмірів, де за орієнтовними оцінками умов, близьких до умов вільного звукового поля. Аналізуючи наведені криві, слід зазначити, що певне збільшення P_s із сторони подачі матеріалу зумовлено безперервним розширенням звукових хвиль від зони різання верстата в напрямку обертання ножового вала. Менше P_s всі в точках, що розташовані в площинах, паралельних площинах обертання ножового вала. Таким чином, основний робітник перебуває в зоні найбільшого звукового випромінювання, що додатково підтверджує необхідність впливу на акустичний режим верстату.

Незначні зміни рівнів шуму по вимірювальних контурах у точках 9...11 пояснюються найближчим розташуванням стін споруди, тобто появою дифузної складової звукового поля.

Отже, цю слідку слід виконати при проведенні вимірювань шумових характеристик верстатів пізньо-фрезерної групи в умовах виробництва і ввести спеціальні поправки до результатів вимірювань.

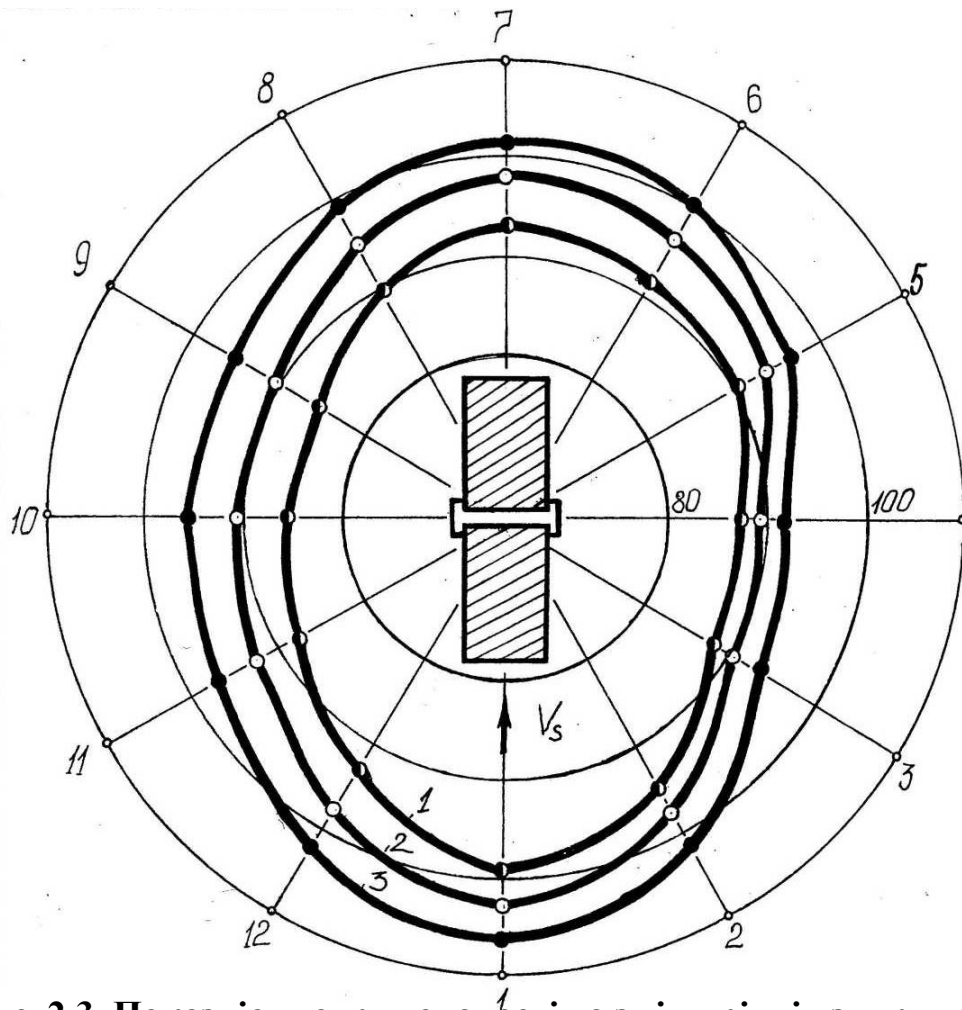


Рис. 2.3. Показність спрямованості та зміни рівнів звуку на відстані від джерела: 1 - 1 м; 2 - 2 м; 3 - 4 м

На рис. 2.3 представлені спектри рівнів звукового тиску, виміряні у фіксованих точках на відстані 1 м від контуру верстата. Результати вимірювань показали, що під час роботи верстата генерується високоінтенсивний шум, переважно аеродинамічного походження, з рівнями, що перевищують допустимі норми в частотній області від 125 до 8000 Гц на 10...35 дБ. Максимальна звукова потужність у частотних смугах із середньгеометричними частотами 500...2000 Гц. Також зафіксовано значне перевищення нормативних значень на більш високих частотах. Варто позначити однотипність спектрів, представлених на рис. 2.4. Помітне відхилення від загальної картини в бік збільшення лише в вимірюваннях, отриманих у точці 1. Це явище можна пояснити наявністю відкритого простору в зоні різання, через додатково який пройти інтенсивне випромінювання шуму,

що генерується в середині корпусу верстата і виходить через підножову щілину в зоні різання. .

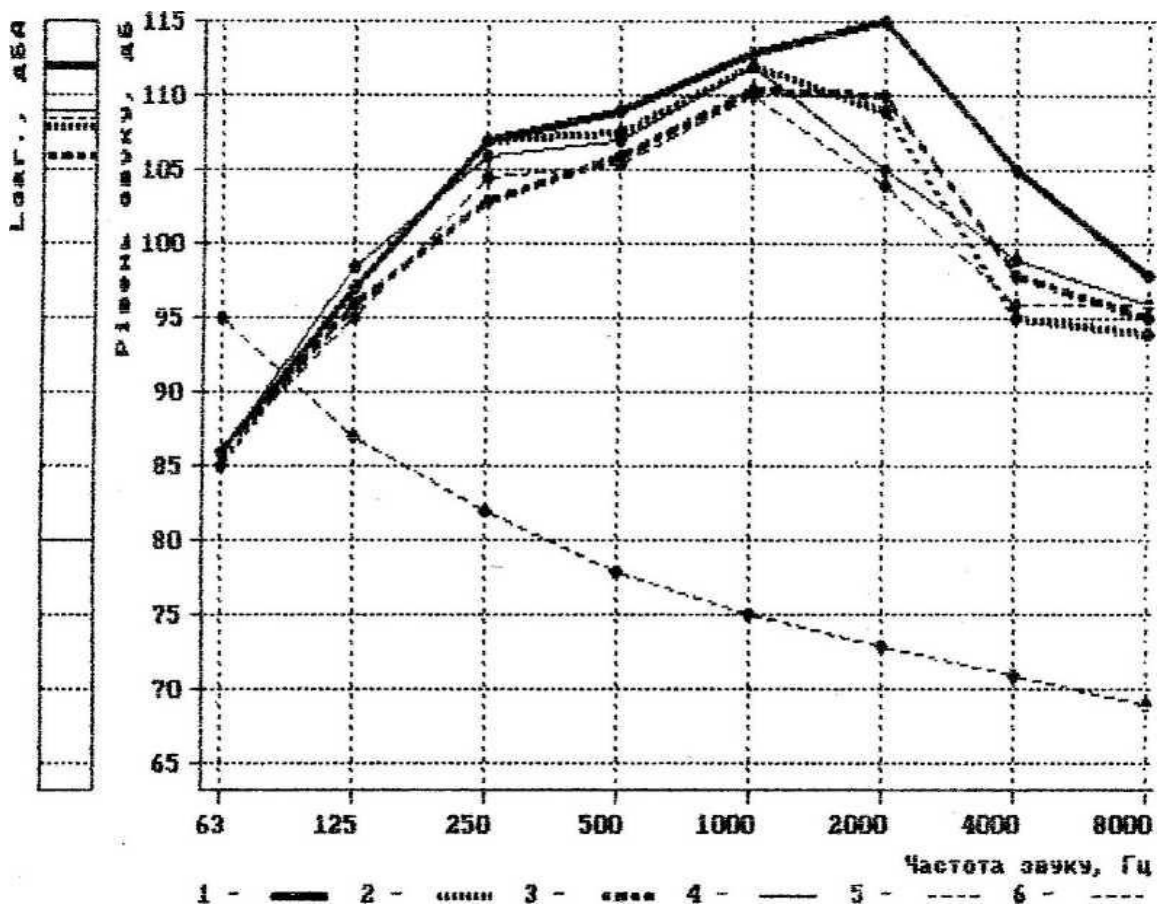


Рис. 2.4. Спектри рівнів звукових ударів на відстані 1 м від контуру верстата:

- 1 - вимірювальна точка 1;
- 2 - вимірювальна точка 2;
- 3 - вимірювальна точка 3;
- 4 - вимірювальна точка 4;
- 5 - вимірювальна точка 5;
- 6 - ГС-75

З іншого боку, аналізуючи наведені криві, можна зробити висновок, що результати вимірювань у точці 5, яка розташована над робочим органом, майже не відрізняються від даних, отриманих в інших типових точках. Це можна пояснити скринінговим ефектом механізму подачі та базування, що міститься над робочим органом верстату і перешкоджає вільному проникненню шуму із зони різання в навколишнє середовище.

З графіка видно, що шум електродвигуна не є основним джерелом шуму, закінчення вимірювання в точці 2, яке найближче до електродвигуна, не перевищують значення, зафіксованого в інших точках.

Отже, з проведеного якісного аналізу експериментальних даних видно, що найбільший рівень шуму генерує ножовий вал та елементи конструкції верстата, які формують зону різання, а також аеродинамічні процеси в цій зоні.

Розділ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ АНАЛІЗ

3.1. Зниження шуму за допомогою належного технічного стану машини

Придатність верстата для виконання технологічних операцій роботою всіх його механізмів, зокрема геометричною точністю розташування робочих елементів, величиною биття та зазорів у рухомих з'єднаннях, жорсткістю системи робочих елементів і коректністю функціонування окремих механізмів. Ці параметри впливають на акустичну активність машини.

Аналіз показує, що вплив технічного стану на рівень шуму верстата аналогічний вплив цих факторів на якість обробки, продуктивність та економічність роботи верстата. Це підтверджує можливість зниження шуму за рахунок належного технічного стану машини, що вимагає інсталяції зв'язку між акустичними процесами та зношення процесів під час експлуатації верстатів. В окремих елементах конструкції машини можуть відбуватися різні процеси старіння, які впливають на її вихідні параметри.

У деяких випадках ці процеси не взаємодіють між собою і змінюють певні вихідні параметри незалежно один від одного; в інших випадках процеси старіння сумуються, посилюючи вплив на вихідний параметр. Для всіх цих процесів характерний зв'язок з акустичними параметрами роботи машини. Схема цього взаємозв'язку представлена на рис. 4.1.

Зв'язок між акустичними випромінюваннями і процесами зношування проявляється зовнішніми способами. По-перше, нерівномірне зношування в рухомих з'єднаннях порушує геометричне розташування контактуючих поверхонь, що у своєму випадку зменшує жорсткість стику через зменшення фактичної площі контакту та обмеження геометричної точності стику.

Це суттєво впливає на вібраційний і шумовий стан машини, приводячи до підвищення загального рівня звуку. По-друге, нерівності в рухомих з'єднаннях під час відкритого руху контактних поверхонь викликають кінематичні збурення, що підвищують рівень вібрацій і шуму та інтенсифікують процес зношування.

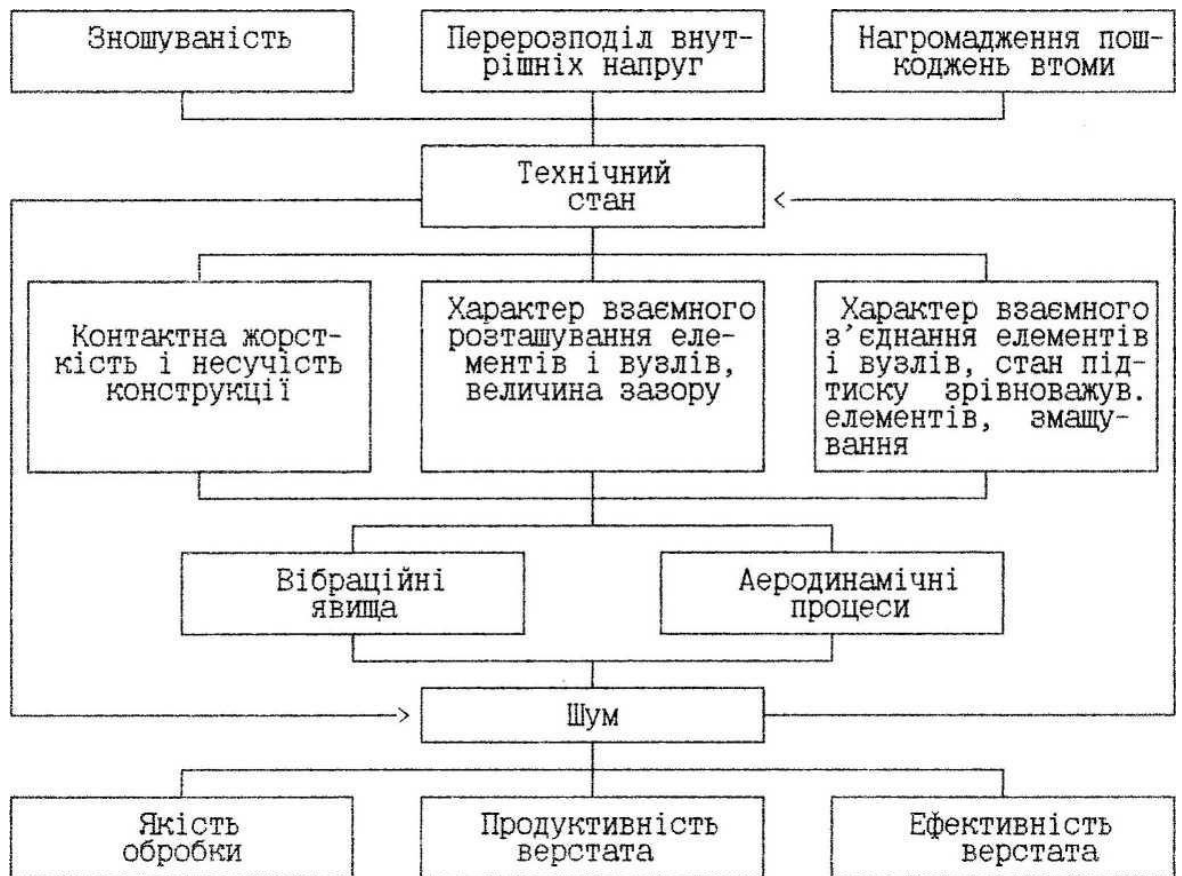


Рис. 3.1. Схема взаємозв'язку технічного стану з акустичною активністю верстатів

Якщо зношування здійснюється рівномірно по всій контактній поверхні, його можна компенсувати механізмом регулювання без значних змін у початковому акустичному стані верстату. Проте в процесі експлуатації машини допускається певне переміщення технічного гранично-допустимого спектру шуму, після чого він показує реальні технічно досяжні рівні шуму. Враховуючи, що вимоги до точності обробки для круглопилкового деревообробного обладнання є невисокими, зношування в з'єднаннях вузлів машин неможливе до швидкого зниження точності. Це можна відзначити, що технічна регламентація шуму не відповідає гігієнічним нормам. Приведення фактичного рівня шуму на відповідність санітарно-гігієнічним нормативам можливо шляхом застосування різних засобів і методів для зниження шуму. Ступінь накопиченого зношування може досягати десятих часток і навіть цілих міліметрів. У зв'язку з цим процесом втрати точності машини супроводжуються

суттєвими змінами в технічному гранично-допустимому спектрі шуму. Тому для поздовжньо-фрезерного деревообробного обладнання, особливо при оцінці їх працездатності та безпеки експлуатації з гігієнічної та акустичної точок зору, є вивчення взаємозв'язку цих процесів у контексті дослідження зношування. Характеристикою акустичної реакції, або вихідною координатою X , можна розмістити величину акустичного відмови ΔL , що відображає різницю між гігієнічними і технічними нормативами шумності.

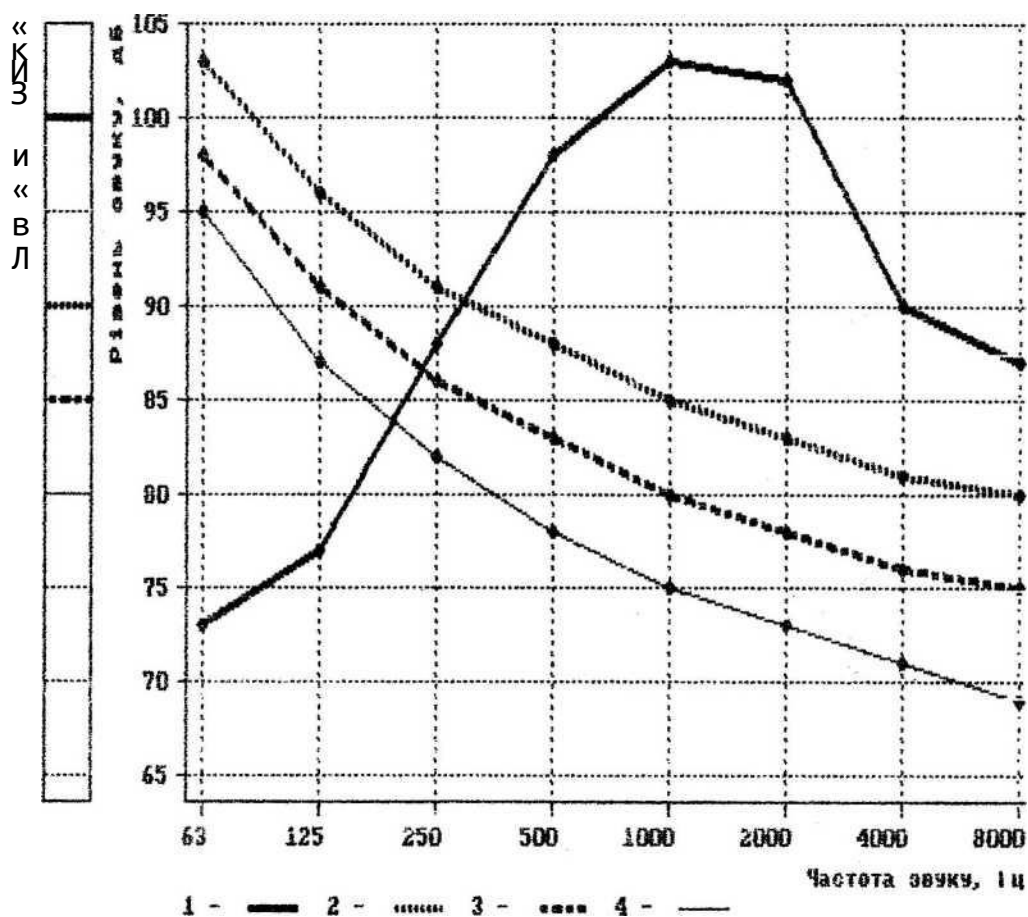


Рис. 3.2. Оцінка невідповідності технічного та санітарно-гігієнічного граничних спектрів шуму

1 - спектр шуму, що генерується верстатом;
2 - ГС-85; 3 - ГС-80; 4 - ГС-75

Таким чином, верстати, які експлуатуються від 5 до 15 років, втрачають свою акустичну безпеку на 7...10 дБ. Це означає, що навіть при підтримці належного технологічного стану рівень шуму значно перевищує санітарно-

гігієнічні норми. Привести ці параметри у відповідність неможливо за допомогою технічних засобів та методів зниження шуму.

3.2. Оцінка впливу окремих джерел на утворення шуму

Оптимізація режимних параметрів може суттєво вплинути на рівень генерованого шуму під час розпилювання, зменшуючи його в межах 5...6 дБ. також, оптимізаційна задача, що враховує три критерії впливу на вихідний параметр — рівень звукового тиску верстата під час фрезерування — була вирішена.

Максимальне шумо випромінювання моделі криглопилкового верстата (95 дБ) забезпечує частоту обертання пили $n = 6500 \text{ хв}^{-1}$, площі поперечного перерізу звукового каналу імпульсного випромінювання $S = 3000 \text{ мм}^2$ і кута зрізу накладки стола $\alpha = 20^\circ$.

Мінімальне значення (77 дБ) досягається при $n = 500 \text{ хв}^{-1}$, $S = 1200 \text{ мм}^2$ і $\alpha = 15^\circ$.

Порівняння спектрограми шуму верстата в холостому та робочому режимах (рис. 3.3) показує, що рівень шуму, який генерується машиною під час роботи, значно перевищує рівень шуму в холостому ході. Ці результати виконуються з даними попередніми дослідженнями. Порівняння проводилося як за спектральними, так і за інтегральними параметрами. Виявлено, що для досліджуваного типу машини шум у робочому режимі на 8...15 дБА перевищує рівень звуку в холостому режимі.

Ці підтвержені результати підтверджують висновки попередніх досліджень і свідчать про те, що іншим за інтенсивністю джерела шуму у ПФДМ є елементи структурного шуму в зоні різання. Значна різниця в рівнях шуму між робочими і холостими ходами характерна для цього типу верстатів і підтверджує важливість механічного шуму, який виникає в зоні різання переважно через удари різців по заготовці та вібрації заготовки під час обробки. Останній фактор тісно пов'язаний із конструкцією та дією принципом подачі і базування органів — наступним об'єктом акустичної оптимізації.

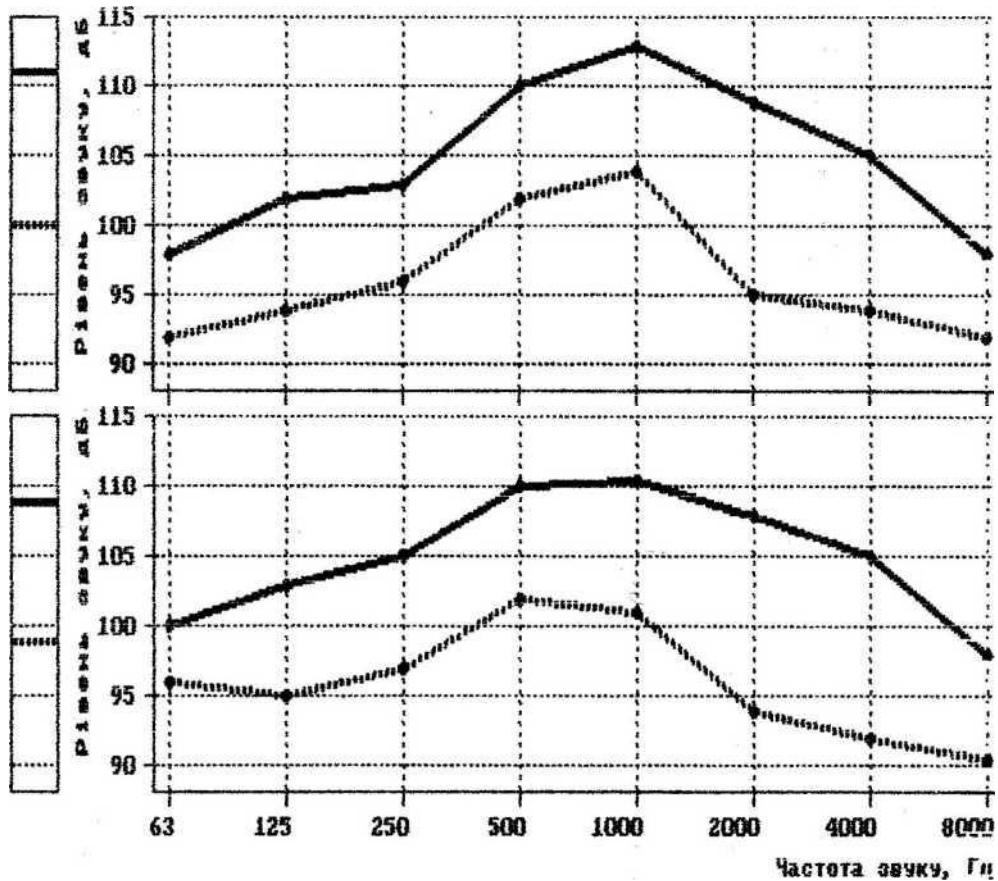


Рис. 3.3. Спектрограми шуму одно пилкових верстатів у холостому режимі (2) та під час розкрою деревини – робочий хід (1)
 а - рейсмусовий верстат; б - чотиристоронній верстат

Зміна контакту між ножом і заготовкою за рахунок використання гвинтових ножів підтверджується результатами дослідження, представленими на рис. 3.3. Вони показують, що зниження величини контакту дозволяє зменшити різницю в рівні шуму між робочими і холостими ходами на 6...10 дБА, що веде до зниження шуму різання. На цьому малюнку також зображено спектр фоновому шуму, виміряного як у холостому, так і в робочому режимі, який на всіх ділянках звукових частот значно нижчий за основними рівнями і не приймає допустимих значень, що підтверджує реальні тенденції, показані на рис. 3.4.

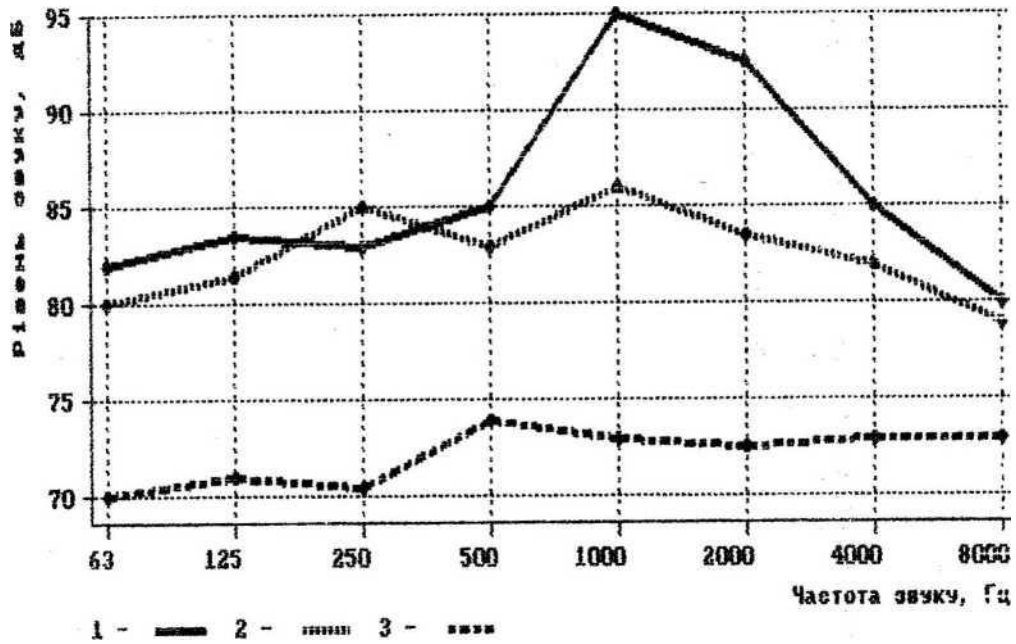


Рис.3.4 Спектри рівнів верстата Ц-6:

1 - шум режиму різання; 2 - шум холостого ходу; 3 - фоновий шум

Для виявлення зовнішнього середовища основних складових шумів продовжено-фрезерних верстатів у загальному процесі утворення шуму проводилися дослідження методом експериментального вилучення джерел. на рис. 3.5 представлені: 1 - спектр шуму механічної подачі та базування; 2 - спектр шуму механізму різання; 3 - шум у холостому ході; 4 - шум у робочому режимі. З наведених графіків видно, що шум механізму дає значно нижчий за основний спектр і не перевищує нормативного значення ГС-75. Це дозволяє стверджувати, що його вплив на загальний процес формування шуму верстата є незначним. Акустична оцінка механізму подачі має важливе значення для забезпечення необхідного силового замикання заготовки під час обробки.

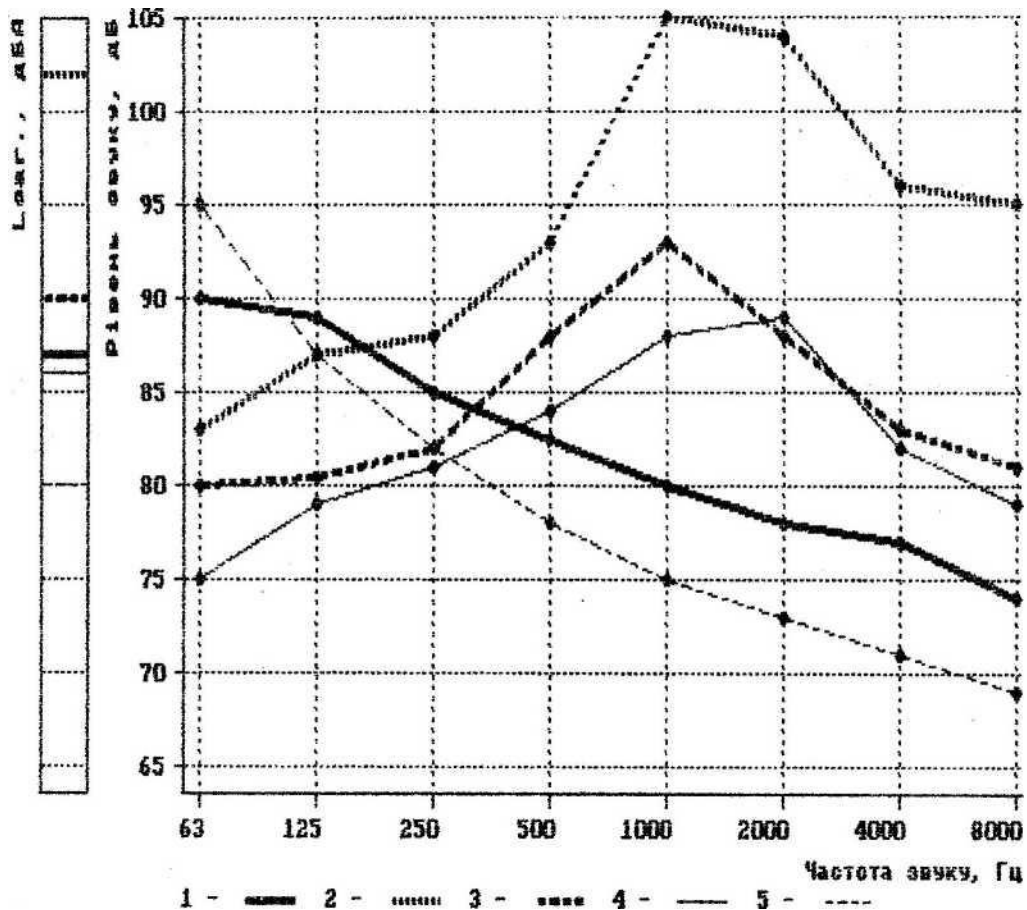


Рис.3.5. Спектра рівнів звукового тиску складових шуму
одно пилкового верстата

Характер кривої 2, подібний до спектру шуму холостого ходу верстата, з вираженим підвищенням рівня звуку в області середніх і високих частот, де максимум 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 та подачі рівнів шуму в смузі частоти 2000 Гц перетворюються на нижчі частоти, що зашкодили насичення середньо-частотної частини основного спектра.

Отже, основним джерелом шуму в криглопилкових верстатах є зона різання, яка має складну багатокомпонентну структуру. Основний внесок у шум, індукований у цій зоні, створює аеродинамічні процеси навколо обертового різального інструменту, які в основному відбуваються в пульсаціях повітряних потоків через підйомні щілини. Це взаємодіє з оточуючими елементами конструкції верстата. Іншим за значенням джерелом шуму (Пш) є шум різання, який виникає внаслідок взаємодії різального інструмента з

оброблюваним матеріалом і має механічне походження. Третім джерелом шуму, що спостерігається в зоні різання, є механічний шум, викликаний коливаннями та ударами заготовки під час обробки. Аналіз результатів досліджень методом експериментального вилучення джерел дозволяє припустити, що завдання оптимізації зниження шуму в однопилкових верстатах може бути вирішено шляхом оптимізації в зоні різання, оскільки поза інших складових є менш суттєвим.

Якщо для різних типів круглопилкових не було значних відмінностей у конструкції та принципах дії робочого органу та зони різання, то це проявляється особливостями у процесі формування шуму. Тому є основа вибору певного типу верстата для подальшого дослідження можливості зниження акустичної активності шляхом оптимізації методів і засобів шумозниження. Додатковим підтвердженням цього висновку є схожість тенденцій шумо-випромінювання всіх круглопилкових як у холостому режимі, так і під час розпилювання.

3.3. Обґрунтування передумов акустичної оптимізації поздовжньо-фрезерних верстатів

Оптимізація — це процес вибору найкращого варіанту серед можливих або приведення системи в оптимальний стан. Аналогічно, акустична оптимізація утворюється у виборі найбільш ефективних засобів і методів впливу на джерела акустичної активності з метою приведення її до нормативного рівня.

Основний принцип зниження шуму виникає при необхідності досягнення умов, за яких акустична активність машини або процес була б мінімальною. Визначення межі такого мінімуму є першою задачею оптимізаційного комплексу. Неможливо прийняти «акустичний нуль» — стан повної білизни шуму — як межу (прийняти становище практично недосяжне через удари, вібрації та коливання під час роботи верстатів), важливо погіршити санітарно-гігієнічні норми. Шум впливає на здоров'я та працездатність людини лише тоді, коли його рівень перевищує гранично допустимий норматив. Цей норматив додаткового граничного спектру шуму, який може служити "умовним акустичним нулем" (УАН).

Таким чином, УАН слід розглядати як ту межу, до якої необхідно забезпечити акустичну активність верстатів. УАН — це рівень акустичної активності обладнання, який забезпечує акустичну безпеку та нешкідливість.

Отже, оптимізація зниження шуму верстатів означає процес пошуку таких засобів і методів зменшення шуму, які можуть привести рівень звукового обладнання у відповідність до УАН (рис. 3.6) найбільш ефективним чином.

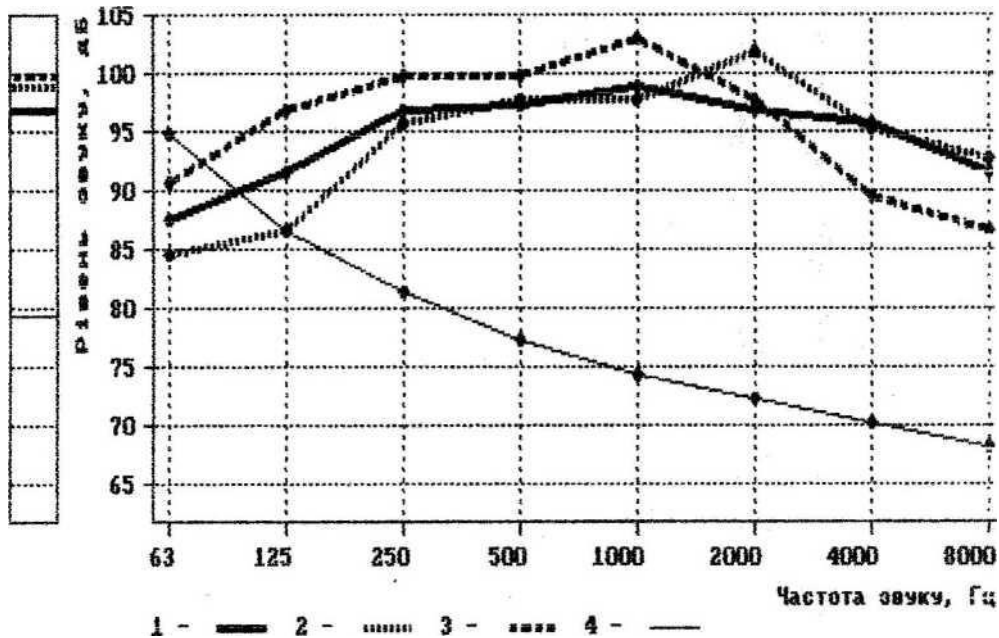


Рис.3.6..Порівняльна спектрограма шумності одно пилкових верстатів (робочий режим) і гранично-допустимого спектра:

- 1 – майстерня 1; 2 – майстерня 2; 3 – у виробничих натурних умовах;
- 4 - граничний спектр ГС-75.

Аналізуючи викладене, для вирішення оптимізаційної задачі було обрано метод функціонально-вартісного аналізу. Цей метод відбувається в системному дослідженні різних об'єктів, спрямованому на оптимізацію показника між характерними властивостями об'єкта (засобу чи методу шумозниження) та витратами на його розробку, виробництво і впровадження.

3.4. Показник шумності як основний критерій оцінки заходів шумозниження

Проаналізувавши параметри шуму, в якості критерію акустичної оптимізації пропонується використовувати показник шумності (рис. 3.7). Цей показник об'єднується в свою оцінку як фізичного, так і фізіологічного аспектів шуму. Показник шуму (Пш) можна характеризувати як весь частотний розділ шуму, так і окремої октави, третьої октави тощо (рис. 3.7).

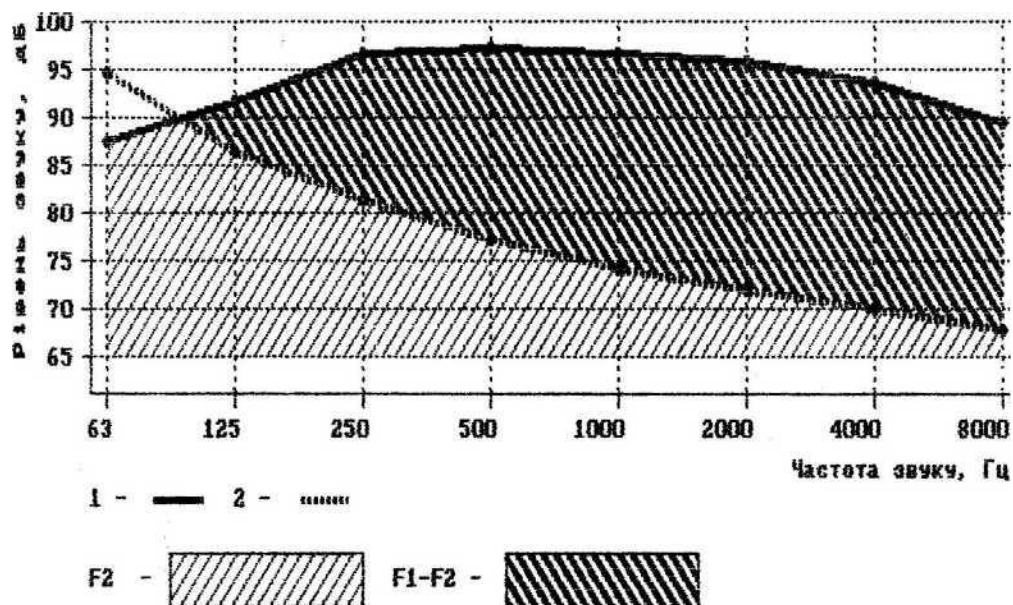


Рис. 3. Графічне подання показника шумності

$$Пш=(F1-F2)/Fi$$

- 1 – середньо типовий спектр шуму круглопилкового верстата;
- 2 - норматив для виробничого приміщення ГС-75.

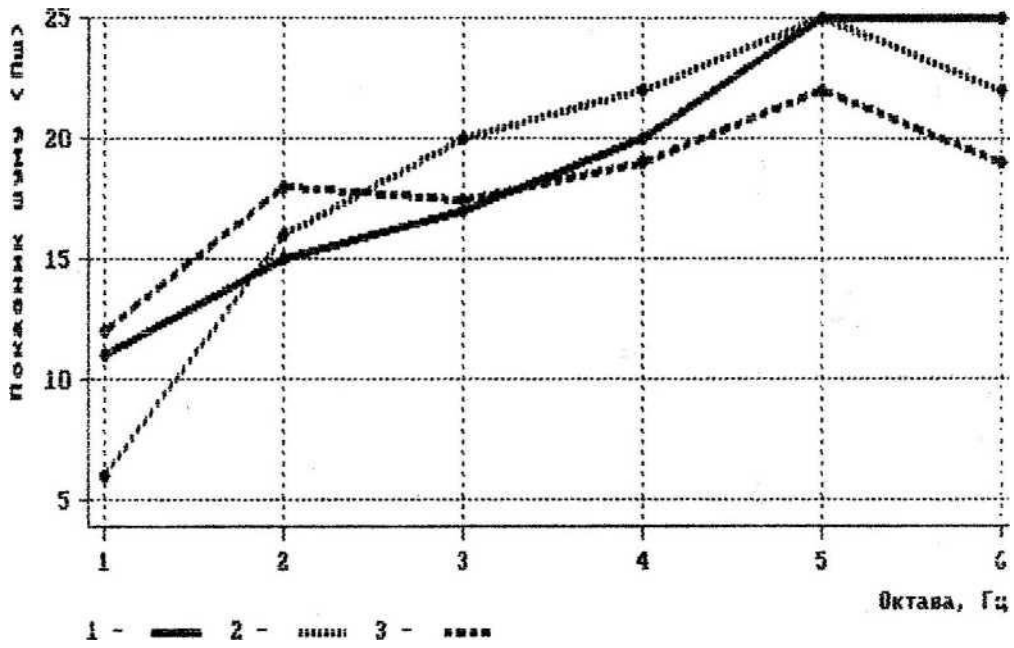


Рис. 3.8. Порівняльна спектрограма шумності

Результати акустичної обробки виробничого приміщення звукоізолюючими плитами:

1 - мінераловатяні плити; 2 - плити "Акмігрант"; 3 - арболітові плити.

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ДЕРЕВООБРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ

4.1. Оцінка ефективності очищення пилу пиловловлювачами мокрого типу

Проблема вловлювання і утилізації деревного пилу є нагальною для всіх деревообробних виробництв. Здебільшого на сьогоднішній день застосовують пиловловлювачі сухого типу, проте, вважаємо, що майбутнє – за мокрим способом пиловловлювання.

Відомо [7], що в інерційних пиловловлювачах сухого типу сепарований пил завжди відводиться разом з частиною повітря із пиловловлювача у простір, де здійснюється його кінцеве осідання під дією власної ваги, тобто його вловлювання. На відміну від цього, в пиловловлювачах мокрого типу процес сепарації закінчується при контакті частинок пилу з рідиною, що змочує їх, при чому цей контакт здійснюється на змочених стінках або перегородках, на краплях води. Ефективність такого вловлювання значно вища, ніж сухого, за умови, якщо поверхні сепарації безперервно омиваються водою. В пиловловлювачах даного виду дотримування цієї умови досягається нагнітанням води із ззовні, при чому вся вода, що бере участь у процесі, безперервно відводиться із пиловловлювача і знову в нього потрапляє. Питома витрата води досягає 2,5 л на 1 м³ повітря.

Характерними представниками пиловловлювачів мокрого типу є відцентрові скрубери (циклони з водяною плівкою), скрубери Вентурі та ін. Принципові схеми таких скрубєрів наведені на рис. 4.1 і 4.2.

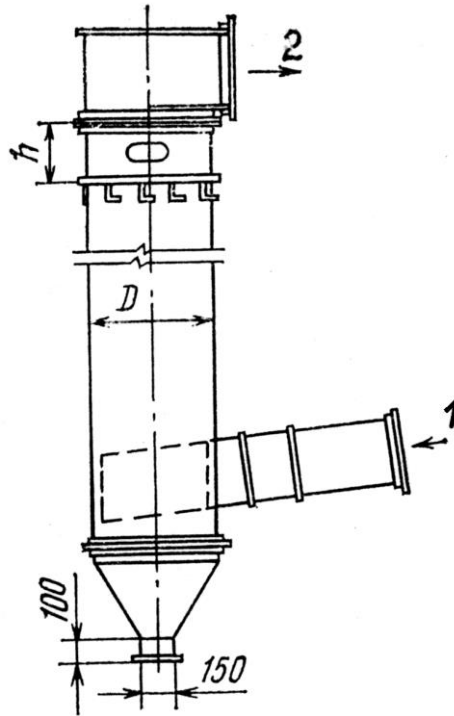


Рис.4.1. Схема відцентрового скрубера
(циклона з водяною плівкою):

- 1 – вхід запиленого повітря через вхідний парубок;
2 – вихід очищеного повітря

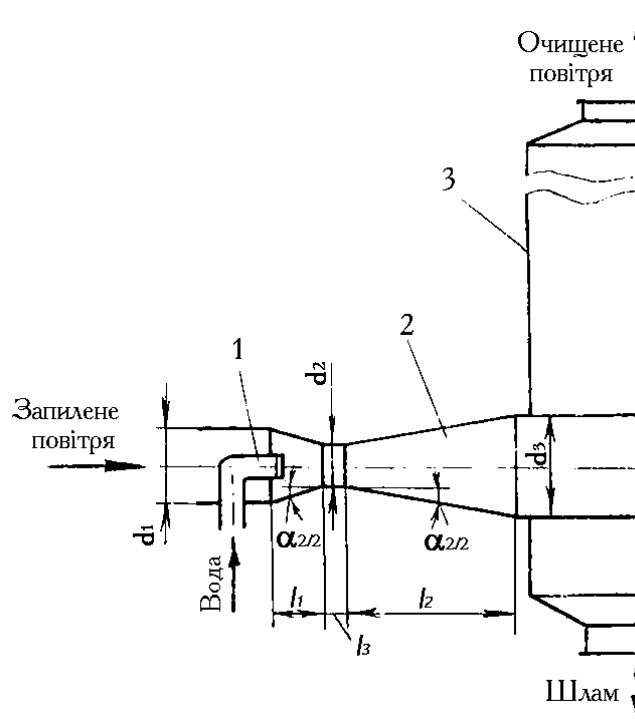


Рис. 4.2. Скрубер Вентурі:

- 1 - форсунка; 2 - сопло Вентурі; 3 – краплєвловлювач

Коротко зупинимося на роботі відцентрового скрубера, наведеного на рис. 4.1. Запилене повітря 1 подається у нижню частину установки через вхідний патрубок в тангенціальному напрямі. Очищене повітря відводиться із верхньої частини скрубера також тангенціально – в напрямі обертання повітряного потоку. Відсутність вихлопної труби дозволяє зменшити діаметр відцентрового скрубера порівняно з циклоном.

Внутрішня поверхня скрубера безперервно змочується водою із сопел, розміщених по колу, і які об'єднані водорозподільним кільцем, виготовленим із труби діаметром 50 мм з двостороннім підведенням води. Сопла встановлені так, щоб струмені води були направлені тангенціально до внутрішньої поверхні установки в сторону обертання потоку, завдяки чому змочування її відбувається без утворення бризок. Тиск води в зрошувальних соплах не менше 15...25 кПа.

Для того, щоб попередити сильний викид крапель, сопла встановлені нижче вихідного отвору на розмір h (рис. 4.1), завдяки чому крупні краплі води можуть досягнути стінок скрубера.

Установлено [7], що біля стінок скрубера формується обертальний висхідний потік, а в центральній частині апарата – низхідний потік. Близько вхідного патрубка обидва потоки зливаються в один, що характеризується приблизно постійною швидкістю. Процес пиловловлення в даному відцентровому скрубери відбувається таким чином. Крупні пилові частинки досягають стінок скрубера близько місця входу. Їх швидкість ще мало відрізняється від ω_0 , тому співудар їх водяними плівками відбувається при великих значеннях числа Рейнольдса Re . У залежності від розміру й швидкості пилинок вони або занурюються у плівку води, яка стікає й змивається нею, або пробиваючи плівку, відскакують від стінки й повертаються в повітряний потік. Частинки цієї категорії пилу можуть бути винесені із пиловловлювача або за причини відбиття їх від стінок можуть занурюватися у плівку. Разом з крупними частинками ефективно вловлюються також і дрібний пил, що близько розміщений біля стінок апарата. Вступаючи в контакт з водою, вловлюються також і погано змочувані частинки пилу розміром менше 5 мкм,

якщо в момент контакту відцентровий їх рух у повітрі характеризується числом $Re > 5$.

Ефективність уловлювання пилу відцентровим скруббером в основному залежить від величини радіальної швидкості частинок пилу, що визначається за формулою:

$$v_p = \frac{k^2 \tau}{R_{ск}^3}, \text{ м/с}, \quad (4.1)$$

де k – постійний параметр, що визначають за формулою:

$$k = \frac{Q_c}{0,62 \ln \frac{R_{ск}}{R_n}}, \quad (4.2)$$

де Q_c – секундна витрата запиленого повітря, що подається у скруббер, $\text{м}^3/\text{с}$; $R_{ск}$ – радіус скруббера, м; R_n – радіус низхідного (спадаючого) потоку повітря, м.

Секундну витрату запиленого повітря, що подається у скруббер, визначають за формулою:

$$Q_c = F \cdot v_b, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (4.3)$$

де F – площа поперечного перетину вхідного патрубку скруббера, м^2 ; v_b – швидкість повітря, що подається у вхідний патрубок, м/с.

Час релаксації (змочування) визначають за табл. 4.1.

Для оцінки можливості вловлювання недостатньо змочених водою частинок пилу, визначають критерій Рейнольдса за формулою:

$$Re = \frac{v_p d_{екв}}{\nu}, \quad (4.4)$$

де v_p – радіальна швидкість частинок пилу, м/с; $d_{екв}$ – еквівалентний діаметр вхідного патрубку скруббера, м, що визначається за формулою:

$$d_{екв} = \frac{4S_{ш}}{\Pi}, \text{ м}, \quad (4.5)$$

де $S_{ш}$ – площа поперечного перерізу вхідного патрубку, м^2 ; Π – периметр поперечного перерізу вхідного патрубку, м; ν – коефіцієнт кінематичної в'язкості води, $\text{м}^2/\text{с}$ (при температурі води 20°C $\nu = 1,01 \cdot 10^{-6}$).

Значення тривалості релаксації (змочування) частинок пилу різних розмірів ($\rho_p=2,5 \text{ г/м}^3$)

Діаметр частинок пилу, d, мкм	Час релаксації, τ , с	Тривалість часу від моменту входу частинок на заокруглення, t, с	Діаметр частинок пилу, d, мкм	Час релаксації, τ , с	Тривалість часу від моменту входу частинок на заокруглення, t, с
1	0,00000765	0,0000535	70	0,0361	0,2605
5	0,00019	0,00133	80	0,0488	0,342
10	0,000765	0,00535	90	0,0617	0,432
20	0,00306	0,0214	100	0,0765	0,535
30	0,0069	0,042	150	0,1715	1,20
40	0,0122	0,0855	200	0,306	2,14
50	0,0191	0,1335	250	0,476	3,34
60	0,0275	0,1935	300	0,690	4,20

Установлено [7], що якщо значення $Re < 1 \cdot 10^4$, то змочувальна рідина (вода), що протікає у скрубєр діаметром $D=1$ м носить перехідний характер, а при $Re > 1 \cdot 10^4$ потік рідини є турбулентним. Це означає, що в скрубєрі даного розміру найкраще змочуються і вловлюються крупні частинки пилу з діаметром $d > 10$ мкм і недостатньо вловлюються частинки пилу з $d < 10$ мкм.

Вище відзначалось, що ефективність уловлювання пилу скрубєром в основному залежить від радіальної швидкості (швидкості входу) пилоповітряного потоку в скрубєрі. Розрахункову швидкість вхідного повітряного потоку рекомендують приймати 20...23 м/с, а середню швидкість – 4,5...5,5 м/с.

Ефективність уловлювання E_0 різних фракцій пилу скрубєром діаметром 1 м при двох різних швидкостях входу пилоповітряного потоку показана на графіку (рис. 4.3), лінія 6 і 7.

Загальна ефективність скрубєра іншого розміру може бути визначена за формулою:

$$E_{\phi} = 100 - (100 - E_0)\sqrt{D}, \quad (4.6)$$

де E_0 – ефективність скрубєра діаметром 1 м; D – діаметр скрубєра, для якого визначають ефективність очищення пилу, м.

Витрата на зрошування відцентрових скрубєрів визначається в основному товщиною водяної плівки, що утворюється на їх стінках. Встановлено, що в середньому вона рівна приблизно 300 мкм. Під впливом обертового руху повітряного потоку плівка змочує стінки скрубєра нерівномірно.

В результаті досліджень встановлено, що у входних патрубках скрубєрів у процесі їх роботи постійно відбувається налипання недостатньо змочених частинок пилу. Товщина шарів налипання такого типу через певний час збільшується, що знижує ефективність роботи скрубєрів. Для змивання такого пилу у входних патрубках передбачаються додаткові сопла або форсунки, що вмикаються періодично (1-2 рази в зміну).

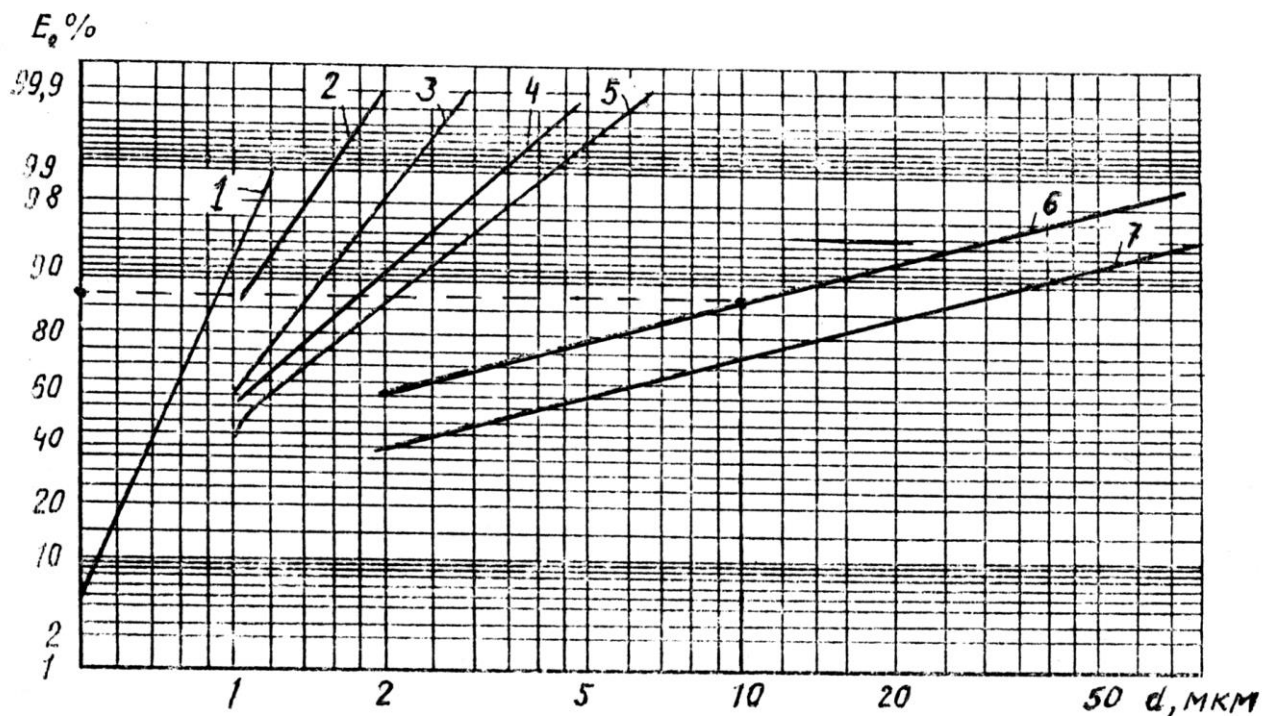


Рис. 4.3. Фракційна ефективність вловлювача типу ПВМ і відцентрового скрубєра:

1 – осадження пилу на пластинці імпактора (струменевого осаджувача) при швидкості повітря в соплі 34 м/с; 2, 3, 4 і 5 – уловлювання пилу в пиловловлювачі типу ПВМ відповідно при величині δ , рівній 300, 200, 80 і 40 мм; 6 і 7 – уловлювання пилу у відцентровому скрубєрі діаметром 1 м при швидкості повітря у входному патрубку відповідно 23 і 15 м/с

Витрата води для змивання наліпленого пилу визначають за формулою:

$$Q_{зм}=0,14\pi D, \text{ л/с}, \quad (4.7)$$

де D – діаметр скрубера, м.

4.2. Розрахунок ефективності очищення пилу відцентровими скруберами

Розрахунок ефективності очищення пилу даними скруберами проводять в такому порядку:

- 1) Визначають за формулою (4.3) витрату пилоповітряної суміші, що подається у скрубери;
- 2) За формулою (4.2) визначається постійний параметр;
- 3) Залежно від діаметра частинок визначається за табл. 8.1 значення тривалості їх релаксації;
- 4) За формулою (4.1) визначають величину радіальної швидкості частинок пилу;
- 5) За формулою (4.5) визначають еквівалентний діаметр вхідного патрубку скрубера;
- 6) Для оцінки можливості вловлювання недостатньо змочених водою частинок пилу визначають за формулою (4.4) критерій Рейнольдса;
- 7) При зданому діаметрі частинок пилу та швидкості у вхідному патрубку за графіком (рис. 4.3) визначають ефективність скрубера діаметром 1,0 м E_0 ;
- 8) Для скрубера з будь-яким діаметром (менший або більший 1 м) визначають за формулою (4.6) фактичну його ефективність;
- 9) За формулою (4.7) визначають секундну витрату води для змивання шарів пилу, що налипають у вхідному патрубку скрубера.

ЗАВДАННЯ: Оцінити можливість уловлювання недостатньо змочених водою частинок пилу розміром $d=10$ мкм у верхній частині відцентрового скрубера та розрахувати його ефективність роботи. Вихідні дані для розрахунку: густина частинок пилу $\rho_{п}=2,5$ г/см³, діаметр скрубера $D=1,0$ м, розмір поперечного перетину вхідного патрубку: $a \times b = 0,35 \times 0,62$ м, швидкість входу повітря $v=23$ м/с, коефіцієнт кінематичної в'язкості води $\nu=1,01 \cdot 10^{-6}$ м²/с (при t° води 20°C).

Розв'язання

1) Визначаємо секундну витрату пилоповітряної суміші за формулою (4.3):

$$Q=0,217 \cdot 23=4,99 \text{ м}^3/\text{с}$$

де площа поперечного перетину вхідного парубка: $0,35 \times 0,62=0,217 \text{ м}^2$;

2) Визначаємо за формулою (8.2) постійний параметр:

$$k = \frac{4,99}{0,62 \lg \frac{0,5}{0,15}} = 6,707 \text{ м}^2 / \text{с};$$

де радіус низхідного потоку повітря приймаємо $R_n=0,15 \text{ м}$

1) За табл. 4.1 залежно від заданого діаметра частинок $d = 10 \text{ мкм}$ пилу визначаємо тривалість їх релаксації τ :

$$\tau=7,65 \cdot 10^{-4} \text{ с};$$

2) За формулою (4.1) визначаємо радіальну швидкість частинок пилу:

$$v_p = \frac{6,707^2 \cdot 7,65 \cdot 10^{-4}}{0,5^3} = 0,275 \text{ м/с};$$

3) За формулою (4.5) визначаємо еквівалентний діаметр вхідного патрубка скрубера:

$$d_{екв} = \frac{4 \cdot 0,217}{1,94} = 0,5 \text{ м};$$

де Π – периметр; $\Pi=2 \cdot (0,35+0,62)=1,94 \text{ м}$.

4) За формулою (8.4) визначаємо критерій Рейнольдса Re , за величиною якого оцінюємо можливість уловлювання недостатньо змочених водою частинок пилу:

$$Re = \frac{0,275 \cdot 0,45}{1,01 \cdot 10^{-6}} = 12252,4;$$

За величиною $Re=12252,4$ оцінюємо характер руху рідини. З літературних джерел [7] відомо, якщо $Re < 1 \cdot 10^4$, то рідина, що протікає в скрубери, має перехідний характер (добре вловлюються дрібні частинки), а при $Re > 1 \cdot 10^4$ потік рідини турбулентний.

Порівнюючи значення розрахованої величини Re , видно, що потік рідини є турбулентний. Це означає, що в скрубери найкраще уловлюється достатньо змочені крупні частинки пилу діаметром $> 10 \text{ мкм}$.

5) При заданому діаметрі частинок пилу ($d=10 \text{ мкм}$) і швидкості повітря $v=23 \text{ м/с}$ за графіком (рис. 4.3) визначаємо ефективність скрубера з $D=1$ - $E_0 = 86\%$.

6) Визначаємо за формулою (4.6) фактичну ефективність скрубера:

$$E_{\phi} = 100 - (100 - 86)\sqrt{1,0} = 86\%.$$

Отже, $E_{\phi}=E_0$.

ОСНОВНІ ВИСНОВКИ І РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. В результаті аналізу літературних джерел було сформульовано завдання акустичної оцінки та оптимізації засобів і методів зниження шуму у круглопилкових деревообробних машинах. Розглянуто систему питань, пов'язаних з акустичним вдосконаленням ремінних та конструктивних параметрів цих верстатів.
2. Встановлено, що розкрійні деревообробні машини є потужними джерелами шуму, рівень якого на 10...15 дБ не відповідає допустимим нормативам, і перспектива їх експлуатації залежить від ефективності заходів щодо зниження шуму.
3. Встановлено пріоритети щодо зниження рівня шуму.
4. Виявлено структурні компоненти шуму в зоні різання під час розкрою. З'ясовано, що значний вплив на рівень шуму має аеродинамічний шум. Встановлено, що первинним об'єктом для зниження шуму є імпульсний шум, який визначає аеродинамічні процеси в зоні різання під час заморожування.
5. Запропоновано розрахувати показник шумності як критерій оцінки засобів і методів зниження шуму в деревообробних машинах.
6. Розроблено нову структуру процесу зниження шуму, основою якої є оптимізація засобів і методів зниження шуму, що дозволяє обґрунтовано покращити акустичні характеристики обладнання.
7. Створено інженерну методику для розрахунку очікуваного рівня шуму.

ВИКОРИСТАНІ ЛІТЕРАТУРНІ ДЖЕРЕЛА

1. Наказ МОЗ України № 528 від 27.12.2021 Про затвердження Гігієнічної класифікації праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу
2. *НАПБ Б.03.002-2007*. Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною безпекою. / [Електронний ресурс]. – Режим доступу до докум. : http://www.technocobalt.com.ua/up/files/normativna_baza/files/pozharka/napb.pdf
3. Про затвердження Типових норм належності вогнегасників (НАПБ Б.03.001-2004) / [Електронний ресурс]. – Режим доступу до докум. : <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z0554-04>
4. Про затвердження Правил пожежної безпеки в Україні (НАПБ А.01.001-2004) / [Електронний ресурс]. – Режим доступу до докум. : <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z1410-04>
5. Бедрій Я.І., Джигирей В.С. та ін. Основи екології та охорона навколишнього природного середовища. – Львів, 1999. – 235 с.
6. Кучерявий В.О., Носовський Т.А. Еколого-технічні проблеми шумового забруднення деревообробного виробництва /Лісовий журнал. - №5. - 1993. - С.26-29.
7. Практикум із охорони праці. Навчальний посібник /Жидецький В. Ц., Джигирей В. С., Сторожук В. М. та ін. /За ред. В. Ц. Жидецького. — Львів, 2000. — 352 с.
8. Сторожук В.М. Виробничий шум: природа та шляхи зниження. /За ред. канд. техн. наук Джигирей В.С. Навчальний посібник. – Київ: Основа, 2003 – 384 с.
9. ДЕРЖАВНІ БУДІВЕЛЬНІ НОРМИ УКРАЇНИ Інженерне обладнання будинків і споруд ЗАХИСНІ ЗАХОДИ ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКИ В ЕЛЕКТРОУСТАНОВКАХ БУДИНКІВ І СПОРУД *ДБН В.2.5-27-2006*
10. ПРАВИЛА УЛАШТУВАННЯ ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК / [Електронний ресурс]. – Режим доступу до докум. : <http://misksvitlo.if.ua/wp-content/uploads/2015/09/Правила-улаштування-електроустановок.pdf>

11. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень ДСН 3.3.6.042-99 / [Електронний ресурс]. – Режим доступу до докум. : http://nbuviar.gov.ua/images/nub/Dmap/15_sanitar%20normy%20mikroklimatu.pdf
12. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення / [Електронний ресурс]. – Режим доступу до докум.: https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/dbn_v_2_5_28/1-1-0-1188#load
13. ДСН 3.3.6.037-99 Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. / [Електронний ресурс]. – Режим доступу до докум.: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va037282-99#Text>
14. ДСН 3.3.6.039-99 Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрацій. / [Електронний ресурс]. – Режим доступу до докум.: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99#Text>
15. Апостолук С.О., Джигирей В.С. та ін. Охорона праці в деревообробній промисловості, - К.: Основа, 2003. – 486 с.
16. Закон України «Про охорону праці» - К.: Основа, 2003. – 28 с;
17. Законодавство України про охорону праці у 4-х томах. – К.: Основа, 1995.
18. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.
19. ДСН 3.3.6.039-99 Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації
20. Жидецький В.Ц., Джигирей В.С. Основи охорони праці. – Львів: Афіша, 2000. -350 с.
21. Геврик Є.О. Охорона праці: Навч. посібн. – К.: Ніка-Центр, 2007.-376 с.
22. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці. – підручник – Львів: УАД, 2016. – 336.
23. Апостолук С.О., Джигирей В.С. та ін. Охорона праці у виробництві деревних композиційних матеріалів. – К.: Основа, 2003. – 381 с.
24. Апостолук С.О., Джигирей В.С., Апостолук А.С. та ін. Охорона праці в лісопилно-деревообробному виробництві. – К.: Основа, 2003. – 285 с.