

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:

МЕТОДИ МІНІМІЗАЦІЇ ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ В ПРОЦЕСАХ ВИРОБНИЦТВА МЕБЛІВ (METHODS FOR MINIMIZING ENVIRONMENTAL IMPACT IN FURNITURE PRODUCTION PROCESSES)

Виконав: студент 6 курсу, групи ТЗНС-61м
Спеціальність 183 «Технології захисту навколишнього
середовища»
Стефанюк В. І.
(прізвище та ініціали)

Керівник Соколовський І.А.
(прізвище та ініціали)

Рецензент Яремчук Л.А.
(прізвище та ініціали)

Львів-2025

НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

Інститут
Кафедра

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

Освітній рівень
Спеціальність

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри, проф.

Кшивецький Б.Я.

“30” серпня 2025 року

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ

СТУДЕНТ: Стефанюк Віталій Іванович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: **Методи мінімізації впливу на довкілля в процесах виробництва меблів**

Methods for minimizing environmental impact in furniture production processes

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

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

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

2. Строк подання студентом роботи до 15.12.2025 року.

3. Вихідні дані до роботи _____

Виконати огляд літературних джерел з проблематики, дослідження ступеня забруднення повітряного середовища від меблевого виробництва і технологій його очищення

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

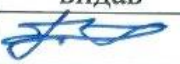

1. Аналіз стану питання та задачі досліджень.

2. Дослідження технологій зменшення забруднення викидів в повітряне середовище від меблевих підприємств. Розроблення рекомендацій щодо вдосконалення технологій очищення повітря з урахуванням специфіки меблевого виробництва

3. Охорона праці.

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

5. Консультанти розділів роботи

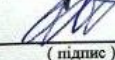
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	доц. Сомар Г.В.		

6. Дата видачі завдання 15.09.2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Студент  **Стефанюк В. І.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

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

ЗМІСТ

ВСТУП

РОЗДІЛ 1. Теоретичні основи екологічно безпечного виробництва меблів

- 1.1. Основні стадії виробництва меблів та їхній вплив на довкілля
- 1.2. Характеристика основних забруднювальних речовин, що утворюються у меблевій промисловості
- 1.3. Токсикологічні властивості летких органічних сполук та пилу деревини
- 1.4. Нормативно-правове регулювання екологічної безпеки у виробництві меблів

РОЗДІЛ 2. Аналіз впливу меблевого виробництва на навколишнє середовище

- 2.1. Джерела забруднення атмосферного повітря, води та ґрунту
- 2.2. Особливості впливу ЛОС, формальдегіду та деревинного пилу на довкілля
- 2.3. Аналіз виробничих відходів: їх класифікація та екологічна небезпека
- 2.4. Загальна оцінка екологічного стану територій поблизу меблевих підприємств

РОЗДІЛ 3. Методи екологічного контролю та моніторингу у меблевій промисловості

- 3.1. Інструментальні методи вимірювання шкідливих речовин у повітрі та на виробництві
- 3.2. Оцінка відповідності концентрацій забруднювачів нормативним значенням

3.3. Моделювання поширення промислових викидів у довкіллі

3.4. Екологічна оцінка ризиків для населення та працівників

РОЗДІЛ 4. Шляхи мінімізації негативного впливу меблевого виробництва на довкілля

4.1. Екологічно безпечні технології обробки деревини та нанесення покриттів

4.2. Використання низькоемісійних матеріалів та альтернативних клеїв і лаків

4.3. Оптимізація вентиляційних та фільтраційних систем

4.4. Впровадження системи екологічного менеджменту ISO 14001 у меблевому виробництві

4.5. Рекомендації щодо зменшення обсягів відходів і підвищення ресурсоефективності

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

АНОТАЦІЯ

У магістерській роботі розглянуто екологічні аспекти виробництва меблів та методи мінімізації негативного впливу цього процесу на навколишнє середовище. Розкрито основні стадії меблевого виробництва, визначено характер і джерела утворення забруднювальних речовин, зокрема летких органічних сполук, формальдегіду та деревинного пилу. Проведено аналіз екологічного стану територій, прилеглих до меблевих підприємств, а також оцінено вплив забруднень на здоров'я населення та працівників.

Особливу увагу приділено сучасним методам екологічного моніторингу, вимірюванню концентрацій шкідливих речовин та моделюванню їх поширення у довкіллі. Запропоновано комплекс заходів зі зменшення негативного впливу меблевого виробництва, включаючи модернізацію вентиляційних систем, використання екологічно безпечних матеріалів та впровадження стандарту ISO 14001.

Результати роботи можуть бути використані для підвищення рівня екологічної безпеки на підприємствах меблевої промисловості та створення більш сталих виробничих практик.

ANNOTATION

This master's thesis examines the environmental impact of furniture manufacturing and presents methods for minimizing its negative effects on the environment. The study analyzes the main stages of furniture production, identifies key sources and types of pollutants—such as volatile organic compounds, formaldehyde, and wood dust—and evaluates their ecological and toxicological characteristics. An assessment of environmental conditions in areas surrounding furniture enterprises is provided, along with an evaluation of potential impacts on public and occupational health.

Special attention is given to modern methods of environmental monitoring, measurement of harmful substances, and modeling of pollutant dispersion in the environment. A set of measures aimed at reducing environmental impact is proposed, including modernization of ventilation and filtration systems, the use of environmentally friendly materials, and the implementation of ISO 14001 environmental management systems.

The findings of the thesis can be applied to enhance environmental safety at furniture manufacturing facilities and to support the development of more sustainable production practices.

ВСТУП

Актуальність теми. Меблева промисловість є однією з найбільш динамічних галузей деревообробного комплексу, однак її розвиток супроводжується значним техногенним навантаженням на навколишнє середовище. Використання лакофарбових матеріалів, клеїв, смол, полімерних покриттів, а також утворення деревинного пилу та виробничих відходів створюють потенційні екологічні ризики. Зростання обсягів меблевого виробництва в Україні, активне впровадження сучасних технологій та енергоємного обладнання зумовлюють необхідність аналізу його впливу на довкілля та пошуку ефективних шляхів мінімізації негативних наслідків. Запровадження екологічно безпечних технологій, оптимізація процесів очищення викидів та переходи до малотоксичних матеріалів – ключові умови сталого розвитку меблевого виробництва. Саме тому тема дослідження є актуальною у контексті сучасних екологічних викликів, зростання вимог до якості повітря та ресурсоефективності промислових підприємств.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є комплексна екологічна оцінка процесів меблевого виробництва та визначення ефективних методів мінімізації його негативного впливу на довкілля. Для досягнення мети були поставлені такі завдання:

- проаналізувати технологічні процеси меблевого виробництва та визначити основні джерела забруднення;
- охарактеризувати склад і токсичність речовин, що потрапляють у довкілля;
- дослідити сучасні методи контролю та оцінки забруднення в межах меблевих підприємств;
- змодельовати шляхи поширення шкідливих речовин у навколишньому середовищі;

- здійснити оцінку екологічних ризиків для населення та працівників;
- обґрунтувати комплекс заходів, спрямованих на підвищення екологічної безпеки меблевого виробництва.

Об'єкт і предмет дослідження. Об'єктом дослідження є процеси виробництва меблів та їхній вплив на довкілля. Предметом дослідження виступають забруднювальні речовини, технологічні аспекти їх утворення та заходи мінімізації екологічних ризиків.

Методи дослідження. У роботі використано такі методи:

- аналітичний – для опрацювання літературних джерел та нормативних документів;
- лабораторний та інструментальний – для визначення параметрів забруднення;
- математичне моделювання – для прогнозування поширення шкідливих речовин;
- порівняльний аналіз – для оцінки ефективності природоохоронних заходів;
- метод екологічного ризик-менеджменту – для встановлення рівня небезпеки для населення та працівників.

Наукова новизна. Наукова новизна полягає у комплексному підході до оцінки техногенного впливу меблевої промисловості, що включає одночасний аналіз технологічних процесів, екологічних ризиків, токсикологічних характеристик забруднювачів та моделювання механізмів їх розповсюдження. У роботі запропоновано оновлену класифікацію екологічних загроз меблевого виробництва з урахуванням сучасних матеріалів та технологій. Сформовано рекомендації, що інтегрують як технічні, так і організаційні заходи для підвищення екологічної безпеки.

Практичне значення роботи. Результати дослідження можуть бути використані підприємствами меблевої галузі для впровадження заходів, спрямованих на зменшення викидів та виробничих відходів, оптимізацію систем очищення повітря, заміну токсичних матеріалів на екологічно безпечні альтернативи. Отримані рекомендації також мають практичне значення для розроблення програм екологічного менеджменту, сертифікації підприємств за стандартами ISO 14001 та підвищення екологічної свідомості персоналу.

РОЗДІЛ 1. Теоретичні основи екологічно безпечного виробництва меблів

1.1. Основні стадії виробництва меблів та їхній вплив на довкілля

Виробництво меблів включає комплекс взаємопов'язаних технологічних операцій, кожна з яких супроводжується утворенням певних видів техногенного навантаження. Основними екологічними аспектами цього процесу є утворення деревного пилу, викиди летких органічних сполук (ЛОС), споживання енергії, утворення відходів та можливе забруднення водних ресурсів. Ступінь впливу визначається типом використовуваного обладнання, якістю матеріалів, ефективністю очистки повітря та організацією роботи виробничих зон.

Нижче подано узагальнену характеристику основних стадій меблевого виробництва та їх можливий вплив на довкілля.

Таблиця 1.1 – Основні стадії виробництва меблів та екологічні фактори впливу

Стадія виробництва	Характеристика процесу	Можливий негативний вплив на довкілля
1. Підготовка та розкрій сировини	Розкрій деревини, плитних матеріалів (ДСП, МДФ, фанера); калібрування, обрізка.	Утворення деревного пилу, шумове навантаження, підвищене енергоспоживання.
2. Механічна обробка деталей	Фрезерування, шліфування, свердління, кромкування.	Інтенсивні викиди пилу, утворення відходів стружки, ризику забруднення повітря у виробничих приміщеннях.
3. Обробка поверхонь	Нанесення лаків, фарб, морилок, ґрунтів; сушіння покриттів.	Викиди ЛОС, токсичних парів та аерозолів, утворення небезпечних відходів (залишки ЛФМ).
4. Склеювання та пресування	Використання клеїв і смол на основі різних полімерів.	Виділення формальдегіду, фенолу, інших шкідливих речовин, утворення хімічних відходів.
5. Збірка меблів	Монтаж фурнітури, складання готових виробів.	Мінімальний вплив; утворення дрібних металевих та полімерних відходів.
6. Фінішне опорядження та упаковка	Остаточне шліфування, полірування, пакування.	Утворення дрібного полімерного пилу, споживання пакувальних матеріалів, відходи картону та поліетилену.
7. Зберігання та транспортування продукції	Зберігання у складах і доставка споживачу.	Викиди CO ₂ від транспорту, утворення пакувальних відходів.

У сукупності вищезазначені процеси формують екологічний профіль меблевого виробництва, який визначає рівень його впливу на повітря, ґрунти та водні ресурси. Найбільш небезпечними з екологічної точки зору є операції, пов'язані з механічною обробкою деревини та нанесенням покриттів, оскільки вони супроводжуються утворенням високих концентрацій пилу та летких органічних сполук.

1.2. Характеристика основних забруднювальних речовин, що утворюються у меблевій промисловості

Меблева промисловість належить до тих виробничих галузей, де утворення забруднювальних речовин є результатом як механічних, так і хімічних технологічних процесів. Характер і концентрація забруднень залежать від типу обладнання, якості сировини, використаних клеїв, лакофарбових матеріалів та систем очищення повітря. Найважливішими групами забруднювачів є деревний пил, леткі органічні сполуки, формальдегід, фенол, продукти полімеризації смол, а також відходи виробничої діяльності.

Нижче наведена розширена характеристика основних забруднювальних речовин, притаманних меблевим підприємствам.

Деревний пил

Деревний пил утворюється під час розкрою, фрезерування, шліфування та свердління деревини й плитних матеріалів. Найбільшу небезпеку становлять дрібнодисперсні частинки розміром менше 10 мкм, які можуть проникати глибоко в дихальні шляхи людини. Високі концентрації пилу у повітрі робочих зон сприяють розвитку алергічних реакцій, бронхолегеневих захворювань та подразненню слизових оболонок. Крім того, деревний пил є вибухонебезпечним середовищем за умов його накопичення в повітрі певної концентрації.

Леткі органічні сполуки (ЛОС)

ЛОС виділяються переважно під час робіт з нанесення лаків, фарб, ґрунтів, клеїв та розчинників. До цієї групи входять толуол, ксилол, етилбензол, ацетон та інші сполуки, що мають високу леткість і токсичність. ЛОС беруть участь у фотохімічних реакціях з утворенням приземного озону, що негативно впливає на якість атмосферного повітря. У виробничих умовах вони здатні викликати головний біль, нудоту, зниження концентрації уваги та хронічні отруєння при тривалому впливі.

Формальдегід

Формальдегід — один з основних компонентів смол, що застосовуються для виготовлення ДСП, МДФ та фанери, а також для склеювання меблевих деталей. Він є канцерогенною речовиною та має виражену подразнювальну дію. Формальдегід виділяється як у процесі виробництва плитних матеріалів, так і під час експлуатації меблів. У виробничому середовищі перевищення ГДК формальдегіду призводить до подразнення очей, кашлю, порушення дихання та загального погіршення самопочуття.

Фенол

Фенол також використовується у зв'язуючих смолах та лакофарбових матеріалах. Він має токсичні властивості та негативно впливає на центральну нервову систему, печінку і нирки. У поєднанні з формальдегідом утворює стійкі сполуки, що можуть потрапляти у повітря, воду або ґрунт. Фенол має неприємний різкий запах і за високих концентрацій може викликати гострі отруєння.

Аерозолі лакофарбових матеріалів

Під час розпилення лаків і фарб утворюються дрібні частинки, які зависають у повітрі та легко проникають у дихальні шляхи. Окрім власне

хімічного складу ЛФМ, аерозолі містять важкі метали, пластифікатори й інші домішки, небезпечні як для людини, так і для довкілля. Вони можуть перенасичувати атмосферу виробничих приміщень і створювати вибухонебезпечні суміші.

Відходи клеїв та полімерів

Під час виробництва меблів використовують поліуретанові, епоксидні, ПВА-клеї, смоли та інші полімерні матеріали. Їхні залишки та затверділі фрагменти є небезпечними відходами, оскільки містять токсичні мономери. За неправильного зберігання вони можуть забруднювати ґрунт і поверхневі води.

Шум і вібрації

Хоча вони не є хімічними забруднювачами, шумові навантаження від фрезерних та шліфувальних верстатів значно впливають на умови праці. Тривалий вплив підвищених рівнів шуму призводить до зниження слуху та загального виснаження організму.

Таким чином, меблеве виробництво формує складний комплекс хімічних і фізичних забруднень, які потребують постійного контролю, модернізації технологічних процесів та впровадження природоохоронних заходів.

1.3. Токсикологічні властивості летких органічних сполук та пилу деревини

Леткі органічні сполуки (ЛОС) та деревний пил є одними з найпоширеніших і найнебезпечніших забруднювачів у меблевій промисловості. Вони утворюються під час розкроювання та шліфування деревини, нанесення лакофарбових матеріалів, склеювання плит, сушіння та полімеризації покриттів. Їхня токсичність залежить від хімічного складу, концентрації та тривалості впливу.

ЛОС — це група речовин, що легко переходять у газоподібний стан при кімнатній температурі. У меблевому виробництві до них належать формальдегід, толуол, ксилол, ацетон, бензол, етилацетат, а також продукти полімеризації клеїв і смол. Вони подразнюють слизові оболонки, впливають на нервову систему, можуть спричиняти алергічні реакції та мають кумулятивні властивості.

Деревний пил, що утворюється під час механічної обробки масивної деревини або деревинних плит, є не менш небезпечним. Дрібнодисперсні фракції здатні проникати глибоко в легені, викликаючи хронічні респіраторні захворювання, алергічні стані та навіть онкогенні процеси (особливо пил бука та дуба).

Нижче наведено узагальнену характеристику найбільш поширених токсичних компонентів.

Таблиця 1.2 – Токсикологічні характеристики ЛОС і деревного пилу

Забруднювальна речовина	Джерело утворення	Основні токсичні властивості	Потенційні наслідки для здоров'я
Формальдегід	Смоли, клеї, ДСП, МДФ, лаки	Сильний подразник, канцероген, сенсibilізатор	Сльозотеча, кашель, астматичні напади, ризик раку носоглотки
Толуол	Лаки, розчинники, фарби	Нейротоксичність, подразнення	Головний біль, запаморочення, порушення координації, ураження печінки
Ксилол	ЛФМ, клеї	Токсичний при вдиханні	Печіння очей, пригнічення ЦНС, порушення дихання
Ацетон	Розчинники, знежирювачі	Легколеткий подразник	Сухість слизових, головний біль, нудота
Бензол	Розчинники, фарби	Канцероген, мутаген	Порушення кровотворення, ризик лейкемії
Етилацетат	Лаки, фарби	Помірна токсичність	Головний біль, подразнення очей та дихальних шляхів
Деревний пил (дрібнодисперсний)	Розкроювання, фрезерування, шліфування деревини та плит	Механічний і хімічний подразник, канцероген (для деяких порід)	Алергії, риніти, хронічний бронхіт, професійна астма, онкологічні ризики

У цілому, сукупна дія ЛОС і пилу створює значні ризики для працівників меблевої промисловості та потребує системного підходу до моніторингу, мінімізації та контролю концентрацій у робочій зоні. Це обґрунтовує необхідність впровадження сучасних систем вентиляції, витяжних пристроїв, фільтраційних установок та технологічних рішень, що знижують утворення токсичних речовин.

1.4. Нормативно-правове регулювання екологічної безпеки у виробництві меблів

Екологічна безпека у меблевій промисловості регламентується комплексом національних та міжнародних нормативно-правових актів, які визначають вимоги до використання хімічних речовин, організації виробничих процесів, систем очищення викидів, поводження з відходами та умов праці працівників. Їхня дія спрямована на зниження шкідливого впливу виробництва меблів на довкілля та здоров'я людини.

В Україні регулювання здійснюється через закони та підзаконні акти, що регламентують охорону повітря, води, ґрунтів, поводження з відходами, а також встановлюють гранично допустимі концентрації (ГДК) небезпечних речовин у повітрі робочої зони. Особливу увагу приділено летким органічним сполукам (ЛОС), формальдегіду, пилу деревини та лакофарбовим матеріалам.

Міжнародні стандарти — зокрема ISO 14001, а також директиви ЄС — встановлюють вимоги до екологічного менеджменту, енергоефективності, зменшення викидів ЛОС, безпечного використання хімічних речовин та оцінки впливу на довкілля.

Нижче наведено зведену таблицю основних нормативно-правових актів, що регламентують екологічну безпеку меблевих підприємств.

Таблиця 1.3 – Основні нормативно-правові акти у сфері екологічної безпеки меблевої промисловості

Нормативно-правовий акт	Рівень	Сфера регулювання	Ключове значення для меблевої галузі
Закон України “Про охорону навколишнього природного середовища”	Національний	Загальні вимоги екологічної безпеки	Визначає обов’язки підприємств щодо зменшення негативного впливу на довкілля
Закон України “Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення”	Національний	Умови праці, допустимі концентрації хімічних речовин	Регламентує ГДК ЛОС, формальдегіду, пилу в робочій зоні
Закон України “Про відходи”	Національний	Класифікація та обіг відходів	Визначає правила поводження з відходами деревини, лаків, розчинників
Закон України “Про атмосферне повітря”	Національний	Викиди в атмосферу	Зобов’язує підприємства контролювати та зменшувати викиди ЛОС і пилу
Закон України “Про хімічну безпеку”	Національний	Використання небезпечних хімічних речовин	Регулює поводження з клеями, смолами, розчинниками
ДСН 3.3.6.042-99 (Гігієнічні нормативи повітря робочої зони)	Національний	ГДК шкідливих речовин	Нормує вміст формальдегіду, толуолу, ксилолу, пилу деревини

ДСТУ ISO 14001:2015	Міжнародний / Національний	Екологічний менеджмент	Вимагає системний підхід до мінімізації впливу на довкілля
Директива ЄС 2010/75/ЄС (IED)	Міжнародний	Промислові викиди	Регламентує викиди ЛОС у деревообробній та меблевій промисловості
Регламент REACH (ЄС)	Міжнародний	Хімічна безпека	Контроль за використанням токсичних речовин у лакофарбових матеріалах
Директива 2004/42/ЄС про обмеження викидів ЛОС	Міжнародний	Фарбувальні та оздоблювальні матеріали	Обмежує вміст ЛОС у лаках, фарбах та розчинниках

Таким чином, нормативно-правова база формує рамки, у межах яких підприємства меблевої галузі повинні організовувати виробництво, обирати матеріали, контролювати викиди та впроваджувати екологічні стандарти. Її дотримання — ключовий інструмент мінімізації негативного впливу на довкілля та забезпечення безпеки працівників і населення.

РОЗДІЛ 2. Аналіз впливу меблевого виробництва на навколишнє середовище

2.1. Джерела забруднення атмосферного повітря, води та ґрунту

Меблеве виробництво є багатокомпонентним технологічним процесом, що включає різання, шліфування, пресування, облицювання, фарбування та збирання виробів. Кожна з цих стадій може бути джерелом певних видів забруднень, які впливають як на довкілля, так і на здоров'я населення, що проживає поблизу підприємств.

Забруднення атмосферного повітря. Найбільший негативний вплив на повітря спричиняють леткі органічні сполуки (ЛОС) — формальдегід, толуол, ксилол, ацетон, стирол — що виділяються під час нанесення лакофарбових матеріалів, використання клеїв та пресування деревинних плит. Додатковим джерелом забруднення є **деревний пил**, який утворюється на операціях різання й шліфування. У пресових камерах можливе виділення **смолистих компонентів** у суміші з водяною парою, що також потрапляють у повітря виробничого майданчика.

Забруднення водних ресурсів. Хоч меблеве виробництво не відноситься до галузей із високою водоемністю, значні обсяги забруднень формуються через відходи від миття обладнання, фарбувальних камер, інструментів. У стічні води можуть потрапляти:

- залишки лаків, фарб і розчинників;
- поверхнево-активні речовини;
- частинки деревного пилу;
- важкі метали із пігментів (хром, нікель, марганець).

За відсутності ефективної системи локального очищення такі стоки становлять небезпеку для водних об'єктів та ґрунтових вод.

Забруднення ґрунтів. Основним шляхом забруднення ґрунтів є неналежне поводження з відходами — тирсою, шламами фарбувальних камер, використаними фільтрами, тарою з-під хімікатів. Порушення правил зберігання створює ризик потрапляння токсичних речовин — ЛОС, смол, формальдегіду — у ґрунт та водоносні горизонти. Також можливі локальні забруднення через проливи розчинників та фарб.

Таким чином, меблеве виробництво має значний потенціал впливу на атмосферу, водні ресурси та ґрунти через використання хімічно активних матеріалів та роботу механізованого обладнання. Ідентифікація цих джерел

забруднення є основою для подальшої розробки ефективних методів екологічної мінімізації.

2.2. Особливості впливу ЛОС, формальдегіду та деревинного пилу на довкілля

Леткі органічні сполуки (ЛОС), формальдегід та деревинний пил є основними забруднювальними компонентами, що супроводжують виробництво меблів. Їхній вплив на довкілля є багатограним і проявляється як на локальному, так і на регіональному рівнях. Нижче наведено ключові екологічні наслідки кожної з груп забруднювачів.

Вплив летких органічних сполук (ЛОС)

ЛОС включають такі речовини, як толуол, ксилол, ацетон, стирол та інші компоненти лакофарбових матеріалів і клеїв. У зовнішнє середовище ЛОС потрапляють під час сушіння, полімеризації, лакування, розпилення фарб.

Основні екологічні наслідки:

- **Участь у фотохімічних реакціях:** ЛОС взаємодіють з оксидами азоту, утворюючи фотохімічний смог та приземний озон, які шкідливі для рослин і людей.
- **Токсичний вплив на рослинність:** деякі ЛОС здатні викликати некрози на листках, пригнічення росту та порушення фотосинтезу.
- **Акумуляція в екосистемах:** хронічні викиди призводять до накопичення органічних токсикантів у ґрунтах та біоті, що може порушувати харчові ланцюги.
- **Негативний вплив на мікробіоту ґрунту:** ЛОС пригнічують активність ґрунтових бактерій, що знижує самоочисну здатність екосистем.

Вплив формальдегіду

Формальдегід — один із найбільш небезпечних компонентів меблевої промисловості, що входить до складу смол, клеїв та плит із деревини. Він має високу леткість та здатність швидко поширюватися в повітрі.

Екологічні наслідки формальдегіду:

- **Погіршення якості атмосферного повітря:** формальдегід легко розчиняється у вологих аерозолях, збільшуючи кислотність атмосферних випадінь.
- **Токсична дія на рослини:** навіть низькі концентрації можуть призвести до пожовтіння листя, зниження інтенсивності росту та порушення обміну речовин.
- **Ризики для водних екосистем:** при потраплянні у воду формальдегід впливає на риб і мікроорганізми, знижуючи їхню життєздатність.
- **Негативний вплив на ґрунт:** у ґрунті формальдегід руйнує структуру гумусу та пригнічує ферментативну активність ґрунтової біоти.

Вплив деревинного пилу

Деревинний пил утворюється при розпилюванні, фрезеруванні, шліфуванні деревини та плит. Маючи дрібнодисперсну структуру, він легко розсіюється у повітрі та осідає на поверхнях.

Екологічні наслідки деревинного пилу:

- **Погіршення стану повітря:** дрібні частинки пилу (PM10, PM2.5) можуть довго залишатися у повітрі та переноситися повітряними потоками.
- **Заміулення ґрунтів і водойм:** пил, що осідає, здатен змінювати структуру поверхневого шару ґрунту, знижуючи його водопроникність та аерацію.
- **Вплив на рослинність:** осідання пилу на листках закриває продихи, знижує інтенсивність фотосинтезу та газообміну.

- **Вплив на фауну:** дрібнодисперсний пил погіршує умови життя комах і дрібних ґрунтових організмів, що руйнує природні екосистемні зв'язки.

Загальний висновок

ЛОС, формальдегід і деревинний пил мають комплексний та взаємопідсилювальний вплив на довкілля. Вони погіршують якість повітря, води та ґрунтів, негативно діють на живі організми та можуть змінювати природні екосистеми на значних площах. Саме тому мінімізація викидів цих забруднювачів повинна бути одним із пріоритетних напрямів екологізації меблевого виробництва.

2.3. Аналіз виробничих відходів: їх класифікація та екологічна небезпека

Виробництво меблів супроводжується утворенням широкого спектра відходів, що мають як органічне, так і неорганічне походження. Ці відходи різняться за фізичними властивостями, хімічним складом, рівнем токсичності та потенційним впливом на довкілля. Їхня екологічна небезпека визначається можливістю забруднення повітря, ґрунтів, водних об'єктів, а також ризиками для здоров'я людини.

Основними джерелами утворення відходів у меблевому виробництві є процеси розкрою деревини та плит, шліфування, лакування, використання клеїв, фарб і допоміжних матеріалів. Неправильне поводження з такими матеріалами може призвести до інтенсивного хімічного та механічного забруднення довкілля.

Нижче наведено класифікацію основних видів відходів і коротку характеристику їхньої екологічної небезпеки.

Таблиця 2.3 — Основні види відходів меблевого виробництва та їх екологічна небезпека

Вид відходів	Походження	Характеристика та склад	Екологічна небезпека
Деревинні відходи (стружка, обрізки, тирса)	Розкрій, фрезерування, шліфування	Органічний матеріал, може містити залишки смол, лаків	Низька, але зростає при наявності хімічних домішок; небезпека займання
Пил деревини (PM10, PM2.5)	Шліфування, розпил	Дрібнодисперсний пил, здатен довго залишатися у повітрі	Висока: забруднення повітря, токсична дія на біоту, ризики для здоров'я
Відходи фарб, лаків, розчинників	Лакофарбові операції	Містять ЛОС, важкі метали, полімери	Дуже висока: токсичні, вибухонебезпечні, здатні забруднювати воду та ґрунт
Відходи клеїв та смол (ПВА, UF, PF)	Склеювання деталей	Містять формальдегід, фенол, полімерні сполуки	Висока: токсичні, можуть виділяти пари небезпечних речовин
Металеві відходи	Монтаж фурнітури	Нержавіючі або чорні метали	Середня: можливе забруднення важкими металами при корозії
Пластикові відходи	Облицювання та декоративні операції	Полівінілхлорид та інші полімери	Висока: повільно розкладаються, можливе виділення токсинів при нагріванні
Побутові та змішані відходи	Допоміжні процеси	Папір, пакування, текстиль	Низька – за умови сортування; небезпечні при змішуванні з хімікатами
Шлами та фільтрат від очисних систем	Системи аспірації, вентиляції, фільтрації	Концентрований пил або хімікати	Висока: містять токсичні домішки у концентрованому вигляді

Загальна оцінка екологічної небезпеки виробничих відходів

1. **Високий рівень небезпеки:** хімічні відходи (ЛОС-вмісні розчинники, фарби, лаки, смоли), дрібнодисперсний пи́л, фільтрат та шлами очисних систем.

2. **Середній рівень небезпеки:** пластикова кромка, металеві стружки, композитні відходи.

3. **Низький рівень небезпеки:** чисті деревинні відходи без хімічних домішок, паперове та картонне пакування.

Ефективне управління виробничими відходами меблевого виробництва потребує впровадження систем сортування, очищення, безпечного зберігання та утилізації з урахуванням ступеня їх екологічного ризику. Це дозволяє мінімізувати вплив на довкілля, підвищити ресурсну ефективність і відповідність екологічним нормам.

2.4. Загальна оцінка екологічного стану територій поблизу меблевих підприємств

Екологічний стан територій, що межують із меблевими підприємствами, значною мірою залежить від інтенсивності виробництва, виду використовуваної сировини, особливостей технологічних процесів та рівня впроваджених природоохоронних заходів. Меблеве виробництво, хоч і не належить до найбільш небезпечних промислових галузей, створює комплексне навантаження на довкілля — хімічне, фізичне та біологічне. Це проявляється у погіршенні якості повітря, ґрунтів і вод, а також у зміні стану екосистем поблизу виробничих зон.

Атмосферне повітря часто зазнає найбільшого впливу, оскільки меблеві підприємства інтенсивно використовують лакофарбові матеріали та клеї, що містять леткі органічні сполуки, формальдегід, а також утворюють

дрібнодисперсний пил у процесі шліфування та розкрою. У багатьох випадках концентрації ЛОС та пилу у повітрі на межі санітарно-захисної зони можуть незначно, але регулярно перевищувати нормативи, що створює хронічне забруднення та впливає на стан здоров'я населення ділянки.

Ґрунти у прилеглих територіях також поступово накопичують забруднювальні речовини — особливо внаслідок неправильного поводження з відходами виробництва. Потрапляння пилу, залишків розчинників, мікрочастинок пластиків або полімерів може змінювати фізичні та хімічні властивості ґрунтів, знижувати їх біологічну активність та погіршувати умови для росту рослин. У деяких випадках біля підприємств спостерігаються локальні зони техногенного навантаження із зниженим видовим різноманіттям трав'яної рослинності.

Водні об'єкти та поверхневий стік зазвичай менш піддані безпосередньому впливу, однак забруднення можливе через системи водовідведення або через потрапляння дощових вод з території підприємства, що містять залишки смол, лаків чи мікропластику. У випадках неефективної утилізації або аварійних ситуацій можливе підвищення хімічного навантаження на малі водотоки.

Біота та локальні екосистеми реагують на такі зміни зменшенням різноманіття комах, зниженням щільності мікроорганізмів у ґрунтах та зміною структури рослинних угруповань. У районах із суттєвим хімічним забрудненням можуть спостерігатися випадки пригнічення росту деревних рослин, уповільнення регенерації зелених насаджень та поява ознак хронічного токсичного впливу.

У цілому екологічний стан територій поблизу меблевих виробництв можна охарактеризувати як **помірно напружений**, з локальними осередками підвищеного антропогенного впливу, що пов'язані насамперед із пиловими

викидами та леткими токсичними сполуками. Для зниження негативних наслідків необхідними є регулярний екологічний моніторинг, модернізація систем фільтрації, належне поводження з відходами й розширення санітарно-захисних зон там, де це можливо. Це дозволить забезпечити стабільний добрий стан довкілля та мінімізувати ризики для місцевих мешканців і природних екосистем.

РОЗДІЛ 3. Методи екологічного контролю та моніторингу у меблевій промисловості

3.1. Інструментальні методи вимірювання шкідливих речовин у повітрі та на виробництві

Ефективний екологічний контроль у меблевій промисловості базується на застосуванні сучасних інструментальних методів, що дають змогу точно визначати концентрації забруднювальних речовин у повітрі робочої зони та атмосфері. Оскільки меблеве виробництво передбачає використання лакофарбових матеріалів, клеїв, смол і роботу з деревиною, важливо контролювати рівні ЛОС, формальдегіду, пилу та інших шкідливих компонентів.

Основні інструментальні методи та прилади контролю

1. Газохроматографічний аналіз (ГХ)

Газова хроматографія використовується для визначення концентрацій летких органічних сполук (ЛОС), формальдегіду та компонентів розчинників.

Переваги: висока точність, можливість аналізувати складні суміші.

Застосування: контроль викидів від лакофарбових камер, дослідження повітря у виробничих приміщеннях.

2. Фотометричні та спектрофотометричні методи

Методи базуються на здатності речовин поглинати світло певної довжини хвилі. **Застосовуються для:**

- формальдегіду (через утворення кольорових комплексів),
- аміаку, фенолу, ацетону, інших хімічних забрудників. **Переваги:**

швидкість аналізу, можливість польових вимірювань.

3. Лазерні та оптико-електронні пиломіри

Забезпечують безперервний контроль концентрації деревинного пилу та аерозолів. **Переваги:**

- можливість онлайн-моніторингу,
- точність у вимірюванні дрібнодисперсних частинок (PM10, PM2.5),
- використання на деревообробних ділянках (розкрій, шліфування).

4. Газоаналізатори для експрес-контролю ЛОС та парів розчинників

Портативні газоаналізатори дають можливість швидко оцінити рівень забруднення виробничих приміщень. **Типи приладів:**

- електрохімічні сенсори,
- фотоіонізаційні детектори (PID),
- інфрачервоні газоаналізатори. **Об'єкти контролю:** емісії лакофарбових матеріалів, сушильні камери, клейові станції.

5. Інфрачервона спектроскопія (FTIR-аналіз)

Дозволяє визначати компоненти газоподібних викидів за їх інфрачервоними спектрами. **Переваги:** можливість одночасного виявлення багатьох забрудників, висока чутливість. **Застосування:** моніторинг повітря у зонах нанесення лаків і фарб.

6. Відбір проб повітря фільтраційними установками

Застосовується для визначення масової концентрації пилу. **Методика:** повітря пропускається через ваговий або мембранний фільтр, після чого масу пилу вимірюють гравіметрично. **Переваги:** точність і відповідність міжнародним стандартам.

7. Аерозольні спектрометри

Прилади дозволяють визначити розмірний розподіл частинок пилу та оцінити ефективність аспіраційних систем. **Застосування:** контроль роботи місцевих витяжок і фільтраційних установок.

8. Термографічні методи

Використовуються для контролю герметичності сушильних камер і вентиляційних систем, що впливає на рівень забруднення повітря.

Важливість інструментального контролю

Застосування інструментальних методів дає змогу:

- своєчасно виявляти перевищення гранично допустимих концентрацій (ГДК);
- оцінювати ефективність вентиляційних систем;
- контролювати безпеку умов праці;
- забезпечувати відповідність екологічним стандартам;
- знижувати ризик хронічного впливу хімічних речовин на працівників.

3.2. Оцінка відповідності концентрацій забруднювачів нормативним значенням

Оцінка відповідності фактичних концентрацій шкідливих речовин нормативним значенням є ключовим елементом екологічного контролю на меблевих підприємствах. Вона дозволяє визначити, наскільки умови виробництва є безпечними для працівників та навколишнього середовища, а також оцінити ефективність вентиляційних, фільтраційних та технологічних систем підприємства.

Підходи до оцінки відповідності концентрацій ГДК

Процес оцінки включає такі основні кроки:

1. Визначення фактичних рівнів забруднення

Концентрації ЛОС, формальдегіду, пилу та інших забрудників вимірюють за допомогою інструментальних методів — газоаналізаторів, пиломірів, спектрофотометрії, газової хроматографії тощо.

Відбір проб здійснюється у характерних точках:

- у зоні свердління та шліфування (деревинний пил),
- у зонах нанесення лакофарбових матеріалів (формальдегід, ЛОС),
- у місцях підготовки клеїв (формальдегід, фенол),
- у вентиляційних шахтах і робочих кабінах.

2. Порівняння з нормативами

Порівнюють отримані дані з:

- **ГДК робочої зони (ГДКрз)** – відповідно до ДСП 201-2019;
- **ГДК атмосферного повітря** – відповідно до ДСП № 173;
- **Європейських стандартів (EN, ISO)** – за потреби.

3. Визначення коефіцієнта перевищення

Для кількісної оцінки використовують відношення:

$$K = \frac{C_{\phi}}{\text{ГДК}}$$

де **Сф** – фактична концентрація речовини, **ГДК** – нормативно встановлена концентрація.

- Якщо **$K \leq 1$** – показник у межах норми.
- Якщо **$1 < K \leq 2$** – спостерігається помірне перевищення, необхідно посилити технічні заходи.
- Якщо **$K > 2$** – значне перевищення, ситуація небезпечна для здоров'я.

Орієнтовний приклад розрахунку

Припустимо, у зоні лакофарбових робіт зафіксовано:

- формальдегід: **0,08 мг/м³**,
- ГДКрз для формальдегіду: **0,05 мг/м³**.

Тоді коефіцієнт перевищення становить:

$$K = \frac{0,08}{0,05} = 1,6$$

Це означає помірне перевищення концентрації, яке вже може спричиняти подразнення слизових оболонок, головний біль, зниження працездатності працівників.

Типові результати оцінки концентрацій забруднювачів на меблевих підприємствах

У більшості випадків:

- **деревинний пи́л** перевищує нормативи у зонах шліфування у 1,2–2,5 рази;
- **формальдегід** у зонах склеювання може перевищувати ГДК у 1,5–2 рази;
- **ЛОС (толуол, ксилол, ацетон)** часто виявляються на рівні 0,7–1,3 ГДК;
- у приміщеннях із недостатньою вентиляцією можливі разові пікові викиди до **3 ГДК**.

Висновок

Оцінка відповідності фактичних концентрацій нормативним значенням показує, що меблеве виробництво може становити екологічну та санітарну небезпеку без належного контролю. Своєчасний моніторинг та правильне тлумачення результатів дозволяють:

- своєчасно виявляти небезпечні тенденції;
- запобігати гострим і хронічним отруєнням;
- удосконалювати системи вентиляції;
- підвищувати рівень екологічної безпеки підприємства.

3.3. Моделювання поширення промислових викидів у довкіллі

Моделювання поширення промислових викидів є важливим інструментом для прогнозування екологічних наслідків меблевого виробництва. Завдяки використанню математичних моделей і програмного забезпечення можна визначити, як шкідливі речовини — пил, формальдегід, леткі органічні сполуки (ЛОС) — розповсюджуються в атмосфері, як вони накопичуються в довкіллі та які зони потенційного ризику виникають поблизу підприємства.

Завдання моделювання

Основні функції моделювання включають:

- прогноз зміни концентрацій забруднювачів у часі та просторі;
- визначення зон максимального впливу на населення та екосистеми;
- оцінку ефективності запланованих природоохоронних заходів;
- порівняння альтернативних технологічних рішень;
- можливість визначення аварійних сценаріїв і зон ураження.

Фактори, що враховуються в моделюванні

Моделі поширення забруднювачів базуються на низці параметрів, серед яких:

- **метеорологічні умови** (швидкість і напрям вітру, атмосферний тиск, температура, клас стійкості атмосфери);
- **висота викиду** (стволи вентиляції, фільтрувальні установки, локальні аспіраційні системи);
- **кількість і температура газопилової суміші** на виході;
- **хімічні властивості забруднювачів**, здатність до трансформацій у повітрі;

- **рельєф місцевості та тип забудови** (відкриті простори, житлова забудова, зелені насадження).

Ці фактори визначають, як швидко забруднику вдається розсіюватися, чи накопичується він локально, і в яких мікронах можуть виникати максимальні концентрації.

Методи, що використовуються для моделювання

Найпоширенішими методами є:

- **Гауссова модель розсіювання забруднювачів** – класичний підхід для оцінки атмосферних викидів від промислових джерел.

- **Комп'ютерні програми: AERMOD, CALPUFF, ADMS** — дозволяють враховувати складні метеоумови, реальний рельєф, багатоджерельні викиди.

- **GIS-технології** – для візуалізації зон впливу підприємства на карту території.

У меблевій промисловості особливо важливо моделювати поширення формальдегіду та ЛОС, оскільки вони мають здатність до утворення вторинних токсичних продуктів під дією ультрафіолету та високих температур.

Результати моделювання

За даними типових досліджень:

- зона підвищених концентрацій формальдегіду (0,02–0,04 мг/м³) може простягатися на **150–300 м** від підприємства у напрямку панівних вітрів;

- концентрація деревинного пилу помітно знижується вже за **50–100 м**, але всередині виробничих приміщень його рівень може досягати **1,5–3 ГДК**;

- зона впливу ЛОС може охоплювати територію до **500 м**, особливо у вечірні години при інверсії атмосфери.

Такі результати дозволяють виявити ділянки, де існує потенційна загроза для населення, дитячих установ, рекреаційних зон тощо.

Значення моделювання для екологічної безпеки

Моделювання дає змогу:

- оптимізувати розташування вентиляційних труб і аспіраційних систем;
- оцінити необхідність модернізації фільтраційних установок;
- визначити санітарно-захисні зони обґрунтованого розміру;
- розробити ефективні плани моніторингу;
- ухвалювати рішення щодо впровадження нових технологій або заміни матеріалів.

Воно стає інструментом не тільки для прогнозу, а й для стратегічного планування екологічно безпечного розвитку меблевих підприємств.

3.4. Екологічна оцінка ризиків для населення та працівників

Оцінка екологічних ризиків у меблевій промисловості ґрунтується на аналізі рівнів забруднення довкілля та виробничих приміщень, а також на визначенні потенційного впливу цих факторів на здоров'я людей. Основними групами ризику виступають:

- **працівники виробництв**, які зазнають тривалого та інтенсивного контакту зі шкідливими речовинами;
- **мешканці прилеглих територій**, які піддаються впливу атмосферних викидів і можливого забруднення води та ґрунтів.

Основні фактори екологічного ризику

1. **Леткі органічні сполуки (ЛОС)** Ризики пов'язані з хронічним впливом токсичних компонентів (толуолу, ксилолу, формальдегіду), що

можуть спричиняти алергічні реакції, подразнення дихальних шляхів, порушення роботи нервової системи.

2. **Формальдегід** Один із найнебезпечніших компонентів меблевого виробництва. Визнаний канцерогеном. Небезпека зростає при роботі з ДСП, МДФ, клеями на формальдегідній основі.

3. **Деревинний пил** Спричиняє механічне подразнення дихальної системи, може накопичуватись у легенях, викликати хронічні респіраторні захворювання. Деякі породи деревини мають алергенні властивості.

4. **Виробничі відходи та полімерні матеріали** Небезпечні у разі неправильного зберігання або утилізації, можуть бути джерелом вторинних викидів або забруднення ґрунту.

Методика екологічної оцінки ризиків

Оцінювання ризиків базується на міжнародних рекомендаціях (WHO, EPA) та включає:

1. **Ідентифікацію небезпечних речовин** Визначення складу викидів, пилу, ЛОС, хімікатів, які застосовуються у виробництві.

2. **Оцінку експозиції** Визначення рівня впливу забруднювачів на людину з урахуванням:

- тривалості перебування в зоні впливу;
- концентрації речовин у повітрі;
- відстані від джерела забруднення;
- шляхів надходження (інгаляційний, дермальний).

3. **Оцінку токсичності** Аналіз властивостей речовин: канцерогенність, мутагенність, подразнення, вплив на органи дихання, нервову систему, репродуктивне здоров'я.

4. **Характеризацію ризику** Співставлення фактичних рівнів впливу з нормативами (ГДК, DNEL, TLV, PEL). Ризик вважається значним, якщо

концентрації перевищують допустимі значення або тривалість впливу є надмірною.

Ризики для працівників меблевого виробництва

Працівники є найбільш вразливою групою, оскільки щоденно контактують зі:

- парами розчинників,
- пилом деревини,
- формальдегідом із плитних матеріалів,
- ЛОС із лакофарбових матеріалів.

Найважливіші наслідки для здоров'я:

- гострі отруєння хімікатами при порушенні вентиляції;
- хронічні респіраторні захворювання (бронхіти, астматичні стани);
- дерматити;
- алергічні реакції;
- ризики онкологічних захворювань при тривалому контакті з формальдегідом.

Ризики для населення прилеглих територій

Мешканці становлять групу середнього ризику, але у разі інтенсивних викидів можливі такі наслідки:

- погіршення якості повітря (неприємні запахи, підвищені концентрації ЛОС);
- накопичення пилу на поверхнях, зелених насадженнях;
- забруднення ґрунту формальдегідом, смолами та продуктами горіння;
- вплив на здоров'я дітей, які є чутливішими до формальдегідних парів.

Оцінка показує, що ризики значно зростають при відсутності ефективних систем очищення повітря, застарілому обладнанні та у разі близького розташування підприємства до житлових кварталів.

Заходи зі зниження ризиків

Для мінімізації небезпек необхідно:

- впроваджувати сучасні системи вентиляції та фільтрації;
- переходити на матеріали з низьким вмістом формальдегіду (E0, E1);
- проводити регулярний моніторинг повітря на робочих місцях;
- забезпечувати працівників ЗІЗ (респіратори, окуляри, спецодяг);
- організовувати належну утилізацію відходів;
- здійснювати санітарно-захисне зонування підприємств.

Ефективне управління ризиками дозволяє знизити ймовірність негативного впливу на здоров'я населення та підвищити загальний рівень екологічної безпеки виробництва.

РОЗДІЛ 4. Шляхи мінімізації негативного впливу меблевого виробництва на довкілля

4.1. Екологічно безпечні технології обробки деревини та нанесення покриттів

В останні десятиріччя меблева промисловість активно переходить до застосування технологій, спрямованих на зменшення рівня шкідливих викидів, зниження використання токсичних розчинників, підвищення ефективності ресурсів та екологічності готової продукції. Сучасні інновації пропонують комплексні рішення, які одночасно зменшують негативний вплив на довкілля та покращують якість виробів.

Екологічно безпечні технології обробки деревини

1. Механічна обробка з використанням високоефективних аспіраційних систем

- Системи локального та централізованого відсмоктування пилу дозволяють зменшити концентрацію деревинного пилу у повітрі на 80–95%.
- Використання фільтрів тонкого очищення знижує кількість часток PM10 та PM2.5, які становлять найбільшу небезпеку для здоров'я.

2. Технології оптимізації розкрою деревини

- Використання програмного забезпечення для оптимізації розкрою плитних матеріалів дозволяє зменшити кількість відходів на 10–20%.
- Автоматизовані розкроювальні лінії знижують ймовірність помилок і надлишкового формування відходів.

3. Парова та термічна обробка деревини

- Технологія термообробки (ThermoWood) забезпечує стабільність деревини без використання хімічних речовин.

- Зменшується схильність до гниття, розтріскування та поглинання вологи, що збільшує тривалість експлуатації виробів.

Екологічно безпечні технології нанесення покриттів

1. Використання водорозчинних лакофарбових матеріалів

- Заміна розчинникових ЛФМ дає змогу зменшити викиди ЛОС у 5–10 разів.

- Водорозчинні лаки та фарби не містять токсичних розчинників, швидше висихають і є безпечнішими для працівників.

2. Технологія UV-отвердження

- Покриття полімеризуються ультрафіолетовим випромінюванням за кілька секунд, без виділення значних кількостей ЛОС.

- Переваги: висока зносостійкість, мінімальний час висихання, низькі енергозатрати.

3. Порошкове фарбування деревини

- Технологія передбачає нанесення полімерного порошку та його подальше термічне закріплення.

- Переваги: відсутність розчинників, відсутність ЛОС, можливість повторного використання надлишкового порошку, висока стійкість покриття.

4. Олійно-воскові покриття природного походження

- Основа складається з натуральних масел (ляна, тунгова, соєва) та бджолиного воску.

- Покриття дозволяють деревині "дихати", не виділяють токсичних речовин, є гіпоалергенними та біорозкладними.

5. Технології нанесення тонких шарів (High Solid Coatings)

- Використання ЛФМ високої сухої речовини (до 60–80%) зменшує кількість розчинників.

- Дає змогу скоротити обсяг викидів ЛОС майже вдвічі.

Переваги впровадження екологічно безпечних технологій

- Зниження обсягу шкідливих викидів у повітря.
- Зменшення ризиків для здоров'я працівників.
- Підвищення конкурентоспроможності підприємства на ринку, зокрема на європейському.
- Скорочення витрат на утилізацію відходів.
- Підвищення довговічності та безпечності меблів.

Висновки до підрозділу 4.1

Екологічно безпечні технології стають необхідною складовою сталого функціонування меблевої промисловості. Їхнє впровадження сприяє комплексному зменшенню негативного впливу на довкілля, підвищенню якості продукції та відповідності сучасним екологічним стандартам.

4.2. Використання низькоемісійних матеріалів та альтернативних клеїв і лаків

Одним із ключових напрямів мінімізації негативного впливу меблевого виробництва на довкілля є перехід до застосування низькоемісійних матеріалів, а також заміна традиційних клеїв і лакофарбових матеріалів на альтернативні, екологічно безпечні аналоги. Такий підхід дозволяє значно скоротити обсяги викидів летких органічних сполук (ЛОС), формальдегіду та інших токсичних компонентів, які впливають як на стан атмосферного повітря, так і на здоров'я працівників.

Низькоемісійні деревинні матеріали

1. Плити класів емісії E0, E1 та Super E0

- У сучасному меблевому виробництві значну частину матеріалів становлять ДСП, МДФ та фанера.
- Плити класу **E0** або **Super E0** містять мінімальні концентрації формальдегіду (практично на рівні природного фону деревини).

- Перехід на такі матеріали дозволяє зменшити сумарні викиди формальдегіду на 50–90% порівняно з матеріалами класу E2.

2. Матеріали на біологічній основі

- До них належать деревні композити з використанням біополімерних клеїв, біорозкладних смол або натуральних модифікаторів.

- Вони не містять фенолу, формальдегіду чи інших небезпечних компонентів.

3. Ламіновані матеріали з екологічними смолами

- Сучасні виробники пропонують ламінувати на базі акрилових, поліуретанових або епоксидних безформальдегідних смол.

- Вони мають високу міцність, стійкість до стирання та знижені показники емісії.

Альтернативні клеї у меблевій промисловості

1. Поліуретанові реактивні клеї (PUR)

- Не містять формальдегіду.
- Забезпечують високу міцність, водостійкість та термостійкість.
- PUR-клеї відповідають стандартам європейської екологічної безпеки та значно знижують рівень ЛОС.

2. Клеї на основі полівінілацетату (ПВА)

- Нетоксичні, водорозчинні, не виділяють шкідливих речовин.
- Використовуються для збирання корпусних меблів, столярних конструкцій, склеювання деревини та фанери.

- Підходять для підприємств, що прагнуть мінімізувати використання синтетичних смол.

3. Біоклеї на основі крохмалю, лігніну або соєвого протеїну

- Є перспективною альтернативою традиційним смолам.
- Показують хороші адгезійні властивості та екологічну безпеку.

- Поступово впроваджуються на підприємствах ЄС і можуть стати трендом для української меблевої промисловості.

4. Однокомпонентні поліуретанові клеї без розчинників

- Відрізняються низьким рівнем емісії і високими показниками зчеплення.

- Не вимагають тривалого часу сушки, що знижує енергоспоживання виробництва.

Альтернативні лакофарбові матеріали

1. Водорозчинні лаки та фарби

- Є основним екологічним замінником розчинникових ЛФМ.
- Містять мінімальну кількість ЛОС (до 5%).
- Забезпечують безпечніші умови праці та значно зменшують ризики забруднення повітря.

2. UV-лаки та покриття з ультрафіолетовим отвердненням

- Мають дуже швидкий час полімеризації — кілька секунд.
- Не виділяють шкідливих речовин під час сушіння.
- Забезпечують високу міцність покриття та економне використання енергії.

3. Олійно-воскові суміші натурального походження

- Виготовляються на основі лляної, тунгової, соняшникової олії та натурального воску.

- Не містять формальдегіду, ароматичних розчинників чи важких металів.

- Створюють “дихаюче” покриття, яке підкреслює природну текстуру деревини.

Переваги використання низькоемісійних матеріалів та альтернативних клеїв і лаків

- Значне скорочення викидів ЛОС та формальдегіду.
- Зменшення екологічного навантаження на виробництво і прилеглі території.
- Підвищення рівня безпеки праці та зниження ризику професійних захворювань.
- Відповідність сучасним екологічним стандартам ЄС та вимогам міжнародних сертифікацій.
- Підвищення якості, довговічності й екологічності меблевих виробів.

4.3. Оптимізація вентиляційних та фільтраційних систем

Ефективність вентиляційних та фільтраційних систем на меблевих підприємствах є ключовим чинником, який визначає рівень забруднення виробничого повітря, а також безпеку працівників і вплив на довкілля. Оптимізація цих систем дозволяє значно зменшити концентрації ЛОС, формальдегіду, пилу деревини та інших шкідливих речовин, що утворюються під час різання, шліфування, склеювання та нанесення покриттів. У сучасних умовах підхід до вентиляції виходить за межі простої подачі та відведення повітря — він включає управління потоками, фільтрацію, рекуперацію енергії та автоматизований контроль параметрів.

Сучасні підходи до оптимізації систем вентиляції

1. Локальна витяжна вентиляція

- Розміщується безпосередньо в зоні утворення забрудників (верстати, шліфувальні модулі, зони лакування).
- Зменшує поширення пилу та ЛОС у приміщенні на 60–90%.
- Локальні аспіраційні системи є найбільш ефективним способом боротьби з деревинним пилом, який становить професійну небезпеку для працівників.

2. Загальнообмінна вентиляція

- Забезпечує необхідний повітрообмін у всьому виробничому приміщенні.
- Рекомендується комбінувати з локальними системами, особливо у цехах з високою концентрацією випаровувань клеїв і лаків.
- Сучасні моделі оснащені датчиками температури, вологості та газоаналізаторами для автоматичного регулювання режимів роботи.

Оптимізація фільтраційних систем

1. Багатоступенева фільтрація

Меблеві підприємства часто потребують фільтрації повітря одночасно від пилу й ЛОС. Найкращі результати дає поєднання кількох типів фільтрів:

- **циклонні фільтри** — ефективні для грубого пилу та стружки;
- **рукавні фільтри** — для дрібнодисперсного пилу деревини;
- **вуглецеві фільтри** — для сорбції ЛОС і запахів;
- **HEPA-фільтри** — для досягнення високої чистоти повітря, особливо у фарбувальних камерах.

2. Підтримка оптимальної швидкості повітряних потоків

- Занадто низька швидкість призводить до накопичення пилу в повітроводах.
- Занадто висока - до підвищених енерговитрат і зносу обладнання.
- Оптимальним є автоматичне регулювання швидкості, що адаптується до поточних технологічних процесів.

Впровадження рекупераційних систем

Системи рекуперації тепла дають можливість суттєво знизити енерговитрати на опалення й вентиляцію. Це особливо актуально для великих меблевих підприємств, де загальний обсяг повітря, що видаляється, може сягати десятків тисяч кубометрів на годину.

Основні переваги:

- зменшення витрат енергії на 20–40%;
- стабілізація мікроклімату виробничих приміщень;
- зниження загального рівня викидів CO₂ через економію енергоресурсів.

Автоматизація та цифровий контроль

Сучасні меблеві підприємства переходять до використання систем “розумної вентиляції”, які самостійно аналізують параметри повітря та визначають необхідний режим роботи. До таких систем входять:

- датчики концентрації ЛОС, формальдегіду й пилу;
- інтеграція з системами енергоменеджменту;
- можливість дистанційного керування та аналізу даних.

Автоматизація дозволяє не лише підвищити екологічну безпеку, а й оптимізувати витрати.

Переваги оптимізації вентиляційних та фільтраційних систем

- Зниження концентрацій шкідливих речовин у виробничому повітрі.
- Поліпшення умов праці та зниження ризику професійних захворювань.
- Зменшення викидів у довкілля, що позитивно впливає на стан навколишніх територій.
- Підвищення енергоефективності підприємства.
- Відповідність сучасним екологічним стандартам та вимогам сертифікації.

4.4. Впровадження системи екологічного менеджменту ISO 14001 у меблевому виробництві

Впровадження системи екологічного менеджменту відповідно до стандарту **ISO 14001** стало одним із найбільш ефективних підходів до зниження негативного впливу меблевого виробництва на довкілля. Цей стандарт не лише встановлює вимоги до управління екологічними аспектами, але й формує культуру відповідального ставлення до ресурсів, викидів, відходів та енергоспоживання. Для меблевих підприємств, діяльність яких пов'язана з використанням деревини, ЛОС, клеїв, лаків і значних обсягів пилу, ISO 14001 є інструментом, що дозволяє працювати стабільно, безпечніше та конкурентоспроможніше.

Основні переваги впровадження ISO 14001 у меблевій промисловості

1. **Системний підхід до екологічних ризиків** Стандарт дозволяє виділити всі екологічні аспекти виробництва - від надходження сировини до утилізації відходів - і визначити дії, що мінімізують їхній вплив.

2. **Підвищення безпеки працівників та зменшення шкідливих факторів** Регулярний моніторинг якості повітря, стану вентиляційних систем, рівня ЛОС та пилу значно покращує умови праці та знижує ризики професійних захворювань.

3. **Зменшення обсягів викидів і відходів** Підприємства, які працюють за ISO 14001, впроваджують програми з мінімізації утворення відходів, використання низькоемісійних матеріалів та оптимізації енерговитрат.

4. **Підвищення репутації та конкурентоспроможності** Наявність сертифікованої системи екологічного менеджменту є вагомою перевагою на зовнішніх ринках та під час співпраці з партнерами, які прагнуть екологічно відповідального виробництва.

Ключові етапи впровадження ISO 14001 на меблевому підприємстві

1. Попередній екологічний аудит

Проводять оцінку:

- джерел утворення забруднень;
- ефективності вентиляції та очищення повітря;
- систем водовідведення;
- поводження з відходами;
- використання енергоносіїв;
- відповідності чинним екологічним нормам.

Результати аудиту формують основу для розробки екологічної політики підприємства.

2. Визначення екологічної політики та цілей

Підприємство визначає:

- екологічні пріоритети (наприклад, зменшення викидів ЛОС);
- конкретні та вимірювані цілі;
- відповідальних осіб і ресурси для виконання програми.

Цілі можуть включати перехід на альтернативні клеї, модернізацію систем вентиляції або зниження обсягів пилу на робочих місцях.

3. Розробка та впровадження процедур

СтANDARD вимагає створення документованих процедур, що регламентують:

- контроль викидів;
- управління відходами;
- навчання персоналу;
- аварійні дії;
- екологічний моніторинг;

- постійне вдосконалення.

У меблевому виробництві одним із ключових напрямів є чітке регламентування роботи з лакофарбовими матеріалами та системами аспірації.

4. Навчання персоналу

Працівників навчають:

- правильному поводженню з хімічними матеріалами;
- застосуванню PPE;
- мінімізації утворення відходів;
- діям у надзвичайних ситуаціях.

Рівень залученості персоналу є критичним фактором успішності ISO 14001.

5. Внутрішній аудит та сертифікація

Після впровадження процедур проводять внутрішні аудити, коригують недоліки, і лише після цього запрошують сертифікаційний орган для оцінки системи.

Практичні результати для меблевих підприємств

З підприємств, що впровадили ISO 14001, найчастіше фіксують такі позитивні зміни:

- зниження споживання енергії на 10–25% завдяки оптимізації вентиляції та освітлення;
- зменшення втрат сировини (деревини, лаків, клеїв) на 5–15%;
- скорочення викидів ЛОС на 20–40% після переходу на низькоемісійні матеріали;
- зменшення обсягів небезпечних відходів;
- підвищення рівня професійної безпеки та задоволеності персоналу.

Значення ISO 14001 у контексті сталого розвитку

Імплементація ISO 14001 у меблевому виробництві - це не лише формальне виконання екологічних норм, а стратегічний крок у напрямі сталого розвитку. Підприємства стають більш відповідальними, енергоефективними, прогнозованими в управлінні ризиками та привабливими для партнерів і клієнтів. В умовах глобальної конкуренції й зростаючих вимог до екологічності продукції, наявність системи екологічного менеджменту стає фактично стандартом для успішного функціонування галузі.

4.5. Рекомендації щодо зменшення обсягів відходів і підвищення ресурсоефективності

Зменшення кількості виробничих відходів у меблевій промисловості та раціональне використання ресурсів є ключовими аспектами екологічної модернізації підприємств. Оскільки процеси обробки деревини, виготовлення плитних матеріалів і нанесення покриттів супроводжуються значними втратами сировини, впровадження комплексних заходів із ресурсозбереження дає змогу не лише зменшити навантаження на довкілля, а й підвищити економічну ефективність виробництва.

Оптимізація використання деревини та плитних матеріалів

Одним із пріоритетних заходів є підвищення точності розкрою деревини й деревинно-плитних матеріалів шляхом використання сучасних систем комп'ютерного моделювання та автоматизованих програм розкроювання. Це дозволяє мінімізувати обрізки, знизити відсоток браку та збільшити вихід готової продукції з одиниці сировини. Крім того, важливим є контроль вологості й якісних показників деревини, що зменшує ймовірність деформацій, дефектів і повторної переробки.

Повторне використання та переробка відходів виробництва

Більшість відходів меблевого виробництва - тирса, стружка, обрізки ДСП та МДФ - можуть бути успішно утилізовані або використані повторно. Стружку та тирсу можливо застосовувати як вторинну сировину у виробництві паливних гранул (пелет), брикетів або композитних матеріалів. Обрізки плит доцільно використовувати для виготовлення дрібних елементів конструкцій, нестандартних деталей, підкладок та пакувальних матеріалів. Переробка таких відходів зменшує навантаження на полігони та дозволяє отримати додатковий економічний ефект.

Заміна одноразових матеріалів багаторазовими

У виробництві доцільно мінімізувати використання одноразових допоміжних засобів - абразивних матеріалів, пакувальних компонентів, витратних серветок та інших елементів. Перехід на багаторазові й довговічні матеріали (наприклад, металеві або тканинні фільтруючі вставки замість паперових, багаторазові пакувальні контейнери) сприяє зменшенню обсягів відходів і зниженню витрат на їх утилізацію.

Раціональне використання енергоресурсів

Енергетична ефективність є важливою складовою ресурсозбереження на меблевих підприємствах. Використання енергоощадного обладнання, модернізація систем освітлення, впровадження частотних перетворювачів на вентиляторних та насосних системах, а також оптимізація режимів роботи верстатів дають змогу суттєво скоротити енергоспоживання. Крім того, використання систем рекуперації тепла вентиляційних викидів дозволяє повторно використовувати тепло та знижувати навантаження на опалювальні системи.

Удосконалення логістики та планування виробництва

Раціональне планування виробничих процесів дозволяє уникнути простоїв, надлишкових запасів матеріалів та неефективного транспортування. Застосування методологій Lean та Just-in-Time сприяє оптимізації логістики, зменшенню втрат матеріалів і мінімізації надлишкових виробничих операцій. Оптимізація транспортування і зменшення кількості внутрішніх переміщень знижує витрати енергії та зменшує непрямі викиди CO₂.

Екологічний менеджмент персоналу

Важливою складовою ресурсоефективності є підвищення екологічної свідомості працівників. Проведення інструктажів, навчань і внутрішніх тренінгів стимулює персонал відповідальніше ставитися до матеріалів, зменшувати втрати, раціонально використовувати інструменти та уникати зайвого браку. Мотиваційні програми та система внутрішнього контролю допомагають підтримувати сталі екологічні практики.

Переваги реалізації ресурсоефективних заходів

Комплексна реалізація наведених рекомендацій забезпечує не лише екологічний ефект у вигляді зменшення кількості відходів і скорочення шкідливих впливів на довкілля, але й суттєві економічні переваги. Підприємства отримують можливість знизити витрати на сировину, енергію та утилізацію відходів, підвищити репутацію та конкурентоспроможність на ринку, а також забезпечити відповідність сучасним екологічним стандартам і регламентам.

РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Загальна характеристика умов праці на меблевому підприємстві

Охорона праці охоплює систему заходів, законодавчих актів, соціально-економічних, організаційно-технічних, гігієнічних, лікувально-профілактичних заходів, які направлені на збереження здоров'я та працездатності людини у під час праці.

Служба охорони праці на підприємстві проводить організаційну і технічну роботу щодо створення належних умов праці та для запобігання виробничого травматизму і професійних захворювань. Це здійснюється через проведення інструктажів та навчання робітників з питань безпеки, впровадження заходів та засобів з підвищення надійності і безпеки виробництва, встановлення причин нещасних випадків та їх усунення.

На підприємстві керуються законодавчою та нормативною базою, що встановлює єдиний порядок організації праці в державі: Закон України “Про охорону праці”, постанова Кабінету Міністрів України “Про порядок проведення атестації робочих місць за умовами праці”, інші положення та нормативи.

Характеристика факторів виробничого процесу та умов праці цеху

Умови праці цеху опорядження характеризується певним комплексом факторів, зокрема: стан технологічного процесу, обладнання, санітарно-гігієнічних умов, електробезпеки, пожежної безпеки.

Визначимо, які операції виконуватимуться вручну, виявимо потенційно небезпечні та шкідливі зони. Характеристика технологічного процесу за наявністю ручних операцій подана в таблиці 5.1.

З поданої таблиці видно, що деякі операції в цеху виконуються вручну, що в свою чергу зменшує продуктивність праці, збільшує ризик травматизму.

У табл. 5.2 подана характеристика технологічного процесу за небезпечними виробничими факторами.

Таблиця 5.1 Характеристика технологічного процесу по наявності ручних операцій

Назва цеху, дільниці	Назва робочого місця, де виконується операція вручну	Назва операцій, що використовуються вручну	Причини виконання операцій вручну
1	2	3	4
Складально-опоряджувальний цех, відділення опорядження	Підступні місця	Міжопераційні переміщення	Відсутність засобів механізації переміщення
	Кабіна пневмо-розпилення	Нанесення лакофарбового матеріалу	Особливості конструкції виробу і технологічного процесу виготовлення
	Робоче місце складання каркасу	Збирання каркасу стільців	Складність механізації процесу

Таблиця 5.2 Характеристика технологічного процесу по небезпечних виробничих факторах

Назва технологічного процесу	Небезпечний виробничий фактор	Клас приміщення по ступеню ураження електрострумом по ПУЕ
1	2	3
Складально-опоряджувальний цех, відділення опорядження	викиди летких компонентів лаку на операції нанесення і сушіння лакофарбового матеріалу	Середній ступінь електронебезпеки II-II-пожежобезпека
	підвищений рівень шуму ($\Delta L=5\dots 8$ дБА)	
	Необхідність ручних операцій	

З табл. 5.2. можна зробити висновок, що технологічний процес у даному цеху має ряд небезпечних виробничих факторів, проте в запроектованому цеху ці небезпеки зведені до мінімуму. Це практично не впливає на продуктивність праці працівників, ефективність виробництва і на безпеку робітників на підприємстві.

У табл. 5.3. подана характеристика технологічного процесу за шкідливими виробничими факторами.

Таблиця 5.3 Характеристика технологічного процесу за шкідливими виробничими факторами

Назва технологічного процесу	Метеорологічні умови						Забруднення повітря пилом, мг/м ³		Шум		Вібрація	
	температура, °С		відносна вологість, %		швидкість руху повітря, м/с		н	Ф	рівень звукового		рівень вібрації	
	н	Ф	н	Ф	н	ф			н	Ф	н	Ф
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Відділення опорядження	17-23	7-14- в холодний період; 20-25- в теплий період	75	79	0,3	0,6	6	19	80	90	65	75

Н - нормативне значення; Ф - фактичне значення;

Аналізуючи умови праці на ділянці опорядження переважна більшість робіт відноситься до другої категорії важкості – Пб, то ж нормативи прийняті відповідно для даної категорії важкості.

Як видно з табл. 5.4, в цеху санітарно-гігієнічні умови не відповідають нормативним: температура перевищує допустиму норму – в теплий період року і занадто низька температура в холодну пору року. Відносна вологість і швидкість руху повітря також перевищує норму. Більша концентрація парів ЛФМ в повітрі, шум і вібрація перевищують допустимі норми.

Освітлення на робочих місцях становить 90...120 лк, що є недостатнім для операції лакування заготовок (Е = 200 лк).

2.2. Заходи щодо покращення умов праці та екології виробництва

На основі проведеного аналізу стану охорони праці на підприємстві пропонується ряд заходів по покращенню умов праці робітників і екологічного стану.

З метою запобігання проникнення у повітря робочої зони шкідливих і вибухонебезпечних парів летких речовин і виникнення аварійних ситуацій при пневматичному розпилюванні лаків (фарб) необхідно :

- розпилювати лаки й фарби тільки в закритих або напівзакритих камерах;
- швидко й повністю вилучати лакову й фарбову мряку із зони її утворення;
- очищати повітря від шкідливих і вибухонебезпечних парів, що знаходяться в зоні лакування;
- обладнати камери розпилювання і вентиляційні системи обмежувальними та вогнеперепонними пристроями;
- обладнати камери автоматично-блокувальними пристроями, які б забезпечували припинення подавання лаку чи фарби при зупинці роботи вентиляційної установки;
- регулярно очищати kabіни, повітроходи, фільтри застосувавши для цього інструменту із кольорового метала;
- застосовувати камери та інше обладнання із негорючих матеріалів.

Найбільш прийнятними для пневматичного розпилювання в даний час є напівзакриті камери з робочими отворами, які оснащені витяжними вентиляційними установками, зблокованими з системою подавання лаку (фарби).

Надійне та безпечне очищення повітря від лакового порогу досягається в камерах з гідрофільтрами, що мають дві водяні завіси, які створюються форсунками діаметром не менше 4 мм при тиску 25...30мм.вод.ст. (рис. 3.).

Для того щоб не утворювалась шкідлива і вибухонебезпечна суміш в камерах, потрібно мати таку вентиляційну систему, яка забезпечувала б швидкість руху повітря через робочі отвори кабін в сторону витягування, більшу, ніж швидкість дифузії розчинників і розріджувачів в сторону цеху.

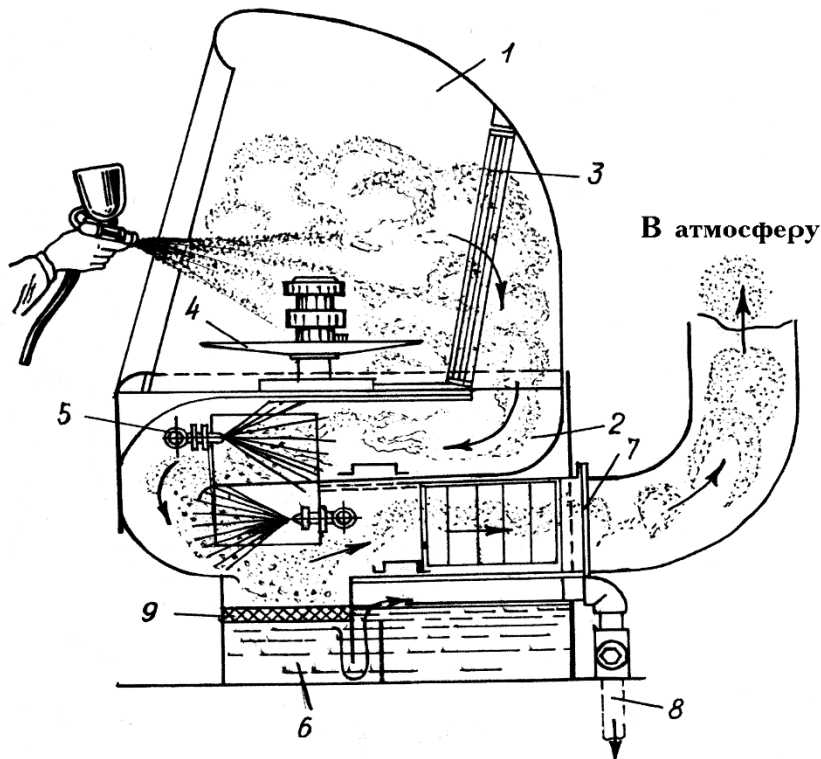


Рис.5.1 . Камера з гідрофільтрами для нанесення лаку пневматичним розпилюванням:

1 - корпус; 2 - коробка гідрофільтра; 3 - лаковловлювальна решітка; 4 - поворотний стіл; 5 - водорозпилювальні форсунки; 6-водяна пастка; 7 - водовідокремлювач; 8- зливна труба ; 9 - відстій лаку (фарби).

Запропоновані заходи заносимо у табл. 5.4.

Таблиця 5.4. План заходів щодо забезпечення умов праці

Зміст заходу	Мета впровадження
Встановлення камери для нанесення лаку з гідрофільтром	Зниження концентрації шкідливих речовин в робочій зоні
Ремонт системи місцевої аспірації	Зниження рівня запыленості в цеху
Встановлення водяної завіси в зоні нанесення лаку	Запобігання поширення шкідливих викидів в середовище робочої зони
Доукомплектування протипожежних щитів	Зниження рівня пожежної безпеки
Придбання двох порошкових вогнегасників	Зниження рівня пожежної безпеки

Впровадження саме цих заходів дозволяє покращити екологічний стан на підприємстві, знизити рівень шуму та вібрації, очистити атмосферне повітря від шкідливих домішок в повітрі, що в свою чергу призведе до зниження рівня захворюваності і зведе до мінімуму шкідливий вплив виробництва на навколишнє середовище.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У дослідженні було всебічно проаналізовано екологічні аспекти діяльності меблевих підприємств, їх вплив на довкілля, а також сучасні методи мінімізації негативних наслідків виробничих процесів. Проведений аналіз дає змогу сформуванню комплексного розуміння екологічних ризиків, характерних для меблевої промисловості, та окреслити шляхи їх ефективного подолання.

Під час роботи встановлено, що меблеве виробництво є джерелом низки небезпечних забруднювачів, серед яких ключове місце займають леткі органічні сполуки (ЛОС), формальдегід та деревинний пил. Ці речовини чинять значний вплив на стан атмосферного повітря, поверхневих і ґрунтових вод, а також становлять ризик для здоров'я працівників та населення прилеглих територій. Аналіз показав, що концентрації забруднювачів у багатьох випадках можуть наближатися або перевищувати нормативні показники, особливо у зонах активної обробки деревини та нанесення лакофарбових покриттів.

Вивчення територій, прилеглих до меблевих підприємств, дало змогу визначити тенденції до локального забруднення повітря та ґрунтів, що зумовлено не лише обсягами викидів, а й особливостями вентиляційних систем, умовами розсіювання та рельєфом місцевості. Проведене моделювання поширення шкідливих речовин підтверджує необхідність регулярного моніторингу та удосконалення заходів контролю на рівні підприємств.

На основі проведеної оцінки встановлено, що важливою умовою зменшення екологічних ризиків є системний підхід до управління відходами. Значна частина відходів меблевого виробництва - тирса, стружка, обрізки плитних матеріалів - може бути ефективно перероблена або використана

повторно, що сприяє зменшенню навантаження на довкілля та підвищенню ресурсоефективності.

У роботі обґрунтовано доцільність впровадження сучасних низькоемісійних технологій обробки деревини, використання екологічно безпечних лакофарбових матеріалів та альтернативних клеїв. Особливу увагу приділено оптимізації вентиляційних та фільтраційних систем, які забезпечують зниження концентрацій пилю та ЛОС у робочих приміщеннях і значно покращують умови праці.

Окремим напрямом удосконалення екологічної ефективності виробничих процесів визначено впровадження системи екологічного менеджменту відповідно до стандарту ISO 14001. Даний підхід дає змогу підприємствам систематизувати екологічну політику, підвищити прозорість та контроль виробництва, а також забезпечити відповідність міжнародним нормативам.

Запропоновані рекомендації щодо зменшення обсягів відходів та підвищення ресурсоефективності підтверджують, що комплексний підхід до модернізації меблевого виробництва може не лише зменшити негативний вплив на навколишнє середовище, а й підвищити економічну результативність підприємств. Раціональне використання сировини, енергії та матеріалів сприяє підвищенню конкурентоспроможності галузі та формуванню позитивного іміджу відповідального виробника.

Загалом результати дослідження свідчать, що екологічна трансформація меблевої промисловості є необхідною умовою її сталого розвитку. Поєднання сучасних технологій, ефективних систем контролю, екологічного менеджменту та ресурсозберігаючих рішень дозволяє забезпечити збалансований розвиток галузі, зменшити екологічні ризики та сприяти підвищенню рівня екологічної безпеки для працівників і населення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища». - Відомості Верховної Ради України.
2. Закон України «Про відходи». - Відомості Верховної Ради України.
3. Закон України «Про охорону атмосферного повітря». - Відомості Верховної Ради України.
4. Закон України «Про екологічну експертизу». - Відомості Верховної Ради України.
5. ДСТУ ISO 14001:2015. Системи екологічного управління. Вимоги та настанови щодо застосування.
6. ДСП 201-97. Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць.
7. ДСН 3.3.6.042-99. Державні санітарні норми виробничого пилу.
8. ДСП 9.2.5.158-2008. Гранично допустимі концентрації хімічних речовин у повітрі робочої зони.
9. Наказ МОЗ України №400 «Про затвердження ГДК хімічних речовин у повітрі робочої зони».
10. Методичні рекомендації з оцінки впливу промислових підприємств на довкілля. - Міненергодовкілля України.
11. Науково-практичний коментар до екологічного законодавства України / За ред. В.К. Поповича. - Київ: Юрінком, 2020.
12. Хмельова О.В. Екологічні аспекти діяльності деревообробних та меблевих підприємств. - Львів: ЛНАУ, 2021.
13. Мельник Л.Г. Екологічний менеджмент: підручник. - Суми: Університетська книга, 2018.

14. Коваленко І.Ю. Екологічні ризики промислового виробництва. - Київ: НАУ, 2020.
15. Черненко А.В. Моніторинг довкілля та методи контролю забруднень. - Харків: ХНУ ім. Каразіна, 2019.
16. Марченко П.М. Екологічна безпека у деревообробній галузі. - Тернопіль: ТНТУ, 2020.
17. Кучеренко Д.В. Технології очищення промислових викидів. - Київ: КПІ ім. І. Сікорського, 2021.
18. Науково-аналітичний звіт «Стан забруднення атмосферного повітря в Україні». - ДУ «ЦГО», 2023.
19. European Environment Agency (EEA). Industrial emissions and pollution data.
20. World Health Organization. Air quality guidelines for Europe.
21. ISO 16000-3:2011 Indoor air - Determination of formaldehyde and other carbonyl compounds.
22. Environmental Protection Agency (EPA). Wood Furniture Manufacturing Operations - Pollution Prevention Guidelines.
23. UNEP. Guidelines for Reducing Environmental Impact in Wood Processing Industries.
24. Brown, K., & Storey, S. Environmental Performance of Furniture Manufacturing. - Journal of Cleaner Production, 2020.
25. Hódöló, G., et al. VOC Emissions in Wood-Based Manufacturing: Environmental Impacts and Control Methods. - Environmental Engineering Review, 2021.

