

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Інститут енергозбереження та енергоменеджменту
Кафедра інженерної екології

«На правах рукопису»
УДК 502/504

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Ткачук К.К.

(підпис)

(ініціали, прізвище)

“ ” _____ 2018 р.

Магістерська дисертація

зі спеціальності _____ 101 «Екологія»
(код і назва спеціальності)

на тему: «Процеси деревообробки із зменшенням викидів формальдегідів у
атмосферне повітря»

Виконала: студентка VI курсу, групи ОЗ-71мп

Борисюк Ірина Миколаївна

(прізвище, ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

Науковий керівник д.т.н., проф. Ткачук К.К.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Рецензент к.т.н., доцент Козлов С.С.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації
немає запозичень з праць інших авторів
без відповідних посилань.

Студент _____

Київ – 2018 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Інститут енергозбереження та енергоменеджменту
Кафедра інженерної екології**

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-науковою програмою.

Спеціальність – 101 «Екологія»

Спеціалізація – Інженерна екологія та ресурсозбереження

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ К.К. Ткачук

«__» грудня 2018 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Борисюк Ірині Миколаївні

1. Тема проекту: «Процеси деревообробки із зменшенням викидів формальдегіду у атмосферне повітря»

Керівник проекту д.т.н., проф. Ткачук К.К.

затверджені наказом по університету № _____ від «__» _____ 2018р.

2. Строк подання студентом проекту _____

3. Об'єкт дослідження: установки для очищення атмосферного повітря при здійсненні виробничого процесу на деревообробному підприємстві.

4. Предметом дослідження є показники викидів шкідливих речовин (зокрема, формальдегідів) у атмосферне повітря у процесах деревообробки.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити: проаналізувати літературні джерела та зробити аналіз впливу формальдегідів на атмосферне повітря; зробити аналіз методів очистки повітря від викидів формальдегідів; розробити проект установки для зменшення викидів формальдегіду на деревообробному підприємстві.

6. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: 20 таблиць, 13 рисунків, 24 формули.

7. Орієнтовний перелік публікацій:

– I Науково-технічна конференція магістрантів ІЕЕ, 21-22 листопада 2018 року;

– Міжнародна наукова конференція «XXXVI Актуальні наукові дослідження у сучасному світі», 26-27 листопада 2018 року.

8. Консультанти розділів дисертації:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормоконтроль	Репін М. В.		

9. Дата видачі завдання

Календарний план

№	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1.	Затвердження теми магістерської дисертації науковим керівником		
2.	1-й розділ написання магістерської дисертації		
3.	2-й розділ написання магістерської дисертації		
4.	3-й розділ написання магістерської дисертації		
5.	4-й розділ написання магістерської дисертації		
6.	Строк подання магістерської дисертації на кафедру		
7.	Захист магістерської дисертації		

Студент

_____ (підпис)

Борисюк І.М.

(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

_____ (підпис)

Ткачук К. К.

(ініціали, прізвище)

РЕФЕРАТ

Обсяг пояснювальної записки до магістерської дисертації складає 67 сторінок. Він вміщує в себе вступ, чотири розділи та висновки.

Кількість ілюстрацій – 13, кількість таблиць – 20, кількість формул – 24, кількість джерел згідно з переліком посилань – 35.

Об'єктом дослідження є процес забруднення атмосферного повітря викидами формальдегіду.

Предметом дослідження виступають параметри та критерії, що застосовуються до визначення величини викидів забруднюючих речовин у атмосферне повітря.

Мета роботи: визначити шляхи вдосконалення існуючих систем очистки атмосферного повітря; зробити аналіз методів очистки повітря від викидів формальдегідів.

Результати дослідження – модернізовано методи очистки атмосферного повітря. вперше на деревообробному підприємстві запроваджено адсорбційно-адсорбційний метод очищення із спеціальною установкою.

Новизна полягає у виборі методу, який раніше застосовувався виключно на підприємствах хімічної промисловості і не використовувався на деревообробних підприємствах. Даний метод та обладнання для очищення повітря забезпечать зменшення викидів формальдегідів у атмосферне повітря на 25%.

Ключові слова: викиди, очищення повітря, формальдегід, формальдегідні смоли, деревообробка, деревостружкові плити.

ABSTRACT

The explanatory note to the master's thesis consist of 67 pages. It contains the introduction, four chapters and conclusions.

The number of illustrations - 13, 20 tables, 24 applications, 35 equations.

The object of research is the process of pollution of atmospheric air with emissions of formaldehyde.

The subject of the study is the parameters and criteria that apply to the amount of pollutant emissions into the atmosphere.

Purpose: to identify ways to improve existing air purification systems; to analyze the methods of air purification of formaldehyde emissions.

Results of the research is modernized methods of purification of atmospheric air. For the first time in the woodworking enterprise an adsorption-adsorption method of cleaning with a special installation was introduced.

Novelty is the choice of methods that were previously used exclusively in chemical industry enterprises and were not used in woodworking enterprises. This method and equipment for air purification will reduce the emission of formaldehyde into atmospheric air.

Keywords: emissions, air purification, formaldehyde, formaldehyde resins, woodworking, particle board.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ.....	8
ВСТУП	9
1 АНАЛІЗ ПРАКТИЧНИХ ТА НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ВПЛИВУ ВИКИДІВ ФОРМАЛЬДЕГІДІВ У АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ.....	11
1.1 Загальні відомості про формальдегід та його вплив на екосистему	11
1.2 Аналіз літературних джерел щодо оцінки впливу на навколишнє середовище та сфер застосування речовини формальдегіду	13
1.3 Аналіз літературних та наукових джерел щодо впливу формальдегіду на життєдіяльність людини.....	16
Висновки до розділу 1	20
2 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СПОСОБІВ, МЕТОДІВ ТА КРИТЕРІЇВ ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ	21
2.1 Аналіз технологічних процесів на деревообробному підприємстві.....	21
2.2 Аналіз забруднюючих речовин деревообробного підприємства.....	26
2.3 Аналіз критеріїв та методів регулювання якості атмосферного повітря	29
Висновки до розділу 2	35
3 МЕТОДИ ЗМЕНШЕННЯ ВИКИДІВ ФОРМАЛЬДЕГІДІВ У АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ.....	37
3.1 Загальна характеристика методів очищення повітря від газоподібних викидів.....	37
3.2 Аналіз пристроїв для очищення повітря на деревообробному підприємстві.....	41
3.3 Методи зменшення викидів формальдегіду у атмосферне повітря.....	46
Висновки до розділу 3	50
4 СТАРТАП – ПРОЕКТ «РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ЗМЕНШЕННЯ ВИКИДІВ ФОРМАЛЬДЕГІДІВ У АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ ПРИ ДЕРЕВООБРОБЦІ» ..	52
4.1 Опис ідеї стартап - проекту.....	52

4.2 Технологічний аудит ідеї проекту.....	53
4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту.....	54
4.4 SWOT – аналіз стартап проекту	57
4.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту.....	58
4.6 Еколого-економічна оцінка ефективності впровадження установки	59
Висновки до розділу 4	63
ВИСНОВКИ.....	64
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	65

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ

ГДВ – гранично допустимий викид;

ГДК – гранично допустима концентрація;

ГДС – гранично допустимий скид;

ДВП – деревоволокнисті плити;

ДСП – деревостружкові плити;

ІЗА – індекс забрудненості атмосфери.

НПС – навколишнє природне середовище;

ОС – очисні споруди;

СЗЗ – санітарно – захисна зона;

ФС – фільтрувальна станція;

ВСТУП

Актуальність теми. В останні роки деревообробна промисловість набула розвитку, а її продукти є затребуваними. Варто зазначити, що продукт, який доходить до споживача рівноцінно залежить і від сировини і від технології та умов виготовлення.

Виробничі процеси на деревообробному підприємстві мають багато етапів, але найбільш негативно на навколишнє середовище впливають такі: виробництво деревостружкових плит (зокрема, ДСП), цехи з виробництва клеєної фанери, приготування робочих розчинів смоли та затверджувачів. Вміст формальдегіду у клеєвих сумішах становить 0,3 – 1,2 мг/м³ (при нормі ГДК 0,5мг/м³). Через такі перевищення норм виникає питання про зменшення викидів, і відповідно, шкідливого впливу формальдегіду на атмосферне повітря у виробничих приміщеннях, повітря на території санітарно-захисних зон, та шкідливого впливу на життєдіяльність людини.

Отже, аналіз шляхів вдосконалення існуючих систем для очищення повітря із подальшим зменшенням викидів формальдегідів є актуальною науково-практичною задачею.

Робота над магістерською дисертацією проводилася у Інституті енергозбереження та енергоменеджменту згідно із планом науково-дослідних робіт Міністерства освіти і науки України.

Об'єкт дослідження: процес забруднення атмосферного повітря викидами формальдегіду.

Предмет дослідження: параметри та критерії, що застосовуються до визначення величини викидів забруднюючих речовин у атмосферне повітря.

Мета роботи: визначити шляхи вдосконалення існуючих систем очистки атмосферного повітря від викидів формальдегіду.

Задачі дослідження:

- проаналізувати літературні джерела і зробити аналіз впливу формальдегідів на атмосферне повітря;

- робити аналіз методів очистки повітря від викидів формальдегідів;
- розробити проект установки для зменшення викидів формальдегідів у атмосферне повітря.

Наукова цінність дослідження полягає у тому, що:

- виконали аналіз викидів формальдегіду на деревообробних підприємствах, що експлуатуються (за зразок було взято підприємство «Kronospan UA», що знаходиться у м. Нововолинськ, Волинська обл.);
- систематизували критерії, що застосовуються до величини викидів забруднюючих речовин у атмосферне повітря.

Практична значимість результатів роботи: розроблено рекомендації щодо зменшення викидів формальдегідів на деревообробному підприємстві, зокрема, запропоновано метод та схему установки, обґрунтовано доцільність їх використання.

Публікації за темою дослідження:

- 1) I Науково-технічна конференція магістрантів ІЕЕ, 21-22 листопада 2018 року;
- 2) Міжнародна наукова конференція «XXXVI Актуальні наукові дослідження у сучасному світі», 26-27 листопада 2018 року.

1 АНАЛІЗ ПРАКТИЧНИХ ТА НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ВПЛИВУ ВИКИДІВ ФОРМАЛЬДЕГІДІВ У АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ

1.1 Загальні відомості про формальдегід та його вплив на екосистему

Формальдегід (інші назви – мурашиний альдегід, або метаналь) - прозорий газ, що має їдкий, задушливий, різкий запах [1]. Газ може викликати сльозотечу. Речовина добре розчиняється у воді, спиртах та інших полярних розчинниках. Більш детальна інформація представлена у табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Хімічні характеристики формальдегіду

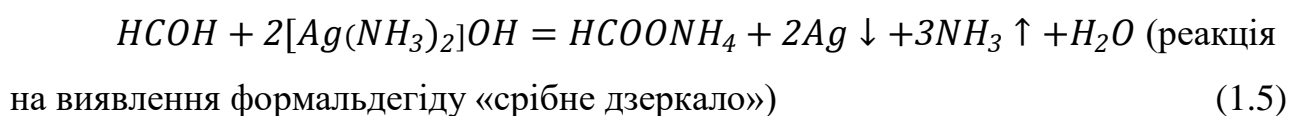
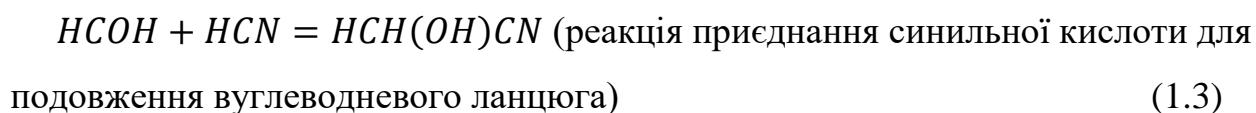
Хімічна формула	H ₂ CO
Відносна молекулярна маса, г/моль	30,03
Температура кипіння, °C	- 21
Відносна щільність d ²⁰ ₄	0,815 ⁻²⁰
Температура самозагорання, °C	430
Температура зблиску, °C	90
Нижня межа поширення вогню:	7%
Верхня межа поширення вогню:	73%

Із застосуванням формальдегіду виготовляються фєро – формальдегідні, феноло-формальдегідні та сечовино-формальдегідні смоли, барвники, вибухові речовини. Основним компонентом є формалін, який робить формальдегід нерозчинним у воді та не дозволяє поширюватися процесам гниття. З цією метою його застосовують для знищення личинок шкідників (сільське господарство та промисловість), а також як засіб дезінфекції приладів та/або приміщень [2].

У медикаментах та косметичних засобах допустимий вміст формальдегіду – до 0,5%.

Щодо деревообробної промисловості, то формальдегід міститься у ДСП плитах у складі формальдегідних смол (у якості клеїв) [3].

Формальдегід має високу хімічну активність. Як приклад, розглянемо наступні хімічні реакції:



Не зважаючи на широкий спектр застосування, формальдегід належить до 2 класу небезпечності і відноситься до канцерогенів. Навіть низькі концентрації негативно впливають на здоров'я людини, особливо на ЦНС, дихальні шляхи, шкіру, репродуктивні органи, а 15-45 грамів розчину формальдегіду із концентрацією 35% є смертельними. В основному формальдегід потрапляє до організму людини інгаляційним шляхом, а додатковим джерелом потрапляння є вдихання сигаретного диму.

Саме тому показник концентрації даної речовини потрібно постійно контролювати, особливо у робочій зоні. Загальна гранично допустима концентрація становить 0,5 мг/м³, середньодобова – 0,003 мг/м³, максимальна разова концентрація – 0,035 мг/м³.

1.2 Аналіз літературних джерел щодо оцінки впливу на навколишнє середовище та сфер застосування речовини формальдегіду

Над дослідженнями щодо оцінки впливу та сфер застосування формальдегіду працювало чимало науковців різного спрямування. Значна частина досліджень та праць присвячена безпосередньо впливу речовини на живі організми та на життєдіяльність людини.

Дані про те, що ж саме являє собою речовина формальдегід та її основні властивості наведені у працях Крюкової К.А., Горячевої В.Н. [1], Казніної Н.І., Дмитрієва М.Т. [2], Золотова Ю.А. У роботах не лише розглянуто історію відкриття речовини, формули, типові реакції на виявлення, але і сучасні способи його отримання, а саме:

1) *реакцією відновлення окису вуглеводу* (синтез метанолу та оксиду вуглеводу та гідрогену під тиском проходить через стадію отримання формальдегіду, який в свою чергу перетворюється на метанол за реакцією Канніцарро або через гідрогенізацію);

2) *виробництво формальдегіду з вуглеводневих газів* (регульована реакція окиснення вуглеводню киснем. В результаті різкого охолодження газів, що реагують, реакція примусово зупиняється, а її продукти конденсуються. Задля виділення формальдегіду отриманий розчин підлягає очищенню);

3) *виробництво формальдегіду з метанолу та інші, менш поширені методи* [4].

У промисловому плані увага до формальдегіду зросла у 20-30-х роках минулого століття, адже на його основі можна отримувати полімери і смоли. Структурна формула однієї із смол (фенол-формальдегідної) наведена на рисунку 1.1.

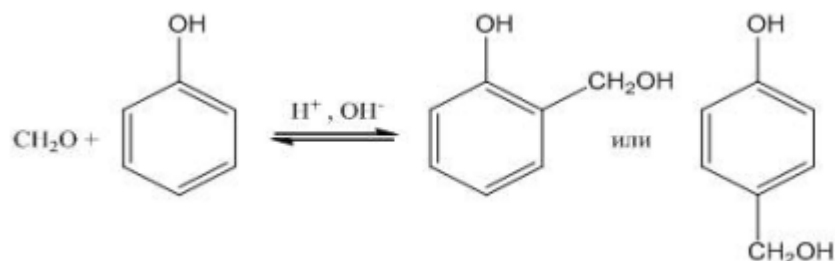


Рисунок 1.1 – Структурна формула фенол-формальдегідної смоли

Формальдегід застосовується у виробництві пластмас, виготовленні фанери, пресованої деревини і клею. Він може виділятися в атмосферу і при експлуатації шаф, килимів і меблів з ДСП. Вміст феноло-формальдегідної смоли у цих речовинах складає 6-18 % маси, що здешевлює вартість готового виробу, але збільшує рівень формальдегіду в повітрі [5].

Реакції для якісного визначення вмісту формальдегіду:

- реакція з морфіном/кодеїном;
- реакція з хромотроповою кислотою;
- реакція з фуксिनосірчаною кислотою;
- реакція «срібного дзеркала» (рівняння реакції наведено вище) [1].

За даними роботи Ніколаєва А.Ф., при поліконденсації формальдегіду із сечовиною утворюється сечовино-формальдегідна смола. Ця речовина нерозчинна у більшій частині розчинників органічного походження і застосовується для отримання мінеральної вати, клеїв, шаруватого пластику. [5].

Комарова С.І. стверджує, що концентрації формальдегіду мають сезонний характер. Середньомісячні концентрації формальдегіду в атмосферному повітрі влітку можуть досягати 5,6 ГДК, а взимку – 3,2 ГДК. Максимальні концентрації фіксувались при слабкому вітрі або штилі. Загалом на концентрацію впливають і інші кліматичні чинники, такі як: температура повітря та опади (причому тверді опади більшою мірою сприяють «вимиванню» формальдегіду, оскільки мають більшу сорбуючу поверхню). Ріст концентрації формальдегіду згубно впливає на навколишнє середовище, оскільки навіть незначне перевищення руйнує

організми на клітинному рівні шляхом пригнічення цитоплазматичного та ядерного синтезу [8].

Щодо безпосередніх шляхів потрапляння формальдегіду у атмосферне повітря, можна виділити: стаціонарні джерела (підприємства), пересувні джерела (автотранспорт) та, безпосередньо, фотохімічні атмосферні процеси. Зокрема, серед пересувних джерел найбільше формальдегіду потрапляє у атмосферне повітря із вихлопними газами автомобілів, які у яких основним джерелом палива є газ ($0,177 \text{ мг/м}^3$) [2].

На стаціонарних джерелах, зокрема, деревообробних підприємствах, основними джерелами викиду шкідливих речовин є сушильні, фанерні та опоряджувальні цехи, клеїльно-облицювальні виробництва ДСП (деревостружкових) та ДВП (деревоволокнистих) плит. Синтетичні смоли, які застосовують у пресовому відділенні деревообробного цеху, виділяють формальдегіду від $0,3$ до $0,4 \text{ мг/м}^3$, а під час виробництва плівок для фанери – $0,3-1,2 \text{ мг/м}^3$. Варто зазначити, що виділяються і інші речовини: бензол, ацетон, ксилол, стирол, дрібнодисперсний деревний та лакофарбовий пил [11].

Основними джерелами виділення на деревообробному підприємстві забрудників атмосферного повітря є:

- обладнання гарячого спресовування;
- сушильні цехи;
- цехи ретрифікації;
- котельні.

Забруднюючі речовин можуть також надходити в атмосферу з вихлопами циклонів, вентиляторів, вихлоп рукавних фільтрів, димових та вентиляційних труб. Частково ці викиди мають неорганізований характер [12].

1.3 Аналіз літературних та наукових джерел щодо впливу формальдегіду на життєдіяльність людини

Формальдегід досить широко поширений у навколишньому середовищі, відповідно, охоплює багато сфер життєдіяльності людини і впливає на них. Найбільш поширені галузі використання: анатомія (консервація тканин, органів), косметологія (продукти для догляду та побутова хімія), харчова промисловість (консервант E260), шкіряна та деревообробна промисловість [14].

У всіх цих сферах формальдегід використовується у дуже малих дозах, і не концентрований, оскільки він є токсичним.

Вплив речовини на організм людини досліджували Дорогова В.Б. та Тараненко Н.А. Виявили, що у повітря житлових приміщень вона потрапляє з меблів (деревостружкових плит), полімерних та будівельних матеріалів, фанери, OSB-плит (використовуються як матеріал для утеплення), ламінату, укосів та плінтусів (виготовлені в більшості із МДФ). Мають місце серед джерел забруднення тютюновий дим та випаровування від каміну [4].

У роботі Михайлової Г.М., Гілевич Ю.В. представлено дослідження з вимірювання вмісту формальдегіду у домашньому текстилі. Використання речовини саме в цій галузі має на меті одержання необхідного забарвлення, формостійкості, забезпечення гідрофобності тканин. При цьому формальдегід перебуває у хімічно зв'язаній формі, але може вивільнитися і так потрапляти до організму [4]. У дитячих подушках та ковдрах рівень формальдегіду не повинен перевищувати 20 мкг/г, а у текстилю для дорослих – не більше 75 мкг/г. Показники вмісту вільного формальдегіду для домашнього текстилю наведені у табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Фактичний вміст вільного формальдегіду для домашнього текстилю

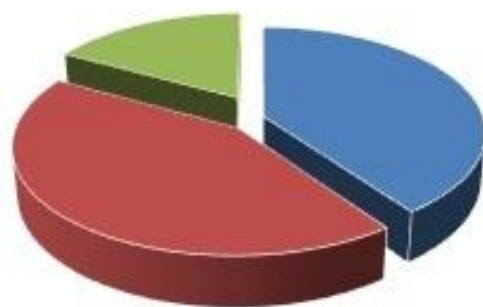
Найменування волокна	Вміст формальдегіду, мкг/г
Евкалиптове волокно	6,0
Поліефір	6,1
Верблюжа вовна	6,4
Кашемір	6,8
Бавовна	7,3
Шовк	7,5
Овеча вовна	9,4
Бамбук	16,2

За невеликих об'ємів повітря, у закритих приміщеннях навіть низькі концентрації речовини впливають на самопочуття.

Формальдегід дає виражену токсичну дію на організм, подразнює слизові оболонки, може викликати головний біль та нудоту. Поріг подразнюючої дії на верхні дихальні шляхи становить $2,4 \text{ мг/м}^3$ [4].

За Мелехіною В.П., крайня межа виявлення людиною запаху формальдегіду коливається в межах $0,07 - 0,11 \text{ мг/м}^3$, тоді як у дослідях Фельдман Ю.Г. вона становила $0,073 - 0,09 \text{ мг/м}^3$, а за даними Бонашевської Т.І. - $0,08 \text{ мг/м}^3$.

У статті Нагорного В.А. відзначено, що “детоксикація формальдегіду полягає в окисленні. Під час роботи на відкритій місцевості із концентрацією формальдегіду 1 мг/м^3 , вміст його в організмі людини становив 10 мг/дм^3 ” [27]. Як саме формальдегід виводиться із організму показано на рис. 1.2.



- Через легені
- Відкладається у тканинах організму
- Із сечею

Рисунок 1.2 – Шляхи виведення формальдегіду з організму

Аналіз рівня забруднення атмосферного повітря показав, що атмосферне повітря в містах забруднено багатьма речовинами. Основні забрудники та їх вміст у повітрі наведено у табл. 1.3 [8].

Таблиця 1.3 – Основні забрудники атмосферного повітря

Забруднююча речовина	Вміст у повітрі, %
Формальдегід	41,1 – 53,7
Зважені речовини	15,1 – 26,9
Сірководень	13,2 – 20,5
Діоксид азоту	9,3 – 14,1

Люди, які на виробництві контактують з високими концентраціями речовини впродовж 10 років мають високу ймовірність до виникнення мієломи, мієлолейкозу та лімфоми Ходжкіна, адже формальдегід уражає організм на клітинному рівні. Разом з тим, наслідки отруєння парами речовини проходять самотійно через певний час після усунення джерела забруднення [9].

Для того, щоб зменшити шкідливий вплив формальдегіду у побуті, можна перевірити вміст формальдегіду в меблях у технічній документації. За українськими стандартами виділяють три класи небезпечності: клас E1 - вміст не більше 10 мг на 100 г плити, E2 - 30 мг, E3 - 60 мг. Європейські стандарти більш жорсткі: клас E1 - не більше 8 мг, E2 = 8-15 мг. Чим безпечніші меблі, тим більшу вартість вони мають [7].

Додатково рекомендується провітрювати приміщення, у якому є нові меблі, або ж установити очищувач повітря для нейтралізації парів вільного формальдегіду, що виділяється. Меблі, виготовлені із ДСП та МДФ не варто встановлювати поблизу джерел виділення тепла (конвектори, обігрівачі, пряме сонячне випромінювання).

Також у літературних джерелах наведені рекомендації, яких слід дотримуватися для захисту працюючих осіб на деревообробних підприємствах. До них відносяться наступні пункти:

- перевіряти системи вентиляції, очищення та кондиціонування атмосферного повітря, системи опалення та конвекторні системи;
- контролювати вміст шкідливих речовин та завислих частинок у робочих приміщеннях, заміряти їх перед початком кожної зміни;
- забезпечити працівників засобами індивідуального захисту, від викидів в атмосферу та шумових забруднень, контролювати зовнішній вигляд та функціонал цих засобів;
- ввести обов'язковим медичний огляд працівників двічі на рік та перед початком роботи на підприємстві;
- забезпечити герметичність виробничого обладнання, локалізувати викиди шкідливих речовин за допомогою створення аспіраційного укриття та установки вентиляційних систем місцевого значення (окремо на кожен виробничий цех);
- автоматизувати частину виробничих процесів і забезпечити можливість дистанційного керування ними із безпечних зон із мінімальним вмістом шкідливих речовин;
- ввести (за можливості та необхідності) в експлуатацію замкнуті технологічні цикли, способи переробки пиломатеріалів із використанням «мокрих» установок для очищення повітря, неперервні технологічні процеси;
- у виробничих процесах замінити шкідливі речовини менш шкідливими.

Висновки до розділу 1

З літературних джерел визначено основні характеристики формальдегіду, методи його виявлення, реакції на якісне визначення та гранично – допустимі концентрації.

Дослідження показують, що речовина присутня в атмосферному повітрі майже постійно і вплив її на навколишнє середовище і людину зумовлений концентрацією. Всі джерела виділення формальдегіду поділяються на стаціонарні джерела (підприємства), пересувні (автотранспорт) та, безпосередньо, фотохімічні атмосферні процеси. Вищезгадані джерела демонструють норми ГДК і фактичні концентрації шкідливих речовин, зокрема, формальдегіду, від кожної групи джерел викидів.

Формальдегід належить до 2 класу небезпечності, є токсичною та канцерогенною речовиною, а отже може викликати різні захворювання: алергічні реакції, подразнення слизових оболонок та інші.

У розглянутих джерелах надані рекомендації для зменшення шкідливого впливу формальдегіду у побуті:

- перевірити вміст формальдегіду в меблях у технічній документації. (класи небезпечності речовини: клас E1 - вміст не більше 10 мг на 100 г плити, E2 - 30 мг, E3 - 60 мг);
- провітрювати приміщення, у якому є нові меблі, та не встановлювати меблі із ДСП та МДФ плит поблизу джерел виділення тепла.

Також надано рекомендації щодо захисту працівників, які безпосередньо беруть участь у виробничих процесах.

2 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СПОСОБІВ, МЕТОДІВ ТА КРИТЕРІЇВ ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

2.1 Аналіз технологічних процесів на деревообробному підприємстві

Виробничий процес на деревообробному підприємстві проходить у декілька етапів. До нього відноситься безпосередньо механічна обробка деревини (процеси розрізання, пресування, складання), гідротермічна обробка (сушіння), склеювання, тощо. Тобто і фізичні і хімічні процеси відіграють однаково важливу роль.

Основні стадії технологічного процесу деревообробного виробництва наведені на рис. 2.1.

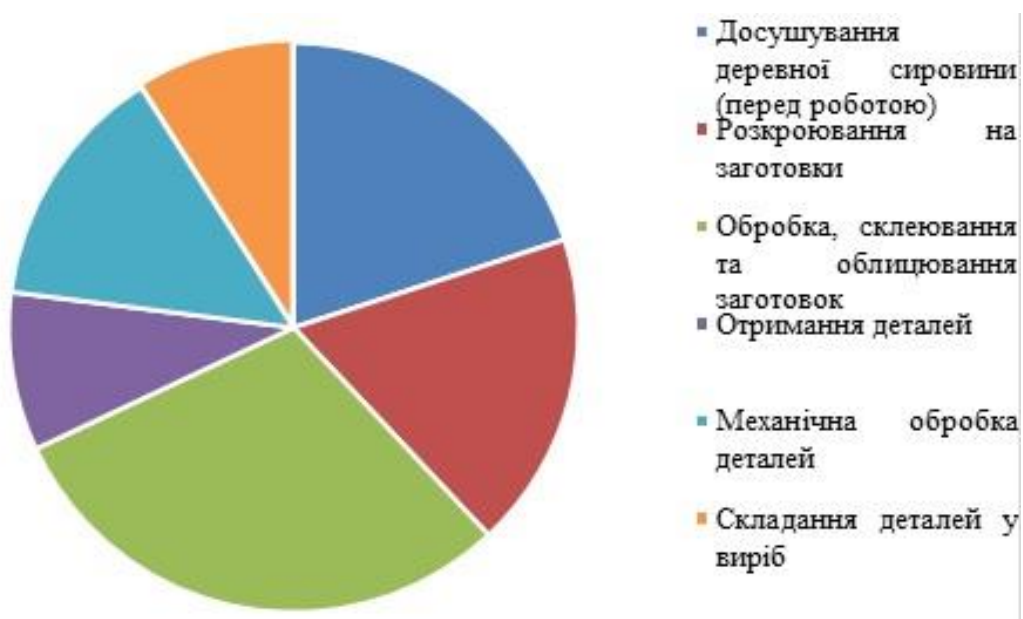


Рисунок 2.1 – Стадії технологічного процесу деревообробного виробництва

Основою будь-якого виробництва є сировина. На деревообробних підприємствах – це кругляк дерева, який може закуповуватися у державних структурах, що спеціалізуються на реалізації деревини. Та переважно головним постачальником виступають місцеві лісові господарства. Сировина заготовлюється та перевозиться на територію підприємства лісовозами

переважно у нічний час (коли мінімально завантажена дорога), помісячно або двічі на місяць [26].

Сировину розвантажують та переправляють на склади для зберігання та подальшого використання за допомогою крана-балки. Далі, зі складів – на розпилування. Горизонтальний (поздовжній) розріз кругляка деревини виконується на стрічкових пилорамах. Після цього розпилена сировина потрапляє на вертикальну пилораму. Слід зазначити, що під час підготовки сировини для подальшої обробки у столярному цеху вертикальна пилорама не застосовується.

Деревина, яка щойно потрапила на склад є недостатньо сухою, щоб можна було працювати з нею, тому кругляк попередньо піддається просушуванню у спеціальних сушарках, аби забрати зайву вологу і разом з тим, покращити його властивості

Деревні матеріали, доведені до необхідних розмірів потрапляють у сушильну камеру на піддонах за допомогою автотранспорту. Час просушування деревини є різним і залежить не тільки від відсотку вологості але і від її типу та характеристик.

Виробничі процеси на деревообробному підприємстві мають ряд особливостей:

- відносно велика довжина комунікацій та технологічних мас;
- відмінності видів обробки, які розміщуються в межах одного підприємства (машинна, гідротермічна, п'єзотермічна, фізико-хімічна, хімічна обробка, тощо);
- масштабність виробництва та його масовість, що включає в себе різноманіття типів та розмірів деталей, які одночасно беруть участь у виробничому процесі;
- велика кількість суміжних технологічних процесів;
- щораз інша тривалість однакових за технологією процесів та операцій [25].

Крім того, певні особливості має і технологічне обладнання, яке застосовується на деревообробному підприємстві:

- переважають верстати загального призначення.
- процеси деревообробки мають не постійний, а циклічний характер: подача деревини відбувається при швидкості 200 м/хв., а швидкість її порізки – 200 м/с.

3. Обладнання містить важкі характеристики умов роботи [15]:

- 1) Значний діапазон зміни сили порізки.
- 2) Відносно велика запиленість, амплітуда температури та вологість.
- 3) Технічне обслуговування має відносно низький рівень.

Крім того, є інші процеси, які включають в себе роботу з деревною стружкою (її виготовлення, сушіння, сортування та дозування), приготування робочих розчинів смол та затверджувачів (для деревостружкових плит та ламінату), виготовлення плитних матеріалів, їх шліфування та розкрювання.

Меблі із деревостружкових плит набули значного поширення серед споживачів в останні роки. Серед деревостружкових плит виділяють такі види:

- плити МДФ (рис. 2.2) – деревоволокниста плита середньої щільності, виготовлена із сухого волокна деревини, обробленого парафіном і спресована під дією високої температури. Під час спресовування із деревних волокон виділяється природний полімер лігнін. Поєднуючись із целюлозою, він забезпечує щільність і особливу «деревну» структуру готової плити, а також виступає міцним і безпечним природним зв'язуючим елементом. До переваг такої плити відносимо і її вологостійкість та несприйнятливість до появи різного виду грибків та шкідливих мікроорганізмів. Варто зазначити, що у різних породах дерев різна концентрація лігніну: у листяних – 20-30%, а у хвойних – 30-50%. Після виготовлення плити МДФ, її поверхню покривають шпоною або ламінують;



Рисунок 2.2 – Зображення деревоволокнистої плити середньої щільності

– плити ДСП (рис. 2.3) – деревостружкові плити, виготовлені із залишків деревообробки: стружки, тирси, різних обрізків. Крупно-дисперсну стружку, яка утворюється з відходів деревообробного процесу, піддають гарячому спресуванню, до утвореної маси вводять синтетичні термоактивні смоли та антисептичні гідрофобні та інші добавки [14]. Готова плита ДСП є міцною та має відносну довговічність саме завдяки смолам та домішкам.



Рисунок 2.3 – Деревостружкова плита середньої товщини

Плита ДСП є достатньо вологостійкою – при повному зануренні у воду відсоток деформації складав всього 30% (навіть якщо плита не була просякнута спеціальними гідрофобними речовинами). Також доведено, що плита майже не деформується, навіть у приміщенні із вологістю повітря 45-50 % (для порівняння,

вироби з дерева мають наочно помітну деформацію при таких же умовах). До амплітуди температур деревостружкова плита теж є стійкою. Більше того, має добрі зовнішні ознаки, відносно невисоку вартість та описані вище переваги у експлуатації, а отже, є висока вірогідність, що споживач при покупці віддасть перевагу саме виробам з ДСП;

– плити OSB (рис. 2.4) – орієнтовано-стружкова плита, виготовлена із крупної стружки хвойних порід. Наочно плита вирізняється серед інших видів, адже має три відмінних між собою шари [16]. У двох зовнішніх шарах деревна стружка розміщена поздовжньо, внутрішній шар має поперечне розміщення. Кожен із трьох нашарувань проклеюється смолами із гідрофобними домішками і спресовується під високим тиском та температурою. Таким чином, плита OSB стає водостійкою, пружною і стійкою до розтягувань та будівельного навантаження міцністю навіть від 650 до 720 кг/м³. Такі деревні плити вважаються найбільш прогресивним продуктом деревообробки, адже технологія їх виробництва дозволяє отримувати не просто дуже міцний і вологостійкий матеріал, а ще й екологічний продукт.



Рисунок 2.4 – Орієнтовано-стружкова плита середньої щільності

Найбільш небезпечним є виробництво деревостружкових (ДСП) плит, через те, що воно вміщає в себе виділення в атмосферне повітря формальдегідів із сечовино-формальдегідних смол під час просушування деревини.

2.2 Аналіз забруднюючих речовин деревообробного підприємства

На деревообробному підприємстві основними джерелами забруднення виступають сушарні цехи, цехи з виготовлення фанери, котельні, цехи виробництва деревостружкових плит, ДВП, деревощаруватого пластику, деревного борошна та стружки, автотранспортні засоби, тощо (табл. 2.1). На ступінь забруднення атмосферного повітря впливає кількість виробничого дрібнодисперсного деревного пилю, парів газоподібних речовин, що виділяються, їх концентрація (безпосередньо у цехах та на території санітарно-захисної зони) та методи очищення повітря від речовин, що виділяються та викидаються в атмосферу. Заміри гранично-допустимих концентрацій та досліджень підтверджують факт, що концентрацій шкідливих речовин подекуди перевищує допустимі норми. Здебільшого причиною цього є недосконалість конструкцій очисного обладнання, застосування застарілих, або ж повна відсутність фільтрів у системах вентиляції, заміна більш екологічних способів очистки більш дешевими.

В результаті роботи підприємства в атмосферу викидаються:

- деревний пил;
- зважені частинки (сажа);
- оксиди вуглецю;
- діоксид азоту;
- формальдегіди [16].

Крім цих речовин у атмосферне повітря також можуть виділятися і інші речовини: пари бутилацетату, бензолу, стиролу, ацетону (процеси нанесення лакофарбових матеріалів та ламінування). Їх концентрація може бути різною, але, згідно досліджень, показники гранично-допустимих концентрацій не перевищує. Найбільше викидів на деревообробному підприємстві провокують котельні: діоксид азоту, оксид вуглецю, зола сланцева, ангідрид сірчистий, діоксид вуглецю, тощо.

Чинники, які загалом впливають на кількість викидів шкідливих речовин на деревообробному виробництві показано на рис. 2.5.

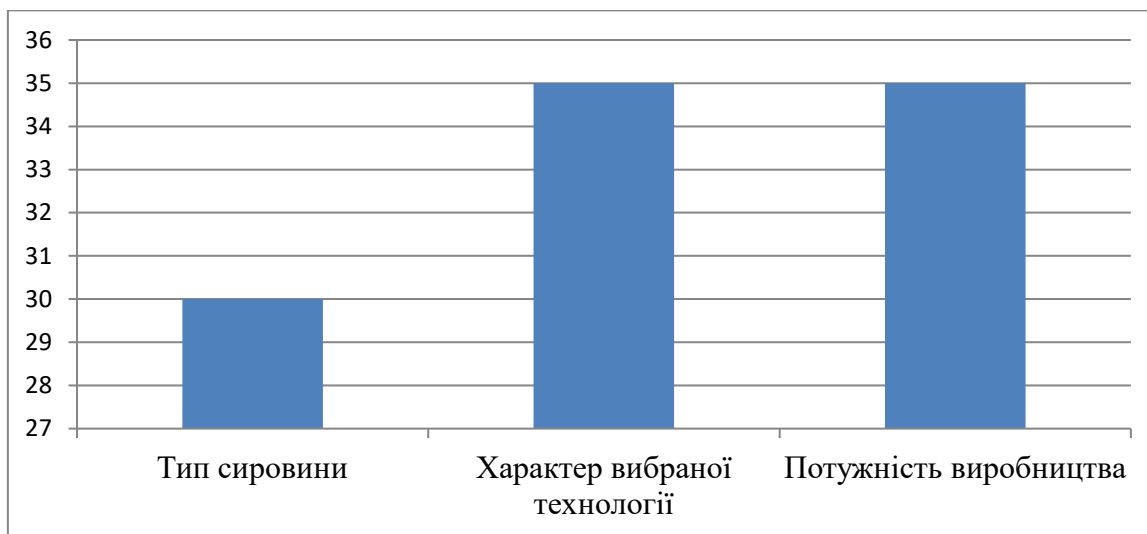


Рисунок 2.5 – Чинники, що впливають на інтенсивність викиду шкідливих речовин

Забруднюючі речовини можуть викидатися із різних стаціонарних або пересувних джерел, наприклад, димові труби, системи вентиляції, труби сушарок, тощо. У таблиці 2.1 показано основні забруднюючі речовини, основні цехи, де вони викидаються [28].

Таблиця 2.1 – Цехи деревообробного підприємства та основні забруднюючі речовини

Вид процесу	Забруднююча речовина
Деревообробне виробництво	
Механічна обробка деревини (розпил, різання, дробіння)	Дрібнодисперсний деревний пил
Виробництво меблів	
Механічна обробка плитних матеріалів (розкрій, фрезерування, свердління)	Неорганічний пил із вмістом двоокису кремнію до 70%; Зважені частинки

Продовження таблиці 2.1

Вид процесу	Забруднююча речовина
Процеси сушіння, нанесення лакофарбових матеріалів	Пари ацетону Формальдегід Бутилацетат
Виробництво ДСП, ДВП та клеєної фанери	
Просочування стружки смолами Гаряче пресування Сушіння виробів	Формальдегід Феноли Пари аміаку Етанол
Механічна обробка (шліфування готових плит та розкрій)	Неорганічний пил Дрібнодисперсний деревний пил Зважені частинки

Аналіз викидів (т/рік) газоподібних забрудників у атмосферу для підприємства із середніми потужностями виробництва приведено у табл. 2.2 [29].

Таблиця 2.2 – Викиди забруднюючих речовин у атмосферне повітря

Код речовини	Найменування	Клас небезпечності	ГДК, мг/м³	Викиди, т/рік
1325	Формальдегід	2	0,05	14,11845
301	Діоксид азоту	3	0,2	99,79075
337	Оксид вуглецю	4	5	127,0068
410	Метан	-	50	4,367854
1071	Феноли	2	0,01	0,262861
1213	Вінілацетат	3	0,15	0,42
2902	Зважені речовини	3	0,5	204,0798
333	Сірководень	2	0,008	0,000042
-	Оксид азоту	-	-	3,4551
328	Сажа	3	0,15	0,31507
621	Толуол	3	0,6	0,00041

Продовження таблиці 2.2

Код речовини	Найменування	Клас небезпечності	ГДК, мг/м ³	Викиди, т/рік
602	Бензол	2	1,5	0,000019
703	Бензопірен	1	-	0,00004
-	Діоксид вуглецю	-	-	96952,78

Кількісні та якісні показники викидів зумовлені видом та станом сировини і матеріалів, що використовуються при виробництві (наприклад, залежно від характеристики та типу смол, що використовуються у виробничому процесі ДСП плит, залежить відсотковий вміст формальдегіду та/або фенолу і, відповідно, концентрація викиду цих речовин у атмосферне повітря).

Інтенсивність викидів залежить від характеру ведення технологічного процесу (продуктивність праці, якість та об'єм продукції, що виготовляється, питома витрата сировини на одиницю готової продукції, типи та потужності виробничого обладнання) та режиму роботи підприємства (перервний або цілісний).

2.3 Аналіз критеріїв та методів регулювання якості атмосферного повітря

Шкідливі речовини, які викидаються в атмосферне повітря під час виробничих процесів на деревообробному підприємстві, мають негативний вплив не тільки на повітря у робочій та санітарно-захисній зонах, але поширюються на флору, фауну, будівельні об'єкти та населення на сотні метрів. Саме тому нагальною стала проблема забруднення навколишнього середовища та питання зменшення викидів шкідливих речовин.

Отож, для деревообробного виробництва характерні наступні критерії, що визначають його вплив на навколишнє середовище:

- оновлення технологічного обладнання для скорочення витрат на трудові ресурси та задля збільшення виробничих потужностей;

- градація та зміна виробничих процесів у межах виробничих приміщень, умовна «гнучкість» виробництва;
- збільшення кількості викидів шкідливих речовин та кількості дрібних відходів механічної обробки в межах робочої зони за рахунок збільшення швидкості розпилювання сировини;
- необхідність дотримання та виконання законодавчої бази у сфері охорони навколишнього середовища;
- підвищення жорсткості вимог щодо економії енергетичних та сировинних ресурсів.

Загалом викиди в атмосферу визначаються набором таких критеріїв: кількість забруднюючої речовини, її хімічний склад, концентрація та агрегатний стан [30]. Процедура проведення нормування щодо визначення антропогенного навантаження на атмосферне повітря має на меті встановити норму гранично-допустимого викиду задля забезпечення екобезпеки працюючих на підприємстві та населення, що знаходиться у межах СЗЗ.

Для того, щоб зменшити вплив забрудників на атмосферу, необхідно правильно визначити критерії, які впливають на його якість. Це питання має багато підцілей, адже залежить від рівня використання паливно-енергетичних ресурсів, стану очисного обладнання, кількості та якості природоохоронних заходів, що застосовуються, рівня екологічної небезпечності, який становлять дані викиди. Кількість основних забрудників наведена у табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Основні забрудники в процесах деревообробки

Забрудник	Викиди, кг
Сполуки металу	0,0011
Сполуки заліза	0,0011
Зважені речовини	1,5171
Сажа	0,35
Сполуки азоту	0,83

Продовження таблиці 2.3

Забрудник	Викиди, кг
Оксид азоту	0,8177
Діоксид азоту	0,012
Оксид вуглецю (СО)	1,3432
Леткі сполуки органічного походження	0,13
Формальдегіди	0,13
Діоксид вуглецю	349,31

Коли у атмосферне повітря викидаються відразу декілька шкідливих речовин, які можуть діяти сумарно, то концентрація цих речовин має бути меншою за одиницю, згідно з виразом [31]:

$$\frac{C_1}{ГДК_1} + \frac{C_2}{ГДК_2} + \dots + \frac{C_x}{ГДК_x} < 1; \quad (2.1)$$

де C – фактична концентрація речовини в повітрі;

ГДК – гранично допустима концентрація цієї ж речовини.

Шкідливі речовини, вплив яких сумується:

- феноли + пари ацетону;
- формальдегіди + вінілацетат;
- формальдегіди + феноли + пари ацетону;
- сума альгідридів (сірчистого та вольфрамового);
- формальдегіди + окис вуглецю + двоокис азоту;
- формальдегіди + двоокис азоту + озон;
- сірководень + сірчистий ангідрид;
- пил + окис вуглецю.

Задля визначення сумарного впливу шкідливих речовин на якість повітря застосовують показник індексу забруднення атмосферного повітря, який є

комплексним та визначається відношенням загального рівня забруднення до гранично допустимої концентрації сульфур (II) оксиду. На підприємстві або населеного пункту ІЗА вираховується для 5 речовин, що мають сумарну дію.

Значення максимальної приземної концентрації прямо пропорційне до обсягу викидів із джерела і обернено пропорційна квадрату висоти джерела викиду над землею. Підйом потоків повітря майже повністю умовлений підйомною силою газів, що мають значно вищу температуру, ніж температура середовища.

Максимальне значення приземної концентрації шкідливої речовини C_M (мг/м³) при викиди газоповітряної суміші з одиничного джерела визначається за формулою [32]:

$$C_M = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \mu}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}} \quad (2.2)$$

де A – коефіцієнт, що враховує частоту температурних інверсій, $A=180$;

M – маса шкідливої речовини, викинутої в атмосферу за одиницю часу (г/с);

F – коефіцієнт швидкості осідання шкідливих речовин в атмосфері;

m, n – коефіцієнти, що враховують умови виходу газоповітряної суміші з джерела викиду, визначаються залежно від параметрів V_m, V_m^1, f ;

μ – коефіцієнт, що враховує вплив рельєфу місцевості, $=1$;

H – висота джерела викиду, м;

ΔT – різниця між температурою суміші, що викидається (забрудника), та температурою навколишнього середовища;

V_1 – витрата газоповітряної суміші (м³/с).

Викиди на виробництві мають градацію: організовані та неорганізовані. Головним крайнім показником забруднення повітря є гранично допустимі викиди. ГДВ показує масу певної забруднюючої речовини, викид якої не

перевищує допустимий за певний час. Показник вимірюється у мг/с і має максимально-разові значення.

До визначальних критеріїв якості повітря відносимо показник валового викиду (вимірюється у г/с або т/год), висоту та діаметр труби, кількість джерел викидів, та їх локалізацію на території підприємства, термодинамічні та технологічні фактори (швидкість виходу газової суміші, її масу та об'єм).

Для ефективного очищення повітря важливо не тільки правильно підібрати метод очищення, але і оцінити його ефективність на локальному, регіональному та глобальному рівнях аналізу екологічної безпеки.

На концентрації забруднюючих речовин в атмосфері впливають зміни емісії шкідливих речовин в просторі та часі і динаміка їх розсіювання в повітрі [31]. Внаслідок цього відзначаються денні та річні коливання концентрацій. Всі ці різні варіації якості повітря практично неможливо визначити за допомогою будь-якого уніфікованого методу. Таким чином, вимірювання концентрацій забруднюючих речовин в атмосфері - це завжди проби за методом випадкової вибірки (як в просторі, так і в часі). Перед початком проведення замірів необхідно найбільш точно сформулювати мету вимірювання. У сфері діяльності моніторингу якості повітря важливими є такі сфери як моніторинг якості повітря на місцевості (у межах санітарно-захисної зони), та у межах підприємства. Ключові аспекти проведення замірів на підприємстві показані у табл. 2.4.

Таблиця 2.4. Критерії проведення оцінки якості повітря на підприємстві

Критерій	Частота проведених замірів, к-сть/рік
Заміри у відповідь на скарги працівників	2
Виявлення джерел емісії	2
Заміри після виникнення аварійних ситуацій або пожеж	1

Продовження таблиці 2.4

Критерій	Частота проведених замірів, к-сть/рік
Перевірка успішності заходів щодо загального зменшення рівня забруднення повітря на підприємстві	4
Моніторинг наявності тих шкідливих речовин, що потрапляють у повітря виробничих приміщень не із димових труб, а з інших систем	3

Мета планування вимірювань - це використання адекватних процедур вимірювання та оцінки для відповіді на конкретні питання з достатньою впевненістю і з мінімальними витратами.

Для того, аби контролювати концентрацію шкідливих речовин у повітрі робочої зони та виробничих приміщень застосовують методи:

- колориметричний метод (інша назва «експрес-метод») – полягає у тому, що індикаторний порошок змінює колір при перевищенні концентрації певної шкідливої речовини. Такий спосіб є швидким, але неточні результати. Для фіксації перевищення вмісту газоподібних речовин використовують газоаналізатори.

- фізико-хімічний метод – проведення хроматографічного або фото колориметричного аналізу проб повітря робочої зони у лабораторних умовах. Спосіб має високу точність, але вимагає значно більше часу для проведення (порівняно із першим методом) [27].

- неперервна автоматична реєстрація концентрації шкідливих речовин. Для проведення замірів метод використовує газоаналізатори та газосигналізатори.

Концентрацію шкідливих речовин у повітрі також можна визначити фотометричним, методом електричної індукції або ваговим методом. Найчастіше використовують останній. Принцип полягає у тому, що дізнаються вагу спеціального фільтра, пропускають через фільтр певний об'єм забрудненого

повітря і дізнаються вагу фільтра повторно. Різниця у масі і є кількістю шкідливих речовин, що визначається у мг/м³.

Всі викиди, які утворюються на підприємстві, повинні проходити процес інвентаризації, для того, аби систематизувати дані про те, як розподіляються джерела викидів, як вони поширюються на території підприємства, які концентрацію та склад мають.

Викиди на підприємствах інвентаризуються кожні 5 років. Процедура здійснюється у відповідності з інструкцією. Джерела викидів визначаються із аналізу технологічної схеми виробничого процесу для кожного окремого цеху, а контрольні точки для замірів обмежуються розмірами санітарно-захисної зони.

Висновки до розділу 2

У даному розділі розглянули загальну інформацію, яка стосується специфіки процесів деревообробки, структури таких підприємств та кінцевого продукту виробництва. Також у розділі було описано основні викиди шкідливих речовин на деревообробному підприємстві, їх кількості та норми гранично-допустимих концентрацій. У процесі аналізу було визначено, що причиною перевищення норм ГДК є недосконалість конструкцій очисного обладнання, застосування застарілих, або ж повна відсутність фільтрів у системах вентиляції, заміна більш екологічних способів очистки більш дешевими.

Аналіз забруднюючих речовин, які викидаються в атмосферу у процесі виробництва показав, що найчастіше спостерігаються перевищення концентрацій формальдегіду, а всі викиди мають спільні критерії визначення. До них належать: кількість забруднюючої речовини, її хімічний склад, концентрація та агрегатний стан.

Саме тому дуже важливо правильно обрати метод та технологію для очищення повітря від забрудників.

Для ефективного очищення повітря важливо не тільки правильно підібрати метод очищення, але і оцінити його ефективність на локальному, регіональному та глобальному рівнях аналізу екологічної безпеки.

3 МЕТОДИ ЗМЕНШЕННЯ ВИКИДІВ ФОРМАЛЬДЕГІДІВ У АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ

3.1. Загальна характеристика методів очищення повітря від газоподібних викидів

Методи очищення повітря від забрудників поділяються на:

- очищення від пилових та аерозольних викидів;
- очищення від газів;
- зменшення забруднень атмосфери в процесі роботи із вантажами.

Для того, щоб знешкодити відходи газоподібних речовин, які виділяються в процесах деревообробки (формальдегід, фенол, полівінілхлорид) можуть використовуватися не тільки механічні, але і хімічні методи, такі як: абсорбція, адсорбція, конденсація, хімічна обробка і спалювання. Всі методи, які застосовуються на таких підприємствах наведені у табл. 3.1 [34].

Таблиця 3.1 – Методи очищення газоподібних викидів на деревообробному підприємстві

Методи очищення		
Механічні	Фізико-хімічні	Хімічні
Сухе пиловловлювання	Абсорбція	Хемосорбція
		Спалювання
		Каталітичне окиснення
Мокре пиловловлювання	Адсорбція	Каталітичне відновлення
		Термічне окиснення

Метод вибирають залежно від кількості газів, яка викидається, та їх складу. Перший вид методів є найбільш поширеним і використовується для очищення від пилових викидів під дією інерційних та/або гравітаційних сил. Але оскільки деревний пил містить ще і хімічні домішки (шкідливі речовини, які описані вище), мають місце і інші методи.

При виборі системи очищення потрібно враховувати такі чинники:

- склад газового потоку;
- швидкість викиду суміші з джерела;
- розмір частинок;
- відсутність водяної пари (або її наявність);
- фізико-хімічні властивості потоку газів.

Абсорбція полягає у процесі конвективної дифузії пароподібних складових газу у рідині, яка виступає поглиначем (абсорбентом). Метод найчастіше застосовують для того, щоб очистити вентиляційне повітря, або щоб очистити технологічні гази. Він може здійснюватися або періодично або на постійній основі паралельно роботі виробничого цеху. У випадку постійної роботи газоподібна речовина, яка очищується безперервно контактує із рідиною – абсорбентом.

Хемосорбція – процес промивання газу розчином, який реагує із окремими забруднюючими речовинами, що входять до його складу. Даним методом очищують гази від ангідридів, пару ртуті, хлору, тощо.

Адсорбція – метод, який полягає у поглинанні шкідливих газоподібних речовин поверхнею твердих тіл (інша їх назва – адсорбенти). У якості адсорбентів застосовують активоване вугілля (найбільш поширений сорбент), цеоліти (природні або штучні), силікатні речовини. Для процесу необхідно, щоб розмір частинок сорбентів не перевищував 8 мм.

Спалювання – на даний час найбільш поширений метод усунення шкідливих речовин на деревообробному підприємстві через відносно малий розмір устаткування, простоту його обслуговування та можливість дистанційного контролю процесу та його автоматизації. Розглядають пряме

спалювання у вогні при температурі 600-800 градусів, та каталітичне спалювання (температура 200-250 градусів). Перший метод актуальний у тому випадку, коли гази, які відводяться забезпечують підведення великої частини енергії, яка необхідна для нормального перебігу процесу. Принцип полягає у тому, що під дією високих температур шкідливі компоненти газоподібної речовини окислюються киснем. Під час процесу додаткового спалювання сполуки піддаються хімічній зміні і, як результат, вилучаються із газового потоку. Паралельно із цим методом зараз дуже часто використовують закриті камери для спалювання шкідливих речовин. Вимоги до застосування закритих камер для спалювання:

- високий показник турбулентності потоку забрудненого повітря;
- обмеження перебування газу в камері від 0,2 до 0,7 с.

Загалом даний метод не є універсальним і повністю безпечним, адже під час процесу повітря, яке задіяне в процесі горіння стає повністю неякісним, а у продуктах окиснення містяться токсичні речовини – оксиди азоту та вуглецю. У результаті проведення спалювання отримати абсолютно безпечні речовини неможливо [23].

Методи каталітичного окиснення також має досить широке застосування. Ґрунтується на перетворенні шкідливого/токсичного газу у нейтральний завдяки введенню у систему очищення додаткової речовини – каталізатора (платини, паладію, оксиду міді, тощо). При взаємодії каталізатора із шкідливою речовиною, що наявна у газі утворюється проміжна речовина, яка потім розпадається. У результаті реакції каталізатор відновлюється. Даний метод є відносно швидким, потребує меншої кількості енергії для нагрівання газів, але є більш вартісним і не застосовується саме для очищення повітря від викидів формальдегідів.

Ще одна можливість знешкодити газоподібні викиди – конденсація. Принцип методу полягає у переході газів до конденсованого стану, їх фільтруванні та утворенні аерозолі. У процесі фігурує зменшення температури, внаслідок чого меншим стає тиск насиченої пари розчинника. Якщо газ-

забрудник має низький тиск насиченої пари, то конденсація може проходити за умов підвищення тиску та зниження температури викидів. Якщо забруднюючі речовини мають низьку температуру кипіння, то їх обробляють спеціальними речовинами так, щоб продукт реакції мав низький тиск насиченої пари. Разом із тим, необхідно підібрати спосіб обробки із можливістю утилізації кінцевого продукту реакції. Якщо забруднюючі гази мають температуру кипіння нижчу за температуру кипіння води, то для їх повного очищення потрібна велика кількість енергії, а отже очищення методом конденсації є не вигідним і може застосовуватися лише як попереднє.

Очищення газів біохімічним методом має на меті вловити шкідливі домішки з газів та провести їх асиміляцію мікроорганізмами. Метод застосовується для того, щоб очистити викиди газів від формальдегідів, фенолу, сполук, у складі яких є сірка та азот, тощо.

На деревообробних підприємствах концентрацію шкідливих речовин у повітрі можна зменшити, застосувавши метод розсіювання пилу, залишків синтетичної смоли та інших речовин. Ефективність методу залежить від таких чинників, як:

- 1) характер місцевості;
- 2) поточний стан атмосферного повітря;
- 3) висота джерела викиду;
- 4) хімічні властивості газоповітряної суміші.

Забруднене повітря переміщується у вертикальному та горизонтальному напрямках [32]. У першому випадку визначальним чинником є розподіл температур, а другому – швидкість вітру. Умовно забруднене повітря зонують за наступним принципом:

- зона з невисоким вміст шкідливих речовин (за висотою співпадає із зоною дихання);
- зона задимлення (містить максимальну кількість шкідливих речовин);
- зона із поступовим зменшенням концентрації забрудника.

Із цих зон найбільшу небезпеку становить зона задимлення, що може становити від 10 до 50 висот труба – джерела викиду.

Якщо шкідливі речовини розсіюються із декількох джерел з однаковою висотою, тоді всі ці джерела приймають за єдине, при цьому викинута кількість шкідливих речовин додається.

3.2. Аналіз пристроїв для очищення повітря на деревообробному підприємстві

Для того, щоб очистити атмосферне повітря від різного типу домішок, на деревообробному підприємстві застосовують різні методи та установки. Найбільш поширеними є пристрої для механічного очищення: циклони, пиловловлювачі (вихрові, жалюзійні, камерні та ін) і різні за конструкцією фільтри [22].

Пристрій для очищення підбирається для кожного процесу, адже залежить від розміру частинок, що викидаються (показника їх дисперсності). Методи очищення відрізняються, залежно від розмірів завислих частинок (показників дисперсності). Для того, щоб очистити атмосферне повітря від дрібнодисперсного пилу, що має розмір до 10 мкм і може містити у своєму складі формальдегід та оксиди азоту застосовують циклони, що працюють за принципом відцентрової сепарації.

Також можуть використовуватися вихрові пиловловлювачі, які на відміну від циклону мають наявний допоміжний потік. Принцип полягає у тому, що забруднене повітря рухається через трубопровід і у лопатковому завихрювачі закручується. На забруднюючі частинки діють відцентрові сили і відкидають їх до поверхні корпусу, після чого вони накопичуються у бункері під впливом сили тяжіння, а чисте повітря надходить до цеху через трубопроводи.

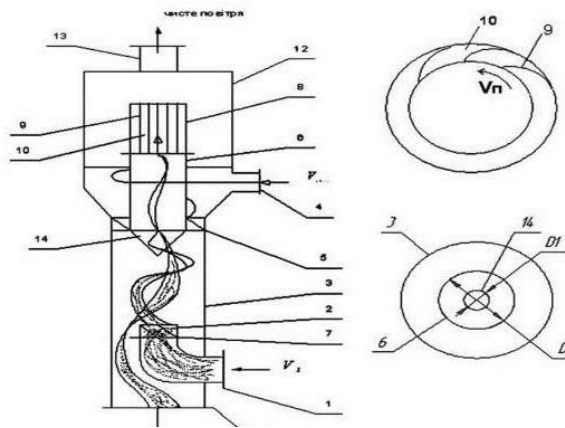


Рисунок 3.1 – Схема вихрового пиловловлювача

Жалюзійні пиловловлювачі мають вигляд як ряд лопотей, що послідовно розміщені на корпусі таким чином, щоб між ними поміж ними утворилася щілина [32]. Повітря поступає до установки через головний трубопровід, де випереджувальні лопаті провокують виділення пилу. Під впливом інерційних сил зважені частки запиленої суміші потрапляють у трубопровід для очищення, а звідки у вихідну трубу потрапляє вже чисте повітря. Важливо, що цей пристрій застосовують для газоподібних речовин великої дисперсності. Схема наведена на рис. 3.2.

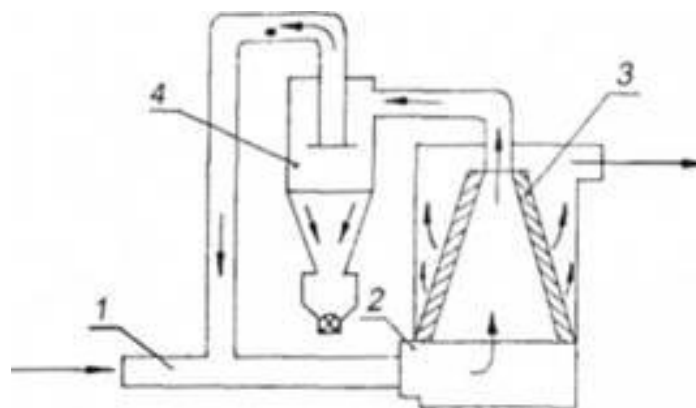


Рисунок 3.2 – Схема жалюзійного пиловловлювача

Ротаційний пиловловлювач очищує атмосферне повітря за рахунок утворення відцентрової сили, яка утворюється внаслідок обертання роторної частини приладу. Конструкція являє собою вентилятор, що керується

відцентровими силами. Під час обертання частинки забруднюючих речовин потрапляють на поверхню диска, а після цього – у пиловловлювач.

Також для очищення повітря від газоподібних речовин досить широко застосовують фільтри. У них частинки осаджуються за рахунок дії інерційних та гравітаційних сил. Фільтруючими матеріалами найчастіше є тканини, папір, металева стружка, та пористі керамічні матеріали. Якщо повітря запилене менше, ніж на 10 мг/м^3 , для його очищення застосовують чарунковий фільтр - каркас, наповнений фільтруючими елементами (металева стружка або пінопласт). Недоліком таких фільтрів є те, що елементи у них потребують частої заміни через засмічення і можуть фізично пошкоджуватися.

Також для очищення газів від запиленого повітря і вловлювання часток малої дисперсності використовують електрофільтри. Такий фільтр складається з двох електродів: негативного (коронований) та позитивного (осаджувальний). Другий має вигляд пластинки або трубки. Схема приладу зображена на рис. 3.3.

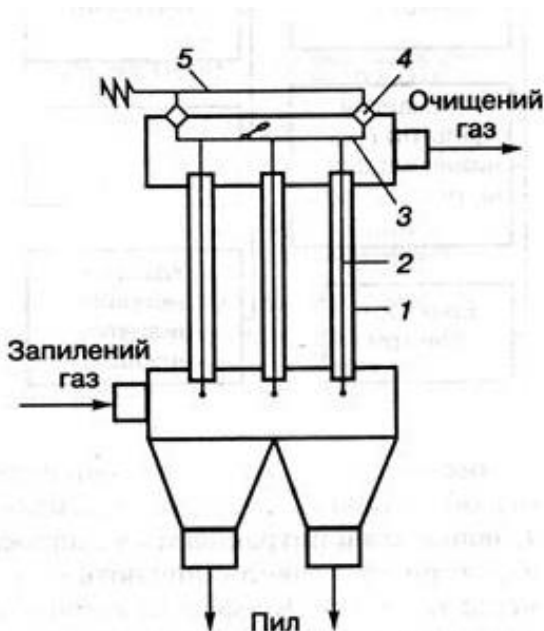


Рисунок 3.3 – Схема трубчастого електрофільтра

Для роботи електрофільтра потрібен постійний струм напругою 50-100 кВ. Якщо напруженість між електродами досягає 15 кВ/см , у повітрі утворюються

позитивно та негативно заряджені іони, які осідають на забруднені частинки. Далі вони разом осідають на протилежно заряджених електродах. Для того, щоб прибрати з поверхні електродів пил, який на них осідає, використовують спеціальні пристрої для струшування.

Таким методом очищують великі кількості газів, із розміром забруднюючих частинок 0,01 – 100 мкм. Температура газів може досягати 500 градусів за Цельсієм. Ефективність очищення повітря таким методом досягає 99,9%, але вона можлива тільки у випадку очищення невеликих газових потоків (однієї окремої дільниці цеху, а не цеху в цілому) [21].

Для того, щоб підвищити ефективність роботи приладів, вдаються до змочування електродів рідиною. У таких пристроях (інша назва – мокрі пиловловлювачі), газоподібні викиди контактують з водою або змочуються нею. Одна з найбільш простих конструкцій – промивна башта, заповнена скловолокном, або іншим матеріалом. Найбільш поширені пристрої такого типу – скрубери Вентурі [26]. Для підвищення ефективності очищення та видалення шламу скрубери доповнюють циклонами та фільтрами. Приклад скрубера зображено на рис. 3.4.

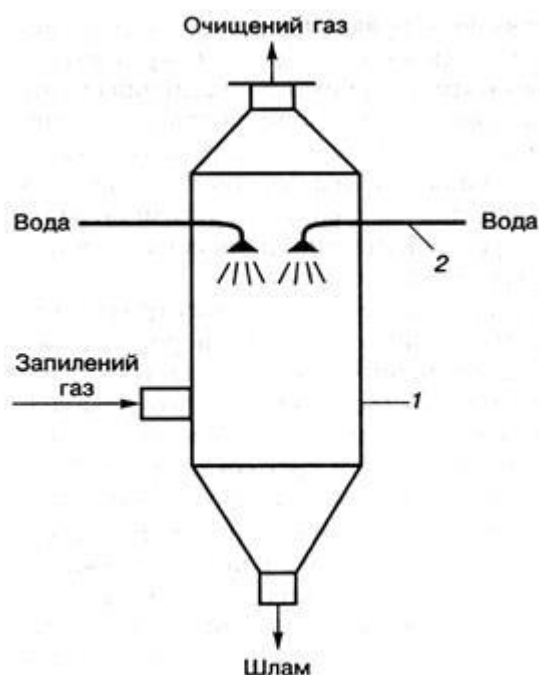


Рисунок 3.4 – Форсунковий скрубер

Принцип роботи скрубєрів полягає у тому, що забруднений газ рухається знизу вгору зі швидкістю 1,0 – 1,5 м/с, а рідина, яка розпилюється – вниз згори. Ефективність очищення повітря за допомогою даного пристрою складає 96-98%. Але дані пристрої на деревообробних підприємствах використовуються тільки для очищення дрібнодисперсного деревного пилу без домішок. Для очищення повітря від токсичних речовин, типу формальдегіду даний пристрій неефективний, бо після проходження через скрубєр вони виділяються в атмосферне повітря разом із чистим повітрям у вигляді туману. Разом із тим, для своєї роботи скрубєри вимагають значних витрат електроенергії (для забезпечення процесів подачі води і вловлювання частинок розміром до 5 мкм) [34].

У пристроях для інерційного пиловловлювання принцип роботи полягає у різкій зміні напрямку потоку. Частинки забруднюючих речовин, які містилися у газі за інерцією вдаряються у поверхню корпусу і осідають. Їх видаляють із фільтра розвантажувальним приладом. Схема зображена на рис.3.5.

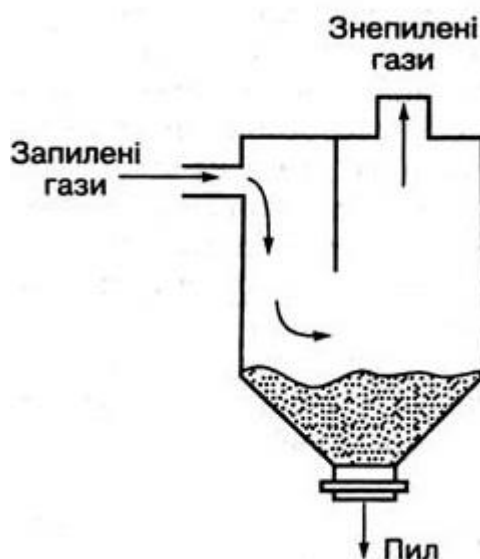


Рисунок 3.5 – Інерційний пиловловлювач

Згідно паспортних даних деревообробних підприємств, очищення атмосферного повітря із використанням фільтрів (механічний метод), становить

85%, але на практиці цей показник рідко перевищує 70%. Зведена таблиця викидів газоподібних речовин для деревообробного підприємства середньої потужності наведена у табл. 3.2.

Таблиця 3.2. Сумарні викиди газоподібних речовин деревообробного підприємства

№джерела викиду	Обсяг газоповітряної суміші, м ³ / с	ГДК, мг/м ³	Фактична концентрація, мг/м ³	ГДВ г/с, (т/год)	Максимально Разовий викид, г / с	Валовий викид забруднюючих речовин, т / рік	Перевищення концентрації забруднюючих речовин, раз
001	1,0	0,5	0,141	0,49(7,62)	0,183	2,85	-
003–004	1,8	0,5	4,789	0,69(10,73)	4,373	68,01	6,34
005–009	2,3	0,5	0,130	16,93(263,31)	5,757	89,53	-
010–013	1,04	0,5	0,203	4,23(65,78)	2,266	35,24	-
015	1,4	0,5	0,538	1,12(17,42)	1,580	24,57	1,41
016	2,0	0,5	0,464	2,96(46,03)	3,622	56,33	1,22
017	2,0	0,5	0,488	2,58(40,12)	2,127	33,08	-
020	1,0	0,5	0,024	0,52(8,09)	0,111	1,73	-
021	1,4	0,5	0,879	0,68(10,58)	1,58	24,57	2,32
022	2,0	0,5	0,465	2,96(46,03)	3,622	56,33	1,22
023-025	2,0	0,5	0,314	2,58(40,12)	2,127	33,08	-

Дані, наведені у таблиці 3.2, ще раз підкреслюють той факт, що ті природоохоронні заходи, які застосовуються на деревообробних підприємствах зараз не достатньо очищують газоповітряну суміш на частині джерел викидів (є перевищення на шести джерелах відповідно до ГДК і ГДВ), а отже, потрібно модернізація технологій, а саме часткова заміна обладнання [30].

3.3 Методи зменшення викидів формальдегіду у атмосферне повітря

Технології очищення повітря постійно розвиваються та вдосконалюються. На деревообробних підприємствах на даний час застосовуються найбільш

ефективні засоби для очищення газоповітряних сумішей від дрібнодисперсного пилу та від пилу, який виділяється під час розкроювання готових ДСП плит (фільтри, пиловловлювачі, схеми та приклади яких наведені у попередньому пункті).

Щодо вільного формальдегіду, який виділяється під час приготування сечовинно-формальдегідних смол при виробництві цих же дерево-стружкових плит, то для його нейтралізації найчастіше використовують методи прямого спалювання, або методи розсіювання які не є безпечними [26]. У першому випадку у атмосферу виділяються інші шкідливі речовини, а у другому – формальдегід, який вже є в атмосфері (внаслідок викидів автотранспорту, тощо), та формальдегід, який розсіюється, можуть привести до виникнення ефекту сумачії, що загалом не дасть ефекту зменшення викидів формальдегіду у атмосферне повітря.

Саме тому, очищення атмосфери від даної токсичної речовини пропонується здійснити адсорбційно-абсорбційним методом [29].

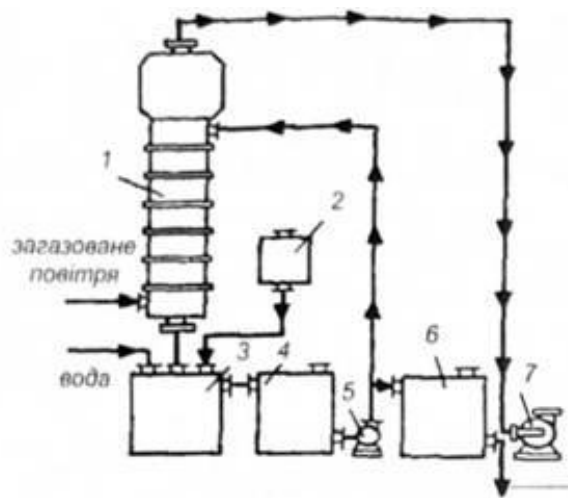


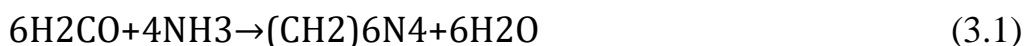
Рисунок 3.6 – Схема адсорбційно-абсорбційної установки:

- 1) шести-тарілкова колонка;
- 2) мірний резервуар з розчином аміаку;
- 3) реактор;

- 4) ємність;
- 5) насос;
- 6) збирач;
- 7) вентилятор.

Для деревообробних підприємств він є новим, так як знаходив своє застосування в основному на підприємствах хімічної промисловості. Схема установки зображена на рис. 3.6.

Принцип роботи полягає у наступному: забруднене формальдегідом повітря подається низхідним потоком через шар активованого вугілля. Поверхня вугілля адсорбує газоподібні шкідливі речовини протягом півгодини. Після цього, відпрацьоване активоване вугілля автоматично подається у реактор (на схемі – цифра «3»). У цей же час в реактор подається рідина, а з резервуару (2) – до реактора потрапляє розчин аміаку. У реакторі суміш перемішується, в результаті чого отримується хімічна реакція:



Продуктом нейтралізації формальдегіду розчином аміаку є утропін – речовина, що досить широко застосовується у якості харчових добавок (E239 – добавка, дозволена до використання в харчовій промисловості на території України), у медицині (як антисептик), в якості «сухого пального» в побутових умовах, але не є токсичною.

Для того, щоб теоретично прорахувати ефективність встановлення установки на діюче підприємство потрібно прорахувати для неї матеріальний баланс (для деревообробного підприємстві середньої потужності, як, наприклад, підприємство Kronospan) та порівняти його із ситуацією, яка виникає при спалюванні решток формальдегідних смол.

Таблиця 3.3 – Матеріальний баланс пропонованої установки (для деревообробного підприємстві середньої потужності, як, наприклад, підприємство Kronospan)

№ Джерела викиду	Маса викиду забруднюючої речовини						ГДВ		Ступінь очистки% на вході
	г/с			т/рік			На виході	т/год	
	на вході	Поглинена	На виході		на вході	поглинена			
Спалювання									
001	1,22	1,04	0,182	19,02	16,91	2,85	0,49	7,7	82
003– 004	29,20	25,78	4,42	456,43	385,33	68,01	0,69	10,62	67
005– 009	38,40	31,613	5,72	597,94	507,35	89,53	16,93	259,91	65
010– 013	14,11	13,12	2,32	233,88	199,72	35,24	4,23	66,7	60
015	11,01	8,810	1,462	161,92	138,72	24,57		1,12	17,41
016	24,15	20,513	3,521	376,49	319,19	56,33	3,01	45,001	65
017	14,18	12,135	2,13	220,62	187,45	33,08	2,601	41,11	70
020	0,81	0,63	0,112	12,4	9,78	1,73	0,521	8,12	62
Адсорбційно-абсорбційна установка									
003– 004	4,369	4,33	0,034	69,01	66,32	0,671	0,700	10,81	95
015	1,54	1,612	0,027	22,43	22,22	0,3	1,12	17,4	98
016	3,74	3,645	0,045	55,3	54,67	0,601	3,07	45,03	92

З таблиці 3.3 можна зробити висновок про те, що запровадження пропонованої установки на деревообробному підприємстві є доцільним, оскільки не спостерігається перевищень в порівнянні норм ГДК викидів газоподібних речовин. Розрахуємо значення гранично-допустимих концентрацій для кожного джерела викиду для деревообробного підприємства середньої потужності:

$$C_M^{001} = \frac{200 \cdot 0,183 \cdot 1 \cdot 0,38 \cdot 1,7 \cdot 1}{8^2 \sqrt[3]{0,99 \cdot 18}} = 0,141 \text{ мг/м}^3$$

$$C_M^{003-004} = \frac{200 \cdot 0,044 \cdot 1 \cdot 0,41 \cdot 1,9 \cdot 1}{8^2 \sqrt[3]{0,61 \cdot 18}} = 0,048 \text{ мг/м}^3$$

$$C_M^{005-009} = \frac{200 \cdot 5,757 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 2,1 \cdot 1}{68^2 \sqrt[3]{2,26 \cdot 18}} = 0,130 \text{ мг/м}^3$$

$$C_M^{010-013} = \frac{200 \cdot 2,266 \cdot 1 \cdot 0,79 \cdot 2,2 \cdot 1}{38^2 \sqrt[3]{1,07 \cdot 18}} = 0,203 \text{ мг/м}^3$$

$$C_M^{015} = \frac{200 \cdot 0,016 \cdot 1 \cdot 0,43 \cdot 1,7 \cdot 1}{12^2 \sqrt[3]{1,47 \cdot 18}} = 0,005 \text{ мг/м}^3$$

$$C_M^{016} = \frac{200 \cdot 0,036 \cdot 1 \cdot 0,58 \cdot 1,8 \cdot 1}{22^2 \sqrt[3]{2,11 \cdot 18}} = 0,005 \text{ мг/м}^3$$

$$C_M^{017} = \frac{200 \cdot 2,127 \cdot 1 \cdot 0,56 \cdot 1,77 \cdot 1}{20^2 \sqrt[3]{2,11 \cdot 18}} = 0,488 \text{ мг/м}^3$$

$$C_M^{020} = \frac{200 \cdot 0,111 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,56 \cdot 0,122 \cdot 1}{8^2 \sqrt[3]{1,07 \cdot 18}} = 0,024 \text{ мг/м}^3$$

Запропонований метод очищення повітря є новим саме для деревообробної промисловості, більш вартісним, ніж звичайне спалювання відходів, але разом з тим і більш ефективним: ступінь очищення повітря в межах 85-92%, а концентрація викинутого у атмосферу формальдегіду не перевищує гранично-допустимі концентрації, а отже є доцільним у використанні.

Висновки до розділу 3

У даному розділі надали загальну характеристику методів очищення атмосферного повітря від газоподібних викидів (формальдегід), дрібнодисперсного дрібного пилу та інших. Встановлено, що у деревообробній промисловості найбільш поширеними є хімічні методи: пряме спалювання у відкритих або закритих камерах, каталітичне спалювання. Також досить часто застосовується метод розсіювання, або методи механічного очищення повітряних потоків (за допомогою пиловловлювачів та/або фільтрів).

Ці методи мають дуже високий відсоток практичної очистки атмосферного повітря від дрібнодисперсного деревного пилу (до 95%). Щодо викидів

формальдегідів, то відсоток очищення більше 85 % можна отримати лише при теоретичних розрахунках. На практиці для деревообробного підприємства середньої потужності відсоток очищення у окремих цехах становить 60-75%.

Саме тому було запропоновано новий для деревообробної промисловості метод очищення атмосферного повітря від викидів формальдегіду – адсорбційно-адсорбційний, та запропонована схема установки. Метод ґрунтується на використанні у якості сорбентів допоміжних речовин (зокрема, активованого вугілля), через що є більш вартісним. Проте, наведені вище теоретичні обрахунки показують, що середній ступінь очищення атмосферного повітря даним методом становить 95%.

4 СТАРТАП – ПРОЕКТ «РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ЗМЕНШЕННЯ ВИКИДІВ ФОРМАЛЬДЕГІДІВ У АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ ПРИ ДЕРЕВООБРОБЦІ»

Кожна розробка повинна містити не лише наукову цінність, але і власну практичну значимість. Для цього необхідно оцінити маркетингову складову продукту, провести SWOT – аналіз, розробити порівняльну характеристику із існуючою технологією та/або продукцією, а також дати прогнози конкурентоспроможності.

4.1 Опис ідеї стартап - проекту

Таблиця 4.1 – Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди
Використання адсорбційно-адсорбційного методу для очищення повітря від формальдегіду.	Підприємства з виробництва деревостружкових плит, ламінату та клеєної фанери.	На 20-25 % більша ефективність очищення газоповітряної суміші ніж при використанні механічних способів очищення або методу спалювання; простота експлуатації; конкурентна вартість установки.

Для того, щоб визначити технологічну здійсненність ідеї стартап-проекту, необхідно проаналізувати наступні складові (табл. 4.2.):

Таблиця 4.2 – Визначення нейтральних, слабких та сильних сторін проекту

№ п/п	Техніко-економічні характеристики	Технології конкурентів			W	N	S
		Мій проект	Спалювання	Очищення електро-фільтром			
1.	Відсоток ступеня очистки	95	67	72			+
2.	Використання допоміжних речовин	Актив. вугілля	-	-	+		
3.	Ймовірність виникнення пожежі	Немає	є	є			+
4.	Необхідність підведення великої кількості енергії зовні	-	+	+			+
5.	Температура газів на вході	До 50	600-800	200-300			+
6.	Ціна	Від 3573 грн	-	Від 3437 грн		+	

W – слабка сторона, N – нейтральна сторона, S – сильна сторона

4.2 Технологічний аудит ідеї проекту

Наступний крок – визначення технологій реалізації стартап-проекту, яка має два головних критерії – наявність та доступність технології реалізації. Технологічний аудит ідеї проекту наведено у табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Технології реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1.	Монтаж адсорбційно-адсорбційної установки у цехах виготовлення ДСП плит додатково до діючих фільтрів.	+	+
2.	Повна заміна діючих електрофільтрів на пропоновану установку.	+	+

Обрана технологія реалізації ідеї проекту: монтаж адсорбційно-адсорбційної установки у цехах виготовлення ДСП плит додатково до діючих фільтрів, оскільки дозволить оцінити відсоток очищення повітря на практиці, а також дозволить очищувати повітря від викидів і пилу і формальдегіду у одному і тому ж цеху.

4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Визначення ринкових можливостей та ринкових загроз запуску стартап-проекту необхідно використати під час впровадження проекту на ринок. Аналіз цих факторів дозволить спрогнозувати напрям розвитку проекту, проаналізувати цільову аудиторію та уникнути обмежень при виході на ринок .

Таблиця 4.4 – Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1.	Кількість головних гравців, од	3
2.	Загальний обсяг виробництва, грн/ум.од	1622 тис. м ³
3.	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає

Продовження таблиці 4.4

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
4.	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Патент, сертифікація
5.	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	ДСТУ 2807-94 [6], ДСТУ Б В. 1.1-2-97 [7]
6.	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	24

Потреба, що формує ринок, - високий ступінь очищення атмосферного повітря для забезпечення якісних умов роботи працівників та екологічність готової продукції, а саме, виробів із деревостружкових плит (оскільки при виробництві даного виду плит у якості клейкого матеріалу використовуються формальдегідні смоли, які провокують виділення у атмосферу вільного формальдегіду навіть під час експлуатації готових виробів.

Таблиця 4.5 – Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
Власники підприємств	Звертають увагу на сертифікати відповідності, ліцензії, вартість обладнання та його монтажу	До продукції: великий термін експлуатації, відповідність зазначеним властивостям
Споживач	Звертає увагу на ціну продукції, рідше – на характеристики	До компанії-постачальника: гарантія на якість матеріалу, надійне транспортування

Таблиця 4.6 – Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1.	Новизна методу	Люди не довіряють новому	Семінари, екскурсії на виробництво та складські приміщення
2.	Ціна товару	У разі застосування дорожчого устаткування може бути вищою ціна на кінцевий продукт, що може відлякувати споживачів	Проведення акційних пропозицій, введення систем знижок (без загрози для продажів), для корпоративних клієнтів.
3.	Нестійкість на ринку	Несприйняття товару споживачами	Закриття виробництва

Таблиця 4.7 – Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1.	Вихід на міжнародний ринок	Збільшення потужностей та	Привабливість для інвесторів, поступове переобладнання систем очищення повітря
2.	Витіснення товарів-конкурентів	обсягу виробництва, створення нових робочих місць	

Таблиця 4.8 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування
1.	Екологічність	Збільшення очищеного повітря на 20-25%

Продовження таблиці 4.8

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування
2.	Ціна	Ціна установки мало відрізняється від діючих електрофільтрів
3.	Економія часу	На очищення витрачається на 10% менше часу
4.	Економія енергії виробництва	Не потрібна подача струму великої потужності та подача енергії ззовні виробництва

4.4 SWOT – аналіз стартап проекту

Метод SWOT – аналізу дає можливість детально вивчити зовнішнє та внутрішнє середовище проекту. Методологія побудови заснована на системно-цільовому підході із фокусом на ті просторові, часові, інформаційні параметри, які існують ззовні та всередині середовища. Аналіз для поточного проекту наведено у табл. 4.9:

Таблиця 4.9 – SWOT-аналіз стартап-проекту

<p>Сильні сторони:</p> <ul style="list-style-type: none"> • новизна технології; • екологічність; • ціна (порівняно з електрофільтрами); • мобільність установки; • автоматизована система управління 	<p>Слабкі сторони:</p> <ul style="list-style-type: none"> • висока вартість (порівняно з методом спалювання); • ризики впровадження на практиці.
--	---

Продовження таблиці 4.9

<p>Можливості:</p> <ul style="list-style-type: none"> • вихід на міжнародні ринки; • витіснення товарів-конкурентів • збільшення об'ємів виробництва; • збільшення робочих місць. 	<p>Загрози:</p> <ul style="list-style-type: none"> • новизна товару; • низька купівельна спроможність ЦА; • відсутність попиту на установку.
---	---

Таблиця 4.10 – Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1.	Нові розробки, дослідження	Середня	2-3 роки
2.	Вдосконалення діючої технології	Висока	1-2 роки
3.	Розширення існуючих потужностей	Середня	3-5 років
4.	Придбання ліцензій, патентів	Висока	0,5-1 рік
5.	Покращення умов для робітників	Середня	1-1,5 роки

Проаналізувавши дані з таблиці 4.10 обрано альтернативу вдосконалення діючої технології, оскільки імовірність отримання ресурсів є високою, а строк реалізації досить коротким.

4.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Маркетингова стратегія стартап-проекту наведена у табл. 4.11.

Таблиця 4.11 – Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення
1.	Event-маркетинг,	Задоволення специфічних потреб	Ознайомити споживачів з новим товаром
2.	Email-маркетинг	Сервіс обслуговування	Підвищити продаж товару
3.	Реклама в інтернеті, ТБ, радіо	Порівняння з конкурентами	Навести переваги над конкурентами

4.6 Еколого-економічна оцінка ефективності впровадження установки

Існують різні види економічної оцінки природного середовища. Найбільш часто застосовують оцінку екологічних витрат, яка являє собою суму затрат господарського характеру, що викликані з допустимим рівнем екологічного порушення.

Природоохоронні заходи, як і інші заходи соціального характеру, потребують витрат, але ігнорування їх здійснення може привести до ще більшої втрати коштів на ліквідацію наслідків. Виділяють такі складові природоохоронних витрат:

- витрати на заходи, що виникають у місцях екологічного порушення (попередження забруднень, заходи, спрямовані на ліквідацію ерозійних процесів, тощо);

- витрати на ліквідацію збитків, які виникли внаслідок відмови від природоохоронних заходів, або від недостатнього масштабу їх здійснення. Складовими даного виду витрат є компенсація втрат сировини з газами,

твердими відходами, стічними водами і втрати на попередження і ліквідацію несприятливого впливу на об'єкти.

Згідно із ст. 240 ПКУ «Платники податку» до податків і зборів екологічного призначення належать [31]:

- збори на спеціальне використання природних ресурсів;
- збори на забруднення НПС;
- збори на проведення геологічних та розвідувальних робіт за бюджетний кошт;
- податки на землю.

Економіка охорони навколишнього середовища визначає поточні витрати на охорону навколишнього середовища, шукає способи розрахунку збитку, який завдано життєдіяльності людини, господарству та НПС в цілому.

Економіка природокористування – наука, що займається вивченням раціонального природокористування, організації системи охорони НПС. Має на меті дослідити економічні закономірності використання природного ресурсу людиною.

Завдання дисципліни:

- розробити методи для оцінки стану природних ресурсів задля включення їх ціни до економічних розрахунків;
- створити економічний механізм щодо раціонального використання природних ресурсів і охорони навколишнього середовища;
- розробити специфіку розрахунку економічної ефективності капіталовкладень у раціональне використання природних ресурсів та охорону навколишнього середовища.

Повним економічним ефектом встановлених методів є:

- зростання обсягу чистих продукції та/або прибутку, а в межах окремих галузей або підприємств – зменшення витрат на виробництво продукту;
- економія у секторах виробничих затрат та надання послуг;
- зменшення затрат із власного кошту населення.

З урахуванням того, що біосфера має обмежені властивості до самовідновлення, діяльність людини повинна мати чіткі обмеження, встановлені у відповідності до законів девелопменту населення та природи і їх взаємодії. Ці догми слід сформулювати таким чином, аби контролювати та регулювати процеси природокористування на державному рівні.

Сума податку, що стягується з підприємства за розміщення відходів, вираховується поквартально власне підприємством і орієнтується на фактичний обсяг відходів. Формула для обрахунку:

$$P_{PB2} = M_i \cdot H_{ni} \cdot K_{oc}$$

де M_i – обсяг викиду i -тої забруднюючої речовини в тоннах;

H_{ni} – ставки податку в поточному році за тонну i -тої забруднюючої речовини у гривнях з копійками.

K_{oc} - корегуючий коефіцієнт, який враховує розташування місця розміщення, що = 1.

Обсяги викиду забруднюючих речовин до та після модернізації вказані у табл. 4.12 та табл. 4.13.

Таблиця 4.12 – Обсяги викидів забруднюючих речовин до модернізації

Найменування забруднюючої Речовини	Обсяг викиду, Т	Ставка податку, грн/т
Формальдегід	5	7606,99

Таблиця 4.13 – Обсяги викидів забруднюючих речовин після модернізації

Найменування забруднюючої Речовини	Обсяг викиду, Т	Ставка податку, грн/т
Формальдегід	0,000852	7606,99

Обсяги викидів забруднюючих речовин до модернізації:

$$P_{PB1} = M_i \cdot H_{pi} \cdot K_{oc} = 5 \cdot 7606,99 \cdot 1 = 38034,95 \text{ грн}$$

Обсяги викидів забруднюючих речовин після модернізації:

$$P_{PB2} = M_i \cdot H_{pi} \cdot K_{oc} = 0,000852 \cdot 7609,99 \cdot 1 = 6,49 \text{ грн}$$

Отже,

$$P1 = 38034,95 \text{ грн}$$

$$P2 = 6,49 \text{ грн}$$

$$\Delta P = P1 - P2 = 38034,95 \text{ грн} - 6,49 = 38028,46 \text{ грн}$$

Таблиця 4.14 – Величина капіталовкладень, використаних для зменшення шкідливих речовин

Назва	Сума
Одноразові капітальні вкладення	40000
Експлуатаційні витрати (грн./рік)	6000

Розмір чистого економічного річного ефекту:

$$E = (Y_{\text{пр}} + \Delta D) - (C + E_n \cdot K)$$

$$E = (38028,46 + 0) - (6000 + 0,15 \cdot 40000) = 26028,46 \text{ грн / рік}$$

де: E – розмір чистого економічного річного ефекту;

$Y_{\text{пр}}(\Delta\Pi)$ – результат природоохоронних заходів;

ΔD – додатковий дохід;

E_n – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень
(коефіцієнт дисконтування), $E_n = 0,15$;

C – витрати за рік;

K – вартість установки.

Термін окупності:

$$T_{\text{ок}} = K / (Y_{\text{пр}} + \Delta D) = 40000 / (38028,46 + 0) = 1,06 \text{ року}$$

Висновки до розділу 4

Досліджено метод зменшення викидів формальдегіду у атмосферне повітря, що дозволяє очистити повітря на деревообробному підприємстві на 95%.

Проведено аналіз ринку і конкурентоспроможності стартап-проекту, проведено його SWOT-аналіз.

Розраховано розмір еколого-екологічного ефекту від впровадження на проекту на діюче підприємство, а також розраховано термін окупності, який складає 1,06 року.

ВИСНОВКИ

Об'єктом даної магістерської дисертації виступає установка для очищення повітря від формальдегіду на деревообробному підприємстві.

У роботі проаналізовано літературні джерела та проведено аналіз впливу формальдегідів на атмосферне повітря та на життєдіяльність людини. зроблено аналіз методів очистки повітря від викидів деревного пилю, формальдегідів, фенолів та інших речовин, що потрапляють у атмосферу із джерел викидів деревообробного підприємства, а також показано переваги та недоліки кожного методу.

У дисертації вирішується проблема зменшення кількості викидів формальдегідів у атмосферне повітря та представлено проект установки для її вирішення. Зокрема, пропонується вперше на деревообробному підприємстві застосувати адсорбційно-абсорбційний метод очищення повітря, замінивши ним звичне спалювання.

Розраховано, що запропонована установка дозволить підвищити ефективність очищення повітря від викидів формальдегідів на 25%, а термін її окупності становитиме 1,06 років.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Крюкова К.А. Формальдегид. Його властивості та застосування. Москва : Хімія, 2016. 46-49 с.
2. Про регулювання викидів шкідливих речовин вздовж автомобільних доріг / Виробничий журнал; уклад. : В.А. Заславський, А.І. Сідляренко. Київ, 2004. 11-13 с.
3. Технічний звіт щодо роботи підприємства перед запуском / упоряд. Сторонський К.Б. Київ : БСА, 2004. 350 с.
4. Михайлова Г.М. Гілевич Ю.В. Оцінювання невизначеності результатів вимірювання вмісту формальдегіду в постільних виробах. Київ : БСА, 2012. 97-99 с.
5. Ніколаєв А.Ф., Супрун Н.П., Островецька Ю.І. Методи визначення кількісного та якісного складу текстильних матеріалів: монографія. Київ : КНУТД, 2012. 108-112 с.
6. ДСТУ 2807-94. Устаткування метало- і деревообробне. Загальні вимоги безпеки і методи випробувань. [Чинний від 01.01.1996]. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 1994. 33 с.
7. ДСТУ Б В. 1.1-2-97. Матеріали будівельні. Метод випробування та займистість. [Чинний від 01.01.1998]. Вид. офіц. Київ : Центральний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій ім. В.А. Кучеренко, 1998. 72-76 с.
8. IPSC: Environmental Health Criteria 89, Formaldehyde. Geneva : WHO, 1988. 219 p.
9. Унгуряну Т.Н. Загрязнение атмосферного воздуха и болезни органов дыхания. Москва : Гиг. и сан., 2007. 28-30 с.
10. Определение альдегидов в биологических средах методом высокоэффективной хроматографии : учебник / Н.В. Зайцева и др. Москва : Гиг. и сан., 2002. 77-79 с.
11. Мелехина В.П. К вопросу о ПДК формальдегида в атмосферном воздухе. Москва : ГСН, 1958. 10-14 с.

12. Батлук В.А. Основи екології та навколишнього природного середовища : навчальний посібник. Львів : Афіша, 2001. 333 с.
13. Елманова В.И. Охрана атмосферного воздуха. Москва : Юрлит, 1984. 122 с.
14. Тимонов В.Е., Фадеев А.А., Худяков Н.Н., Н.А. Базякина Н.А. Канализация : пособие. Москва : Недра, 1985. 631 с.
15. Колобанов С.С., Єршов А.В., Кигель М.Е. Проектування споруд для очищення повітря : навч. посіб. Київ : Будівельник, 1994. 222-224 с.
16. Пугачов В.П. Оцінка шкідливості спалювання хімікатів. Львів : Веселка, 2001. 16-24 с.
17. Лютий Є.М., Тисовський, Ю.Р., Дадак Ю.Р., Ляшеник А.В. Циклони в деревообробній промисловості : монографія. Львів : Ред. журналу "Український пасічник", 2009. 148 с.
18. Василевский М.В., Зыков Е.Г., Разва А.С. Обеспыливание воздуха циклонными аппаратами в пневмотранспортных установках / Безопасность жизнедеятельности. 2008. № 1. ISSN 1684-6435. 46 -49 с.
19. Білявський Г.О. Фурдуй Р.С., Костіков І.Ю. Основи екологічних знань. Київ : Либідь, 2000. 336 с.
20. Асламова В.С., Асламов А.А., Мусева Т.Н., Жабей А.А. Универсальный метод расчета эффективности пыле- улавливания циклонов / Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2008. № 1. 34-37 с.
21. Батлук В.А., Проскуріна І.В., Ляшеник А.В. Математична модель процесу очищення запиленого потоку у відцентрово-інерційних пиловловлювачах : навч. посіб. Київ. 2010. № 1 (27). 31-36 с.
22. Звіт з інвентаризації ТОВ «Кроноспан УА». Нововолинськ, 2015. 2-3 с.
23. Акт перевірки технічного стану та ефективності роботи газоочисного обладнання. Нововолинськ, 2017. 1-4 с.
24. Звіт про охорону атмосферного повітря : форма державної статистичної звітності. 2017. 3-5 с.

25. Козориз Г.Ф. Пневматический транспорт деревообрабатывающих предприятий. Москва : Машиностроение, 1998. 122 с.
26. Александров О.М., Козорис Г.Ф. Пневмотранспорт і пиловловлюючі споруди на деревообробних підприємствах / довідник під ред. О.М.Александрова. Москва : Недра, 1988. 248 с.
27. Нагорний А.Ю., Бухтіяров В.П., Іванов Н.А., Савченко В.Ф. Полімерні матеріали у виробництві меблів. Москва : Недра, 1980. 272 с.
28. Путимов А.В., Копрєєв А.А., Петрухін Н.В. Охорона навколишнього середовища. Москва : Хімія, 1991. 223 с.
29. Сытник К. М., Брайон А.В. Биосфера, экология, охрана природа. Київ : Наукова думка, 1987. 522 с.
30. Сборник методик по расчету выбросов в атмосферу загрязняющих веществ различными производствами. Львов : Гидрометеиздат, 1986.
31. Збірник показників емісії (питомих викидів) забруднюючих речовин в атмосферне повітря різними виробництвами (Том 1 та Том 2), Укр. НЦТЕ, Донецьк, 2004.
32. Про затвердження нормативів ГДВ забруднюючих речовин із стаціонарних джерел : наказ Міністерства охорони навколишнього природного середовища від 27 06 2006 р. №309. *Голос України*. 2006.
33. Сборник методик по определению концентраций загрязняющих веществ в промышленных выбросах. Часть 1. Москва : Гидрометеиздат, 1986. 452 с.
34. Электроаналитические методы в контроле окружающей среды. – Москва : Химия, 1990. 282 с.
35. Воейков А.И. Типовая инструкция по организации системы контроля промышленных выбросов в атмосферу в отраслях промышленности. Львов : ГГО, 1986. 644 с.