

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**БОРИСЮК ІРИНА МИКОЛАЇВНА**

**УДК 502/504**

**ПРОЦЕСИ ДЕРЕВООБРОБКИ ІЗ ЗМЕНШЕННЯМ ВИКИДІВ  
ФОРМАЛЬДЕГІДІВ У АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ**

**Спеціальність 101 – Екологія**

**Автореферат  
магістерської дисертації на здобуття  
ступеня магістра**

**Київ 2018**

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» на кафедрі інженерної екології.

**Науковий керівник** – доктор технічних наук, професор  
**Ткачук Костянтин Костянтинович**  
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського»

**Рецензент:** кандидат технічних наук, доцент  
**Козлов Сергій Степанович**  
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського»

Захист відбудеться «17» грудня 2018 р. о 14.00 на кафедрі інженерної екології Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» за адресою: м. Київ, вул. Борщагівська 115, ауд. 201.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» за адресою: 03056, Україна, м. Київ, просп. Перемоги, 37.

Автореферат розісланий «\_\_» грудня 2018 р.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**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/м<sup>3</sup> (при нормі ГДК 0,5мг/м<sup>3</sup>). 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.

**Мета і завдання дослідження.** Метою є визначення шляхів вдосконалення існуючих систем очистки атмосферного повітря від викидів формальдегіду. Завдання включає в себе:

- аналіз літературних джерел та аналіз впливу формальдегідів на атмосферне повітря;
- розробка аналізу методів очистки повітря від викидів формальдегідів;
- розробка проекту установки для зменшення викидів формальдегідів у атмосферне повітря.

**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.

**Методи дослідження.** У роботі було використано систему загальнонаукових і спеціальних методів пізнання. Теоретичною і методичною основою дипломної роботи є системно-аналітичний підхід вивчення впливу викидів формальдегідів на екосистему та організм людини та аналіз методів та способів зменшення кількості даної речовини у атмосферному повітрі.

**Наукова новизна:**

- 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.** 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.

**Структура і об'єм роботи.** Дисертаційна робота викладена на 67 сторінках складається з вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел з 35 найменувань, містить 13 рисунків, 20 таблиць та 24 формули.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

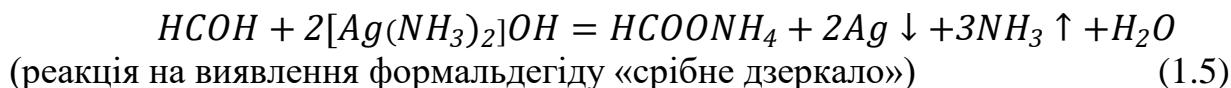
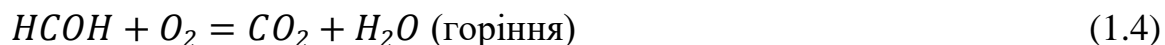
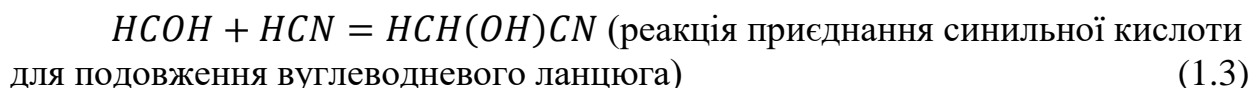
У вступі обґрунтовано актуальність теми магістерської дисертації і необхідність проведення досліджень, сформульовані мета і задачі досліджень, предмет і об'єкт дослідження, визначено наукову новизну та практичне значення одержаних результатів.

У першому розділі проведено аналіз наукових та практичних досліджень впливу викидів формальдегідів у атмосферне повітря.

Зокрема, надано загальні відомості про речовину – формальдегід, його властивості, приклади застосування та вплив надлишкових концентрацій на екосистему.

З літературних джерел встановлено, що формальдегід міститься у ДСП плитах у складі формальдегідних смол (у якості клеїв).

Речовина 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/м<sup>3</sup>, середньодобова – 0,003 мг/м<sup>3</sup>, максимальна разова концентрація – 0,035 мг/м<sup>3</sup>.

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 ( $0,177 \text{ мг/м}^3$ ).

На стаціонарних джерелах, зокрема, деревообробних підприємствах, основними джерелами викиду шкідливих речовин є сушильні, фанерні та опоряджувальні цехи, клеїльно-облицювальні виробництва ДСП (деревостружкових) та ДВП (деревоволоконистих) плит. Синтетичні смоли, які застосовують у пресовому відділенні деревообробного цеху, виділяють формальдегід 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.

Основними джерелами виділення на деревообробному підприємстві забрудників атмосферного повітря є:

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

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

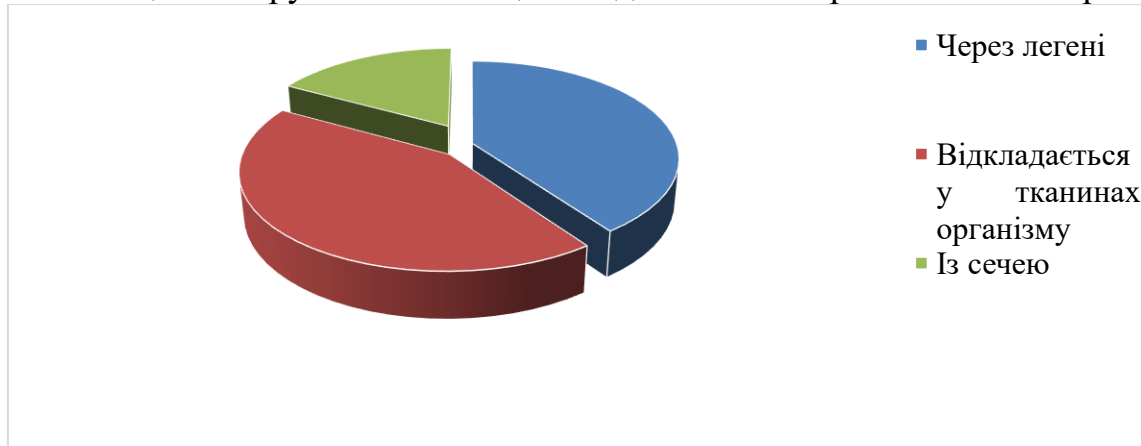


Рисунок 1.1 – Шляхи виведення формальдегіду з організму

Аналіз рівня забруднення атмосферного повітря показав, що атмосферне повітря в містах забруднено багатьма речовинами. Основні забрудники та їх вміст у повітрі наведено у табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – 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

**Другий розділ** містить аналіз існуючих способів, методів та критеріїв якості атмосферного повітря, а також 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. 1.2.

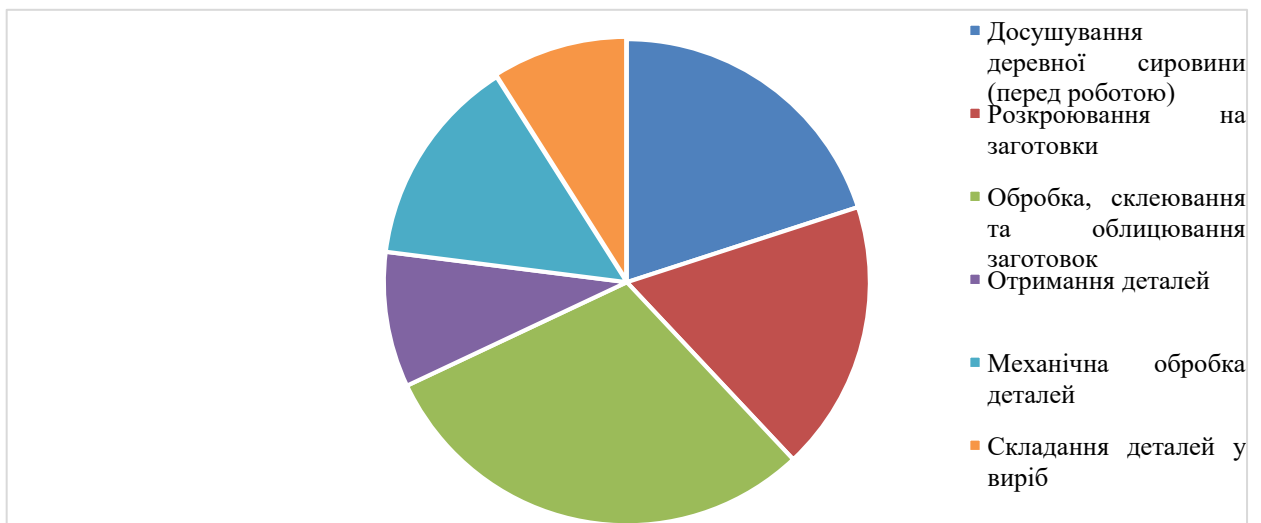


Рисунок 1.2 – Стадії технологічного процесу деревообробного виробництва

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.

Серед деревних плит виділяють деревостружкові, деревоволокнисті та деревостружкові плити. У обсязі виробництва перші займають найбільший відсоток.

На деревообробному підприємстві основними джерелами забруднення виступають сушарні цехи, цехи з виготовлення фанери, котельні, цехи виробництва деревостружкових плит, ДВП, деревшаруватого пластику, деревного борошна та стружки, автотранспортні засоби, тощо. У результаті роботи підприємства в атмосферу викидаються:

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

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.

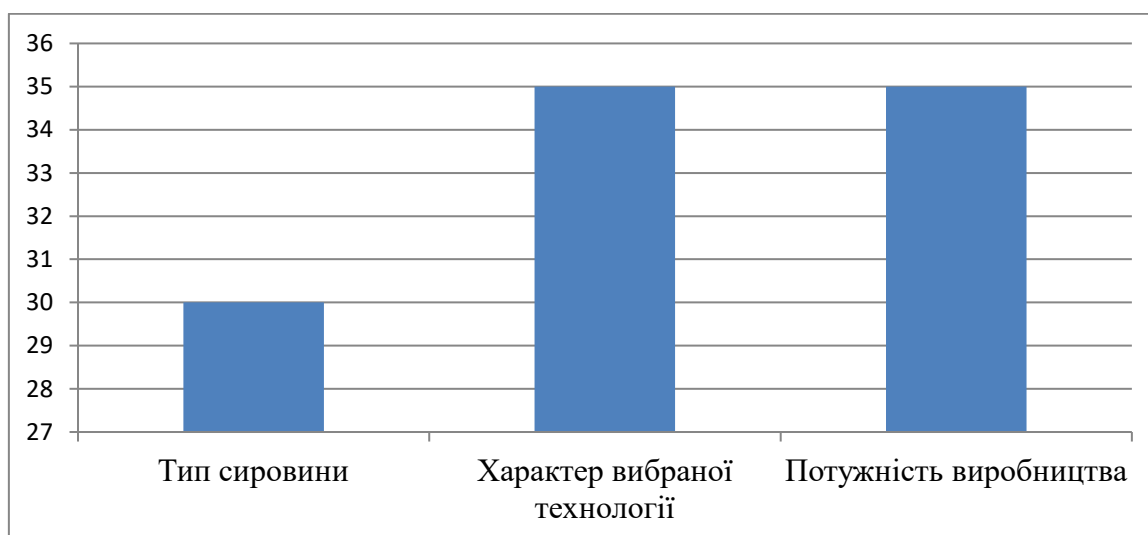


Рисунок 1.3 – Чинники, що впливають на інтенсивність викиду шкідливих речовин



Таблиця 1.2 – Цехи деревообробного підприємства та основні забруднюючі речовини

<b>Виробничі цехи</b>	<b>Речовини – забрудники</b>
Цех з виробництва меблів.	Формальдегіди, оксид азоту, анілін, азот, уайт-спірит, скипидар, аміак, дрібнодисперсний пи́л (деревний та лакофарбовий), пари розчинника.
Цехи з обробки кругляку дерев.	Деревний пи́л, оксиди вуглецю, вуглеводні.
Цехи з виробництва ДСП, ДВП, ДШП (дерево-шаруватих пластиків), фанери, ламінатів.	Формальдегід, феноли, пари аміаку, окис вуглецю, ціанистий калій (у малих концентраціях), дрібнодисперсний пи́л (деревний та лакофарбовий).
Цехи з виробництва деревного борошна	Дрібнодисперсний деревний пи́л, оксид вуглецю та ін.

Аналіз викидів (т/рік) забруднюючих речовин у атмосферне повітря для підприємства із середніми потужностями виробництва приведено у табл. 1.3.

Таблиця 1.3 – Викиди забруднюючих речовин у атмосферне повітря

Код речовини	Найменування	Клас небезпечності	ГДК, мг/м <sup>3</sup>	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

Отже, 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 розпилування сировини;
- необхідність дотримання та виконання законодавчої бази у сфері охорони навколишнього середовища;
- підвищення жорсткості вимог щодо економії енергетичних та сировинних ресурсів.

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:

$$\frac{C_1}{ГДК_1} + \frac{C_2}{ГДК_2} + \dots + \frac{C_x}{ГДК_x} < 1; \quad (1.6)$$

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.

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.

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.

У третьому розділі розглянуті методи зменшення викидів формальдегідів у атмосферне повітря.

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. 1.4.

Таблиця 1.4 – 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.

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.

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. У першому випадку визначальним чинником є розподіл температур, а другому – швидкість вітру. Умовно забруднене повітря зонують за наступним принципом:

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

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.

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.

Таблиця 1.5 - Сумарні викиди газоподібних речовин деревообробного підприємства

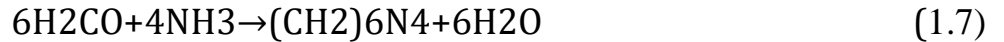
№джерела викиду	Обсяг газоповітряної суміші, м <sup>3</sup> / с	ГДК, мг/м <sup>3</sup>	Фактична концентрація, мг/м <sup>3</sup>	ГДВ г/с, (т/год)	Максимально Разовий викид, г / с	Валовий викид забруднюючих речовин, т / рік	Перевищення концентрації забруднюючих речовин, раз
001	1,0	0,5	0,141	0,49(7,62)	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	-

Проаналізувавши кількість викидів формальдегіду на деревообробному підприємстві середньої потужності та методи очищення повітря від даної речовини варто сказати, що вільний формальдегід, який виділяється під час приготування сечовинно-формальдегідних смол при виробництві цих же дерево-стружкових плит нейтралізується найчастіше методами прямого спалювання, або розсіювання, які не є безпечними. 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. Для деревообробних підприємств він є новим, так як знаходив своє застосування в основному на підприємствах хімічної промисловості.

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 утрупін – 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.

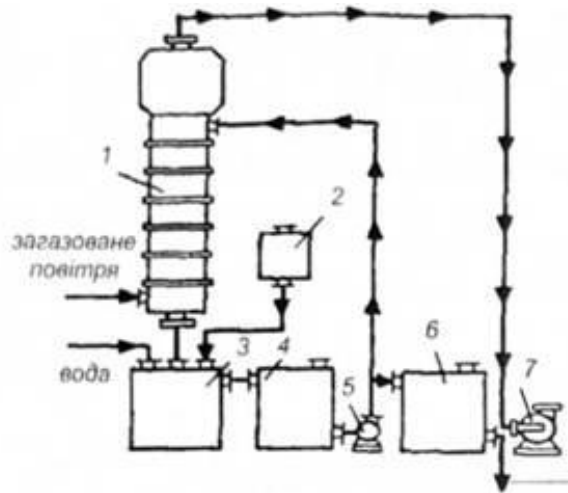


Рисунок 1.4 – Схема адсорбційно-адсорбційної установки:

- 1) шести-тарілкова колонка;
- 2) мірний резервуар з розчином аміаку;
- 3) реактор;
- 4) ємність;
- 5) насос;
- 6) збирач;
- 7) вентилятор.

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 85-95%, а концентрація викинутого у атмосферу формальдегіду не перевищує гранично-допустимі концентрації, а отже є доцільним у використанні.

У четвертому розділі обґрунтовано власну практичну значимість проекту.

Таблиця 1.6 – Визначення нейтральних, слабких та сильних сторін проекту

№ п/п	Техніко-економічні характеристики	Технології конкурентів			W	N	S
		Мій проект	Спалювання	Очищення електрофільтром			
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

Наступний крок – визначення технологій реалізації стартап-проекту, яка має два головних критерії – наявність та доступність технології реалізації. Технологічний аудит ідеї проекту наведено у табл. 1.7.

Таблиця 1.7 – 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.

Ще однією складовою є складання SWOT-аналізу. 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. 1.8:

Таблиця 1.8 – SWOT- аналіз стартап-проекту

<p>Сильні сторони:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• новизна технології;</li> <li>• екологічність;</li> <li>• ціна (порівняно з електрофільтрами);</li> <li>• мобільність установки;</li> <li>• автоматизована система управління</li> </ul>	<p>Слабкі сторони:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• висока вартість (порівняно з методом спалювання);</li> <li>• ризики впровадження на практиці.</li> </ul>
<p>Можливості:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• вихід на міжнародні ринки;</li> <li>• витіснення товарів-конкурентів</li> <li>• збільшення об'ємів виробництва;</li> <li>• збільшення робочих місць.</li> </ul>	<p>Загрози:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• новизна товару;</li> <li>• низька купівельна спроможність ЦА;</li> <li>• відсутність попиту на установку.</li> </ul>

## 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 пилу, 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 ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ**

Результати наукових досліджень були представлені на I Науково-технічній конференції магістрантів ІЕЕ (21 листопада 2018 року).

## **АНОТАЦІЯ**

Борисюк І.М. «Процеси деревообробки із зменшенням викидів формальдегідів у атмосферне повітря». – Рукопис.

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-абсорбційний 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.

## АННОТАЦИЯ

Борисюк И.Н. «Процессы деревообработки с уменьшением выбросов формальдегидов в атмосферный воздух». - Рукопись.

Объем пояснительной записки к магистерской диссертации составляет 67 страниц. Он включает в себя введение, четыре главы и выводы.

Количество иллюстраций - 13, количество таблиц - 20, количество формул - 24, количество источников по перечню ссылок - 35.

Объектом исследования является процесс загрязнения атмосферного воздуха выбросами формальдегида.

Предметом исследования выступают параметры и критерии, применяемые к определению величины выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

Цель работы: определить пути совершенствования существующих систем очистки атмосферного воздуха; сделать анализ методов очистки воздуха от выбросов формальдегидов.

Результаты исследования - модернизированы методы очистки атмосферного воздуха. впервые на деревообрабатывающем предприятии внедрена адсорбционно-адсорбционный метод очистки со специальной установкой.

Новизна заключается в выборе метода, который ранее применялся исключительно на предприятиях химической промышленности и не использовался на деревообрабатывающих предприятиях. Данный метод и оборудование для очистки воздуха обеспечат уменьшение выбросов формальдегидов в атмосферный воздух на 25%.

Ключевые слова: выбросы, очистка воздуха, формальдегид, формальдегидные смолы, деревообработка, древесностружечные плиты.

## ABSTRACT

Borysiuk Iryna "Woodworking processes with a decrease in formaldehyde emissions into the atmospheric air." - Manuscript.

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

The number of illustrations is 13, the number of tables is 20, the number of formulas is 24, the number of sources according to the list of references is 35.

The object of the study is the process of air pollution by formaldehyde emissions.

The subject of the research is the parameters and criteria used to determine the amount of pollutant emissions into the air.

Objective: to identify ways to improve the existing air purification systems; make an analysis of air purification methods from formaldehyde emissions.

The results of the study - modernized methods for purifying atmospheric air. For the first time in the woodworking enterprise, an adsorption-adsorption cleaning method with a special installation was introduced.

The novelty lies in the choice of a method that was previously used exclusively at the enterprises of the chemical industry and was not used at the woodworking enterprises. This method and equipment for air purification will ensure the reduction of formaldehyde emissions into the air by 25%.

Keywords: emissions, air purification, formaldehyde, formaldehyde resins, woodworking, chipboard.