

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра екології та природозахисних технологій

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА**

зі спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища»

Тема: Технології очищення викидів в атмосферне повітря від промислового пилу на підприємствах хлібопекарної промисловості

Завідувач кафедри

Пляцук Л. Д.

\_\_\_\_\_ (підпис)

Керівник роботи

Рой І. О.

\_\_\_\_\_ (підпис)

Консультант  
з охорони праці

Васькін Р. А.

\_\_\_\_\_ (підпис)

Виконавець  
студент групи

Власенко Р. С.

\_\_\_\_\_ (підпис)

Суми 2022

# СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет технічних систем та енергоефективних технологій  
Кафедра екології та природоохоронних технологій  
Спеціальність 183 «Технології захисту навколишнього середовища»

**ЗАТВЕРДЖУЮ:**

Зав. кафедрою \_\_\_\_\_  
“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Студенту \_\_\_\_\_ Власенко Роману Сергійовичу \_\_\_\_\_ Група \_\_\_\_\_ ТС-81/2  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи Технології очищення викидів в атмосферне повітря від промислового пилу на підприємствах хлібопекарної промисловості
2. Вихідні дані до роботи статистичні дані, патенти, законодавчі та нормативні акти, наукові статті, літературні джерела
3. Перелік обов'язково графічного матеріалу: \_\_\_\_\_
  - 1) Загальна характеристика виробничого пилу як забруднюючої речовини;
  - 2) Системи очищення повітря при виробництві борошна;
  - 3) Оптимальна модель очисного пиловловлюючого обладнання для хлібопекарної промисловості.

4. Етапи виконання кваліфікаційної роботи:

№	Етапи і розділи проектування	ТИЖНІ					
		1	2	3	4	5	6
1	Огляд літератури за темою	+	+	+			
2	Розділ 1	+	+				
3	Розділ 2		+	+			
4	Розділ 3			+	+	+	
5	Розділ 4					+	
6	Розділ 5					+	
7	Оформлення, захист						+

Дата видачі завдання 18 квітня 2022 р.

Керівник \_\_\_\_\_

(підпис)

ст. викл., Рой І. О.

(посада, прізвище, ім'я, по батькові)

## РЕФЕРАТ

*Структура та обсяг кваліфікаційної роботи бакалавра.* Робота складається зі вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних джерел, що містить 45 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 60 стор., у тому числі 5 таблиці, 25 рисунків, список використаних джерел обсягом 5 сторінок.

*Метою* роботи є дослідження технологій очищення викидів в атмосферне повітря від промислового пилу на підприємствах хлібопекарної промисловості.

Відповідно до поставленої мети були вирішені такі *завдання*:

- здійснити загальну характеристику пилу як забруднюючої речовини;
- визначити взаємозв'язок між обсягами викидів пилу та рівнем захворюваності населення на хвороби органів дихання;
- проаналізувати існуючі системи очищення повітря в хлібопекарній промисловості;
- проаналізувати світовий досвід у застосуванні систем очищення повітря при виробництві борошна та шляхи удосконалення очисного обладнання;
- визначити найбільш оптимальну модель очисного пиловловлюючого обладнання для хлібопекарної промисловості.

*Об'єктом дослідження* є викиди промислового пилу на підприємствах хлібопекарної промисловості та їх вплив на навколишнє середовище.

*Предметом дослідження* є екологічно безпечні технології захисту атмосферного повітря від викидів в хлібопекарній промисловості.

*Методи дослідження*: абстрактно-логічний, аналізу і синтезу, порівняльного аналізу, системного аналізу.

*Ключові слова*: ХЛІБОПЕКАРСЬКА ПРОМИСЛОВІСТЬ, ПИЛОВЛОВЛЮЮЧЕ ОБЛАДНАННЯ, БОРОШНЯНИЙ ПИЛ, ВИКИДИ, ХВОРОБИ ОРГАНІВ ДИХАННЯ.

## ЗМІСТ

Вступ	5
Розділ 1 Загальна характеристика виробничого пилу як забруднюючої речовини. Взаємозв'язок між обсягами викидів пилу та рівнем захворюваності населення на хвороби органів дихання	7
Розділ 2 Системи очищення повітря при виробництві борошна	17
2.1 Очищення повітря за допомогою циклонів	21
2.2 Очищення повітря за допомогою батарейних циклонів	24
2.3 Очищення за допомогою рукавних фільтрів	26
2.4 Очищення повітря за допомогою циклонів з водяною плівкою	30
2.5 Поводження з відходами	32
Розділ 3 Світовий досвід у застосуванні систем очищення повітря при виробництві борошна та шляхи удосконалення очисного обладнання	34
3.1 Основні системи очищення повітря в Європі	34
3.2 Шляхи удосконалення очисного обладнання	39
Розділ 4 Вибір найбільш оптимальної моделі очисного пиловловлюючого обладнання для хлібопекарної промисловості	45
Розділ 5 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	49
Висновки	53
Перелік джерел посилання	56

Підпис і дата		Інв.№дубл.		Взаєм.інв.№		Підпис і дата	
Вик	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТС 18510209		
Розроб.	Власенко				Літ.	Аркуш	Аркушів
Перев.	Рой				4	60	
Н.Контр.	Батальцев				СумДУ, ф-т ТеСЕТ гр. ТС-81/2		
Затв.	Пляцук						

Технології очищення викидів в атмосферне повітря від промислового пилу на підприємствах хлібопекарної промисловості

## ВСТУП

Шкідливий вплив забрудненого атмосферного повітря на здоров'я населення та навколишнє середовище було доведено ще у середині минулого століття. Одним із найпоширенішим компонентом забрудненого повітря є пил.

Поряд з підприємствами хімічної, металургійної та інших галузей промисловості, що спричиняють найбільш негативні впливи на стан екосистем, хлібопекарські підприємства також є активними споживачами сировинних ресурсів і виробниками відходів. Однак оцінка екологічних впливів хлібопекарських підприємств на навколишнє середовище не набула загальноприйнятної практики, тому потребує додаткових наукових досліджень.

Для підприємств харчової промисловості, що виробляють борошно, характерне накопичення зернового та борошняного пилу. Пил може викликати різноманітну дію на організм: подразнюючу, алергізуючу, фіброгенну, токсичну та є причиною цілої низки хвороб (в тому числі онкологічних).

Крім негативного впливу на здоров'я працівників, пил на підприємствах хлібопекарної промисловості має ще одну небезпеку: він є пожежо- й вибухонебезпечним. Вибух пилу – хімічна реакція горіння пилу, що знаходиться в повітрі, та має надзвичайну швидкість перебігу та поширення.

Тому підвищення рівня екологічної ефективності розвитку харчової промисловості в цілому та хлібопекарської зокрема є одним із важливих напрямів забезпечення безпеки виробництва, охорони здоров'я робітників та контролю за забруднення атмосферного повітря.

Вдосконалення і модернізація технології виробництва, в тому числі й уловлювання викидів в атмосферне повітря, неможливе без впровадження більш ефективних технологій, оптимізації технологічних процесів і режимів, їх автоматизацію та комп'ютеризацію.

Підпис і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підпис і дата	
Інв.№подл.	

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

ТС 18510209

Арк

5

**Метою** роботи є аналіз технологій очищення викидів в атмосферне повітря від промислового пилу на підприємствах хлібопекарної промисловості.

Відповідно до поставленої мети були вирішені такі **завдання**:

- здійснити загальну характеристику пилу як забруднюючої речовини;
- визначити взаємозв'язок між обсягами викидів пилу та рівнем захворюваності населення на хвороби органів дихання;
- проаналізувати існуючі системи очищення повітря в хлібопекарній промисловості;
- проаналізувати світовий досвід у застосуванні систем очищення повітря при виробництві борошна та шляхи удосконалення очисного обладнання;
- визначити найбільш оптимальну модель очисного пиловловлюючого обладнання для хлібопекарної промисловості.

Актуальність теми полягає в необхідності контролю за якістю атмосферного повітря на підприємствах хлібопекарної галузі, кількістю викидів промислового пилу в атмосферу з метою скорочення захворюваності працівників, поліпшення стан їх здоров'я та анулювання пожежо- та вибухонебезпеки на виробництві.

**Об'єктом дослідження** є викиди промислового пилу на підприємствах хлібопекарної промисловості та їх вплив на навколишнє середовище.

**Предметом дослідження** є екологічно безпечні технології захисту атмосферного повітря від викидів в хлібопекарній промисловості.

У процесі дослідження було використано наступні **методи дослідження**: абстрактно-логічний (для узагальнення оцінки впливу промислового пилу на довкілля та здоров'я людей), аналізу і синтезу (для визначення взаємозв'язку між обсягами викидів пилу та рівнем захворюваності населення на хвороби органів дихання), порівняльного аналізу (для визначення найбільш оптимальної моделі очисного пиловловлюючого обладнання), системного аналізу (для аналізу існуючих систем очищення повітря в хлібопекарній промисловості; узагальнення способів удосконалення очисного обладнання).

Підпис і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підпис і дата	
Інв.№подл.	

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

ТС 18510209

Арк  
6

**РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ВИРОБНИЧОГО ПИЛУ ЯК  
ЗАБРУДНЮЮЧОЇ РЕЧОВИНИ. ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК МІЖ ОБСЯГАМИ  
ВИКИДІВ ПИЛУ ТА РІВНЕМ ЗАХВОРЮВАНОСТІ НАСЕЛЕННЯ НА  
ХВОРОБИ ОРГАНІВ ДИХАННЯ**

Виробничий пил – тонкодисперсні тверді частинки, що перебувають у повітрі у зваженому стані.

Пил – поширений небезпечний та шкідливий виробничий фактор. З пилом стикаються робітники практично всіх галузей промисловості та сільського господарства.

За походженням пил поділяють на органічний (рослинний, тваринний, полімерний), неорганічний (мінеральний, металевий) і змішаний.

За місцем виникнення пил класифікують на аерозолі дезінтеграції, що утворюються при обробці твердих тіл, і аерозолі конденсації, які виникають як результат конденсату парів металів та неметалів (шлаків).

За дисперсністю пил поділяється на видимий (частки розміром більше 10 мкм), мікроскопічний (від 0,25 до 10 мкм) та ультрамікроскопічний ( розміром менше 0,25 мкм). Порошинки, що мають розмір менше 0,25 мкм, майже не осідають на поверхні та постійно знаходяться в повітрі в броунівському русі. Частинки пилу розміром менше 5 мкм є найнебезпечнішими, оскільки вони здатні глибоко проникати в тканини легенів і затримуватися там (альвеол досягає майже 10% частинок, що вдихаються).

За способом впливу на організм відокремлюють токсичну, дратівливу, інфекційну, алергічну, канцерогенну і пневмоконіотичну дії пилу.

Особливе значення набувають токсичність та розчинність пилу: адже токсичний і добре розчинний пил швидше потрапляє до організму і відповідно викликає гострі отруєння, натомість нерозчинний може стати причиною лише місцевого механічного пошкодження легенів. Натомість, розчинність

Інв.№подл.	Підпис і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підпис і дата

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

**ТС 18510209**

Арк  
7

нетоксичного пилу сприятлива, оскільки в розчиненому стані речовина виводиться з організму без негативного впливу.

Частинки пилу, що мають електричний заряд, в 2-8 разів більш активно затримуються в дихальних шляхах та більш інтенсивно фагоцитуються. Також однойменно заряджені частинки довше перебувають в повітрі, натомість різнойменно заряджені швидше агломеруються та осідають.

Швидкість осідання частинок пилу залежить від їх форми та пористості. Так, наприклад, щільні частинки округлої форми осідають швидше. Щільні частинки великих розмірів з гострими гранями (частіше аерозолі дезінтеграції) здатні більше травмувати слизову оболонку дихальних шляхів, ніж порошинки з гладкою поверхнею. Проте легкі пористі частинки пилу гарно адсорбують токсичні пари та гази, а також мікроорганізми та продукти їх життєдіяльності. У такому випадку пил стає токсичним, набуває алергенні та інфекційні характеристики.

Промисловий пил стає причиною цілої низки захворювань, таких як:

- 1) захворювання шкіри і слизових оболонок (гнійничкові захворювання шкіри, дерматити, кон'юнктивіти);
- 2) неспецифічні захворювання органів дихання (риніти, фарингіти, пилові бронхіти, пневмонії);
- 3) алергічні захворювання (алергічні дерматити, екземи, астматичні бронхіти, бронхіальна астма);
- 4) професійні отруєння (спричинені впливом токсичною пилу);
- 5) онкологічні захворювання (як наслідок впливу канцерогенного пилу);
- 6) пневмоконіози (спричинені фіброгенним пилом) [5].

Крім негативного впливу на здоров'я працівників, пил на підприємствах хлібопекарної промисловості спричиняє ще одну небезпеку: він є пожежо- й вибухонебезпечним.

Зерновий і борошняний пил займається легко, проте горить повільно і тільки на поверхні. Ступінь пожежонебезпечності пилу визначають

Підпис і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підпис і дата	
Інв.№подл.	

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

ТС 18510209

Арк  
8



температурою його самозаймання: чим вона є нижчою, тим пил стає пожежонебезпечнішим.

Також даний різновид пилу є вибухонебезпечним. Нижня концентраційна межа розповсюдження полум'я борошняним пилом знаходиться в межах 10-18 г/м<sup>3</sup>, а зернового пилу – 40-50 г/м<sup>3</sup>. Вибухонебезпечність пилу залежить від таких факторів, як кількість в ньому органічних і мінеральних речовин, дисперсність та вологість. У випадку зростання вмісту мінеральних домішок та зольності зростає нижня концентраційна межа поширення полум'я (НКМПП). Пил із значною кількістю вологи потребує великої кількості тепла для випарювання рідини, що відповідно зменшує ризик його загоряння.

Вибуховим стає пил, до складу якого входить понад 10% летких речовин, та який має показники зольності та вологи до 40%, розмір часток до 0,1 мм, і концентрацію - 10-3000 г/м<sup>3</sup>.

Вибухонебезпека пилу виникає у випадку:

- присутності в повітрі вибухонебезпечної концентрації пилу, а також осілого пилу;
- наявності джерела займання з температурою, не меншою за температуру самозаймання;
- необхідної кількості кисню в повітрі.

Вибух пилу – хімічна реакція горіння завислого в повітрі пилу, що має швидкий перебіг та розповсюдження. Він супроводжується утворенням значного об'єму газоподібних продуктів горіння та підвищенням тиску, що, в свою чергу, може стати причиною значних руйнувань. Швидке займання спричинено значною поверхнею взаємодії пилу з повітряними масами. Також має значення, що завдяки великій поверхні, пил під час руху здатний заряджатися статичною електрикою. Величина заряду залежить від швидкості руху пилу, його поверхні, вологості, концентрації. У разі розряду статичної електрики виникають іскри, що підпалюють частинки пилу.

Інв.№подл.	Підпис і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підпис і дата

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

ТС 18510209

Пил у концентрації від 7 г/м<sup>3</sup> і більше знаходиться на поверхнях певного специфічного обладнання борошномельних підприємств, і повністю уникнути його майже неможливо. Але абсолютно неприйнятно, щоб небезпечна концентрація пилу виникала внаслідок його значного виділення або звихнення [25].

Розглянемо взаємозв'язок обсягів викидів пилу у повітря та рівнем захворюваності населення.

Для оцінки рівня негативного впливу в динаміці проаналізуємо офіційні статистичні дані за 2008 – 2020 роки, розміщені на сайті Державної статистичної служби України [20,32]. Також здійснено прогноз обсягів викидів, в тому числі в розрахунку на одну особу, на період з 2021 року по 2025 рік.

Зведена інформація щодо зміни кількості викидів суспендованих твердих частинок та викидів на одну особу наведена у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Викиди суспендованих твердих частинок в повітря

Рік	Викиди, тис.т	Викиди на одну особу, кг\особу	Прогноз викидів, тис. т	Прогноз викидів на одну особу, кг/особу
2008	643,9	13,9		
2009	523,6	11,3		
2010	562,1	12,2		
2011	606,6	13,3		
2012	573,7	12,6		
2013	516,8	11,3		
2014	401,8	8,8		
2015	349,6	8,1		
2016	395,8	9,3		
2017	319,5	7,5		

Інв.№подл.	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підпис і дата

2018	317,5	7,5		
2019	310,3	7,4		
2020	248,9	5,9		
2021			220,8	5,6
2022			188,9	4,9
2023			157,1	4,3
2024			125,2	3,7
2025			93,4	3,1

Графічно динаміку показників можна зобразити наступним чином - рисунок 1.1:

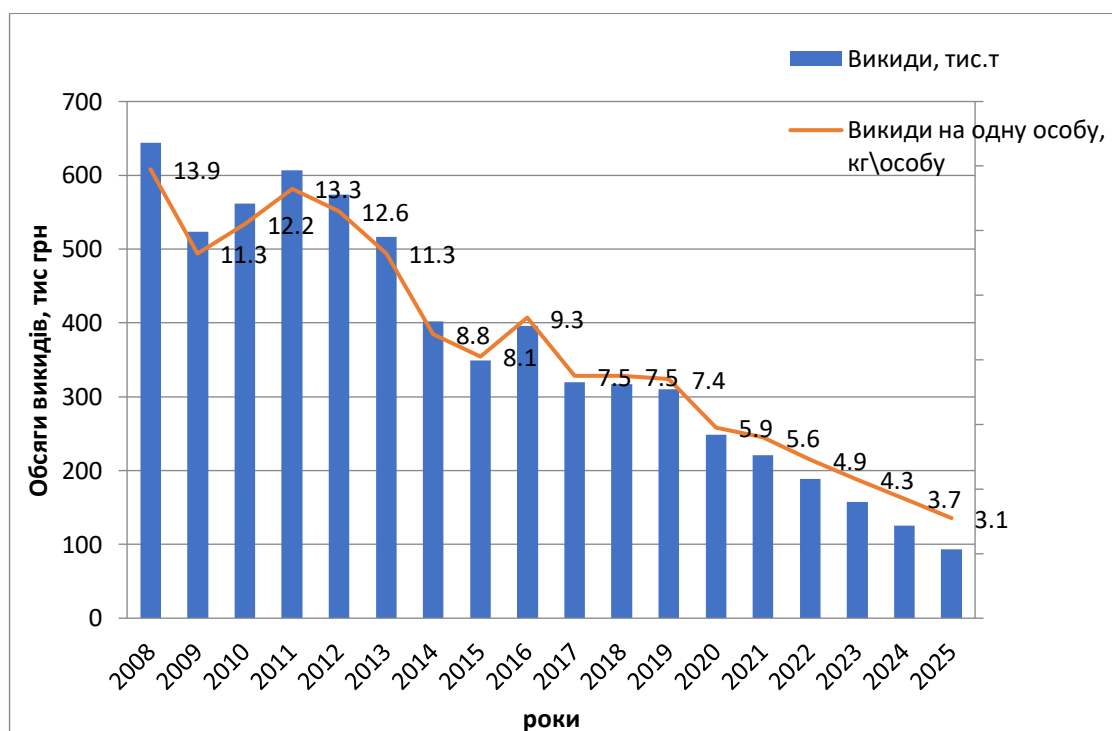


Рисунок 1.1 – Динаміка зміни обсягів викидів суспендованих твердих частинок

Аналіз даних свідчить про поступове зниження фактичних обсягів викидів твердих частинок в повітря протягом аналізованого періоду (з 643,9 тис. тн у 2008 році до 248,9 тис. тн у 2020 році та прогнозних 93,4 тис. тн у 2025 році). Причинами можуть бути активне впровадження сучасного очисного

Інв.№подл.	Підпис і дата
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підпис і дата	Підпис і дата

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата
----	-----	----------	--------	------

обладнання на підприємствах, діяльність яких пов'язана з забрудненням повітря.

Проте, необхідно звернути увагу, що на зниження рівня викидів має вплив зменшення господарської активності промислових підприємств в цілому, про що свідчить коливання такого показника як індекс промислового виробництва. Наприклад, у 2014 році індекс промислового виробництва склав лише 89,9 відс. (відповідно кількість викидів знизилась з 516,8 тис т у 2013 році до 401,8 тис т у 2014 році); у 2015 році – спостерігається подальше падіння обсягів промислового виробництва – індекс становить лише 87,7 відс., як наслідок зниження обсягів викидів до 349,6 тис т.

Обсяги викидів на одну особу протягом аналізованого періоду також мають тенденцію до зниження. Проте для більш повного аналізу динаміки впливу на населення необхідно розглянути показники захворюваності саме дихальної системи, оскільки дана система організму є найбільш вразливою від забруднення пилом.

Оскільки наказом Міністерства охорони здоров'я України від 04.10.2018 року № 1802 «Про затвердження змін до наказу МОЗ України від 10 липня 2007 року № 378, форму №12 «Звіт про захворювання, що зареєстровані у районі обстеження лікувальнопрофілактичного закладу» відмінено, статистичні дані про захворюваність та поширеність хвороб органів дихання за 2018 - 2020 роки відсутні. У зв'язку з чим, на період з 2018 року по 2025 рік показники захворюваності визначено прогнозно. Зведені показники захворюваності населення на хвороби органів дихання за 2008 – 2025 роки наведені у таблиці 1.2 [3, 33].

Інв.№подл.	Підпис і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підпис і дата

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

ТС 18510209

Таблиця 1.2 – Захворюваність населення, тис. випадків

Рік	Хвороби дихальної системи тис. осіб	Чисельність наявного населення, тис. осіб	Частота виявлених хвороб системи дихання,%	Прогноз хвороб дихальної системи	Прогноз чисельності наявного населення, тис. осіб	Прогноз частоти виявлених хвороб системи дихання,%
2008	13671	46372,7	29,48			
2009	14528	46143,7	31,48			
2010	14595	45962,9	31,75			
2011	14148	45778,5	30,91			
2012	13220	45633,6	28,97			
2013	13293	45553	29,18			
2014	11839	45426,2	29,62			
2015	11862	42929,3	29,05			
2016	12582	42760,5	27,6			
2017	12037	42584,5	28,82			
2018				11549	42445,1	28,01
2019				11253	41996,1	27,71
2020				10957	41547,1	27,40
2021				10661	41098,2	27,10
2022				10365	40649,2	26,79
2023				10069	40200,2	26,49
2024				9773	39751,2	26,18
2025				9477	39302,2	25,88

Графічно зобразимо зміну показників частоти виявлених хвороб системи дихання за аналізований період, рисунок 1.2.

Підпис і дата
Інв.№дубл.
Взаєм.інв.№
Підпис і дата
Інв.№подл.

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата
----	-----	----------	--------	------

ТС 18510209

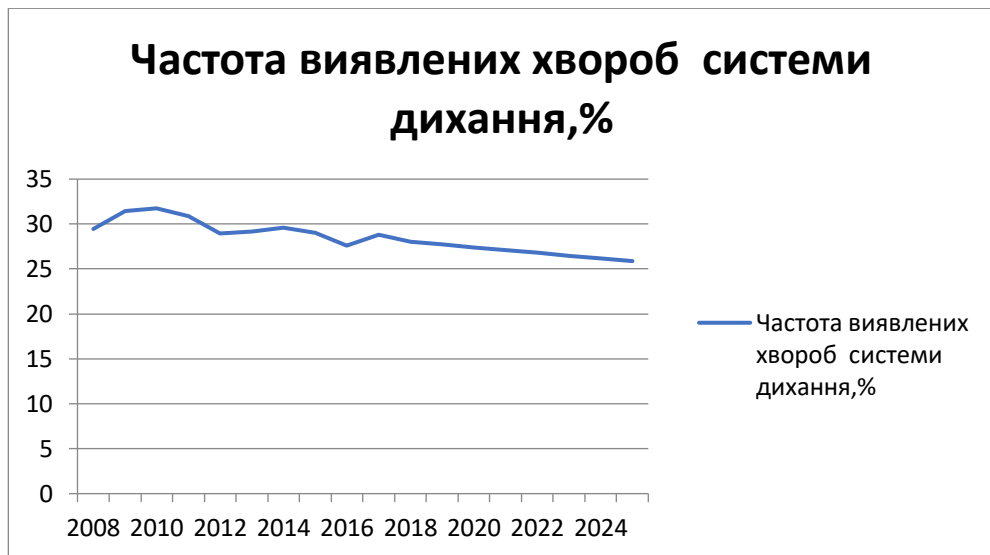


Рисунок 1.2 – Динаміка змін частоти виявлених хвороб системи дихання.

Встановити взаємозв'язок між фактами виявлених захворювань системи дихання та обсягів викидів суспендованих твердих частинок в повітря на одну особу дозволяє *кореляційно-регресійний аналіз*. Вихідні дані для якого наведені у таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Вихідні дані для кореляційно-регресійного аналізу

Рік	Хвороб и дихальн ої системи	Викиди на одну особу, кг\особу	Y- Yсереднє	X- Xсереднє	(Y-Y <sub>ср</sub> )(X- X <sub>ср</sub> )	(X- X <sub>ср</sub> ) <sup>2</sup>	(Y-Y <sub>ср</sub> ) <sup>2</sup>
	Y	X					
2008	13671	13,9	1677,7	5,5	9274,1	30,6	2814752
2009	14528	11,3	2534,7	2,9	7421,1	8,6	6424817
2010	14595	12,2	2601,7	3,8	9958,8	14,7	6768959
2011	14148	13,3	2154,7	4,9	10618,0	24,3	4642828
2012	13220	12,6	1226,7	4,2	5186,3	17,9	1504847
2013	13293	11,3	1299,7	2,9	3805,3	8,6	1689278

Підпис і дата
Інв.№дубл.
Взаєм.інв.№
Підпис і дата
Інв.№подл.

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата
----	-----	----------	--------	------

ТС 18510209

Арк  
14



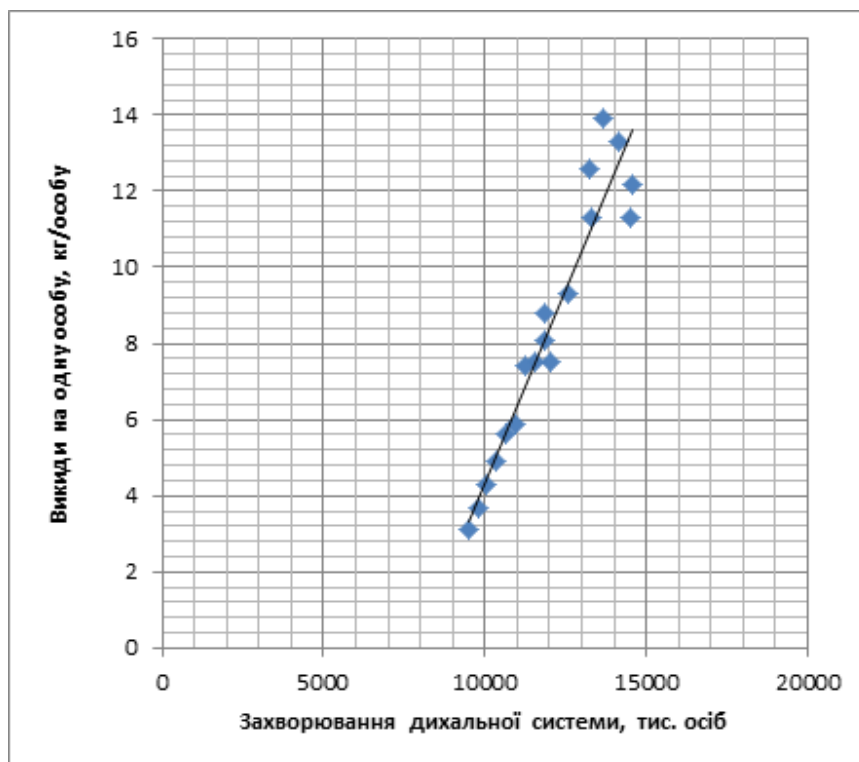


Рисунок 1.3 - Кореляційно-регресійний аналіз взаємозв'язку між захворюваністю населення та обсягами викидів суспендованих твердих частинок

Розраховуємо коефіцієнт кореляції за відповідною формулою:

$$r = \frac{\sum(X - X_{\text{ср}})(Y - Y_{\text{ср}})}{\sqrt{\sum(X - X_{\text{ср}})^2 * \sum(Y - Y_{\text{ср}})^2}} = \frac{91233,7}{\sqrt{200,2 * 45444672}} = \frac{91233,7}{95383,6} = 0,956 \quad (1.1)$$

де  $r$  - коефіцієнт кореляції.

Оскільки  $r = 0,956$ , результат свідчить про сильний зв'язок між показниками хвороб системи дихання населення України та обсягами викидів суспендованих твердих частинок в повітря на одну особу.

Проведений аналіз характеризує зв'язок між показниками захворюваністю населення та обсягами викидів суспендованих твердих частинок як прямий та сильний. Тобто, зміна показника обсягів викидів ( $X$ ) спричинить зміну показника захворюваністю населення.

Підпис і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підпис і дата	
Інв.№подл.	

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата
----	-----	----------	--------	------

ТС 18510209



## РОЗДІЛ 2 СИСТЕМИ ОЧИЩЕННЯ ПОВІТРЯ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ БОРОШНА

Як результат господарської діяльності хлібопекарських підприємств в атмосферу потрапляють наступні небезпечні речовини:

- 1) органічний пи́л (борошняний, цукровий);
- 2) вуглекислий газ та аміак;
- 3) пари етилового спирту, летких кислот і альдегідів;
- 4) зварювальний аерозоль, акролеїн;
- 5) окиси вуглецю, марганцю, окиси азоту, пари лу́гу.

Харчова промисловість, зокрема виробництво борошна, належить до найбільш небезпечних щодо пилоутворення.

Так, у хлібопекарській галузі пи́л складає близько 0,15% від обсягу переробленої сировини. З розрахунку, що для виробництва 1 тн муки необхідно 1,7 тн зерна, пилові відходи складуть більше 3 кг [27].

При герметично закритому обладнанні і щільно укритих лініях подачі борошна, запилювання, звичайно, не відбувається. Як виняток, запилення відбувається в місцях пересипки борошна під час його транспортування та в місцях приготування сумішей. Також джерелами виникнення пилу на хлібопекарських підприємствах стають розсів і окремі тістомісильні машини. Крім того, до запилених приміщень належать – приміщення тарного та безтарного зберігання борошна, приміщення для зберігання борошна в мішках з пневмомішкоприймальною, вагове приміщення, приміщення мішковибивальної машини, просіювальне приміщення, завальні ями [39].

Значну небезпеку являє собою борошняний пи́л, що осів на поверхнях у великій концентрації. Як наслідок, пи́л може перейти у зважений стан, і статися вибух, що здатний зруйнувати цілу будівлю. Небезпека вибуху залежить від певних факторів, зокрема, концентрації пилу, його вологості, дисперсності, зольності, вмісту в ньому летких речовин. Борошняний пи́л належить до II класу вибухонебезпеки з НКПРП 15-65 мг/м<sup>3</sup> [39].

Інв.№подл.	
Підпис і дата	
Взаєм.інв.№	
Інв.№дубл.	
Підпис і дата	

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

**ТС 18510209**

Пил представляє собою монодисперсну систему, тобто складається з часточок приблизно однакової величини, та полідисперсну – до складу його входять часточки різного розміру. Промисловий пил харчової промисловості є переважно полідисперсним [27].

Частини борошняного пилу, звичайно, мають розмір від 1 до 240 мкм, причому майже половина часток має розміри 50-40 мкм. В свою чергу дисперсний склад пилу залежить від місця його утворення[39].

Пиловловлююче обладнання застосовується для очищення від пилу вентиляційних та технологічних викидів в повітря, для відділення від потоку повітря пиловидних матеріалів, що переміщуються в системах пневмотранспорту [45].

Дане обладнання характеризується значною різноманітністю за принципом дії та конструктивними особливостями.

За призначенням пиловловлююче обладнання поділяється на два типи [45]: повітряні фільтри — обладнання, що використовується для очищення повітря, що подається до приміщення системами вентиляції, кондиціонування та повітряного обігріву;

пиловловлювачі — обладнання, що застосовується для очищення від пилу повітря, що надходить в атмосферу за допомогою систем витяжної вентиляції (рисунок 2.1).

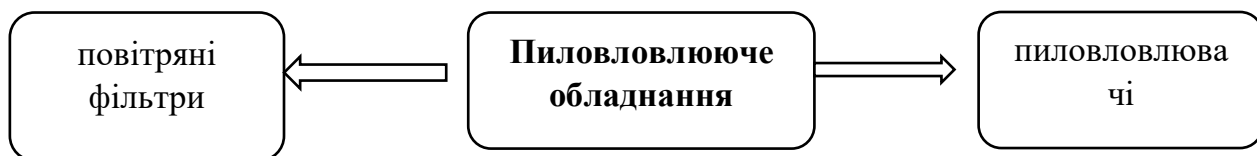


Рисунок 2.1 - Класифікація пиловловлюючого обладнання

В залежності від способу відділення частинок пилу від повітряного потоку розрізняють обладнання для вловлення пилу сухим способом (частинки осаджуються на суху поверхню) та обладнання для вловлення пилу мокрим способом, при якому відділення частинок у повітряній масі відбувається з

Підпис і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підпис і дата	
Інв.№подл.	

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата
----	-----	----------	--------	------

використанням котрим одделение частиц от воздушного потока осуществляется с использованием рідин.

Обладнання, що вловлює пил сухим способом, поділяється на чотири групи: гравітаційне, інерційне, фільтраційне та електричне.

Серед обладнання для вловлення пилу мокрим способом виділяють три групи: інерційне, фільтраційне та електричне [45]. Графічно розподіл обладнання за способом вловлення пилу наведено на рисунку 2.2.

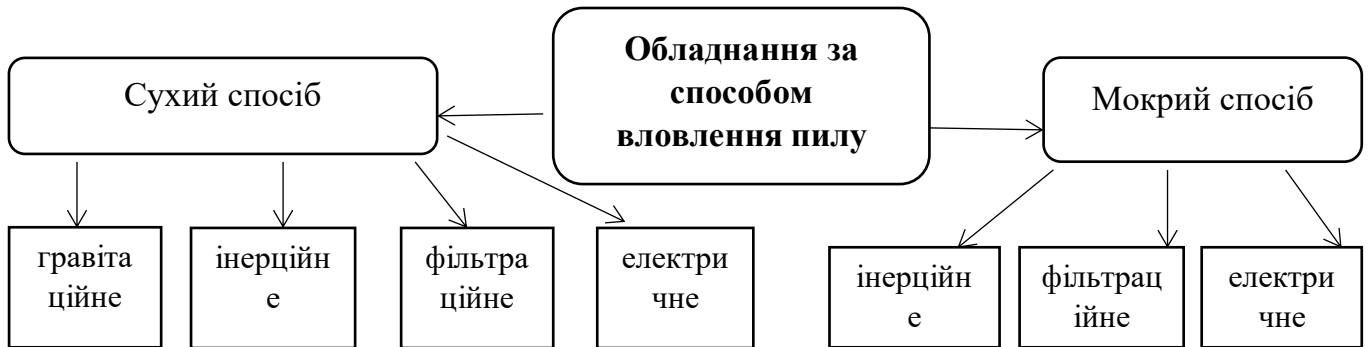


Рисунок 2.2 - Класифікація пиловловлюючого обладнання за способом вловлення пилу

В кожній групі виділяють свої види обладнання. Так, група інерційного обладнання для вловлення пилу сухим способом поділяються на: камерне, жалюзійне, циклонне, ротаційне. Окремо виділяють комбіноване обладнання В ньому відділення пилу від повітряної маси відбувається поступово в декілька етапів, що різняться принципом дії та способом очистки.

Класифікація обладнання відбувається за основним принципом дії. Практично все обладнання працює з використанням не одного, а декілької фізичних явищ [45].

Найбільш поширені пиловловлюючі апарати представлено на рисунку 2.3:

Інв.№подл.	Підпис і дата
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підпис і дата	Підпис і дата

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата
----	-----	----------	--------	------

ТС 18510209

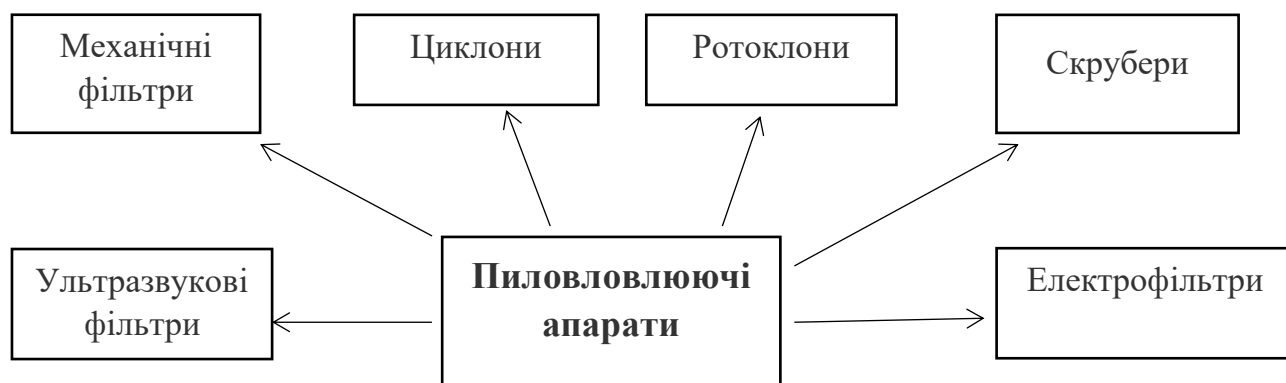


Рисунок 2.3 - Пиловловлюючі апарати

Циклони - пристрої для середнього/грубого очищення повітря від незлипаючого та неволокнистого пилу за рахунок відцентрової сепарації в потоці повітря, що обертається;

Ротоклони (ротаційні пиловловлювачі) - різновид відцентрових вентиляторів, що служить для очищення повітря від великодисперсного пилу, за рахунок сил інерції;

Механічні фільтри - пристрої, що використовують сітчасті та пористі матеріали з різним характеристичним розміром осередків/отворів для відділення частинок пилу від наскрізного потоку повітря;

Скрубери - пристрої, що використовують для очищення повітря шляхом його промивання розпиленою рідиною;

Електрофільтри - пристрої, побудовані переважно навколо використання так званого "коронного розряду" в газах, використовуються для осадження особливо дрібного пилу шляхом надання йому електричного заряду;

Ультразвукові фільтри - пристрої тонкого очищення, що використовують ультразвукову дію високої інтенсивності для коагулювання суспензії особливо дрібних частинок.

Для очищення атмосферного повітря від борошняного пилу необхідно використовувати двоступеневу систему очищення [39]:

Підпис і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підпис і дата	
Інв.№подл.	

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата
----	-----	----------	--------	------

ТС 18510209

1. перша ступінь очищення відбувається шляхом використання циклону (ефективно вловлює пилові частинки розміром більше 15 - 20 мкм);

2. друга ступінь - за допомогою тканинного пиловловлювача (є ефективним для частинок розміром менше 10 - 15 мкм).

Наочно перелік апаратів для очищення від борошняного пилу наведено на рисунку 2.4.

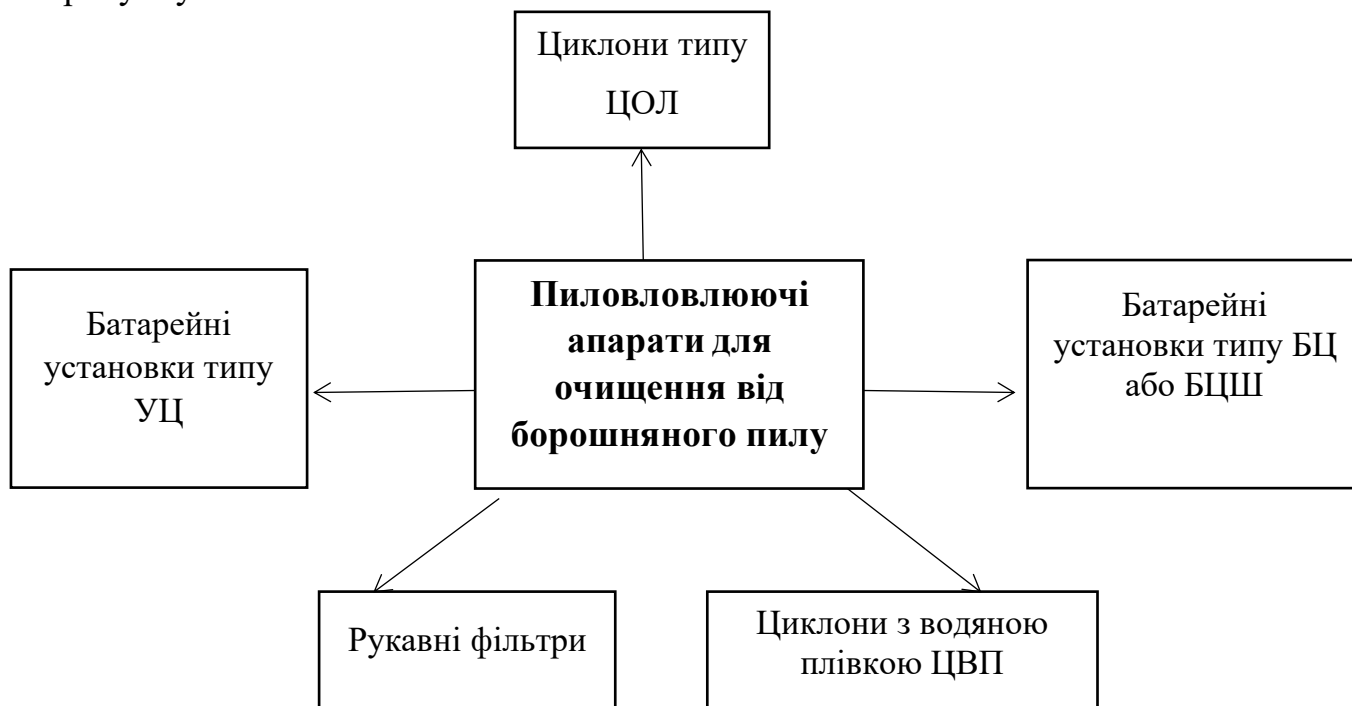


Рисунок 2.4 - Апарати для очищення від борошняного пилу

## 2.1 Очищення повітря за допомогою циклонів

В ролі першого ступеня очищення від борошняного пилу широкого застосування набули одиночні циклони типу ЦОЛ та батарейні установки типу БЦ або БЦШ і УЦ (однорядні і дворядні) (рис. 2.5) [39].

Інв.№подл.	Підпис і дата
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підпис і дата	Підпис і дата

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата
----	-----	----------	--------	------

ТС 18510209

Арк  
21

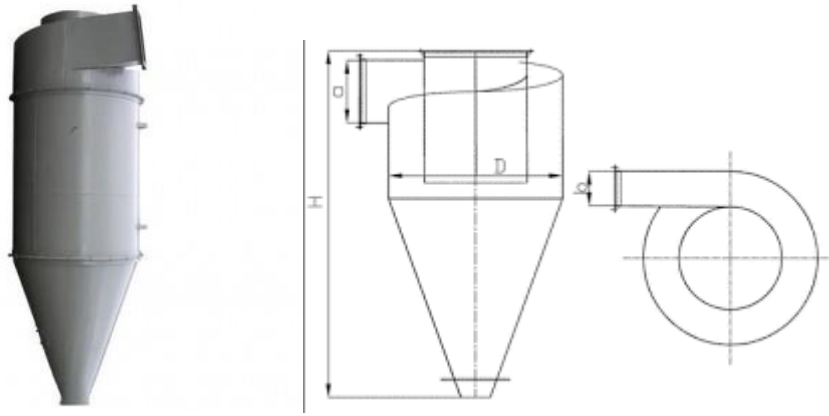


Рисунок 2.5 - Циклон типу ЦОЛ

Ефективність очищення повітря циклонами складає близько 82-85 відсотків. Ступінь ефективності уловлювання циклонами пилу різного дисперсного складу в свою чергу залежить від швидкості повітряного потоку і ступеня запиленості [39].

Робота циклона заснована на використанні відцентрових сил, що утворюються при обертанні газового потоку усередині корпусу циклона. Це обертання досягається шляхом тангенціального уведення газу в циклон. У результаті дії відцентрових сил частки пилу, зважені в потоці газу, відкидаються на стінки корпусу й випадають із потоку. Газ разом з пилом утворює в циклоні спадний кільцевий вихор. Для збільшення швидкості пилу перед влученням його в бункер за циліндричною частиною роблять конічну частину. Це необхідно для того, щоб пил набував інерції, за рахунок якої міг вільно відокремлюватися від газу в бункері. Газ, пройшовши крізь конічну частину, виходить через пневмовипускний отвір у бункер і виносить у нього пил. У бункері потік газу втрачає швидкість, внаслідок чого з нього випадають частки пилу. Потік звільненого газу розвертається на 180° і через розрідження в центральній частині корпусу циклона всмоктується у вихлопну трубу, утворюючи при цьому внутрішній вихор [7].

По мірі руху газу до вихлопної труби до нього приєднується частина, що відокремилась від спадного потоку газу, яка втратила швидкість і звільнилась від пилу. Очищений від пилу газ виводиться з апарату або через равлик, що

Інв.№подл.	Підпис і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підпис і дата

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

ТС 18510209

Арк  
22

розкручує та перетворює гвинтоподібний рух потоку в прямолінійний, або безпосередньо через вихлопний патрубков. У нижній частині бункера встановлюється пиловий затвор, через який пил видаляється з апарату [7].

Для уловлювання вибухонебезпечного пилу циклони необхідно виконувати за спеціальними кресленнями, з відсутністю вузлів, де можливе скупчення пилу, з обов'язковою наявністю вибухових клапанів [39].

Також слід враховувати, що в циклоні меншого діаметру ступінь очищення вище, ніж в циклоні більшого розміру. Тому доцільно при значних об'ємах повітря застосовувати групову установку циклонів меншого діаметру, а не встановлювати один циклон більшого діаметру. Бажано застосовувати попередню обробку запилених потоків з метою укрупнення часток для збільшення їх маси. Підвищення швидкості в циклоні до певного рівня приводить до зростання ефективності очищення, однак подальше збільшення швидкості посилює турбулізацію, що перешкоджає сепарації часток потоку.

При виборі циклонів для очищення повітря від зернового пилу враховують кількість газів в приміщенні, запиленість, щільність речовин, склад повітряних мас і динамічну в'язкість.

Перевагою циклонів є:

- відсутність рухомих частин в апараті;
- надійне функціонування при значних температурах (до 500°C);
- простота виготовлення конструкції;
- незалежність роботи приладу від тиску газу;
- незалежність фракційної ефективності очищення від збільшення запиленості газів;
- висока продуктивність при низькій вартості.

Недоліком є порівняно невисока ефективність при вловленні частинок розміром до 5-10 мкм.

Інв.№подл.	Підпис і дата
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підпис і дата	Підпис і дата

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата
----	-----	----------	--------	------

ТС 18510209

Арк  
23

## 2.2 Очищення повітря за допомогою батарейних циклонів

Для більш ефективної роботи циклонні елементи компонують у батареї, що працюють паралельно (рисунки 2.6. та 2.7.) [39].



Рисунок 2.6 - Батарейна установка типу БЦ або БЦШ



Рисунок 2.7 - Батарейна установка типу УЦ

Гази, що очищують, потрапляють через вхідний патрубок у загальну розподільну камеру, звідки розподіляються по окремих елементах. Далі зі збірної камери очищений газ через вихідний патрубок, спрямований убік, виводиться з апарата (рис. 2.8) [7].

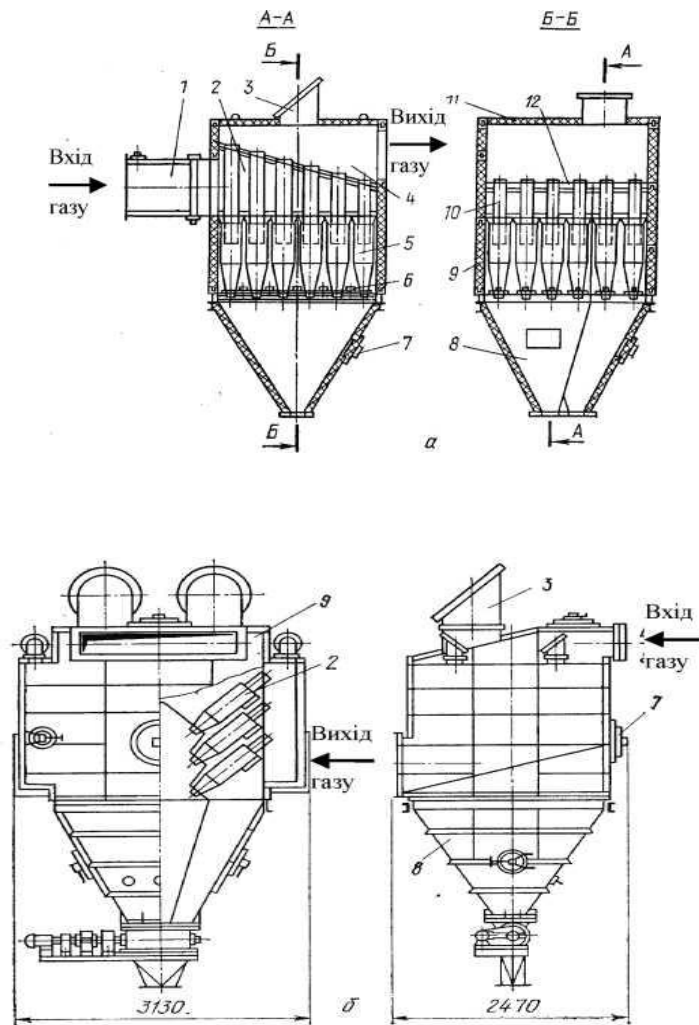
Інв.№подл.	Підпис і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підпис і дата

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

ТС 18510209

Арк  
24





1 - патрубок, що підводить; 2- газорозподільна камера; 3- запобіжний клапан; 4 - камера чистого газу; 5 - циклонний елемент; 6 - нижні ґрати ; 7 - люк; 8 - бункер; 9 - корпус; 10 - вихлопна труба; 11 - кришка; 12 - верхня кришка.

Рисунок 2.8 - Загальний вид батарейного циклона типу БЦ-2

Пил, що осаджується в циклонних елементах, зсипається в загальний для всіх елементів бункер. Простір між циклонними елементами засипається шлаками. Велика кількість циклонних елементів, об'єднаних загальним пиловим бункером, вимагає рівномірного розподілу газу по циклонних елементах. Число циклонних елементів, об'єднаних загальним пиловим бункером, не повинне перевищувати 8 у ряді по ходу газів і 12 у ряді, перпендикулярному цьому ходу [7].

Найбільше поширення в практиці одержали батарейні циклони типу БЦ-

Підпис і дата

Інв.№дубл.

Взаєм.інв.№

Підпис і дата

Інв.№подл.

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

ТС 18510209

Арк  
25

2, призначені для вловлювання неволокнистого пилю та пилю, що не злипається. Батарейні циклони типу БЦ-2 залежно від типорозміру мають від 20 до 56 суцільнолитих циклонних елементів із внутрішнім діаметром 254 мм і завихрювачами типу “розетка”. Кожен апарат розділений на дві паралельно працюючі секції. При знижених навантаженнях одну із секцій можна відключити шибером.

Як вже зазначалось вище, ефективність очищення повітря батарейними циклонами становить 82-85 відсотків.

Серед переваг батарейних циклонів можна назвати те, що батарейні циклони можуть бути розраховані на витрату газів, що є занадто великою для групи одиночних циклонів; крім того, при однаковій витраті газу батарейний циклон значно компактніше групи одиночних циклонів [7].

Водночас у порівнянні з одиночними батарейні циклони мають наступні недоліки [7]:

- нерівномірний розподіл повітря по елементах циклону внаслідок затримання у вхідних отворів циклонів різних волокнистих домішок;
- засмічення вихідних отворів циклонів;
- рух повітря з одних елементів в інші через загальний бункер;
- складність виготовлення і монтажу;
- висока вартість.

### 2.3 Очищення за допомогою рукавних фільтрів

Також у хлібопекарській промисловості великого поширення набули тканинні пиловловлювачі (рукавні фільтри) (рис. 2.9 та 2.10) [39].

Інв.№подл.	Підпис і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підпис і дата

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

ТС 18510209

Арк  
26



Рисунок 2.9 - Рукавні фільтри

Рукавні фільтри використовують для очищення значних обсягів повітря зі значною концентрацією пилу. Вони забезпечують очищення від часток від 1 мкм та менше. Поряд з циклонами рукавні фільтри є основним пилевловлюючим обладнанням в харчовій промисловості.

Вони застосовуються для очищення повітря від сухого незлипаючого пилу. У мішковибивальних машинах рукавні фільтри виступають в якості додаткового очищення. Ефективність очищенні повітря тканинними фільтрами становить до 99 відсотків.

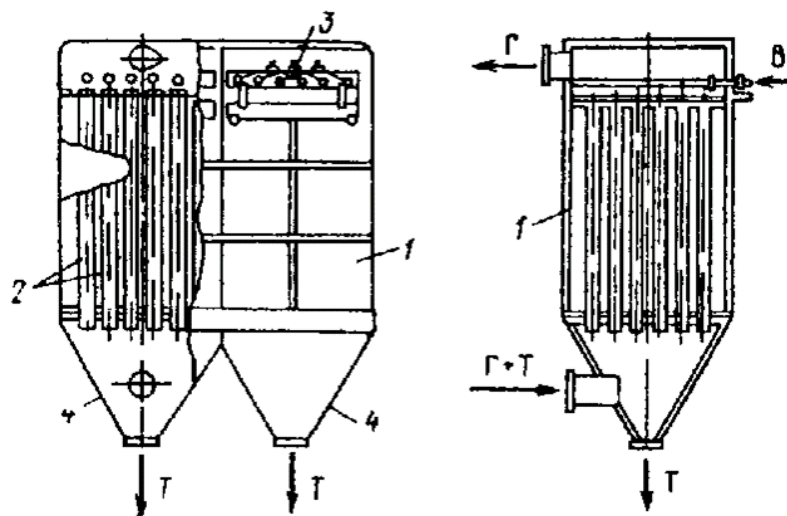


Рисунок 2.10 - Рукавний фільтр

Підпис і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підпис і дата	
Інв.№подл.	

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата
----	-----	----------	--------	------

ТС 18510209

Арк  
27

Рукавні фільтри працюють за принципом циклічності, в процесі роботи пил накопичується у фільтрувальній тканині, та відповідно, збільшується гідравлічний опір фільтра, виникає процес регенерації, що відбувається шляхом струшування або продування фільтрувальної тканини.

При виборі фільтра слід враховувати ступінь запиленості повітря, що очищується, характеристики пилу і матеріал рукавів. Ефективність очищення в рукавному фільтрі залежить від властивостей фільтруючого матеріалу, з якого виготовлений рукав. При проходженні запиленого повітря через тканину фільтру частинки пилу затримуються між нитками і ворсом. Ворс повинен бути звернений назустріч запиленого потоку. Чиста тканина не забезпечує необхідну ступінь ефективності очищення. Після кількох циклів (запилення — регенерація і т. д.) тканина набуває робочих властивостей. Утворюється залишковий шар пилу, що разом з тканиною утворює фільтруючий шар. Поступово, після кількох циклів запилення і регенерації опір тканини стає більш стабільним. Але в окремих випадках він зростає. Така ситуація виникає за умови застрягання частинок пилу у волокнах тканини, а також при конденсації вологи на поверхні, в результаті чого зменшується розмір отворів. «Стомлення» тканини, що виникло через скупчення в ній великих і гострих частинок, можна запобігти, застосовуючи попередню очистку [39].

Під час регенерації за допомогою важільно-кулачкового механізму закривається клапан, встановлений на виході очищеного повітря, і відкривається клапан на вході продувального повітря ззовні. Зовнішнє повітря поступає в регенеровану секцію і проходить тканину в напрямі, зворотному робочому. При цьому шар осівшого пилу на внутрішній поверхні тканини, обпадає. Одночасно з допомогою важільно-кулачкового механізму відбувається струшування рукавів. В результаті продування і струшування пил, що осів на рукавах, падає в бункер, з якого видаляється шнеком. Потім регенерована секція включається в роботу і починається регенерація наступної секції і так далі.

Інв.№подл.	Підпис і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підпис і дата

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

ТС 18510209

Видалення пилу з рукавів, крім механічного струшування й зворотної продувки, може здійснюватись крутінням рукавів, аеродинамічним струшуванням і звуковою регенерацією.

Як вже зазначалось вище, доцільною є саме двоступенева система очищення (I ступінь — циклон, II — рукавний фільтр), оскільки вона дозволяє не тільки підвищити загальну ефективність, але і продовжити термін служби фільтрувальної тканини.

До фільтрувальних тканин висувають ряд вимог: висока ефективність очищення, достатнє повітряне навантаження (швидкість фільтрації), здатність до регенерації, значний термін експлуатації, стійкість до механічного впливу, низька гігроскопічність, невисока вартість. Крім того, можуть розглядатися додаткові вимоги, обумовлені властивостями робочого повітря: стійкість до окремим хімічним речовинам та високим температурам.

На підприємствах борошномельної і хлібопекарної галузей, зазвичай, використовують фільтрувальні тканини з нітрону і лавсану [39]. Зокрема, найбільшого поширення набули рукавні фільтри ФВ (Г4 – 1БФМ) [39].

Технічні характеристики фільтрів ФВ (Г4-1БФМ) наведені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Характеристика фільтрів ФВ (Г4-1БФМ)

Показники	ФВ-30	ФВ-45	ФВ-60	ФВ-90
Поверхня фільтрувальної тканини, м <sup>2</sup>	30	45	60	90
Число секцій	2	3	4	9
Число рукавів	36	54	72	108
Матеріал рукавів	сукно фільтрувальне № 2, нітрон, лавсан НФМ			
Розміри рукавів, мм: Діаметр/довжина	135/2090			
Опір фільтру, Па, не більше	450			
Період між струшуванням секції, хв	3-4			
Частота обертання, об/хв	1350			1400
Маса, кг	900	1210	1460	2000

Підпис і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підпис і дата	
Інв.№подл.	

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата
----	-----	----------	--------	------

ТС 18510209

Серед переваг тканинних фільтрів у борошномельній промисловості можна назвати:

- вартість (є значно дешевшими за електрофільтри);
- більш стабільні у випадку зміни ряду фізико-хімічних параметрів пилового потоку;
- високопродуктивні, можливість очищення гарячих агресивних газів.
- застосування сучасних фільтруючих матеріалів робить їх дуже ефективними.

Недоліки фільтрів: погано вловлюють частинки діаметром 0,1-0,15 мкм і менше.

#### 2.4 Очищення повітря за допомогою циклонів з водяною плівкою

Також в якості другого ступеня очищення можна використовувати циклони з водяною плівкою ЦВП (рис 2.11). Їх можна використовувати для очищення повітря від будь-яких видів пилу, в тому числі від пилу, що складається з волокнистих, вологих і липких частинок [39]. Ефективність очищення повітря до 90 відс.; фракційна ефективність уловлювання частинок пилу розміром 5-10 мкм – 95 відсотків.



Рисунок 2.11 - Циклони з водяною плівкою ЦВП

Інв.№подл.	Підпис і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підпис і дата

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

ТС 18510209

Арк  
30

Циклони ЦВП можуть працювати з будь-яким видом пилю, що при контакті з водою не цементується. Видалення липкого пилю, а також абразивів та волокон, на відміну від багатьох універсальних циклонів допускається.

Розмір пилю спеціальними вимогами не передбачено.

В цілому можливості застосування циклону дуже різнопланові. Циклони з водяною плівкою можуть застосовуватися в якості основної та допоміжної ступенів очищення. В першому випадку можлива початкова концентрація пилю - 10 г/м<sup>3</sup>. При цьому циклону буде достатньо для проведення повноцінного очищення. За умови перевищення даного значення циклон використовують в якості другого ступеня.

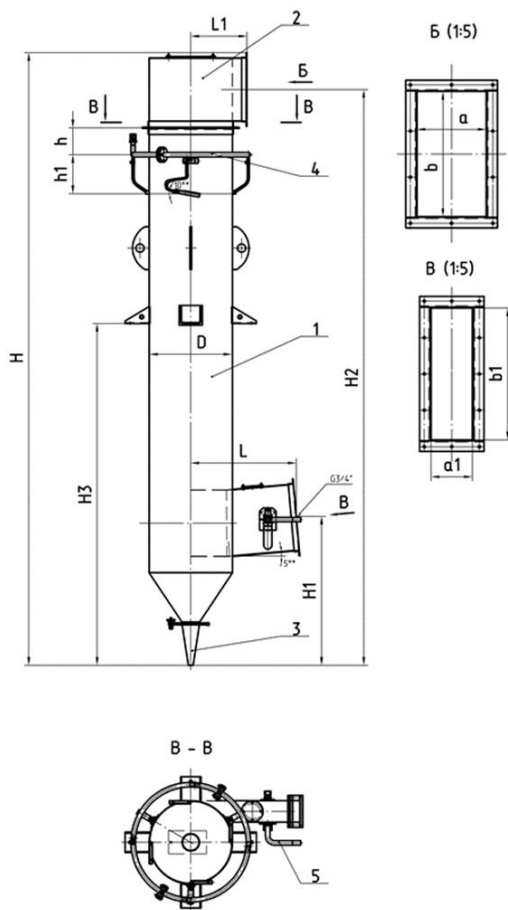


Рисунок 2.12 - Циклон з водяною плівкою ЦВП

Принцип роботи циклону ЦВП з водяною плівкою (рис. 2.12) заснований на тому, що запилене повітря через вхідний патрубок надходить в корпус

Інв.№подл.	Підпис і дата
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підпис і дата	Підпис і дата

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата
----	-----	----------	--------	------

ТС 18510209

Арк  
31

циклону, і під певним кутом, при дії відцентрових сил, закручується в спіральному напрямку. За допомогою сопел відбувається зрошення внутрішньої поверхні стінок корпусу водою. Так само всередині корпусу створюється додаткова водяна плівка, що робить очистку більш ефективною. У час розкручування потоку повітряної суміші відбувається осідання пилових частинок на стінках корпусу і утримання їх за допомогою води. Очищене повітря виводиться з корпусу циклона назовні. Накопичений шар пилу всередині корпусу циклона видаляється за допомогою зливного пристрою. За допомогою конусоподібного відведення, який знаходиться в нижній частині конуса корпусу циклону, відбувається виведення шламу і твердих частинок [39].

До основних переваг циклонів з водяною плівкою можна віднести:

- висока ефективність очищення;
- можливість застосування в якості основної та допоміжної ступенів очищення.

До недоліків ЦВП можна віднести: утворення в процесі очищення шламу, що вимагає спеціальних пристроїв для його переробки; винесення вологи в атмосферу та утворення відкладень у повітроводах, що відводять, при охолодженні повітряної суміші до точки роси; необхідність створення оборотних систем подачі води в пиловловлювачі.

## 2.5 Поводження з відходами

Більшу частину відходів та побічних продуктів харчової галузі – майже 70% – використовують в якості корму для тварин, близько 20% спрямовують на виробництво продуктів харчування та технічної продукції, решту - як добриво та паливо. Відходи харчових підприємств є дуже об'ємними, мають значну кількість вологи, є погано транспортабельними та не можуть довго зберігатися [24].

Інв.№подл.	Підпис і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підпис і дата

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

ТС 18510209

Арк  
32



Колір борошняного пилу в залежності від кількості в його складі частинок ґрунту може бути від сірого до чорного. Відповідно поживність змінюється від 0,29 корм.од. у чорного до 0,74 корм.од. у білого. Борошняний пил в своїй більшості використовується для виготовлення комбікормів (до 10%).

Крім того, з борошняного пилу та змету можна отримати кислотний декстрин.

Декстринами називають полісахариди, що займають проміжне положення між глюкозою і крохмалем. Завдяки своїм властивостям, декстрин знайшов широке застосування в харчовій промисловості. В усьому світі штучна камедь відома як харчова добавка E1400. Доведена абсолютна її нешкідливість для організму людини.

У харчовій промисловості використовується, в основному, кислотний кукурудзяний декстрин вищого сорту. Його широко застосовують в хлібопеченні, приготуванні всіляких кондитерських виробів, мармеладу, морозива [24].

Крім харчового декстрину, існують і його технічні види. Їх використовують для виробництва синтетичних і водорозчинних клеїв, які застосовуються в поліграфії та взуттєвої промисловості. Певні види штучної камеді входять до складу фарб для тканин, а також всіх водорозчинних фарб для малювання, наприклад, акварельних, гуашевих [24].

Інв.№подл.	Підпис і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підпис і дата

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

ТС 18510209

## РОЗДІЛ 3 СВІТОВИЙ ДОСВІД У ЗАСТОСУВАННІ СИСТЕМ ОЧИЩЕННЯ ПОВІТРЯ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ БОРОШНА ТА ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ ОЧИСНОГО ОБЛАДНАННЯ

### 3.1 Основні системи очищення повітря в Європі

В країнах Європи приділяється значна увага проблемам захисту атмосферного повітря в цілому та в харчовій промисловості зокрема.

Питання безпеки борошняного пилу розглядається з точки зору шкідливості для здоров'я працівників та вибухонебезпечності.

Так, автори публікації «Grain Operations: Preventing grain dust explosions» серед проблем, що виникають на зерновому підприємстві, називають численні джерела утворення пилу, погане технічне обслуговування обладнання для обробки або транспортування, а також відсутність системного підходу до профілактичного обслуговування такого обладнання. Іншою проблемою є відсутність усвідомлення значущості зернового пилу як безпеки працівниками та керівниками [13].

В цілому обладнання, що використовується для очищення повітря на борошномельних підприємствах Європи, є аналогічним вітчизняному: широке застосування мають циклони та різноманітні фільтри.

Перелік найбільш поширених очисних систем наведено на рисунку 3.1.

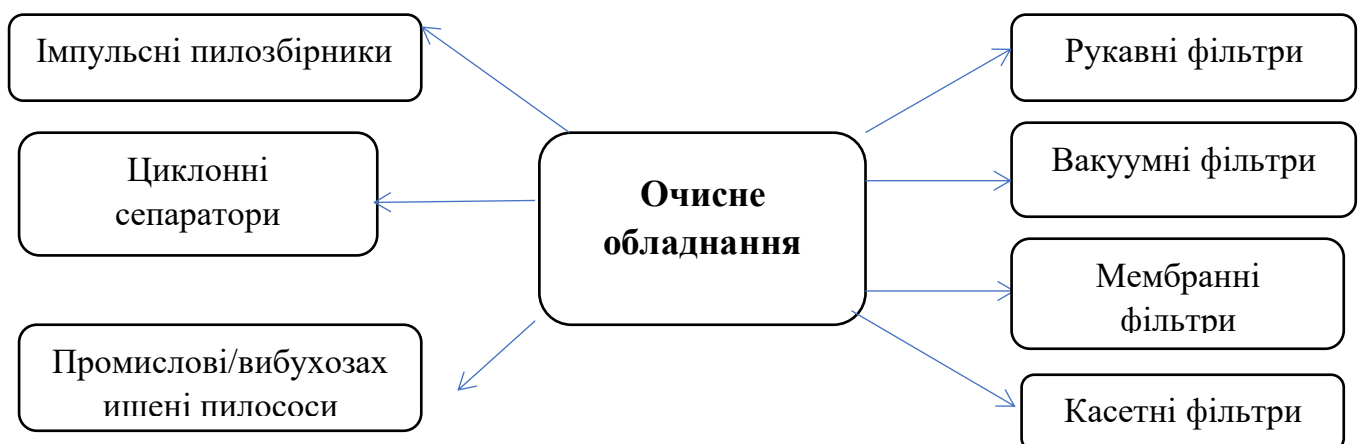


Рисунок 3.1 - Основні системи очищення повітря

Інв.№подл.	Підпис і дата
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підпис і дата	Підпис і дата

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата
----	-----	----------	--------	------

ТС 18510209

Імпульсний пилозбірник складається з бака, корпусу, бункера для пилу, рами, пристрою імпульсного впорскування та інших частин (рис. 3.2).



Рисунок 3.2 - Імпульсний пилозбірник

Повітряний пил або газ у борошномельному цеху проходить через вхідний отвір, частинки пилу силою інерції відокремлюється, далі пил через бункер потрапляє в фільтрувальний мішок і фільтруючу зону, а потім потрапляє у зовнішню сторону фільтрувального мішка, виходить свіже повітря.

Імпульсний пилозбірник ефективно справляється з борошняним пилом з максимальною швидкістю повітряного потоку, але з низьким рівнем шуму.

Особливостями імпульсного пиловловлювача є:

- 1) автономний метод очищення від пилу;
- 2) ефективність збирання пилу може досягати 99,99%;
- 3) фільтруючий матеріал високої якості може відповідати будь-яким робочим умовам;
- 4) наявність інтелектуальної системи управління PLC;
- 5) конструкція газового бака та виготовлення модулів значно полегшують монтаж.

Циклонний сепаратор пилу є основним пристроєм для збору пилу та контролем за забрудненням повітря твердими частинками у зерновій промисловості.

Інв.№подл.	Підпис і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підпис і дата

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

ТС 18510209

Ці інерційні колектори ефективно видаляють зерновий пил - частинки розміром до 20 мкм діаметром та збирають близько 90% всіх видів пилу, що виділяється при виробництві борошна.

При чому рекомендовано використання не одиничних циклонних сепараторів, а мультициклонних установок (рис. 3.3). Оскільки зерновий пил схильний закривати невеликі вхідні отвори циклонів, мультициклони, як правило, є більш ефективними, і здатні видалити частинки розміром до п'яти мікрон від повітряного потоку.



Рисунок 3.3 - Мультициклонна установка

Також для видалення пилу за підприємствах борошномельної галузі застосовуються промислові пилососи (рис. 3.4.).



Рисунок 3.4 - Промисловий пилосос

Підпис і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підпис і дата	
Інв.№подл.	

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

ТС 18510209

Використовують пирососи з повітряним приводом, розроблені як високопродуктивне рішення для використання в умовах, де електрика недоступна, занадто небезпечна або заборонена для використання.

Серед їх переваг: багатофункціональність, маневреність, простота у використанні, виготовлення без рухомих частин, які можуть створювати тертя або іскри.

Поширені високопортативні пирососи з пневматичним двигуном, що використовують мінімальне споживання повітря та створюють потужне всмоктування, яке в 5 разів потужніше, ніж еквівалентний вакуум із електродвигуном.

А також вибухозахищені пирососи, що є безпечними для використання у небезпечних місцях як частина програми боротьби з горючим пилом і підходять для багатьох легкозаймистих і горючих матеріалів. Такі прилади не мають електродвигунів, що викликають дугу, або рухомих частин, які можуть створювати тертя або іскри. Це неелектричні, вибухозахищені пирососи, які рекомендують як безпечне та надійне обладнання.

Фільтри представлені досить широким вибором.

Вакуумні фільтри здебільшого мають великі розміри, щоб забезпечити максимальну площу поверхні для фільтрації. Дуже велика фільтруюча поверхня в поєднанні з потужним всмоктуванням вакууму підтримує постійний, рівномірний потік повітря, подовжуючи термін служби фільтра та забезпечуючи оптимальну роботу вакууму. Для вакуумних фільтрів використовують поліестер, ефективність очищення - 99,1% при товщині 1,5 мікрона. Складки фільтра у формі зірки додають площу поверхні, що знижує відношення повітря до тканини і підвищує ефективність фільтра.

Рукавні фільтри (рис. 3.5) є найпоширенішим різновидом фільтрів, використовуються при першому та другому рівнях фільтрації; здатні затримувати 99,8% частинок розміром до 3 мікрон. Ворсистість бавовни забезпечує додаткову фільтруючу площу, забезпечуючи глибину фільтра.

Підпис і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підпис і дата	
Інв.№подл.	

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

ТС 18510209

Арк  
37

Фільтри також використовуються у витяжному повітрі або в системах рециркуляції для захисту повітряних установок. Крім того, рукавні фільтри мають значно вищу пилоутримуючу здатність і довший термін служби, ніж інші фільтри.



Рисунок 3.5 - Рукавний фільтр

Мембранні фільтри зберігають 99,995% частинок розміром до 0,33 мікрон. Вони антипригарні, а їх гладка мембрана запобігає проходженню дрібних частинок пилу через фільтр. Мембранний фільтр ідеально підходить для збору дрібних порошків і здатний швидко вивільнятися під час продувки.

Полікомполімерні фільтри здатні досягти високої ефективності поділу при видаленні частинок з повітряного потоку, в той же час підтримуючи високу швидкість повітряного потоку та низький тиск. В результаті цей фільтр забезпечує довший час роботи, оскільки відбувається менше завантаження фільтра. Полікомполімерні фільтри затримують 99,9986% частинок розміром до 0,5 мікрон.

Касетні фільтри (рис. 3.6) пропонують максимальну експлуатаційну надійність і економічну ефективність для фільтрації припливного, витяжного та рециркуляційного повітря в системах вентиляції. В якості фільтруючого середовища використовується високоміцний папір із мікроскловолоконна зі

Підпис і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підпис і дата	
Інв.№подл.	

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата
----	-----	----------	--------	------

ТС 18510209

спеціальною системою термопластичного скріплення та гідрофобним покриттям.



Рисунок 3.6 - Касетні фільтри

Основною особливістю обладнання, що використовується при виробництві борошна на підприємствах Європи, є високий рівень його автоматизації та комп'ютеризації.

### 3.2 Шляхи удосконалення очисного обладнання

Серед основних напрямів екологізації харчової промисловості можна назвати поступове впровадження екологічних нововведень у виробництво та екологічну модернізацію виробництва.

Вдосконалення і модернізація технології виробництва, в тому числі й уловлювання викидів в атмосферне повітря, неможливе без впровадження більш ефективних технологій, оптимізації технологічних процесів і режимів, їх автоматизацію та комп'ютеризацію.

На офіційному сайті Державної служби інтелектуальної власності України [31] розміщено досить широке коло запатентованих винаходів в сфері обладнання для очищення атмосферного повітря від шкідливих домішок, в тому числі пилу, проте переважна більшість з них є недіючими.

Серед діючих патентів уваги заслуговують наступні:

Інв.№подл.	Підпис і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підпис і дата

Ву	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

ТС 18510209

1) Спосіб очищення брудного газу чи повітря від пилу в циклонному рукавному фільтрі за допомогою гнучкої сітчастої мембрани та рукавів циклонного рукавного фільтра (рис. 3.7) [41].

Даний спосіб очищення газу чи повітря від пилу передбачає подачу потоку брудного газу (повітря) всередину корпусу циклонного рукавного фільтра, в простір між зовнішньою поверхнею гнучкої сітчастої мембрани та внутрішньою поверхнею стінки верхньої частини корпусу, і виникнення вихрових потоків брудного газу (повітря) між зовнішньою поверхнею мембрани та внутрішньою поверхнею стінки верхньої частини корпусу фільтра.

Дана модель може бути використана в рукавних циклонних фільтрах з імпульсним продуванням рукавів стиснутим повітрям чи газом.

Удосконаленням є те, що видалення пилу як з внутрішньої поверхні стінки верхньої частини корпусу, так і з зовнішньої поверхні гнучкої сітчастої мембрани здійснюють, використовуючи вібрації фільтра.

Таким чином, використання вище зазначеного способу очищення брудного газу (повітря) від частинок пилу дозволяє збільшити ресурс роботи тканини рукавів фільтра та знизити витрати енергії на імпульсне продування рукавів стиснутим повітрям чи газом.

При використанні зазначеного удосконалення не потрібне значне ускладнення конструкцію самого циклонного рукавного фільтра. Ресурс роботи рукавів фільтра зростає на 50 відсотків, а витрати енергії на очищення (продування) рукавів знижуються також на 50 відсотків [41].

Інв.№подл.	Підпис і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підпис і дата

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

ТС 18510209

Арк  
40



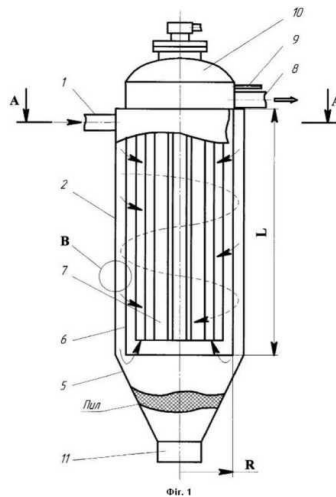


Рисунок 3.7 - Циклонний рукавний фільтр з гнучкою сітчастою мембраною

2) Рукавний фільтр (рис. 3.8) [36]

Дана модель спрямована на збільшення ресурсу роботи рукавного фільтра та може бути застосована при виготовленні рукавних фільтрів для очищення газів або повітря від пилу.

Рукавний фільтр складається з корпусу із бункером, вхідного та вихідного патрубків, рукавної дошки з фільтрувальними рукавами, що розділяє рукавний фільтр на камери брудного й чистого газу, пристрою імпульсної регенерації рукавів. Фільтр має дві вертикальні перегородки, які встановлені перед камерою брудного газу по напрямку руху брудного газу та які створюють форкамери брудного газу. Перша вертикальна перегородка у нижній частині рукавного фільтра утворює щілину з корпусом фільтра для проходження газу, а друга вертикальна перегородка у верхній частині корпусу утворює верхню щілину з рукавною дошкою й корпусом фільтра, для проходження частини брудного газу. Згідно з розробкою, рукавний фільтр має пристрій вивантаження пилу з бункера рукавного фільтра, до складу якого входить шнек та електродвигун. Також фільтр містить пристрій автоматичного закривання вивантажувального отвору буферного об'єму, що складається із заслінки та осі повороту.

Інв.№подл.	Підпис і дата
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підпис і дата	Підпис і дата

Ву	Арк	№ докум.	Підпис	Дата
----	-----	----------	--------	------

ТС 18510209

Арк  
41

Новим є те, що друга вертикальна перегородка утворює нижню щілину з корпусом рукавного фільтра у нижній частині рукавного фільтра, яка забезпечує через неї потік частини брудного газу, середній вектор швидкості якого скерований у бункер рукавного фільтра, запобігаючи при цьому вторинному запиленню потоку газу чи повітря [36].

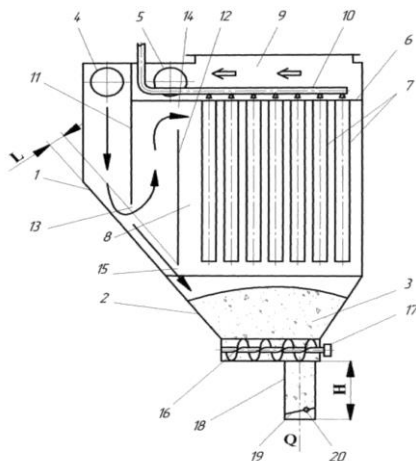


Рисунок 3.8 - Рукавний фільтр

### 3) Циклон з елементами Пельтьє (рис. 3.9) [44]

Розроблена модель належить до устаткування, в якому використовуються вільні вихрові потоки, а саме - пристроїв для відокремлювання твердих часток від пари або газу, і може бути використана для очищення нагрітих газових потоків.

В основу розробки поставлено завдання вдосконалити циклон, в якому шляхом модернізації, заснованій на новому взаємному розташуванні конструктивних елементів забезпечується збільшення різниці температур між "гарячими" та "холодними" спаями елементів Пельтьє, за рахунок чого досягається суттєве підвищення ефективності процесу генерування електричної енергії та охолодження потоку відпрацьованого газу, розширення технологічних можливостей пристрою.

Поставлена задача вирішується тим, що в циклоні, що містить циліндричний корпус з конічним днищем і кришкою, оснащений щонайменше

Підпис і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підпис і дата	
Інв.№подл.	

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата
----	-----	----------	--------	------

ТС 18510209

одним термоелектричним генератором на елементах Пельтьє, вхідний патрубок, установлений тангенційно до циліндричного корпусу в його верхній частині, відвідну трубу, установлену в кришці співвісно з циліндричним корпусом, а також патрубок для відведення твердої фази, виконаний у вершині конічного днища, згідно з корисною моделлю, елементи Пельтьє розташовані у верхній частині корпусу циклона вздовж гвинтової лінії руху газу [44].

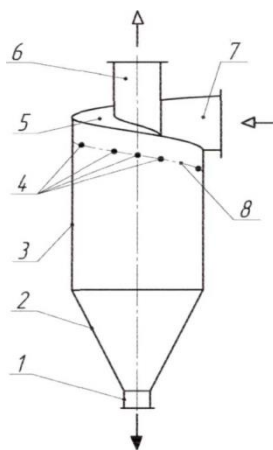


Рисунок 3.9 - Циклон з елементами Пельтьє

4) Активний циклон з додатково створеним зниженим тиском (рис. 3.10) [1].

Активний циклон з додатково створеним зниженим тиском складається з корпусу, циліндричної верхньої і середньої частин та конічної нижньої, вхідного та вихідного патрубків, що кріпляться до циліндричної частини корпусу. Також всередині робочої камери розташований ротор, що в свою чергу складається з обертального вала, на який кріпиться втулково-пальцева муфта, що передає обертальний момент від електродвигуна до вала, лопаток та труби з дисками.

Корисна модель належить до пристроїв сухого очищення повітря робочої зони і газів від завислих частинок пилу різних розмірів, за рахунок додатково створеного тиску та може знайти застосування у різних галузях промисловості.

В основу винаходу покладено удосконалення конструкції циклону шляхом створення рухомого робочого вузла, який примусово обертається

Інв.№подл.	Підпис і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підпис і дата	4) Активний циклон з додатково створеним зниженим тиском (рис. 3.10) [1].	Активний циклон з додатково створеним зниженим тиском складається з корпусу, циліндричної верхньої і середньої частин та конічної нижньої, вхідного та вихідного патрубків, що кріпляться до циліндричної частини корпусу. Також всередині робочої камери розташований ротор, що в свою чергу складається з обертального вала, на який кріпиться втулково-пальцева муфта, що передає обертальний момент від електродвигуна до вала, лопаток та труби з дисками.	Корисна модель належить до пристроїв сухого очищення повітря робочої зони і газів від завислих частинок пилу різних розмірів, за рахунок додатково створеного тиску та може знайти застосування у різних галузях промисловості.	В основу винаходу покладено удосконалення конструкції циклону шляхом створення рухомого робочого вузла, який примусово обертається	ТС 18510209	Арк
										43
Ву	Арк	№ докум.	Підпис	Дата						

електродвигуном. Обертання лопаток створює тиск в системі, повітря всмоктується крізь набір дисків та очищується в процесі дії інерційних відцентрових сил та турбулентності потоку.

Відмінністю є те, що циклон має ротор, який знаходиться всередині робочої камери та має привід. Ротор кріпиться за допомогою верхнього та нижнього павуків (комплектів кронштейнів), також на вал кріпляться лопатки для створення тиску. Згідно з корисною моделлю, диски кріпляться на трубі та розташовані на мінімальній, однаковій відстані один від одного. Труба має отвори, площа прохідного перерізу отворів між дисками така, як площа перерізу вхідного патрубка. Лопатки кріпляться до зрізаного конуса та мають суцільну конструкцію з частиною лабіринтного ущільнення.

Запропонована модель циклона дозволить виконувати повну доочистку повітря (газу) від пилових частинок за рахунок наявності ротору, робочі деталі якого забезпечують підвищену ефективність відділення пилу від повітря за рахунок додаткового використання сил інерції заснованих на силах тертя в граничних зонах турбулентності біля обертових площин.

Обертаний ротор, крім надання додаткових сил інерції надтонким частинкам пилу, виконує ще одну функцію – роль відцентрового насоса з відбору чистого повітря з корпусу циклону, що збільшує ступінь очищення повітря або газу, збільшує продуктивність, знижує рівень шкідливих речовин у робочій зоні та зменшує небезпеку виробництва [1].

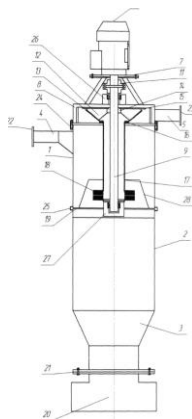


Рисунок 3.10 - Активний циклон з додатково створеним зниженим тиском

Інв.№подл.	Підпис і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підпис і дата

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

ТС 18510209

Арк  
44

## РОЗДІЛ 4 ВИБІР НАЙБІЛЬШ ОПТИМАЛЬНОЇ МОДЕЛІ ОЧИСНОГО ПИЛОВЛОВЛЮЮЧОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ХЛІБОПЕКАРНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Як вже зазначалось у розділі 2 даної роботи, для очищення повітря від борошняного пилу рекомендується застосовувати двоступеневу систему очищення повітря: за допомогою циклонів або батарейних установок та за допомогою тканинних пиловловлювачів.

Порівняльний аналіз очисного обладнання, що використовується в хлібопекарній промисловості, наведено у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Порівняльний аналіз очисного обладнання, що використовується в хлібопекарній промисловості

Назва апарату	Ефективність очищення, %	Переваги моделі	Недоліки моделі
циклони типу ЦОЛ	82-85	-відсутність рухомих частин в апараті; -надійне функціонування при високих температурах (до 500°C); -простота виготовлення конструкції; -незалежність роботи апарата від тиску газу; -незалежність фракційної ефективності очищення від зростання запиленості газів; -висока продуктивність при порівняно низькій вартості	невисока ефективність при вловленні частинок розміром до 5-10 мкм.
батарейні установки типу БЦ або БЦШ і УЦ	82-85	-здатні «опрацювати» значні об'єми газу; -компактність (порівняно з групами	нерівномірний розподіл повітря по елементах циклону внаслідок

Інв.№подл.	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підпис і дата

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

**ТС 18510209**

Арк  
45

		одиначних циклонів)	затримання у вхідних отворів циклонів різних волокнистих домішок; засмічення вихідних отворів циклонів; рух повітря з одних елементів в інші через загальний бункер; складність виготовлення і монтажу; • висока вартість.
рукавні фільтри	до 99	- вартість (є значно дешевшими за електрофільтри); - більш стабільні у випадку зміни ряду фізико-хімічних параметрів пилового потоку; - високопродуктивні, можливість очищення гарячих агресивних газів. - застосування сучасних фільтруючих матеріалів робить їх дуже ефективними	не ефективні при вловленні частинок діаметром 0,1-0,15 мкм і менше.
циклони з водяною плівкою ЦВП	до 90	- висока ефективність очищення; - можливість застосування в якості основної та допоміжної ступенів очищення.	- утворення в процесі очищення шламу, що вимагає спеціальних пристроїв для його переробки; - винесення вологи в атмосферу та утворення відкладень у повітроводах, що відводять, при охолодженні повітряної суміші до точки роси;

Інв.№подл.	Підпис і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підпис і дата

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

ТС 18510209

Арк  
46



Найбільш ефективним та оптимальним для підприємства є використання батарейних циклонів в якості першого ступеня очищення (оскільки вони є більш компактними за одиничні циклони та очищують більші об'єми повітря) та рукавний фільтр в якості другого ступеня (виходячи з високої ефективності очищення - до 99 відсотків). При чому можливе удосконалення рукавного фільтра за рахунок поліпшення його конструкції та відповідного збільшення ресурсу роботи апарату.

Що стосується установок пиловловлення із застосуванням електрофільтрів, то вони характеризуються найменшими енерговитратами та мінімальними експлуатаційними витратами. Однак для їх спорудження необхідні значні капітальні видатки і, крім того, вони дуже чутливі до змін технологічних параметрів очищуваного газу.

Також серйозним обмеженням для застосування сухих електрофільтрів є неможливість досягнення в них стабільної залишкової запиленості нижче 50 мг/м<sup>3</sup> без значного збільшення витрат на очищення, недостатня ефективність уловлювання при високому електричному опорі пилу.

Проте найважливішою особливістю, що унеможливує використання електрофільтрів в борошномельній та хлібопекарській промисловості є незастосовність електричного методу очищення для вибухонебезпечних середовищ.

Інв.№подл.	Підпис і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підпис і дата

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

ТС 18510209



## РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Організація охорони праці на підприємствах хлібопекарської промисловості здійснюється відповідно до вимог Законів України "Про охорону праці" [22], "Про пожежну безпеку" [23], Правилами з техніки безпеки і виробничої санітарії на хлібопекарських підприємствах [35], Санітарними правилами для підприємств хлібопекарської промисловості [37].

ДСТУ 2583-94 «Машини та устаткування для хлібопекарської промисловості. Вимоги безпеки» [19] передбачено перелік вимог до технологічних процесів виробництва хлібобулочних виробів та безпосередньо до виробничого обладнання.

На підставі вищевказаних нормативних актів на підприємствах розробляються та затверджуються інструкції з техніки безпеки згідно з Положенням про розробку інструкцій з охорони праці.

Центральним органом виконавчої влади в галузі охорони здоров'я розроблено Державні санітарні правила для підприємств хлібопекарської промисловості, якими встановлено санітарно-гігієнічні та санітарно-протиепідемічні вимоги до утримання і устаткування всіх діючих підприємств щодо виробництва хліба та хлібобулочних виробів [16].

Вище зазначеним правилами затверджено санітарні вимоги до території, до водопостачання та каналізації, освітлення, опалення та вентиляції, до виробничих та підсобних приміщень, до сировини, технологічного обладнання, технологічного процесу та випуску готової продукції.

Вимогами до опалення та вентиляції передбачено необхідність підтримки у виробничих приміщеннях оптимальних або допустимих параметрів температури, вологості повітря, швидкості руху повітря,

Інв.№подл.	Підпис і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підпис і дата

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

ТС 18510209

Арк  
49

загазованості і запиленості з урахуванням категорії важкості праці, та кліматичних умов.

За умови використання систем кондиціонування повітря, параметри мікроклімату у виробничих приміщеннях мають відповідати оптимальним величинам санітарних норм, затвердженим ДСН 3.3.6.042-99 "Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень" [17].

Вміст шкідливих речовин у повітрі робочої зони виробничих приміщень регламентовано вимогами ГОСТ 12.1.005-98 «Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони» [8].

Вимогами СНиП 2.04.05-91 "Отопление, вентиляция и кондиционирование" [40] передбачено, що вентиляційно-опалювальне устаткування повинно забезпечити дотримання гранично допустимих рівнів викидів шкідливих речовин у повітрі, збереження нормальних метеорологічних умов у виробничих приміщеннях.

Виробничі, допоміжні та побутові приміщення необхідно забезпечити механічною припливно-витяжною вентиляцією, відповідно до діючих норм та з урахуванням технологічних умов.

Прилади, що є джерелами виділення вологи необхідно герметизувати або забезпечити місцевими відсмоктувачами та витяжними зонтами.

Джерела виділення борошняного пилу (завальні ями, лантуховибивальні та борошняно-просіювальні машини) повинні бути забезпечені аспіраційним обладнанням.

Вміст нетоксичного пилу (борошняного) у повітрі виробничих приміщень не повинен перевищувати 6 мг на 1 м<sup>3</sup> повітря.

Подача припливного повітря у виробничі приміщення має здійснюватися у робочу зону. У разі наявності джерела виділення пилу, але за умови відсутності газовиділень, локалізованих місцевими відсмоктувачами, подання повітря необхідно здійснювати у верхню зону.

Підпис і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підпис і дата	
Інв.№подл.	

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

ТС 18510209

Арк  
50

Порядок експлуатації та нагляду за вентиляційними та опалювальним устаткуванням необхідно встановити на підприємстві відповідно до спеціально розроблених інструкцій. Вентиляційні системи в свою чергу повинні бути обов'язково паспортизовані.

Повітря, що видаляється встановленим вентиляційним устаткуванням і яке містить пил, підлягає очищенню перед його випуском у атмосферу. У процесі діяльності підприємствам слід дотримуватись вимог Закону України "Про охорону атмосферного повітря" [21], а також ДСП 201-97 "Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними та біологічними речовинами)" [18].

Рівень шуму у приміщеннях підприємства встановлюється відповідно з діючими нормами рівня шуму на робочих місцях. Оптимальні рівні непостійного шуму в приміщеннях мають бути не вищими, ніж 70 дБА, з дотриманням вимог ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ "Средства и методы защиты от шума. Классификация" [10], ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ "Шум. Общие требования безопасности" [11] та ГОСТ 12.1.050-86 ССБТ "Методы измерения шума на рабочих местах" [9].

Під час проектування, реконструкції, експлуатації виробничих цехів та інших приміщень, де знаходиться обладнання, що є джерелом шуму чи вібрації, повинні бути передбачені та виконані заходи щодо захисту працівників від їх шкідливого впливу, зокрема, обладнання приміщень звукопоглинаючими матеріалами, використання амортизуючих і віброгасильних пристроїв під час монтажу обладнання.

Також слід передбачати очистку повітря перед його викидом в атмосферу відповідно до діючих нормативів, враховуючи наявність шкідливих речовин.

Воздуховоди, вентиляційні канали необхідно періодично (але не рідше одного разу на рік) очищувати з відміткою в спеціальному журналі.

Інв.№подл.	Підпис і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підпис і дата

Ву	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	<b>ТС 18510209</b>	Арк
						51

Шахти витяжної вентиляції мають виступати над кіньком даху чи поверхні плоскої покрівлі на висоту не менше ніж 1 метр.

Контроль за експлуатацією вентиляційних установок покладають на технічно підготовлених осіб.

Хлібозаводи за пожежною безпекою належать до категорії В. В їх виробничих приміщеннях мають бути передбачені заходи по попередженню вибухів, виникненню пожеж, засоби їх гасіння, сигналізації, питання пожежного водопостачання, шляхи евакуації людей. Для підприємств хлібопекарської промисловості обов'язковими до виконання та дотримання є загальні Правила пожежної безпеки в Україні, затверджені наказом Міністерством внутрішніх справ України від 30.12.2014 №1417. Працівники зобов'язані дотримуватися встановленого протипожежного режиму, виконувати вимоги цих Правил та інших нормативно-правових актів з питань пожежної безпеки.

Керівники підприємства та структурних підрозділів повинні забезпечити навчання всіх робітників з правил безпеки праці.

Усі працівники при прийнятті на роботу та під час роботи повинні проходити навчання, інструктажі та перевірку знань з питань охорони праці та пожежної безпеки відповідно до розроблених і затверджених нормативних актів згідно з Типовим положенням про навчання, інструктаж і перевірку знань працівників з питань охорони праці. Також працівники мають бути забезпечені санітарним одягом і взуттям, спецодягом і спецвзуттям та засобами індивідуального захисту відповідно до діючих норм.

Інв.№подл.	Підпис і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підпис і дата

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

ТС 18510209

Арк  
52

## ВИСНОВКИ

В роботі досліджено сучасні технології очищення викидів в атмосферне повітря від промислового пилю на підприємствах хлібопекарної промисловості.

Встановлено, що на підприємствах харчової галузі залишається незадовільним рівень очищення від викидів шкідливих речовин в атмосферне повітря. Значною мірою охорона повітря залежить від наявності грошових коштів у підприємств для впровадження природоохоронних заходів. За умови відсутності відповідних коштів у більшості підприємств харчової промисловості ці заходи провадяться незадовільно. Пил є одним із найпоширенішим забруднювачем повітря на підприємствах хлібопекарської галузі.

В ході роботи охарактеризовано промисловий пил як забруднюючу речовину, встановлено негативну дію пилю на організм, зокрема, подразнюючу, алергізуючу, фіброгенну та токсичну. З метою визначення взаємозв'язку між обсягами викидів пилю та рівнем захворюваності населення на хвороби органів дихання проаналізовано статистичні дані обсягів викидів (загальні та в розрахунку на одну особу) та кількість випадків захворювань населення на хвороби органів дихання за співставні періоди. Виконано кореляційно-регресійний аналіз, який дозволив встановити тісний зв'язок між показниками хвороб системи дихання населення України та обсягами викидів суспендованих твердих частинок в повітря на одну особу.

Здійснено аналіз існуючих систем очищення повітря в хлібопекарній промисловості. Визначено, що найбільш ефективним є застосування двоступеневої системи очищення повітря від борошняного пилю: за допомогою циклонів (що дозволяє ефективно вловлює частинки розміром більше 15 - 20 мкм) та за допомогою тканинних пиловловлювачів (для вловлення частинок розміром менше 10 - 15 мкм).

Інв.№подл.	Підпис і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підпис і дата

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

ТС 18510209

Арк  
53

В роботі детально описано такі пиловловлюючі апарати як циклони типу ЦОЛ і батарейні установки типу БЦ або БЦШ і УЦ (однорядні і дворядні), рукавні фільтри та циклони з водяною плівкою (ЦОЛ). Для кожного виду обладнання встановлено ефективність очищення повітря, визначено недоліки та переваги в експлуатації, проведено їх порівняльний аналіз.

Визначено, що відходи підприємств хлібопекарної промисловості в основному реалізуються на корм тваринам, використовуються для приготування комбикормів. Крім того, з мірошницького пилу, витрясок і борошняного змету отримують кислотний декстрин

Також здійснено аналіз світового досвіду у застосуванні систем очищення повітря при виробництві борошна. Зокрема, встановлено, що в цілому пиловловлююче обладнання є аналогічним вітчизняному: широке застосування мають циклони та різноманітні фільтри. Серед обладнання найбільш поширені: імпульсні пилозбірники, циклонні сепаратори, промислові пилососи, різноманітні фільтри (рукавні, вакуумі, касетні, полі композитні).

В роботі охарактеризовано способи удосконалення очисного обладнання, зокрема, шляхом застосування запатентованих винаходів в сфері обладнання для очищення атмосферного повітря від шкідливих домішок, в тому числі пилу. Так, на основі аналізу патентної бази встановлено, що перспективним є застосування нових розробок: спосіб очищення брудного газу чи повітря від пилу в циклонному рукавному фільтрі за допомогою гнучкої сітчастої мембрани та рукавів циклонного рукавного фільтра; рукавний фільтр з удосконаленням конструкції; циклон з елементами Пельтьє та активний циклон з додатково створеним зниженням тиском.

За підсумками роботи, виходячи з порівняльного аналізу існуючих очисних систем в хлібопекарній промисловості, визначено найбільш ефективну та оптимальну модель очисного пиловловлюючого обладнання для підприємства.

Інв.№подл.	Підпис і дата
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підпис і дата	Підпис і дата

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата
----	-----	----------	--------	------

ТС 18510209

Арк  
54



## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Активний циклон з додатково створеним зниженим тиском: патент 133367 Україна / Войтов В. А., Цимбал Б. М., Шевченко О. М.; опубл. 10.04.2019.

2. AIR POLLUTION from the GRAIN Industry.\*.t MALCOLM E. McLOUTH, P.E., Chief, Air Pollution Control Engineer, Minneapolis, Minn., and HAROLD J. PAULUS, Ph.D., Associate Professor, School of Public Health, University of Minnesota, Minneapolis, Minn. [електронний ресурс] – режим доступу: <https://doi.org/10.1080/00022470.1961.10468004> (дата звернення: 10.05.2022).

3. База даних «Здоров'я для всіх. Україна»: Офіційний сайт Центру медичної статистики МОЗ України [електронний ресурс] – режим доступу: <http://medstat.gov.ua/ukr> (дата звернення: 03.05.2022).

4. Бардов В.Г., Москаленко В.Ф., Омельчук С.Т., Яворовський О.П. Гігієна та екологія – Вінниця, 2006. - С.178-191.

5. Бідяк О. І. «Виробничий пил, його дія на організм людини»: Офіційний сайт Управління Держпраці у Тернопільській області [електронний ресурс] – режим доступу: <https://te.dsp.gov.ua/vyrobnychuj-pyl-jogo-diya-na-organizm-lyudynu> (дата звернення: 28.04.2022).

6. Васильцова О.В. Екологічні аспекти функціонування хлібопекарських підприємств України//Економічна наука. Інвестиції: практика та досвід. - 2018, – №17. - С. 61-66.

7. Глущенко О.Л. Конспект лекцій з дисципліни «Пиловловлювання та очищення промислових викидів». Дніпродзержинський державний технічний університет - Дніпродзержинськ, 2012. - 44 с.

8. ГОСТ 12.1.005-98 «Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони» [електронний ресурс] – режим доступу: <https://docs.cntd.ru/document/1200003608> (дата звернення: 08.06.2022).

Інв.№подл.	Підпис і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підпис і дата	Вид	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	TC 18510209	Арк
											56



9. ГОСТ 12.1.050-86 ССБТ "Методы измерения шума на рабочих местах" [електронний ресурс] – режим доступу: <https://docs.cntd.ru/document/1200005186> (дата звернення: 08.06.2022).

10. ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ "Средства и методы защиты от шума. Классификация" [електронний ресурс] – режим доступу: <https://docs.cntd.ru/document/5200292> (дата звернення: 08.06.2022).

11. ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ "Шум. Общие требования безопасности" [електронний ресурс] – режим доступу: <https://docs.cntd.ru/document/5200291> (дата звернення: 08.06.2022).

12. Гребняк М.П., Федорченко Р.А., Щудро С.А. Вплив атмосферних забруднень на розвиток хвороб органів дихання у населення промислового міста // Україна. Здоров'я нації. Вип.1. - 2017. - С.30-33..

13. Grain Operations: Preventing grain dust explosions [електронний ресурс] – режим доступу: <https://www.world-grain.com> (дата звернення: 18.05.2022).

14. Демчина М.А. Фахівці нагадують про небезпеку промислового пилу для здоров'я людини [електронний ресурс] – режим доступу: <https://city-adm.lviv.ua/news/society/emerdgency> (дата звернення: 15.04.2022).

15. Денисов С.И. Улавливание и утилизация пылей и газов./Учебное пособие для вузов – Москва, 1991. – 420 с.

16. Державні санітарні правила для підприємств хлібопекарської промисловості [електронний ресурс] – режим доступу: [https://vuzlit.com/2329101/sanitarna\\_pidgotovka\\_virobnitstva](https://vuzlit.com/2329101/sanitarna_pidgotovka_virobnitstva) (дата звернення: 08.06.2022).

17. ДСН 3.3.6.042-99 "Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень" [електронний ресурс] – режим доступу: <https://dnaop.com/html/34094/3.3.6.042-99> (дата звернення: 01.06.2022).

18. ДСП 201-97 "Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними та біологічними речовинами)" [електронний ресурс] – режим доступу:

Підпис і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підпис і дата	
Інв.№подл.	

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

ТС 18510209

Арк  
57

<https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0201282-97> (дата звернення: 08.06.2022).

19. ДСТУ 2583-94 «Машини та устаткування для хлібопекарської промисловості. Вимоги безпеки» [електронний ресурс] – режим доступу: [https://national\\_standards\\_ukr.academic.ru/19264](https://national_standards_ukr.academic.ru/19264) (дата звернення: 02.06.2022).

20. Економічна статистика. Навколишнє природне середовище: Офіційний сайт Державної служби статистики України [електронний ресурс] – режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua> (дата звернення: 20.04.2022).

21. Закон України "Про охорону атмосферного повітря" [електронний ресурс] – режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2707-12> (дата звернення: 02.06.2022).

22. Закон України «Про охорону праці» [електронний ресурс] – режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12> (дата звернення: 02.06.2022).

23. Закон України «Про пожежну безпеку» [електронний ресурс] – режим доступу: [https://rada.info/upload/users\\_files/41765931](https://rada.info/upload/users_files/41765931) (дата звернення: 02.06.2022).

24. Іваненко Ф. В., Сінченко В. М. Технологія зберігання та переробки сільськогосподарської продукції: Навч.-метод. посіб. для самост. вивч. дисц. — Київ, 2005. — 221 с.

25. Ільницька І.А. Причина вибуху та пожежі – пил//Охорона праці. – 2021, №9 [електронний ресурс] – режим доступу: <https://ohoronapraci.kiev.ua/article/news/pricina-vibuhu-ta-pozezi-pil> (дата звернення: 02.05.2022).

26. Кіптенко Є.М., Баштанник М.П., Козленко Т.В., Жемера Н.С. Оцінка стану забруднення атмосферного повітря та його прогнозування в промислових містах України // Моніторинг і стан довкілля. Вип. 265 - 2013. – С.78-89.

27. Косован А.П., Поландова Р.Д., Кветний Ф.М.. Методичні вказівки по нормуванню, обліку і контролю викидів забруднюючих речовин від хлібопекарських підприємств. - Київ, 1996. - 183 с.

Підпис і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підпис і дата	
Інв.№подл.	

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

ТС 18510209

Арк  
58

28. Кулаковська А.І., Чуприна Ю.Ю. Дрібнодисперсний пил: невидима загроза. Матеріали XV – ї Всеукраїнської наукової on-line конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених з міжнародною участю «Сучасні проблеми екології», 2019.

29. Куц В.П. Застосування циклонів на підприємствах харчової промисловості Матеріали IV – ї Всеукраїнської студентської науково-технічної конференції «Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання», 2011.

30. Мезенцева Н.І., Батиченко С.П., Мезенцев К.В. Захворюваність і здоров'я населення в Україні: суспільно – географічний вимір: Монографія. – Київ, 2018. – 136 с.

31. Офіційний сайт Державної служби інтелектуальної власності України [електронний ресурс] – режим доступу: <https://ukrpatent.org/uk> (дата звернення: 28.04.2022).

32. Офіційний сайт Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України [електронний ресурс] – режим доступу: <https://mepr.gov.ua> (дата звернення: 20.04.2022).

33. Офіційний сайт Міністерства охорони здоров'я України [електронний ресурс] – режим доступу: <http://moz.gov.ua> (дата звернення: 20.04.2022).

34. Підаєв А.В., Возіанов О.Ф., Москаленко В.Ф., Пономаренко В.М. Панорама охорони здоров'я населення України: навч. посіб. - Київ, 2003. – 396 с.

35. Правила з техніки безпеки і виробничої санітарії на хлібопекарських підприємствах [електронний ресурс] – режим доступу: <https://dnaop.com/html/32396> (дата звернення: 02.06.2022).

36. Рукавний фільтр: патент 112627 Україна / Осипенко В. Д., Осипенко В. В., Безкровний М. Г.; опубл. 26.09.2016.

37. Санітарні правила для підприємств хлібопекарської промисловості [електронний ресурс] – режим доступу: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v823\\_400-69](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v823_400-69) (дата звернення: 01.06.2022).

Підпис і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підпис і дата	
Інв.№подл.	

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

ТС 18510209

Арк  
59

