

Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Факультет водогосподарської інженерії та екології
Кафедра цивільної інженерії, технологій будівництва і захисту довкілля

Освітньо-кваліфікаційний рівень «бакалавр»
Спеціальність – 183 Технології захисту навколишнього середовища
Освітньо-професійна програма «Технології захисту навколишнього середовища»

Затверджую:
Завідувач кафедри цивільної інженерії,
технологій будівництва і захисту довкілля
д.т.н., професор _____ В. Є. Волкова
«_____» _____ 2025 р.

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи на тему:
«ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ
ПРИ РОБОТІ ЗЕРНОСУШАРКИ У ТОВАРИСТВІ З ОБМЕЖЕНОЮ
ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «АГРОФІРМА ВІКТОРІЯ» КАМ'ЯНСЬКОГО
РАЙОНУ ДНІПРОПЕТРОВСЬКОЇ ОБЛАСТІ»

Виконала здобувачка вищої освіти
4 курсу, групи ТЗНС-1-21 _____ Анастасія ДІДЕНКО
(підпис)

Керівник _____ Геннадій ГАПЧ
(підпис)

Дніпро 2025

Дніпровський державний аграрно-економічний університет
 Факультет водогосподарської інженерії та екології
 Кафедра цивільної інженерії, технологій будівництва і захисту довкілля

Освітньо-кваліфікаційний рівень «бакалавр»
 Спеціальність – 183 Технології захисту навколишнього середовища
 Освітньо-професійна програма «Технології захисту навколишнього середовища»

Затверджую:
 Завідувач кафедри цивільної інженерії,
 технологій будівництва і захисту довкілля
 д.т.н., професор _____ В. Є. Волкова
 « _____ » _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу здобувачі вищої освіти

Анастасії Юріївни Діденко

(прізвище, ім'я, по батькові)

1) Тема роботи: «Обґрунтування технології захисту атмосферного повітря при роботі зерносушарки у товаристві з обмеженою відповідальністю «Агрофірма Вікторія» Кам'янського району Дніпропетровської області» затверджена наказом ректора від «16» квітня 2025 р. №758.

2) Термін здачі закінченої роботи: «20» червня 2025 р.

3) Вихідні дані до роботи: показники господарської діяльності товариства з обмеженою відповідальністю «Агрофірма Вікторія» Кам'янського району Дніпропетровської області.

4) Зміст розрахунково-пояснювальної записки: 1. Сучасний стан та рівні забруднення атмосферного повітря при роботі сільськогосподарських підприємств України; 2. Перспективні напрями та технології зниження рівня забруднення і негативного впливу пилу на атмосферне середовище; 3. Загальні відомості про об'єкт забруднення та методика виконання розрахунків технологічних параметрів очисних установок; 4. Розрахунок та порівняння технологічних параметрів роботи установок для обезпилювання; 5. Охорона праці та техніка безпеки під час роботи установки з очистки пилу; 6. Організація системи контролю та моніторингу за забрудненням атмосферного повітря на підприємстві; Вступ; Висновки; Список літератури.

5) Перелік графічного матеріалу: презентація кваліфікаційної роботи у програмному середовищі Microsoft PowerPoint.

Керівник роботи _____ (Геннадій ГАПІЧ)
 (підпис)

Завдання прийняла до виконання _____ (Анастасія ДІДЕНКО)
 (підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з. п.	Назва етапів дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Сучасний стан та рівні забруднення атмосферного повітря при роботі сільськогосподарських підприємств України	квітень 2025 р.	
2	Перспективні напрями та технології зниження рівня забруднення і негативного впливу пилу на атмосферне середовище	травень 2025 р.	
3	Загальні відомості про об'єкт забруднення та методика виконання розрахунків технологічних параметрів очисних установок	травень 2025 р.	
4	Розрахунок та порівняння технологічних параметрів роботи установок для обезпилювання	червень 2025 р.	
5	Охорона праці та техніка безпеки під час роботи установки з очистки пилу	червень 2025 р.	
6	Організація системи контролю та моніторингу за забрудненням атмосферного повітря на підприємстві	червень 2025 р.	
7	Вступ, Висновки, Список літератури	червень 2025 р.	
8	Підготовка презентації, попередній захист роботи на кафедрі	червень 2025 р.	

Керівник роботи _____ (Геннадій ГАПЧ)
(підпис)

Здобувачка вищої освіти _____ (Анастасія ДІДЕНКО)
(підпис)

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ.....	6
ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН ТА РІВНІ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ПРИ РОБОТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ УКРАЇНИ	8
1.1. Сучасні рівні забруднення атмосферного повітря внаслідок діяльності сільськогосподарських підприємств	8
1.2. Загальні відомості про основні властивості пилу як забруднювача атмосферного повітря	12
РОЗДІЛ 2. ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ЗНИЖЕННЯ РІВНЯ ЗАБРУДНЕННЯ І НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ ПИЛУ НА АТМОСФЕРНЕ СЕРЕДОВИЩЕ	15
2.1. Фізичні основи пиловловлювання (гравітаційне та відцентрове осадження частинок)	16
2.2. Технологічне обладнання для захисту атмосферного повітря від пилу	21
РОЗДІЛ 3. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ОБ'ЄКТ ЗАБРУДНЕННЯ ТА МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКІВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ОЧИСНИХ УСТАНОВОК	29
3.1. Загальні характеристика об'єкту досліджень	29
3.2. Кліматична характеристика території досліджень	32
3.3. Методика технологічних розрахунків циклонів для осадження пилу зерносушарки	35

РОЗДІЛ 4. РОЗРАХУНОК ТА ПОРІВНЯННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ РОБОТИ УСТАНОВОК ДЛЯ ОБЕЗПИЛЮВАННЯ	39
4.1. Результати розрахунків технологічних параметрів роботи циклону...	39
4.2. Результати розрахунків технологічних параметрів роботи пилоосаджувальної камери	43
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС РОБОТИ УСТАНОВКИ З ОЧИСТКИ ПИЛУ	48
РОЗДІЛ 6. ОРГАНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ТА МОНІТОРИНГУ ЗА ЗАБРУДНЕННЯМ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ НА ПІДПРИЄМСТВІ ...	52
6.1. Принципи та умови раціонального розташування промислових підприємств	52
6.2. Вимоги до розташування та організації виробничої території	53
6.3. Перспективи компоновки будівель і споруд за умов розширення підприємства	55
6.4. Проектування санітарно-захисної зони	56
6.5. Планування системи моніторингу та екологічне нормування забруднення навколишнього природного середовища	58
ВИСНОВКИ.....	62
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	64

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка кваліфікаційної дипломної роботи містить 65 сторінок загального обсягу, 24 рисунки, 9 таблиць та 19 літературних джерел. Загальна структура роботи складається з 6 основних розділів.

Метою досліджень є обґрунтування технології захисту атмосферного повітря при роботі зерносушарки у товаристві з обмеженою відповідальністю «Агрофірма Вікторія» Кам'янського району Дніпропетровської області. Для досягнення мети було поставлено та вирішено наступні основні *завдання*:

- проаналізовано сучасний стан та рівні забруднення атмосферного повітря при роботі сільськогосподарських підприємств України;
- досліджені перспективні напрями та технології зниження рівня забруднення і негативного впливу на атмосферне середовище;
- вивчено загальні відомості про об'єкт забруднення та господарську діяльність підприємства;
- наведено загальну методику виконання розрахунків технологічних параметрів очисних установок;
- проведено розрахунок та порівняння технологічних параметрів роботи установок для обезпилювання на досліджуваному підприємстві;
- розглянуті питання щодо забезпечення належного рівня охорони праці та техніки безпеки під час роботи установки з очистки пилу;
- запропонований та обґрунтований підхід щодо організації системи контролю та моніторингу за забруднення атмосферного повітря на підприємстві.

Об'єктом дослідження виступає технологічний процес очистки атмосферного повітря від пилу при роботі зерносушарки на сільськогосподарському підприємстві.

Предметом дослідження є обґрунтування технологічних та конструктивних параметрів роботи установки з очистки пилових викидів для зниження негативного впливу на атмосферне повітря.

Ключові слова: пилове забруднення, атмосферне повітря, технології очистки, природоохоронні технології, захист довкілля.

ВСТУП

Забруднення пилом є значною проблемою для довкілля та здоров'я в сільській місцевості України. У той час як міські райони з важкою промисловістю часто отримують більшу уваги, сільські громади стикаються з проблемами пилового забруднення внаслідок сучасних кліматичних змін та застосування застарілого технологічного обладнання.

Джерелами пилового забруднення в сільській місцевості часто виступають: спалювання сільськогосподарських відходів, пожнивних решток та сухої рослинності, що призводить до викидів в атмосферу значної кількості твердих частинок та чадного газу; обробіток ґрунту призводить до деградації та ерозії, особливо в посушливих або вітряних умовах, утворюючи пил з порушеного верхнього шару ґрунту; лісові та трав'яні пожежі, які часто спричинені бойовими діями, виділяють значну кількість диму і частинок попелу, сприяючи забрудненню повітря.

Забруднення пилом, особливо дрібнодисперсними частинками, становить серйозну загрозу для здоров'я сільського населення. Зростає кількість випадків респіраторних захворювань, та серцево-судинних проблем.

Осадження пилу може змінити склад ґрунту, що впливає на продуктивність сільського господарства. Забруднюючі речовини з пилу можуть осідати у водоймах, впливаючи на якість води та водні екосистеми. Пил, що накопичується на рослинах, може перешкоджати їх фотосинтезу та росту. Пилове забруднення також може завдати шкоди місцевій дикій природі та екосистемам.

Хоча Україна має природоохоронне законодавство, його імплементація та правозастосування, особливо в умовах децентралізованого управління, стикаються з проблемами. Україні потрібно і надалі працювати над гармонізацією свого екологічного законодавства зі стандартами ЄС впроваджуючи сучасні технологічні рішення у сфері захисту повітряного простору.

Таким чином, забруднення пилом у сільській місцевості України є багатогранною проблемою, що виникає внаслідок сільськогосподарської практики та промислової діяльності і значно посилюється внаслідок триваючого військового конфлікту. Це має серйозні наслідки для здоров'я населення та довкілля, що вимагає комплексного підходу щодо пом'якшення наслідків та відновлення.

РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН ТА РІВНІ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ПРИ РОБОТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ УКРАЇНИ

1.1. Сучасні рівні забруднення атмосферного повітря внаслідок діяльності сільськогосподарських підприємств

Забруднення повітря є однією з ключових проблем у захисті навколишнього природного середовища [9, 19]. У галузі сільського господарства забруднення атмосферного повітря може бути природним або виникати внаслідок виробничої діяльності підприємств. Природне забруднення перш за все обумовлено ерозійними процесами ґрунтового покриву внаслідок змін клімату та збільшенням частоти несприятливих умов – швидкості та руйнівної енергії вітру. Додатковим чинником цього є застосування недосконалих систем землеробства та обробітку ґрунту.

Наслідки забруднення атмосферного повітря промисловими (технологічними) процесами сільськогосподарських підприємств здебільшого проявлені через роботу систем очищення сільськогосподарської продукції, її сушіння і зберігання на елеваторах, складських приміщеннях тощо.

Тверді частинки мають різні назви: зола – розміром частинок більше 75 мкм; пил – частинки розміром менше 75 мкм і більше 1 мкм; дим – тверді частинки, звичайно менші 1 мкм. Основним об'єктом досліджень у даній роботі є саме пилове забруднення атмосфери внаслідок роботи зерносушарки на агропромисловому підприємстві.

Найпоширенішими небезпечними частинками є ті, що мають розмір менше 10 мкм. Вони можуть проникати і потрапляти глибоко в легені людини

і тваринам. Такий пил впливає на здоров'я навіть при дуже низьких його концентраціях у повітрі. Забруднене повітря може спричиняти алергічні реакції, астму, серцево-судинні захворювання та інші проблеми зі здоров'ям. Забруднення повітря сприяє зміні клімату, ерозії ґрунту, забрудненню водних ресурсів і знищенню біорізноманіття. Забруднення повітря призводить до додаткових витрат на медичні послуги, очищення повітря та водних ресурсів, а також до зниження врожайності сільськогосподарських культур.

Елеватор продукує велику кількість пилу. Цей пил складається з багатьох як нейтральних і небезпечних складових. Також зазначимо, що на сьогодні за забруднення навколишнього середовища можна сплатити значний штраф, що має додатково симулює підприємства встановлювати очисне обладнання. Разом з тим, найважливішою причиною для застосування систем очищення від пилу на сільськогосподарських підприємствах є запобігання вибухів і пожеж. Зменшення висоти вільного падіння зерна суттєво зменшує виділення пилу. Пил також знижує ресурсний термін використання техніки, оскільки є абразивним. Усі рухомі частини транспортного і виробничого обладнання зношуються швидше саме в умовах значного запилення. У зернових сушарках та конструктивних елементах з очистки зерна пил може стати додатковою причиною налипання, оскільки надлишкова волога може конденсуватися на стінках та злипатися із пилом.

З однієї тони зерна може виділятися від 1 до 5 кілограмів пилу. Пил складається з органічних та мінеральних домішок, і він утворюється під час тертя зерна та металічних частин обладнання. Таким чином, узагальнено можемо припустити, що при валовому зборі 80 млн. тон зернових і технічних культур щороку в Україні, до атмосферного повітря може виділятися від 80 до 400 тисяч тон пилу.

Відмітимо, що згідно затверджених нормативів (див. табл. 1.1) граничнодопустимих викидів забруднюючих речовин із стаціонарних джерел [10] регламентується, що викиди твердих зважених часток не повинні перевищувати 50 мг/м³. Отже, для прикладу, зерносушарка, що працює у

вищевказаному діапазоні роботи з викидом пилу не більше 50 мг/м³ та продуктивністю 50 тон на годину викидає в атмосферу 200 тис м³ повітря. За добу до атмосферного повітря може надійти 240 кг пилу (понад 7 тон на місяць). Весь цей пил осідає навколо сільськогосподарського підприємства та може розсіюватися на територію населених пунктів.

Таблиця 1.1. Гігієнічні нормативи вмісту хімічних речовин в атмосферному повітрі

Назва	Гранично допустима концентрація (ГДК мг/м ³)		Клас небезпеки
	максимальна разова	середньодобова	
Пил	0,15-0,5	0.0001-0,15	3
Озон	0,16	0,03	1
Діоксид азоту	0,2	0,04	3
Оксид азоту	0,4	0,06	3
Діоксид сірки	0,5	0,05	3
Оксид вуглецю	5,0	3,0	4

Процес обробки зерна різних технологічних етапах пов'язані з утворенням значного обсягу пилових забруднень. Інтенсивність пилоутворення безпосередньо корелює з вологістю зернового матеріалу, досягаючи максимальних значень при обробці сухого зерна.

На початковому етапі при вивантаженні зерна в завальну яму спостерігається інтенсивне пилоутворення. Для ефективного контролю та мінімізації викидів потрібне застосування потужних фільтраційних систем.

Особливість даного етапу полягає в необхідності обробки значних обсягів повітря за короткий проміжок часу в умовах відкритого простору, що висуває високі вимоги до продуктивності та ефективності систем видалення пилу.

Етап сепарації спрямований на очищення зерна від пилу та легких домішок. На даному етапі відбувається активне видалення забруднюючих частинок, що фактично є процес очищення, а не тільки забруднення. Однак не всі сільськогосподарські підприємства здійснюють очищення зерна до необхідного базового рівня.

Робота норій та іншого транспортного обладнання також супроводжується утворенням значної кількості пилу. Відсутність додаткових аспіраційних систем на сушарках може суттєво підвищувати концентрацію забруднюючих речовин у відпрацьованому повітрі.

Сушарки є основним джерелом пилових викидів. Більшість існуючих моделей сушарок не передбачає можливості інтеграції ефективних пиловловлюючих систем через конструкцію, що передбачає викид відпрацьованого повітря через перфоровані зовнішні стінки. У контексті мінімізації пилових викидів, сушарки шахтного типу, особливо двозонні, демонструють найкращі показники. У таких системах нагріте та максимально запилене повітря із зони охолодження рециркулюється для попереднього нагріву вологої зернової маси. Це сприяє осадженню пилу у верхній частині сушарки, забезпечуючи вихід практично чистого повітря у навколишнє середовище.

Таким чином, на етапі проектування зерносушильних комплексів є вкрай актуальним завданням облік екологічних аспектів та впровадження рішень, спрямованих на зниження пилових викидів. Це має критичне значення для дотримання екологічних стандартів та забезпечення безпечних умов праці.

1.2. Загальні відомості про основні властивості пилу як забруднювача атмосферного повітря

Основні властивості пилу згідно даних [1, 6, 15, 18] можна розподілити на 9 показників рис. 1.1.

Ефективність очищення (також відома як коефіцієнт корисної дії) показує, наскільки добре пристрій вловлює забруднення. Вона розраховується як відношення кількості зібраного матеріалу до загальної кількості матеріалу, що надійшов у пило- або газоочисний апарат разом із газовим потоком за певний проміжок часу. Показник ефективності η визначають за формулою:

$$\eta = \frac{\sigma'_q - \sigma''_q}{\sigma'_q} = \frac{Q'c' - Q''c''}{Q'c'} = 1 - \frac{Q''c''}{Q'c'} = \frac{\sigma'''_q}{Q'c'}, \quad (1.1)$$

де σ'_q, σ''_q – масові витрати частинок пилу, що вміщуються в газах, які відповідно поступають і виходять з апарата, кг/С; Q', Q'' – об'ємні витрати газів (при 0°C і 101,3 кПа), які відповідно поступають і виходять з апарата, м³/с; c', c'' – концентрації частинок пилу в газах, які відповідно поступають в апарат і виходять з апарата, кг/м³; σ'''_q – кількість вловленого пилу, кг/с.

Якщо об'єм газів в процесі очищення змінюється, наприклад за рахунок підсмоктування, то ефективність:

$$\eta = 1 - K_n \cdot \frac{c''}{c'}, \quad (1.2)$$

де K_n — коефіцієнт підсмоктування.

Густина пилу Розрізняють дійсну, насипну та уявну густини. Насипна густина враховує повітряний прошарок між частинками пилу. Уявна (об'ємна) густина – відношення маси частинок до об'єму, який вона займає, включаючи пори, пустоти і нерівності. Пили, схильні до коагулювання і спікання, знижують уявну густину відносно дійсної.	Дисперсність Характеризує розмір частинок пилу - є основним фактором при виборі пилоловлювача. Частинки промислового пилу мають різну форму (кульки, палички, пластинки, голки, волокна тощо). Частинки пилу можуть коагулювати і об'єднуватися в агломерати, тому поняття розміру частинок умовне. В пилоловлюванні прийнято характеризувати частинки величиною, яка визначає швидкість їх осаджування. Такою величиною служить седиментаційний діаметр – діаметр кулі, швидкість осаджування і густина якого рівні швидкості осаджування і густині частинки.	Адгезія Схильність до злипання. Підвищена злипливість частинок може привести до часткового чи повного забивання апаратів. Чим менший розмір частинок пилу, тим легше вони прилипають до поверхні апарата. Пил, у якого 60-70% частинок мають діаметр менше 10 мкм веде себе як злипливий. За злипанням пил, що вміщує великі домішки (після відсіювання і сушіння зерна тощо) відноситься до IV групи «Сильнозлипливий».	Змочуваність Змочуваність частинок впливає на ефективність мокрих пилоловлювачів, особливо при роботі з рециркуляцією. При дотику погано змоченої частинки з поверхнею рідини частинка захоплюється цією поверхнею, але на протилежність легко змочуваної не занурюється в рідину чи не обволікається краплиною рідини, а залишається на її поверхні. Після того, як поверхня рідини виявляється значно покритою захопленими нею частинками, очищення газів погіршується.	Абразивність Характеризує інтенсивність зношування металу при однакових швидкостях газів і концентраціях пилу. Вона залежить від твердості, форми, розміру і густини частинок. Абразивність пилу враховують при виборі швидкостей запиленних потоків, товщини металу для виготовлення газоходів і газоочисних установок чи виборі для них облицювальних матеріалів. Максимальне зношування металів спричиняють частинки золи з розмірами 90 ± 2 мкм.
Електрична зарядженість Впливає на їх поведінку в газоходах і пилоловлювальних апаратах, на вибухонебезпечність і адгезійні властивості, в тому числі на сипучість пилу. Знак заряду частинок залежить від способу їх утворення, хімічного складу а також від властивостей речовин, з якими вони стикаються.	Гігроскопічність Полягає у здатності пилу всмоктувати вологу. Залежить від хімічного складу, розміру, форми і ступеню шорсткості поверхні частинок. Гігроскопічність сприяє їх вловлюванню в апаратах мокрого типу.	Електрична провідність Оцінюється за питомим електричним опором шару пилу $\rho_{ш}$ (Ом·см), який залежить від властивостей окремих частинок (від поверхневої та внутрішньої електропровідності, форми і розмірів частинок) а також від структури шару і параметрів газового потоку. Електрична провідність істотно впливає на роботу електрофільтрів.	Здатність до самозаймання Здатність до самозаймання і утворення вибухонебезпечних сумішей з повітрям залежить від хімічних і термічних властивостей пилу, від розмірів і форми частинок, їх концентрації в повітрі, від вологовмісту і складу газів, розмірів температури джерела запалення і відносного вмісту інертного пилу. Здатність до самозапалення мають деякі пили органічних речовин. Мінімальні вибухонебезпечні концентрації завислого в повітрі пилу – приблизно $20 \dots 500$ г/м³, максимальні – $700 \dots 800$ г/м³. Чим більший вміст кисню в газовій суміші, тим можливіший вибух і більша його сила. При вмісті кисню менше 16% пилова хмара не вибухає.	

Рисунок 1.1 – Основні властивості пилу (виконаний за даними [18])

Ефективність очищення газів від пилу залежить від розміру частинок. Це означає, що апарат може краще вловлювати великі частинки, ніж дрібні, або навпаки. Щоб точніше оцінити ступінь очищення, часто використовують поняття фракційної ефективності. Вона показує, наскільки ефективно апарат очищає газ від частинок конкретного розміру. Тобто, замість загального коефіцієнта очищення, розглядають ефективність для кожної фракції пилу:

$$\eta_{\Phi} = [\Phi' - \Phi''(1 - \eta)] \quad , \quad (1.3)$$

де Φ' , Φ'' – вміст фракцій в газах відповідно на вході та виході апарата, %.

Знаючи фракційний ступінь очищення газів, можна визначити загальну ефективність апарата:

$$\eta = \frac{\eta_{\Phi 1} \Phi_1}{100} + \frac{\eta_{\Phi 2} \Phi_2}{100} + \dots + \frac{\eta_{\Phi n} \Phi_n}{100} \quad , \quad (1.4)$$

Ефективність вловлювання пилу може бути виражена у вигляді коефіцієнта проскоку частинок (ступеня неповного вловлювання) – відношення концентрації частинок за апаратом до їх концентрації перед ним. Його використовують, коли треба оцінити кінцеву запиленість чи порівняти відносну запиленість газів на виході з різних апаратів [1, 6, 15, 18].

Коефіцієнт проскоку P розраховують за формулою:

$$P = 1 - \eta \quad , \quad (1.5)$$

Сумарний ступінь очищення газів декількох послідовно встановлених апаратів, розраховується за формулою:

$$\eta = 1 - (1 - \eta_1)(1 - \eta_2) \dots (1 - \eta_n) \quad , \quad (1.6)$$

де $\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_n$ – ступінь очищення газів від пилу відповідно в першому, другому і n -му апараті.

РОЗДІЛ 2. ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ЗНИЖЕННЯ РІВНЯ ЗАБРУДНЕННЯ І НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ ПИЛУ НА АТМОСФЕРНЕ СЕРЕДОВИЩЕ

У відповідності до [1, 6, 15, 18] природоохоронні методи із захисту навколишнього середовища можна розподілити наступним чином (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 – Класифікація методів захисту довкілля

Одними з перспективних заходів щодо зменшення забруднення довкілля у галузі сільського господарства є наступні [1, 6, 15, 18]:

- ✓ впровадження екологічно чистих технологій, використання електричної техніки, альтернативних видів палива, біогазу та інших технологій, що зменшують викиди;
- ✓ покращення системи утримання тварин, застосування більш сучасних систем вентиляції, зберігання та обробки гною, що мінімізує викиди шкідливих газів;
- ✓ раціональне використання хімічних засобів, обмеження використання пестицидів та гербіцидів, а також використання більш ефективних та екологічно чистих засобів захисту рослин;
- ✓ впровадження та дотримання сучасних екологічних стандартів у сільському господарстві, що забезпечує контроль викидів та захист навколишнього середовища.

Загалом, боротьба з забрудненням атмосферного повітря в сільському господарстві вимагає комплексного підходу, що включає в себе впровадження нових технологій, зміни в сільськогосподарських практиках та посилення державного регулювання і контролю.

2.1 Фізичні основи пиловловлювання (гравітаційне та відцентрове осадження частинок)

Робота будь-якого апарата для вловлювання пилу заснована на використанні одного або декількох механізмів осадження завислих в газах частинок [1, 6, 11, 12, 15, 18, 19].

Гравітаційне осадження (або седиментація) відбувається, коли частинки осідають вертикально під дією власної ваги, проходячи крізь газоочисне обладнання. Відцентрове осадження спостерігається, коли аеродинамічний

потік рухається по кривій. У цьому випадку розвиваються відцентрові сили, які відкидають частинки на поверхню, де вони осідають.

Вплив кожного з цих механізмів осадження на частинки залежить від багатьох факторів, головним чином від їхнього розміру.

Гравітаційне осадження частинок. В апаратах, що використовують цей принцип, осадження завислих частинок відбувається завдяки дії сили ваги (гравітації). Простіше кажучи, частинки пилу просто падають донизу.

Під час падіння частинка пилу відчуває опір середовища (повітря або газу). Ця сила опору протидіє руху частинки і може бути виражена рівнянням:

$$F = \xi_{\text{ч}} \cdot S_{\text{ч}} \cdot \frac{V_{\text{ч}}^2 \rho}{2}, \quad (2.1)$$

де ξ – коефіцієнт опору середовища, $S_{\text{ч}}$ – площа перерізу частинки, перпендикулярного напрямленню руху, м^2 ; $V_{\text{ч}}$ – швидкість руху частинки, м/с ; ρ – густина газу, кг/м^3 .

У випадку кульової частинки $S_{\text{ч}} = \pi d_{\text{ч}}^2 / 4$, де $d_{\text{ч}}$ — діаметр частинки, м .

$$F = \xi_{\text{ч}} \frac{\pi d_{\text{ч}}^2}{8} V_{\text{ч}}^2 \rho, \quad (2.2)$$

Коефіцієнт ξ залежить від критерію Рейнольдса для частинки:

$$R_{e_{\text{ч}}} = \frac{V_{\text{ч}} d_{\text{ч}} \rho_{\text{ч}}}{\mu_{\text{ч}}}, \quad (2.3)$$

де $\mu_{\text{ч}}$ — динамічна в'язкість газів, $\text{Па}\cdot\text{с}$.

У практиці зменшення пилових забруднень існують різні режими руху для сферичної частинки. Кожен з цих режимів характеризується своєю унікальною залежністю від числа Рейнольдса. Так, для ділянок з ламінарним, турбулентним і перехідним режимами ($R_e \leq 2$; $R_e > 500$ і $R_e < 500$) відповідно $\xi = 24/R_e$; $\xi = 0,44$; $\xi = 18,5/R_e$. На ділянці з ламінарним режимом руху для частинок сферичної форми опір середовища описується законом Стокса:

$$F = \frac{24\mu_{\text{ч}}}{V_{\text{ч}}d_{\text{ч}}\rho_{\text{ч}}} \cdot \frac{\pi d_{\text{ч}}^2}{4} \cdot \frac{V_{\text{ч}}^2 \rho_{\text{ч}}}{2} = 3\pi d_{\text{ч}}\mu_{\text{ч}}V_{\text{ч}}, \quad (2.4)$$

Для частинок розміром 0,2...2,0 мкм в рівняння (2.4) вводиться поправка Кенінгема-Мілікена, яка враховує підвищену рухомість частинок, розмір яких порівнюється з середньою довжиною вільного пробігу газових молекул:

$$F = \frac{3\pi d_{\text{ч}}\mu_{\text{ч}}V}{C_k}, \quad (2.5)$$

Поправка C_k розраховується за формулою:

$$C_k = 1 + \frac{2l_i}{d_{\text{ч}}1,257} + 0,4e^{-1,1d_{\text{ч}}/2l_i}, \quad (2.6)$$

В свою чергу, l_i можна розрахувати за формулою:

$$l_i = \mu_{\text{ч}}/\rho_{\text{ч}} \left[\frac{\pi\mu_r}{2R_r \cdot T_r} \right]^{0,5}, \quad (2.7)$$

де M_r – маса 1 кмоль газів, кг/кмоль; R_r – універсальна газова постійна, рівна $R_r = 8314$ Дж/моль·К; T_r – абсолютна температура газів, К. Для повітря при $t_r = 20^\circ\text{C}$ і нормальному атмосферному тиску $l_i = 6,5 \cdot 10^{-8}$ м.

Якщо припустити, що опір середовища відсутній (наприклад, у вакуумі), то швидкість частинки збільшуватиметься з часом за простим лінійним законом $V=gt$, де g – прискорення вільного падіння. Проте, важливо розуміти, що в реальних умовах зі зростанням швидкості частинки неминуче зростає і сила опору середовища. Цей опір, у свою чергу, призводить до поступового зменшення прискорення частинки.

Відцентрове осадження частинок – це поширений метод у промисловості, що використовується в таких пристроях, як циклони, мультициклони, ротаційні апарати та мокрі пиловловлювачі (під час барботування).

У межах дії закону Стокса, швидкість відцентрового осадження сферичної частинки можна визначити, прирівнявши відцентрову силу, що виникає при обертанні газового потоку, до стоксової сили опору середовища.

$$F = m_{\text{ч}} \frac{\omega^2 R}{R}, \quad (2.8)$$

де $m_{\text{ч}}$ – маса частинки, кг; ω – швидкість обертання газового потоку кругом нерухомої вісі, м/с; R – радіус обертання газового потоку, м,

Швидкість осадження частинок при відцентровому осадженні значно вища, ніж при гравітаційному. На Рисунку 2.2 можна побачити значення швидкості осадження для частинок з густиною 2000 кг/м^3 при співвідношенні ω/r , що дорівнює 10, 100 та 1000. Якщо ми проведемо аналогію з розглянутим раніше гравітаційним осадженням, то параметр відцентрового осадження можна виразити як відношення відцентрової сили, що діє на сферичну частинку, до сили опору середовища. Тоді отримаємо:

$$\omega_b = \frac{F_b}{F_c} = \frac{\frac{\pi d_{\text{ч}}^3}{6} \rho_{\text{ч}} \omega^2}{3\pi d_{\text{ч}} \mu_r \omega} = \frac{d_{\text{ч}}^2 \rho_{\text{ч}} \omega}{18 \mu_r R}, \quad (2.9)$$

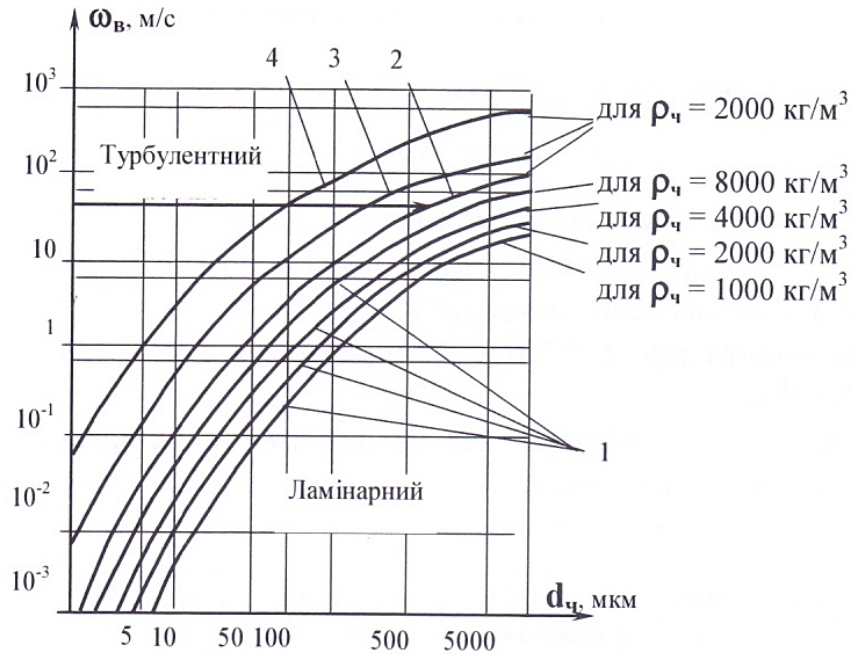


Рисунок 2.2 – Діаграма для визначення швидкості осідання частинок у повітрі [18]: 1 – під дією сил ваги; 2-4 – під дією сили, що перевищує силу ваги у 10, 100 і 1000 разів відповідно

Відношення в правій частині рівняння є не що інше, як критерій Стокса S_{tkw} , в якому лінійний параметр – це радіус обертання газового потоку. Величину R , м, можна прийняти рівною:

$$R = \frac{r_1 + r_2}{2}, \quad (2.10)$$

де: r_1 – радіус вихідної труби циклона, м; r_2 – радіус корпусу циклона, м.

Збільшення швидкості потоку покращує ефективність уловлювання пилу у відцентрових пристроях. Ідеальна швидкість газо-повітряної суміші на вході складає 20–25 м/с. Швидкість, що перевищує цей діапазон, може знову підняти вже осілий пил.

Навіть якщо кутова швидкість обертання ω не змінюється, але радіуси r_1 і r_2 зростають, швидкість витання v_c теж збільшується. Це подовжує час

осадження частинок і знижує коефіцієнт очищення. Отже, для кращого пиловловлювання доцільніше використовувати апарати меншого діаметра.

2.2. Технологічне обладнання для захисту атмосферного повітря від пилу

Механічні методи – це способи видалення пилу з газових потоків, що ґрунтуються на використанні сили тяжіння, інерції та, особливо, відцентрових сил. Ефективність цих методів залежить від розміру частинок: гравітаційне осадження (під дією сили тяжіння) підходить для грубого очищення газів від великих частинок (понад 30-100 мкм); інерційне осадження використовується для видалення частинок розміром 25-30 мкм; відцентрове осадження є ефективним навіть для дуже дрібних частинок (до 5 мкм).

Основний принцип роботи сухих інерційних пиловловлювачів полягає у відокремленні пилових частинок від газового потоку шляхом їх осадження під дією сили тяжіння. За цим принципом працює широкий спектр обладнання для сухого очищення газів, зокрема: пилоосаджувальні камери, жалюзійні апарати, різноманітні циклони (одиначні, групові, батарейні, прямоточні), інерційні та вихрові пиловловлювачі, а також димососи-пиловловлювачі [11, 12, 15, 18]. У таблиці 2.1 (згідно з [18]) представлено ключові параметри сухих механічних пиловловлювачів, що дозволяє порівняти їхню придатність для промислового застосування.

Пилоосаджувальні камери. Працюють за принципом осадження частинок, що відбувається під час повільного проходження пилогазового потоку через робочу камеру. Тому ключовими параметрами камери є її висота і довжина (див. рис. 2.3). Ці геометричні розміри безпосередньо впливають на час перебування потоку в камері, а отже, й на ефективність очищення.

Таблиця 2.1. Основні технологічні параметри роботи обладнання для уловлювання пилових забруднень [18]

Тип	Виконання		Продуктив- ність 10 ³ м ³ /год, не більше	Швидкість газу, м/с*	Температура (розрахункова),	Запиленість газу, г/м ³ , не більше		Гідравлічний опір ΔР, Па	Ефективність очищення**%, не менше
	за характером газового потoku	за кількістю робочих елементів				для незлип- ливого пилу	для середньо злиплого пилу		
1	з поперечним потоком	-	100	від 1	Від мінус 43 до плюс 527°С***	100	100	до 100	25
	з протитоком	-	10	до 2			50		
2	з розподіленням потоку	-	50	від 12 до 15		200	150	до 1000	65
	без розподілення потoku	-	50	від 10 до 15			100	до 500	40
	з тангенціальним входом	одиначні	100	-		1000	250	від 600 до 2500	80
		групові							
3	з осьовим входом	батареїні	60	від 12 до 22		600	250	від 600 до 3000	85
	вихровий з додатковим підводом газу	-	30	від 12 до 22		500	100	від 1000 до 2000	-

*Для типів 1 і 2 - у робочому перерізі, для типу 3 - на вході у пиловловлювач;

**Ефективність очищення наведена для середньо дисперсного пилу густиною 2400 кг/м³;

*** Розрахункові температури пиловловлювачів повинні вибиратися з ряду: -43, -23, 37, 77, 117, 247, 398, 527°С.

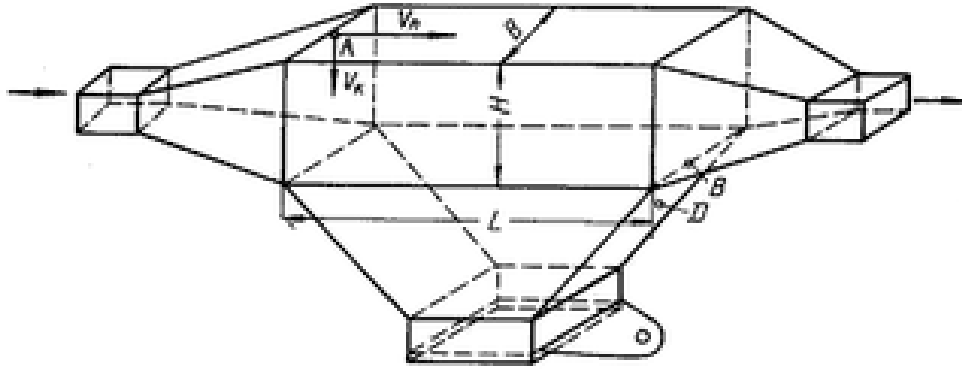


Рисунок 2.3 – Конструктивна схема роботи пилоосаджувальної камери

Пилові камери вирізняються значними розмірами та невисокою ефективністю. Через це їх використовують переважно для вловлювання великих частинок пилю. Габаритні розміри камери, необхідні для ефективного осадження твердих частинок із газового потоку, розраховуються за формулою:

$$L = H v_r / \omega_b, \quad (2.11)$$

де L – довжина камери, м; H – висота камери, м, v_r – швидкість руху газів в камері (звичайно 0,2... 1,0 м/с); ω_b – швидкість витання частинок заданого розміру, м/с.

Визначити швидкість v_r можливо через витрати газу Q . Для цього витрату необхідно поділити на площу перерізу каналу ($H \cdot B$). Підставивши з формули 2.9 значення ω_b , можна знайти мінімальний розмір частинок $d_{\text{ч}}$, м, які будуть повністю осаджені в камері:

$$d_{\text{ч}} = \sqrt{\frac{18 \mu_{\text{ч}} Q}{L B g \rho_{\text{ч}}}}, \quad (2.12)$$

де Q – витрати газу, $\text{м}^3/\text{с}$; L – довжина камери, м ; B – ширина камери, м ; $\mu_{\text{ч}}$ – динамічна в'язкість, $\text{Па}\cdot\text{с}$; g – прискорення вільного падіння, $\text{м}/\text{с}^2$; $\rho_{\text{ч}}$ – густина частинок, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Щоб забезпечити рівномірний розподіл газу по всьому перерізу, пилоосаджувальні камери можуть оснащуватися дифузорами та газорозподільними решітками. Для зменшення висоти осадження частинок їх обладнують горизонтальними або похилими полицями. Зазвичай, ступінь очищення газів у таких камерах не перевищує 40-50%, при цьому ефективно осідають лише частинки пилу розміром понад 40-50 $\mu\text{м}$.

Інерційні пиловловлювачі. Збільшити ефективність звичайних пилоосаджувальних камер і зменшити їхні розміри можна, додавши до гравітаційного осадження частинок додатковий рух униз. Цей принцип лежить в основі багатьох конструкцій пиловловлювачів.

Типовим прикладом такого типу є «пилові мішки» (рис. 2.4 а). У цих апаратах циліндрична входна труба надає частинкам додатковий імпульс, приблизно рівний $g/3$ (де g – прискорення вільного падіння), посилюючи гравітаційну силу. Наприклад, такий пиловловлювач може вловлювати до 65-80% частинок розміром понад 30 $\mu\text{м}$.

Інерційний пиловловлювач, зображений на рис. 2.4 б, призначений для встановлення в газоходах діаметром понад 2 м. У ньому великі частинки потрапляють у бункер завдяки відхиленню газового потоку від прямолінійного руху.

Камера з перегородкою (рис. 2.4 в) не має значних переваг в ефективності порівняно зі звичайною осаджувальною камерою, але створює більший гідравлічний опір. Цей опір можна зменшити, якщо зробити повороти потоку більш плавними.

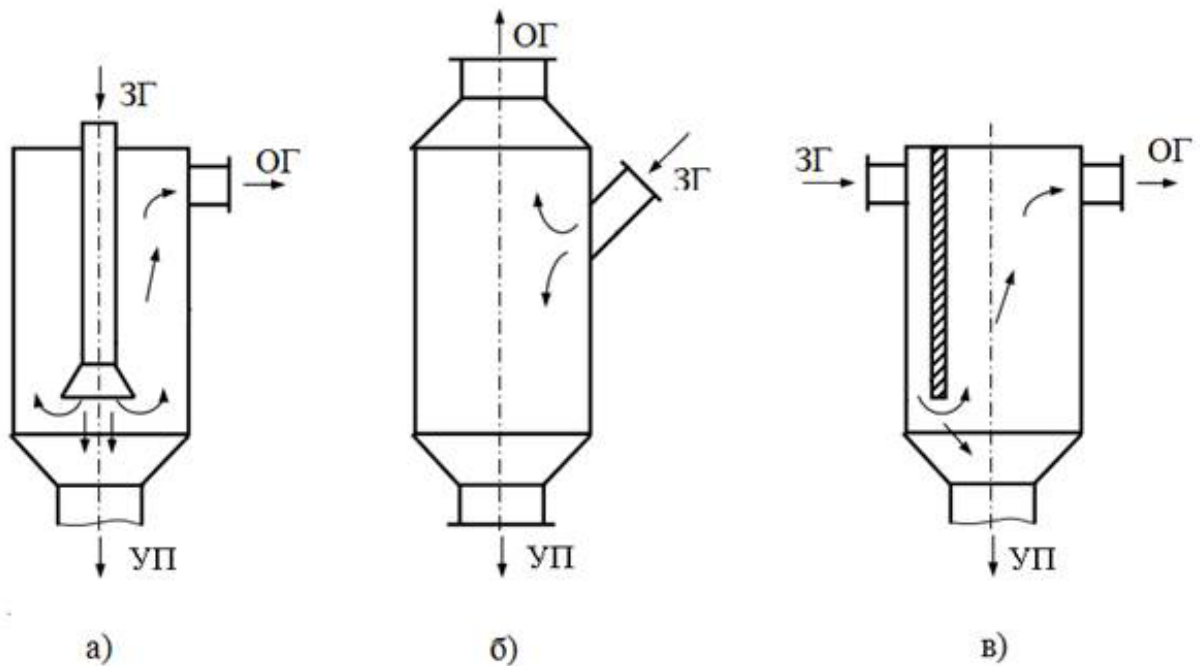


Рисунок 2.4 – Конструктивна схема роботи інерційних пиловловлювачів

Жалюзійний пиловіддільник. Для розділення газового потоку на очищений газ та газ, збагачений пилом, застосовують жалюзійний пиловіддільник (див. рис. 2.5). На жалюзійній решітці (позначена цифрою 1) початковий газовий потік з витратою Q розділяється на два окремі потоки: Q_1 та Q_2 . При цьому один потік містить очищений газ, а інший – газ із підвищеною концентрацією пилу. Як правило:

$$Q_1 = (0,8 \dots 0,9)Q, \text{ а } Q_2 = (0,1 \dots 0,2)Q, \quad (2.13)$$

На жалюзійній решітці пилові частинки відділяються від основного газового потоку завдяки інерційним силам, що виникають при зміні напрямку газу на вході до решітки, а також через відбиття частинок від її поверхні під час зіткнення. Газовий потік, збагачений пилом, після жалюзійної решітки подається до циклону 2 для очищення, а потім знову повертається в трубопровід після решітки. Жалюзійні пиловідділювачі вирізняються простою конструкцією та легко інтегруються в газоходи, забезпечуючи ефективність очищення 60% і більше для частинок розміром понад 20 мкм.

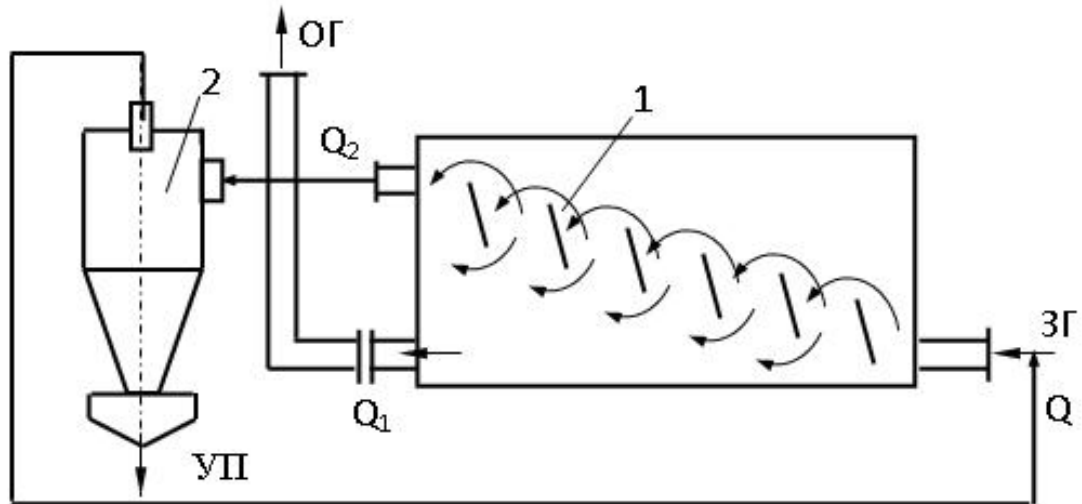


Рисунок 2.5 – Конструктивна схема роботи жалюзійного пиловловлювача

Циклони. Такі апарати (рис. 2.6) є одним з найбільш поширених типів сухих механічних пиловловлювачів. Їх популярність зумовлена такими перевагами: низька вартість; простота конструкції та обслуговування; порівняно невеликий опір; висока продуктивність. Саме ці якості роблять циклонні пиловловлювачі вигідним і ефективним рішенням для багатьох застосувань (рис. 2.7).

Добре запроектовані циклони можуть надійно працювати роками. Проте, високоефективні циклони створюють значний гідравлічний опір – до 1250-1500 Па, тому вони погано вловлюють частинки розміром менше 5 мкм.

Циклони мають дуже різноманітну конструкцію. Це стосується як способу подачі запиленого газу (наприклад, тангенціальний, тангенціальний похилий, спіральний, або осьовий з направляючим апаратом), так і форми самого корпусу (зокрема, циліндричний, що переходить у конус, з переважно розвиненою конічною частиною, повністю конічний, з розширеною конічною частиною, або з подвійною стінкою).

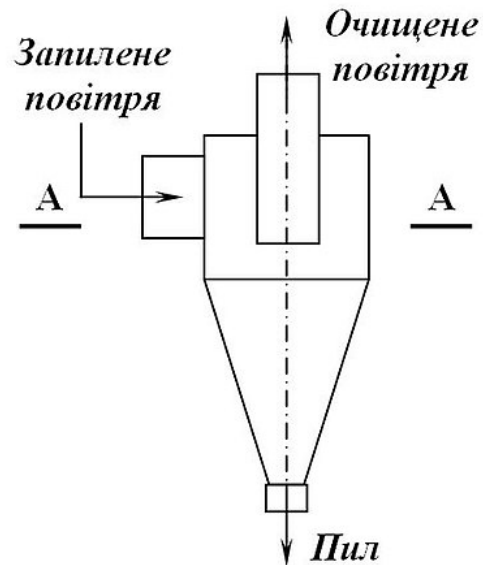


Рисунок 2.6 – Конструктивна схема роботи циклонів



Рисунок 2.7 – Переваги циклонних апаратів у порівнянні з іншим технологічним обладнанням для очистки від пилу

Державний науково-дослідний інститут з промислового та санітарного очищення газів (НДІОГАЗ) розробив низку циклонів, які успішно застосовуються для вирішення практичних задач з очищення газів від пилу. Ці апарати, завдяки своїй надійній конструкції та високій ефективності, стали стандартом у багатьох галузях промисловості.

Лінійка циклонів НДІОГАЗУ включає дві основні категорії, що відрізняються своєю формою та, відповідно, принципом роботи та застосування:

- 1) Циліндричні циклони – до цієї групи належать такі моделі, як ЦН-11, ЦН-15, ЦН-15У та ЦН-24. Вони характеризуються циліндричною формою корпусу, де газопиловий потік рухається по спіралі, а частинки пилу під дією відцентрової сили відкидаються до стінок і осідають. Ці моделі є універсальними та широко використовуються для очищення газів від середньо- та крупнодисперсного пилу.
- 2) Конічні циклони – представниками цього типу є моделі СК-ЦН-34, СК-ЦН-34М та СДК-ЦН-33. Їхня конструкція передбачає наявність конічної частини, що сприяє додатковому прискоренню газового потоку та інтенсифікації процесу осадження пилу. Конічні циклони часто застосовуються для більш тонкого очищення або у випадках, коли необхідно досягти вищої ефективності вловлювання дрібніших частинок.

РОЗДІЛ 3. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ОБ'ЄКТ ЗАБРУДНЕННЯ ТА МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКІВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ОЧИСНИХ УСТАНОВОК

3.1. Загальні характеристики об'єкту досліджень

Організаційно-правова форма юридичної особи – товариство з обмеженою відповідальністю «АГРОФІРМА «ВІКТОРІЯ». Основний вид діяльності (КВЕД):

- 01.11 вирощування зернових культур (крім рису), бобових культур і насіння олійних культур;
- 01.61 допоміжна діяльність у рослинництві;
- 01.63 післяурожайна діяльність;
- 46.21 оптова торгівля зерном, необробленим тютюном, насінням і кормами для тварин

Загальна оглядова схема розташування досліджуваного об'єкту наведена на рис. 3.1. Відмітимо, що підприємство у своїй виробничій діяльності використовує типову зерносушарку (табл. 3.1, рис. 3.2).

Орієнтовний валовий збір урожаю щороку становить близько 6 тис. тон зернових та олійних культур, що потребують попередньої підготовки до товарного продажу шляхом очищення та сушіння.

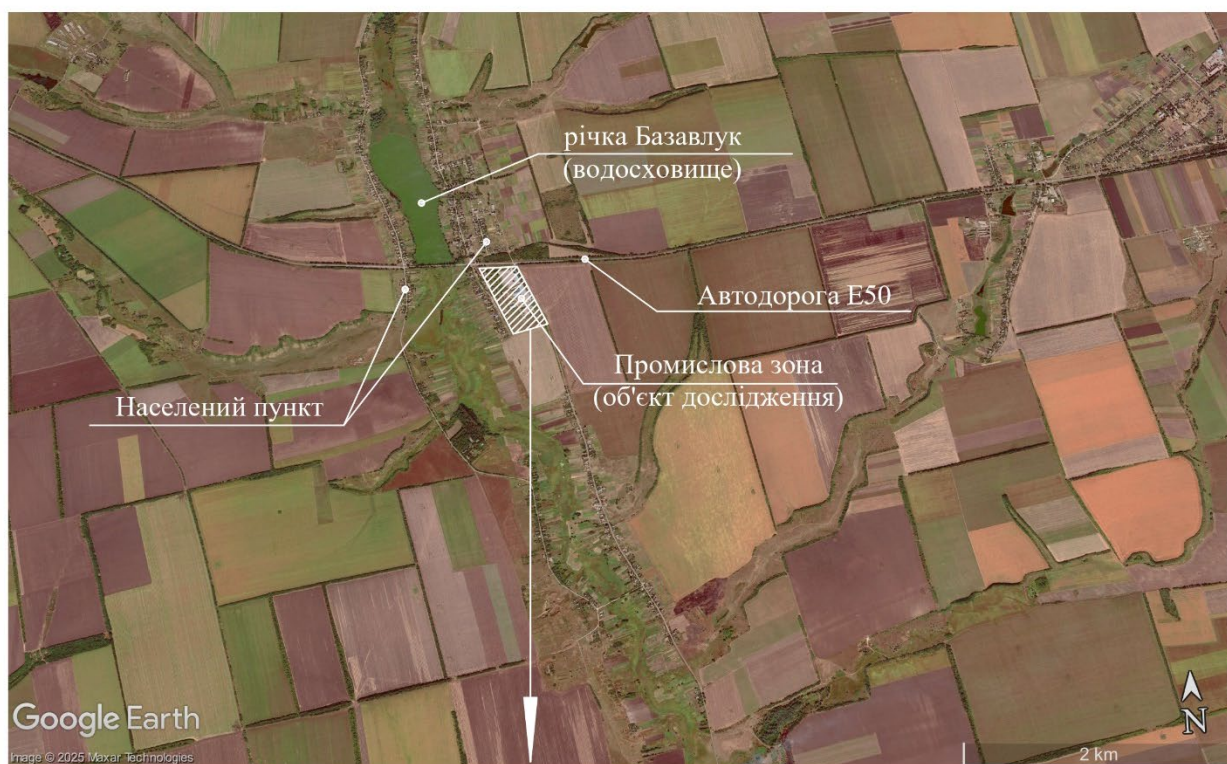


Рисунок 3.1. Оглядова карта території з розташуванням об'єкту досліджень

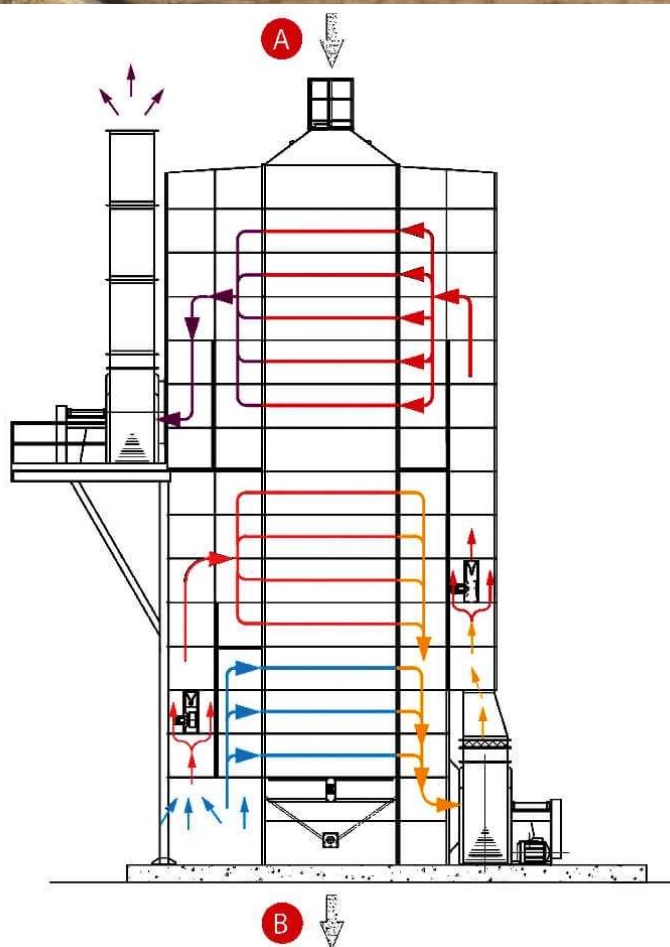


Рисунок 3.2. Загальний вигляд та технологічна схема роботи зерносушарки
(фото з мережі *Internet*)

Таблиця 3.1. Техніко-технологічні характеристики нової зерносушарки

Модель	ZS-15
Продуктивність, зернові 20% – 15%, т/год	14
Продуктивність, кукурудза 20% – 15%, т/год	15
Продуктивність, кукурудза 25% – 15%, т/год	7,5
Продуктивність, рапс 13% – 8%, т/год	9
Довжина, мм	9767
Ширина, мм	3220
Висота, мм	4914
Висота вивантаження, мм	342
Вага установки при підйомі, кг	7500
Вага продукту просушки, кг	7500
Потужність вентилятора гарячого потоку, кВт	1×22
Потужність вентилятора охолоджуючого потоку, кВт	1×11
Потужність двигуна пальника, кВт	1×1.1
Потужність двигуна транспортера, кВт	0,75
Потужність вивантажувального шнека, кВт	1,5
Необхідна потужність пальника, кВт	

3.2. Кліматична характеристика території досліджень

Дослідження кліматичних характеристик та особливостей території досліджень виконані за допомогою інформаційного сайту [8]. Всі ключові показники, включаючи температуру повітря, опади, напрями та швидкості вітру наведені на рисунках 3.3 – 3.5.

Dnipro

48.47°N, 35.04°E (120 м над рівнем моря).
Модель: ERA5T.

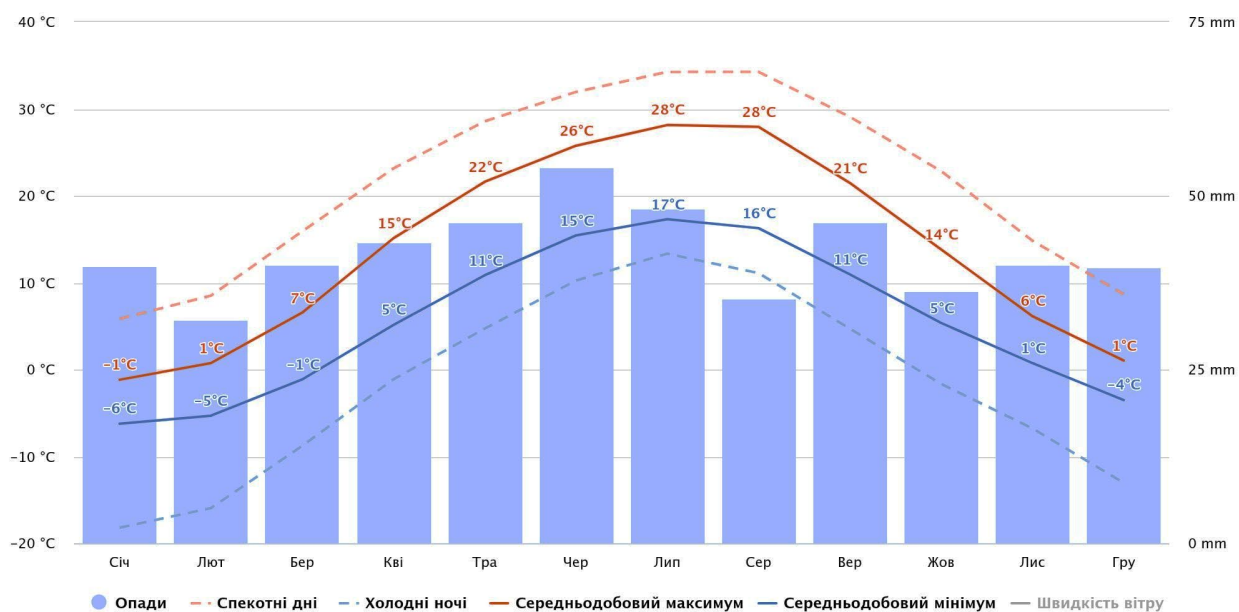


Рисунок 3.3. Розподіл температури за місяцями [8]

Dnipro

48.47°N, 35.04°E (120 м над рівнем моря).
Модель: ERA5T.

meteoblue

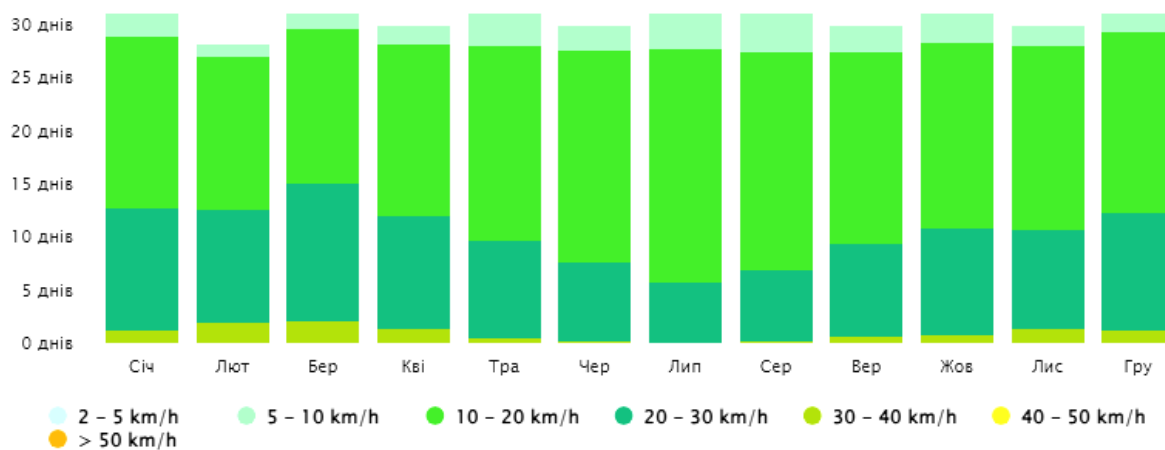


Рисунок 3.4. Розподіл даних по швидкості вітру за місяцями [8]

Dnipro

48.47°N, 35.04°E (120 м над рівнем моря).
Модель: ERA5T.

meteoblue®

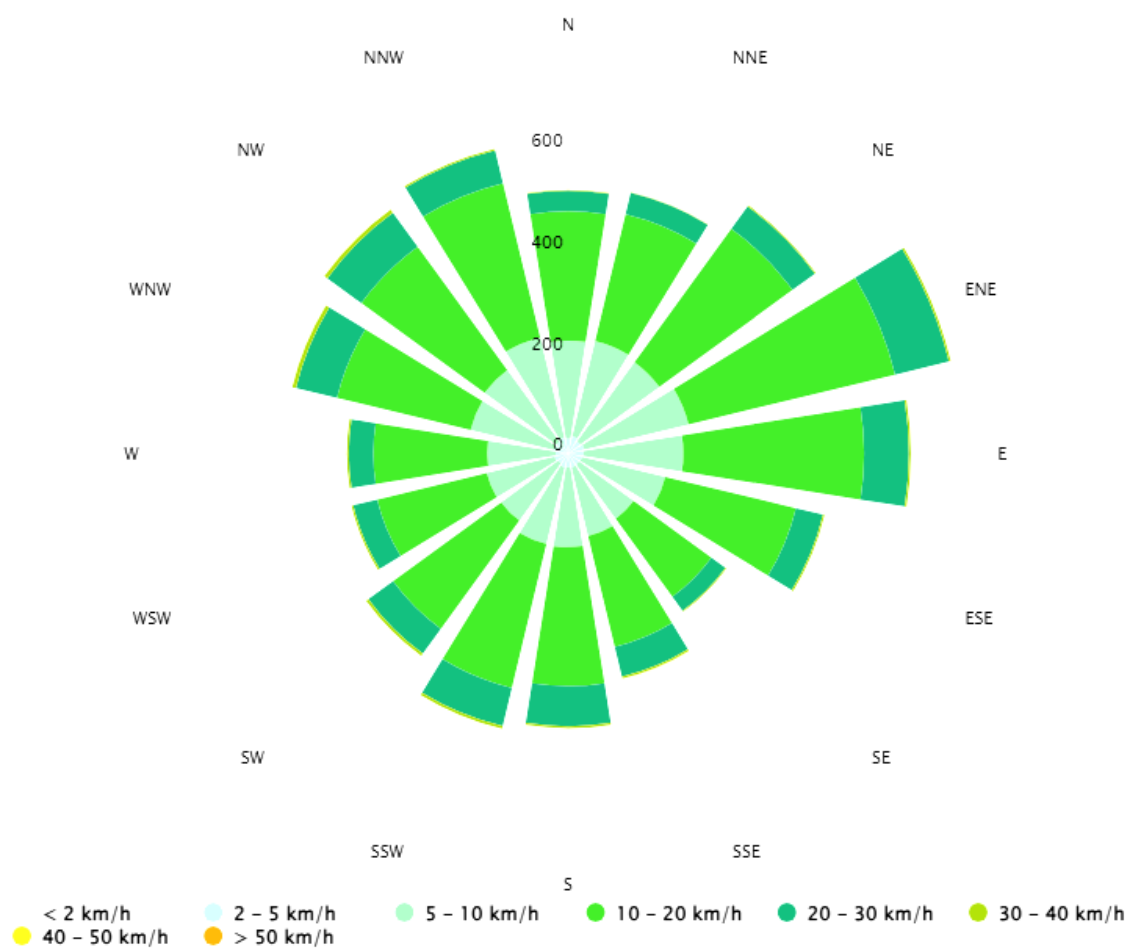


Рисунок 3.5. Середньорічна напрями та швидкість переважаючих вітрів (роза вітрів) [8]

3.3. Методика технологічних розрахунків циклонів для осадження пилу зерносушарки

Розрахунки циклонів базуються на наступних вихідних даних (рис. 3.3).



Рисунок 3.3. – Параметри вихідних даних для розрахунку циклонів

Розрахунок проводиться методом послідовних наближень в такій послідовності:

- 1) Необхідно задатися типом циклона і за табл. 3.2 та/або 3.3 і визначити оптимальну швидкість газу в апараті $v_{\text{опт}}$, $\text{м}/\text{с}$.

Таблиця 3.2. Параметри для визначення ефективності роботи циклонів

Параметри	ЦН-24	ЦН-15У	ЦН-15	ЦН-11	СКД-ЦН-33	СК-ЦН-34	СК-ЦН-34 М
d_{50}^t , мкм	8,50	6,00	4,50	3,65	2,31	1,95	1,13
$\lg \sigma_{\chi}^t$	0,308	0,238	0,352	0,352	0,364	0,308	0,340
$v_{\text{опт}}$, $\text{м}/\text{с}$	4,5	3,5	3,5	3,5	2,0	1,7	2,0

Таблиця 3.3. Параметри для визначення ефективності роботи циклонів конструкції ВЦНДІОП і Гіпродеревопром

Параметри	Марка циклона			
	СЮП	ВЦНДІОП	Ц	«Клайпеда»
d_{50}^t , мкм	2,6	8,6	4,12	3,1
$lg \sigma_q^t$	0,28	0,32	0,34	0,25
$v_{опт}$, м/с	1,00	4,00	3,3	1,1
ξ	1400	75	210	1300

2) Визначаємо необхідну площу перерізу циклону S , м²:

$$S = \frac{Q}{v_{опт}}, \quad (3.1)$$

3) Знаходимо діаметр циклону D , м:

$$D = \sqrt{\frac{4S}{\pi}}, \quad (3.2)$$

Знайдене значення діаметру округляємо до величини кратної 100 мм. Якщо розрахунковий діаметр циклону перевищує максимально допустиме значення, необхідно використовувати кілька циклонів (N), встановлених паралельно. Це дозволяє забезпечити необхідну ефективність очищення, розподіливши газовий потік між кількома апаратами меншого розміру.

4) За вибраним діаметром циклону знаходимо дійсну швидкість v , м/с, в циклоні:

$$v = \frac{4Q}{\pi N D^2}, \quad (3.3)$$

Дійсна швидкість газу в циклоні не повинна відхилятися від оптимальної більше ніж на 15%.

5) Згідно довідникових даних [18] приймаємо коефіцієнт гідравлічного опору, відповідний заданому типу циклона.

6) Знаходимо втрати тиску в циклоні:

$$\Delta P = P_{\text{ВХ}} - P_{\text{ВИХ}} = \xi \rho v^2 / 2, \quad (3.4)$$

Якщо втрати тиску ΔP виявилися допустимими ($\Delta P_{\text{доп}} \leq 2500$ Па), переходимо до розрахунку повного опору очищення газу в циклоні.

7) Для оцінки ефективності обраного типу циклону, ми беремо параметри d_{50}^t і $\lg \sigma_{\text{ч}}^t$ з табличних характеристик, наведених у джерелі [18]. Далі, використовуючи ці дані, ми розраховуємо значення параметра, що відображає медіанну тонкість очищення (у мкм), за наступною формулою:

$$d_{50} = d_{50}^t \sqrt{\left(\frac{D}{D_t}\right) (\rho_{\text{ч}}^t / \rho_{\text{г}}) (\mu / \mu_t) (v_t / v)}, \quad (3.5)$$

де $D_t = 0,6$ м; $\rho_{\text{ч}}^t = 1930$ кг/м³; $\mu_t = 22,2 \cdot 10^{-6}$ Па·с; $v_t = 3,5$ м/с – значення відповідно діаметра, густини пилу, в'язкості газу і швидкості потоку типового циклона.

Цей розрахунок виконується за робочих умов, враховуючи такі показники: діаметр циклону (D); швидкість потоку газу (v); густина пилу (ρ); динамічна в'язкість газу (μ)

8) Ефективність очищення газу в циклоні η , %, знаходимо за формулою:

$$\eta = 50[1 + \Phi(x)], \quad (3.6)$$

де $\Phi(x)$ – таблична функція від параметру x , рівного:

$$x = \lg \left(\frac{d_{50}}{d_{50}^t} \right) / \sqrt{\lg^2 \sigma_{\text{ч}}^t + \lg^2 \sigma_{\text{ч}}}, \quad (3.7)$$

де d_{50} – середній розмір частинок пилу, мкм; $\lg \sigma_{\text{ч}}$ – ступінь полідисперсності пилу.

Методичний розрахунок пилоосаджувальних камер проводиться згідно наступних параметрів їх роботи:

1) Витрата газу при заданих робочих умовах:

$$Q_p = \frac{Q \cdot T_p}{T_0}, \quad (3.8)$$

де T_p – температура газів в робочих умовах, °K; $T_0 = 273^\circ\text{K}$ – абсолютна температура.

2) Площа пилоочисної камери:

$$S = \frac{18\mu Q_p}{d^2 g \rho_n}, \quad (3.9)$$

3) За умови швидкості газу в горизонтальному напрямленні 1 м/с, площа вертикального перерізу камери становитиме:

$$S_b = \frac{Q_p}{v}, \quad (3.10)$$

РОЗДІЛ 4. РОЗРАХУНОК ТА ПОРІВНЯННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ РОБОТИ УСТАНОВОК ДЛЯ ОБЕЗПИЛЮВАННЯ

4.1. Результати розрахунків технологічних параметрів роботи циклону

Розрахунок та підбір пилоочисного обладнання (циклонний фільтр) проводимо у відповідності до методики наведеної у розділі 3. Вихідними параметрами для розрахунку є дані наведені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Вихідні дані для розрахунку пилоочисного обладнання під час роботи зерносушарки сільськогосподарського підприємства

Показник	Одиниці вимірювання	Значення
Джерело пилу (описання технологічного процесу, який спричинив забруднення навколишнього середовища)	-	сушарка / очистка зерна
Кількість газу, що очищається при робочих умовах, Q	$\text{м}^3/\text{с}$	4,5
Густина газу при робочих умовах, ρ	$\text{кг}/\text{м}^3$	2250
Динамічна в'язкість газу при робочій температурі, μ	$\text{Па} \cdot \text{с}$	$35 \cdot 10^{-6}$
Дисперсний склад пилу, який задається двома параметрами, $d_{50}^t / \lg \sigma_{\phi}^t$	мкм	4,5 / 0,352
Запиленість газу, C'	$\text{г}/\text{м}^3$	2,1
Густина частинок пилу, ρ_{ϕ}	$\text{кг}/\text{м}^3$	2700
Необхідна ефективність очищення газу, η	%	95

На першому етапі розрахунків задаємося типом циклона та визначаємо оптимальну швидкість газу в апараті $v_{\text{опт}}$, м/с. При роботі циклона ЦН-15 $v_{\text{опт}}=3,5$ м/с.

Визначаємо необхідну площу перерізу циклону S , м^2 :

$$S = \frac{Q}{V_{\text{опт}}} = 4,5 / 3,5 = 1,29 \text{ м}^2$$

Знаходимо діаметр циклону D , м :

$$D = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,29}{3,14}} = 1,28 \text{ м}$$

Для отриманих значень розрахунку приймаємо циклон діаметром 1,4 м .

За вибраним діаметром циклону знаходимо дійсну швидкість v , м/с , в циклоні:

$$v = \frac{4Q}{\pi N D^2} = \frac{4 \cdot 4,5}{3,14 \cdot 1 \cdot 1,4^2} = 2,92 \text{ м/с}$$

Згідно довідникових даних [18] приймаємо коефіцієнт гідравлічного опору, відповідний заданому типу циклона.

Знаходимо втрати тиску в циклоні:

$$\Delta P = P_{\text{ВХ}} - P_{\text{ВИХ}} = \frac{\xi \rho v^2}{2} = (155 \cdot 2,250 \cdot 2,92^2) / 2 = 1486 \text{ Па}$$

Втрати тиску ΔP виявилися допустимими ($\Delta P_{\text{доп}} \leq 2200 \text{ Па}$). У зв'язку з цим можна перейти до розрахунку повного опору очищення пило-газової суміші в циклоні.

Знаходимо значення параметра d_{50}^t (мкм , медіанна тонкість очищення), при робочих умовах циклону за формулою:

$$d_{50} = d_{50}^t \sqrt{\left(\frac{D}{D_t}\right) \cdot (\rho_q^t / \rho_q) \cdot (\mu / \mu_t) \cdot (v_t / v)} =$$

$$4,5 \sqrt{(1,4/0,6) \cdot (1930/2700) \cdot (35 \cdot 10^{-6} / 22,2 \cdot 10^{-6}) \cdot (3,5/2,92)} = 7,785$$

МКМ

де $D_t = 0,6$ м; $\rho_q^t = 1930$ кг/м³; $\mu_t = 22,2 \cdot 10^{-6}$ Па·с; $v_t = 3,5$ м/с – значення відповідно діаметра, густини пилу, в'язкості газу і швидкості потоку типового циклона.

Ефективність очищення газу в циклоні η , %, знаходимо за формулою:

$$\eta = 50[1 + \Phi(x)]$$

де $\Phi(x)$ – таблична функція від параметру x , рівного:

$$x = \lg\left(\frac{d_{50}}{d_{50}^t}\right) / \sqrt{\lg^2 \sigma_q^t + \lg^2 \sigma_q} = \lg\left(\frac{7,785}{4,5}\right) / \sqrt{0,352^2 + 0,214^2} = 1,34$$

Відповідно до розрахунку таблична функція $\Phi(x) = 0,9099$.

$$\eta = 50[1 + \Phi(x)] = 50 [1+0,9099] = 95,5\%$$

Отже отримане значення $95,5\% >$ вихідних параметрів 95% , що обґрунтовує доцільність обраного фільтру та повністю задовольняє умовам очищення пилу при роботі зерносушарки.

Для умов роботи нашого об'єкту досліджень обираємо очисне обладнання від компанії ukrvent.ua: циклон марки ЦН-15/МЧ-1400-Пр-1У з равником. Технологічні параметри розрахункового та обраного обладнання наведені у табл. 4.2 і рисунку 4.1. Орієнтовна вартість установки складає 275 тис. грн.

Таблиця 4.2. Основні технічні характеристики Циклону ЦН-15/МЧ-1400-Пр-1У

Технічні характеристики	Значення
Продуктивність, тис м ³ /год	22,155
Внутрішній діаметр циліндричної частини циклону, мм	1400
Кількість циклонних елементів, шт.	1
Тип виходу чистого повітря	збірка у формі <i>Равлик</i> із горизонтальним виходом
Рекомендовані швидкості роботи циклону	при абразивному пилю 2-2,5 м/с; при не абразивному пилю 2-6 м/с
Товщина матеріалу (S)	6s
Аеродинамічний опір, Па	360-3242
Площа поверхні, м ²	36.11
Маса циклону, кг	1910
Основне призначення	для сухого очищення газів від вибухонебезпечного пилю; для уловлювання пилю, що викидається вентиляційними установками.
Орієнтовна вартість	275 тис. грн.

4.2. Результати розрахунків технологічних параметрів роботи пилоосаджувальної камери

Виходячи із заданих параметрів роботи зерносушарки (провіювання та очистки) зерна та з метою техніко-економічного порівняння роботи різного очисного обладнання окрім підбору циклону виконується розрахунок параметрів роботи пилоосаджувальної камери.

Визначаємо витрату газу при заданих робочих умовах:

$$Q_p = \frac{Q \cdot T_p}{T_o} = \frac{16200 \cdot (150 + 100)}{3600 \cdot 150} = 7,5 \text{ м/с}$$

Знаходимо площу пилоочисної камери:

$$S = \frac{18\mu Q_p}{d^2 g \rho_n} = \frac{18 \cdot 35 \cdot 10^{-6} \cdot 7.5}{(8 \cdot 10^{-6})^2 \cdot 9,81 \cdot 2250} = 330 \text{ м}^2$$

Прийнявши швидкість газу в горизонтальному напрямленні 1 м/с, знаходимо площу вертикального перерізу камери:

$$S_b = \frac{Q_p}{v} = 7,5 / 1 = 7,5 \text{ м}^2$$

Приймаємо висоту осаджувальної камери $H=2$ м, тоді ширина і довжина камери відповідно становитимуть:

$$B = \frac{S_b}{H} = \frac{7,5}{2} = 3,75 \text{ м}$$

$$L = \frac{S}{B} = \frac{330}{3,75} = 88 \text{ м}$$

З метою зменшення довжини камери в ній встановлюють полицки, що еквівалентно збільшенню площі дна. Отже при наявності 25 полиць площа однієї буде дорівнювати:

$$S_n = \frac{S}{n} = \frac{330}{25} = 13 \text{ м}^2$$

Приймаємо відстань між полицками рівною 0,2 м і знаходимо висоту камери:

$$H = n \cdot h = 25 \cdot 0,2 = 5 \text{ м}$$

За умови швидкості газу 1 м/с ширина камери залишається рівною 3,75 м, а довжина становитиме:

$$L = \frac{S_n}{B} = \frac{13}{3,75} = 3,5 \text{ м}$$

Технологічні і конструктивні параметри роботи пилоосаджувальної камери наведені на рис. 4.2.

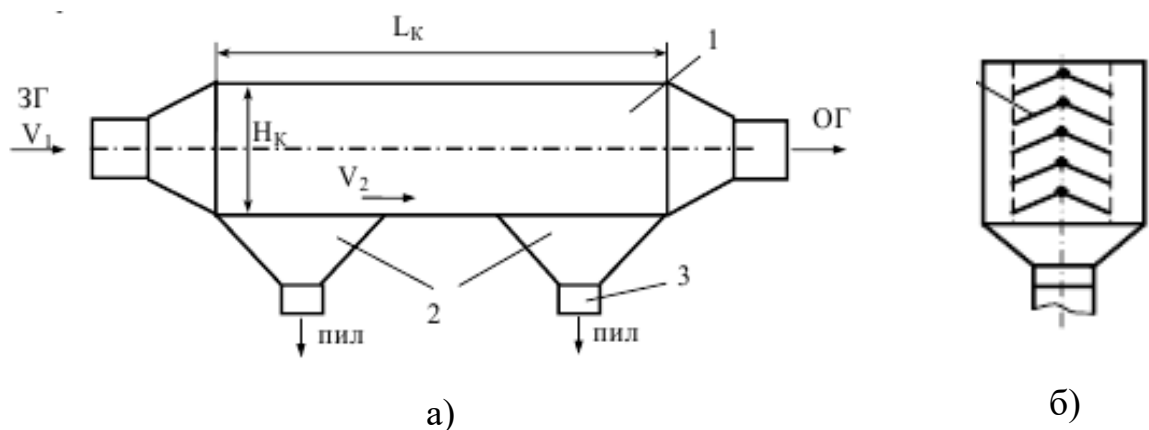


Рисунок 4.2. – Принципова конструктивна схема пилоосаджувальної камери

(а): 1 – корпус; 2 – бункер; 3 – штуцер для видалення пилу;

б – приклад розташування полиць.

Для прикладу та з метою порівняння деяких типів аспіраційного обладнання з циклонами можна обрати установку (рис. 4.3) Unalsan AM. Відмітимо, що вартість такого обладнання сягає близько 160 тис. грн.



Рисунок 4.3. – Загальний вигляд промислової аспіраційної установки
Unalsan AMS (запозичено з мережі *Internet*) [16]

Таблиця 4.3 – Технічні характеристики роботи аспіраційної установки
Unalsan AMS

Параметр	Значення
Продуктивність, м ³ /год	5000
Напруга, В	380
Потужність двигуна, кВт	5,5
Швидкість руху повітря, м/с	28
Діаметр вхідного патрубка, мм	280
Тип фільтрів	поліестер
Ступінь фільтрації, мкм	3
Кількість фільтрів, шт	35
Розміри одного фільтру, мм	Ø160×935
Ємність для відходів, мішки	2
Габаритні розміри, мм	920×2100×2150
Вага, кг	270

Разом з тим, наведені технічні характеристики засвідчують нижчу потужність у порівнянні з циклонами, що обумовлює необхідність збільшення кількості обладнання або його резервування.

Отже виконані розрахунки та порівняння техніко-економічних та технологічних параметрів роботи різного пилоочисного обладнання засвідчує про доцільність застосування циклонів для очистки від пилових викидів при роботі сушарки (очистки) зерна. Циклони мають більшу продуктивність, простоту і надійність роботи під час експлуатації.

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС РОБОТИ УСТАНОВКИ З ОЧИСТКИ ПИЛУ

Зберігання та переробка зерна є однією з критичних ланок аграрного сектору економіки, що має стратегічне значення для продовольчої безпеки. Однак, паралельно зі зростанням обсягів виробництва, актуалізується проблема забезпечення безпеки праці та мінімізації виробничого травматизму серед персоналу, задіяного у цих процесах. Технологічні операції, пов'язані зі зберіганням і переробкою зернових культур, об'єктивно характеризуються підвищеним рівнем ризику. Основними джерелами небезпеки є:

- ризик затягування або завалювання зерною масою – це може статися внаслідок зсуву або обвалення зерна в складських приміщеннях, силосах чи бункерах, що призводить до асфіксії або травматичного стискування;
- падіння з висоти – роботи, що виконуються на висоті (наприклад, при обслуговуванні обладнання, завантаженні/розвантаженні, чи огляді зерносховищ), створюють загрозу падіння у відкриті люки бункерів;
- травми під час вантажно-розвантажувальних робіт – недотримання правил експлуатації підйомного обладнання, необережність при переміщенні великих обсягів зерна можуть призвести до ударів або падіння вантажів.
- небезпеки, пов'язані з обслуговуванням стаціонарного зернотранспортного обладнання – рухомі частини конвеєрів, норій та інших механізмів, а також потенційний контакт з сипучими матеріалами, створюють ризик механічних травм.

Основними шляхами запобігання виробничому травматизму та забезпечення належних умов праці є впровадження комплексних заходів, що включають:

- систематичний нагляд – забезпечення постійного контролю за дотриманням працівниками правил безпеки та технологічних регламентів;
- дотримання технологічних карт – суворе виконання інструкцій, викладених у технологічних картах, які деталізують послідовність та безпечні методи виконання робіт із зерном;
- навчання та інструктаж – регулярне проведення навчання з питань охорони праці, інструктажів та тренувань для формування у працівників необхідних навичок та знань щодо безпечної поведінки в умовах виробництва.
- впровадження сучасних систем безпеки – використання автоматизованих систем контролю, датчиків рівня зерна, систем аварійного відключення обладнання та інших технічних засобів, що підвищують рівень безпеки.
- використання засобів індивідуального захисту (ЗІЗ) – забезпечення працівників якісними та відповідними ЗІЗ (страхувальні пояси, захисні каски, спеціальне взуття тощо) та контроль за їх правильним використанням.

Реалізація цих заходів дозволить значно підвищити рівень безпеки праці в зерновому секторі, мінімізувати ризики травматизму та забезпечити стале функціонування аграрної галузі.

З метою підтримання стану охорони праці та техніки безпеки на належному рівні та запобігання травмування працівників, керівникам зернозаготівельних і зернопереробних підприємств необхідно вжити наступних заходів (рис. 5.1) [13, 14].

отримати дозвіл на виконання робіт підвищеної небезпеки та на експлуатацію (застосування) машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки та зареєструвати декларацію відповідності його матеріально-технічної бази	затвердити схему переробки та обробки зерна із забезпеченням встановлення знаків безпеки і захисту здоров'я працівників для позначення небезпечних зон відповідно до вимог Технічного регламенту знаків безпеки і захисту здоров'я працівників
провести атестацію робочих місць за умовами праці на робочих місцях, де технологічний процес, використовувані обладнання, сировина чи матеріали є потенційними джерелами шкідливих і небезпечних виробничих факторів, що можуть несприятливо впливати на стан здоров'я працюючих	розробити та впроваджувати на підприємстві ризик-орієнтовний підхід у сфері охорони праці, розробити плани локалізації і ліквідації аварійних ситуацій та аварій, розробити графіки прибирання пилу у виробничих приміщеннях
у процесі роботи, щоквартально проводити відповідні тренувальні навчання з персоналом та відпрацювати можливі дії працівників у разі виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру	організувати проведення навчання та перевірки знань з питань охорони праці посадовим особам та працівникам, які виконують роботи підвищеної небезпеки
призначити посадових осіб, які пройшли навчання та перевірку знань з питань охорони праці відповідальними за виконання конкретного виду робіт підвищеної небезпеки	забезпечити працівників необхідними інструкціями з охорони праці, організувати проведення попередніх (під час прийняття на роботу) та періодичних медичних оглядів працівників
забезпечити працівників спецодягом, спецвзуттям та іншими засобами індивідуального захисту відповідно до галузевих нор, перевірити наявність та справність на зернових складах засобів аварійної зупинки транспортерів нижніх і верхніх галерей	перевірити справність і ефективність роботи аспіраційних систем; провести випробування аспіраційних систем та оформити на них паспорти, перевірити наявність та справність засобів дистанційного контролю температури зерна
перевірити наявність та справність на конвеєрах в головній та хвостовій частинах, аварійних кнопок для зупинки, проходи над конвеєрами мають бути обладнані перилами та бортиками	сушильні агрегати, які працюють на рідкому паливі, повинні бути обладнані приладами контролю теплоносія та автоматики безпеки, під час роботи сушарки слід здійснювати контроль за температурою зерна шляхом відбирання проб щонайменше дві години

Рисунок 5.1 – Перелік основних заходів задля підтримання належного рівня охорони праці і техніки безпеки на підприємстві зернопереробної галузі

Роботодавці та посадові особи на підприємствах, зокрема елеваторах і сільськогосподарських господарствах, мусять вжити всіх необхідних заходів для приведення робочих місць, обладнання, машин і механізмів у відповідність до чинних Правил, Технічних регламентів та інших нормативно-правових актів з охорони праці [13, 14].

Під час здійснення робіт, пов'язаних зі зберіганням та переробкою зерна, керівникам сільськогосподарських підприємств та фермерських господарств критично важливо зосередитись на дотриманні вимог безпеки. Щоб забезпечити належний рівень охорони праці та запобігти травматизму серед працівників, необхідно ретельно перевірити [13, 14]:



РОЗДІЛ 6. ОРГАНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ТА МОНІТОРИНГУ ЗА ЗАБРУДНЕННЯМ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ НА ПІДПРИЄМСТВІ

6.1. Принципи та умови раціонального розташування промислових підприємств

Раціональне розташування (розосередження) та локалізація джерел забруднення є ключовими організаційно-технічними методами захисту навколишнього природного середовища.

З організаційної точки зору, розміщення підприємств, споруд та інших об'єктів, що впливають на якість атмосферного повітря, а також вимоги до його охорони при розвитку міст та інших населених пунктів, регламентуються низкою законодавчих актів та нормативних документів. Серед них можна виділити наступні: Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» [5]; Закон України «Про охорону атмосферного повітря» [4]; Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів [2, 3, 17]. Згідно з чинними будівельними нормами та правилами, територія населеного пункту, з урахуванням її переважного функціонального використання, поділяється на три основні типи (див. рис. 6.1).

У межах вищезгаданих територій виділяються зони з різним функціональним призначенням. Це означає, що кожна ділянка має своє, чітко визначене використання – житлової забудови, громадських центрів, промислові, наукові, науково-виробничі, комунально-складські, зовнішнього транспорту, масового відпочинку, курортно-рекреаційні (при наявності лікувальних ресурсів).



Рисунок 6.1 – Функціональне використання території населеного пункту відповідно до діючих будівельних норм та правил

6.2. Вимоги до розташування та організації виробничої території

До складу виробничої території населеного пункту де розташований наш об'єкт дослідження входять: промислова, комунально-складська, навчальна зони, споруди розміщення сільськогосподарської техніки і транспорту. Згідно сучасних регламентних норм і правил, розміщення вказаних зон повинно визначатися архітектурно-будівельними і санітарно-гігієнічними нормами відповідно до санітарної класифікації підприємств, профілізації населеного пункту, особливостей місцевих умов тощо. Відзначимо, що територія населеного пункту та майданчика досліджуваного сільськогосподарського підприємства були побудовані майже 70 років тому. Перелік вказаних зон наведено на рисунку 6.2.



Рисунок 6.2. Оглядова карта населеного пункту з відстанями від джерела забруднення до основних виробничо-господарських об'єктів

Як видно з рисунку 6.2 на території громади було створено декілька промислових, виробничих і сільбищних зон, з відокремленням в самостійні промвузли підприємств для перероблення сільськогосподарської продукції, продовольчих складів, зерносховищ тощо.

У промисловій зоні підприємства раціонально розташовані складські приміщення, технологічні майданчики сільськогосподарської техніки та складів паливно-мастильних матеріалів. Всі об'єкти згруповані за санітарними і технологічними ознаками з урахуванням класу небезпеки, щоб виключити можливість несприятливого впливу на технологічні процеси, сировину чи продукцію, а також на здоров'я і умови життя населення. Для майбутнього розвитку підприємства на рівні організаційної структури виробництва і управління також необхідно враховувати комплексний вплив на навколишнє середовище всіх елементів промислового вузла.

Можна відмітити, що підприємство розташоване на підвищених ділянках з добрим природним провітрюванням, з підвітряного боку відносно

сельбищної території. При цьому дотримується орієнтування на середньорічну та сезонну (перш за все літом та осінню) розу вітрів.

6.3. Перспективи компоновки будівель і споруд за умов розширення підприємства

На генеральному плані підприємства чи промислового комплексу, розташування будівель і споруд повинно відповідати вимогам представленим на схемі (рис. 6.3). Для виконання перерахованих вимог в основу планових рішень повинні також бути закладені такі принципи перераховані на рис. 6.3.

Вимоги до розташування

- 1) необхідно передбачати прохідне провітрювання самого майданчика і міжцехових просторів
- 2) уникати розповсюдження шкідливих домішок в повітрі на інші, «чистіші» виробництва
- 3) розв'язати проблему одноразового викиду на майданчику всіх шкідливих речовин
- 4) вирішити організацію чіткої системи централізованих викидів і припливних центрів систем вентиляції

Основні принципи планових рішень

- 1) формування підприємства автономними технологічними комплексами
- 2) блокова система забудови генерального плану
- 3) зонування території на всіх етапах розвитку підприємства
- 4) централізація технологічних комунікацій

Рисунок 6.3 – Основні вимоги до розташування та принципи реалізації планових рішень при проектуванні будівель і споруд на промисловому майданчику досліджуваного підприємства

Для оптимального розташування будівель та споруд на генеральному плані варто орієнтувати їх довгою стороною вздовж панівних вітрів. Це дозволяє використовувати магістральні проїзди, а також проміжки між

виробничими та складськими приміщеннями як аераційні коридори для кращого провітрювання.

Якщо на території розташовані виробництва з будівлями різної висоти, рекомендується проєктувати нижчі об'єкти з боку панівного напрямку вітру. За відсутності чіткого панівного напрямку вітру, вищі будівлі та споруди доцільно розміщувати ближче до центру планованого блоку.

Адміністративно-господарські будівлі, що знаходяться у виробничій зоні, необхідно захищати смугами зелених насаджень. Це допомагає зменшити шкідливий вплив газів, пилу, шуму тощо. Важливо, щоб при великих масивах зелених насаджень був передбачений розрив для провітрювання.

При виборі порід дерев та кущів для озеленення враховують не лише їхні декоративні властивості, а й санітарні та протипожежні характеристики. Також важливо обирати рослини, які стійкі до впливу шкідливих виробничих речовин.

6.4. Проєктування санітарно-захисної зони

Згідно з вимогами [3], санітарно-захисну зону (СЗЗ) необхідно встановлювати від джерел шкідливості до таких об'єктів: межа житлової забудови; ділянки громадських установ, будинків та споруд, зокрема: дитячі заклади, навчальні заклади, лікувально-профілактичні установи, заклади соціального забезпечення, спортивні споруди тощо.; території парків, садів, скверів та інших об'єктів зеленого будівництва загального користування, місця відпочинку, садівницькі товариства та інші прирівняні до них об'єкти.

Загальну відстань від джерела забруднення до перелічених будівель і споруд наведена на рис. 6.4.

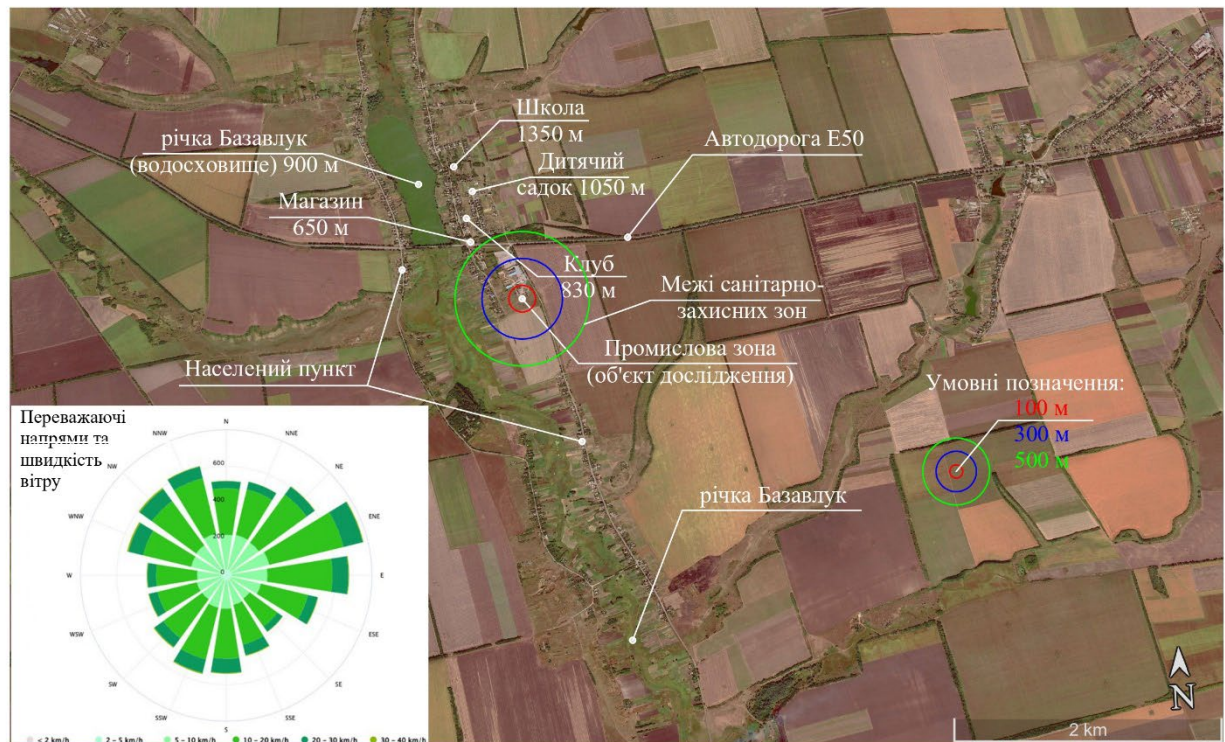


Рисунок 6.4. Виділення меж санітарно-захисних зон

На зовнішній межі санітарно-захисної зони, зверненої до житлової забудови, концентрації та рівні шкідливих факторів не повинні перевищувати їх гігієнічні нормативи (ГДК, ГДР). Розміри санітарно-захисної зони слід встановлювати відповідно до діючих санітарних норм їх розміщення при підтвердженні достатності розмірів цих зон згідно [4]. Відповідно з санітарною класифікацією підприємств, виробництв і об'єктів встановлені такі розміри санітарно-захисних зон для підприємств:

Клас підприємства	I А	I Б	II	III	IV	V
Розмір, м	3000	1000	500	300	100	50

Розмір СЗС l , м, уточнюється як в сторону збільшення, так і в сторону зменшення. Такий розрахунок залежить від переважаючого напрямку вітрів на території розташування підприємства. Визначається за формулою:

$$l = l_0 \cdot \frac{P}{P_0}, \quad (6.1)$$

де l_0 – величина СЗС, м; P – середньорічна повторюваність переважаючого напрямку вітрів, %; P_0 – повторюваність одного румбу.

Розміри санітарно-захисних зон та санітарних розривів для сільськогосподарських підприємств і виробничих комплексів слід визначати згідно з нормативними документами [2, 3, 17]. Територію СЗЗ потрібно розпланувати та упорядкувати. Мінімальна площа озеленення в санітарно-захисній зоні залежить від її ширини:

- ✓ до 300 м – не менше 60% площі.
- ✓ від 300 до 1000 м – не менше 50% площі.
- ✓ понад 1000 м – не менше 40% площі.

З боку житлової забудови обов'язково передбачається смуга дерево-чагарникових насаджень. Її мінімальна ширина становить 50 м, а якщо ширина СЗЗ до 100 м, то ця смуга має бути не менше 20 м.

Для умов нашого підприємства санітарно-захисна зона в межах 100 м повістю задовольняє безпечним умовам виробництва робіт; на відстані 300-500 м відмічається деякі загрози забруднення на сельбищної території за умови відповідного напрямку вітру.

6.5. Планування системи моніторингу та екологічне нормування забруднення навколишнього природного середовища

Існує три основні типи моніторингу навколишнього природного середовища, кожен з яких має своє призначення (рис. 6.5):

- ✓ загальний (стандартний) моніторинг;
- ✓ оперативний (кризовий) моніторинг;
- ✓ фоновий (науковий) моніторинг.

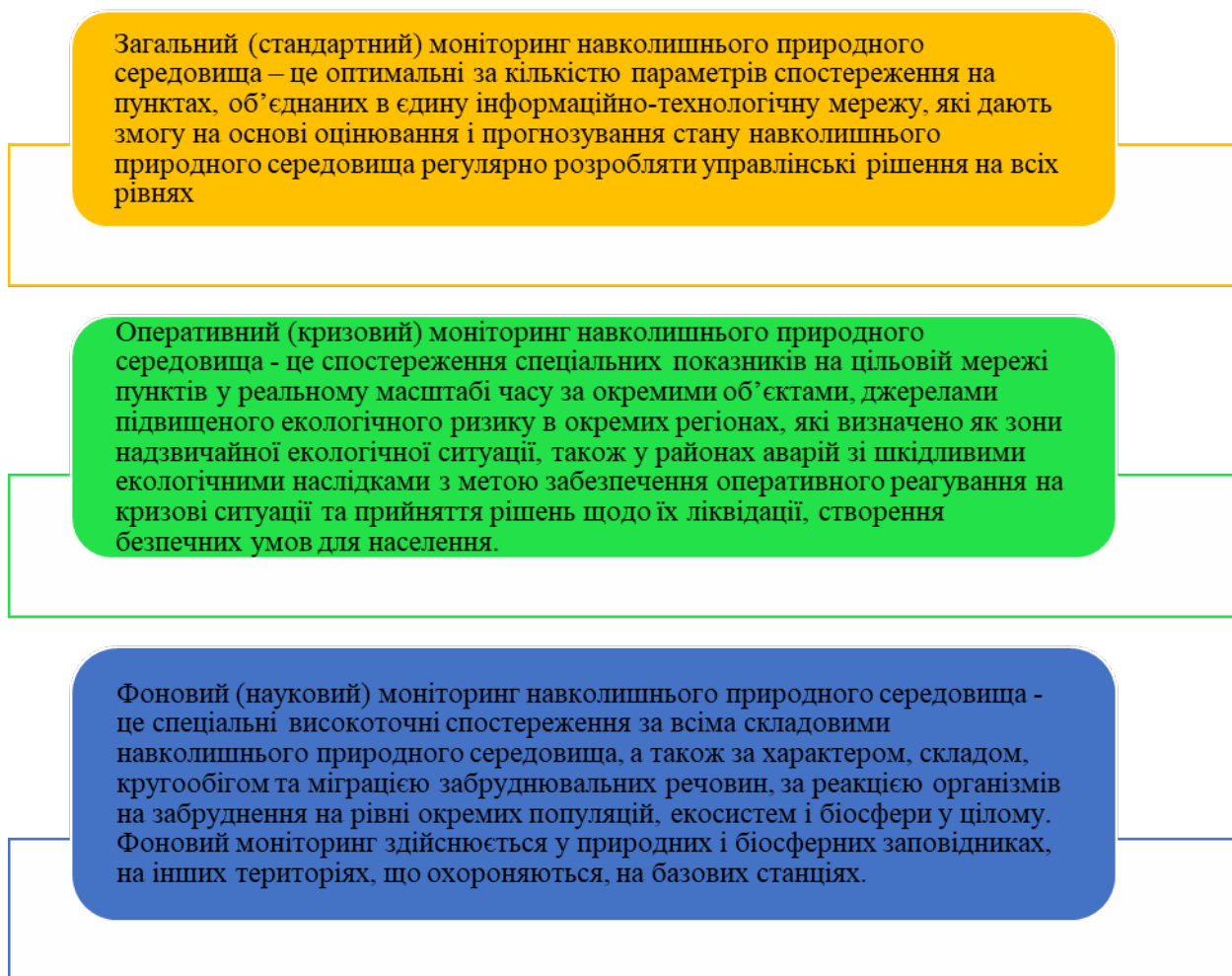


Рисунок 6.5 – Види моніторингу навколишнього природного середовища

Програми та терміни спостережень. Програми та терміни спостережень за забрудненням атмосферного повітря визначаються залежно від виду постів спостережень та їхніх завдань. На стаціонарних постах моніторинг забруднення атмосферного повітря та метеорологічних параметрів здійснюється протягом усього року, незалежно від погодних умов. Ці пости можуть функціонувати за повною, неповною або скороченою програмами спостережень, що залежить від конкретних цілей і ресурсів. У відповідності до виробничої діяльності досліджуваного підприємства обґрунтованим та доцільним буде проведення спостережень за вимірюванням вмісту в повітрі пилу, оксиду вуглецю та оксидів азоту, а також тих потенційних речовин, концентрації яких перевищують ГДК. Мережу спостережень за контролем

стану атмосферного повітря можна сформувати на стаціонарних постах поруч із джерелом забруднення, а також у населеному пункті.

Одним з перспективних варіантів може бути встановлення автоматизованої системи контролю параметрів та моніторингу атмосферного повітря, які призначені для постійного вимірювання у часі та просторі характеристик забруднення і метеорологічних параметрів повітряного простору. Залежно від характеру та об'єму робіт їх поділяють на такі типи (рис. 6.6).

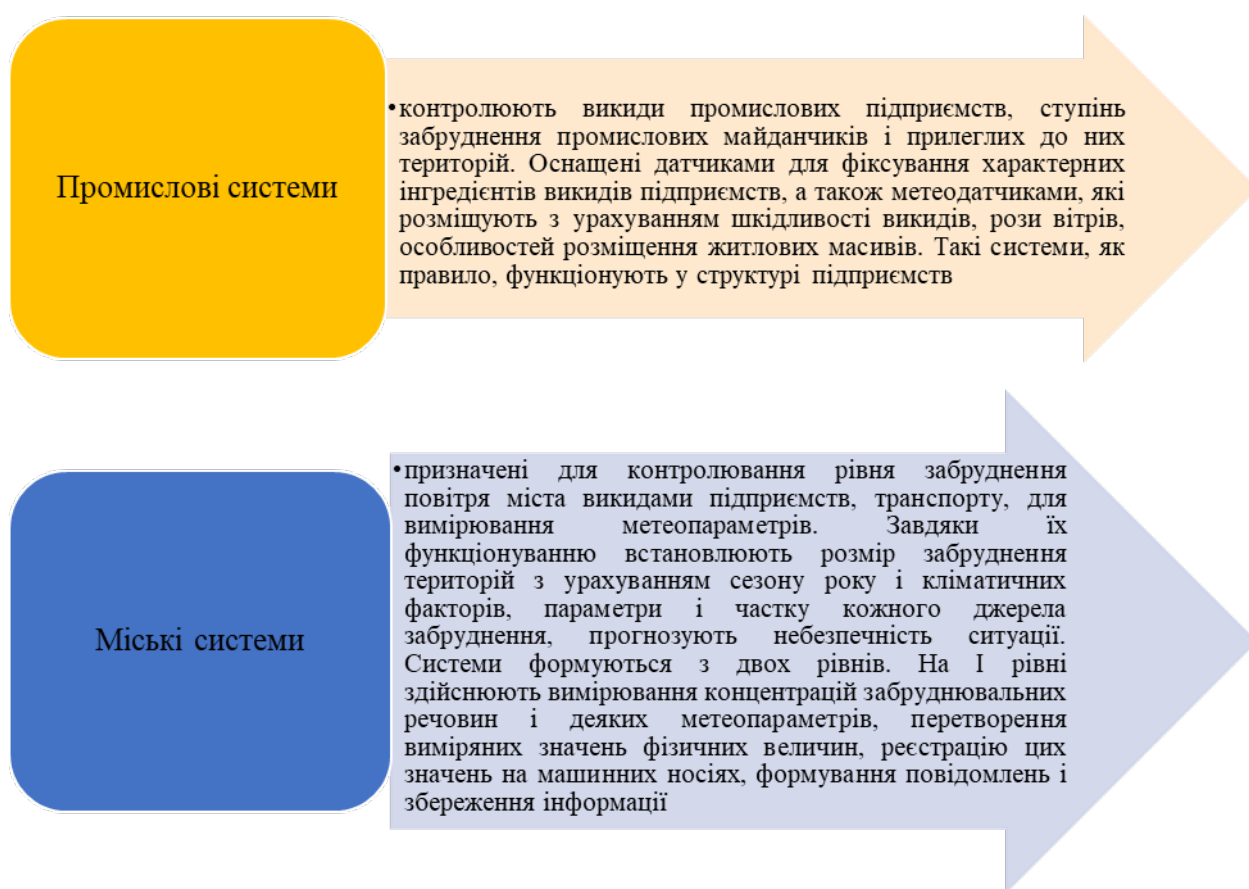


Рисунок 6.6 – Типи систем спостереження і контролю за станом атмосферного повітря

Сучасні автоматизовані системи для спостереження та контролю за атмосферним повітрям обов'язково обладнані автоматичними системами відбору проб та газоаналізаторами для миттєвого визначення забруднювальних речовин.

З метою обмеження антропогенного впливу на навколишнє середовище запроваджується екологічне нормування. Це комплекс заходів, що встановлює граничні межі для показників, які характеризують стан природи. У нашому випадку нормуванню підлягають пилові викиди з території зерносушарки (елеватора) підприємства.

Прямий вплив забруднювачів, таких як підвищена концентрація пилу, проявляється у погіршенні загального стану людини з різними симптомами. Накопичення шкідливих речовин в організмі понад допустиму дозу може призвести до патологічних змін окремих органів або організму в цілому. Опосередковано ці зміни впливають і на довкілля: вони не обов'язково шкодять живим організмам, але погіршують звичні умови життєдіяльності (наприклад, пошкоджують зелені насадження, збільшують кількість туманних днів).

Отже, головним критерієм для встановлення нормативів Гранично Допустимих Концентрацій (ГДК) при оцінці якості атмосферного повітря є обсяг та особливості впливу забруднювальних речовин на організм людини.

Санітарно-гігієнічна оцінка якості атмосферного повітря має відповідати таким вимогам: допустимою є лише та концентрація, яка не спричиняє прямої чи опосередкованої шкідливої або неприємної дії на людину, не знижує працездатність, не впливає на настрій та забезпечує фізіологічний оптимум життя. Неприпустимі такі концентрації шкідливих речовин, які негативно впливають на рослини, клімат чи прозорість атмосфери.

Комплексне застосування усіх техніко-технологічних та організаційно-управлінських рішень сприятиме поліпшенню стану атмосферного повітря як на території підприємства, так і над населеним пунктом.

ВИСНОВКИ

У даній кваліфікаційній роботі поставлена та вирішена задача з обґрунтування технології захисту атмосферного повітря при роботі зерносушарки у товаристві з обмеженою відповідальністю «Агрофірма Вікторія» Кам'янського району Дніпропетровської області.

Досягнення поставленої мети вирішено за рахунок:

1. Аналізу сучасного стану та рівнів забруднення атмосферного повітря при роботі сільськогосподарських підприємств України. Показано, що при валовому зборі 80 млн. тон зернових і технічних культур щороку в Україні, до атмосферного повітря може виділятися від 80 до 400 тис. тон пилу.
2. Одними з перспективних заходів щодо зменшення забруднення довкілля у галузі сільського господарства визначені наступні: впровадження екологічно чистих технологій, що зменшують викиди; застосування більш сучасних систем вентиляції, зберігання та обробки гною, що мінімізує викиди шкідливих газів; раціональне використання хімічних засобів, обмеження використання пестицидів та гербіцидів; впровадження та дотримання сучасних екологічних стандартів у сільському господарстві, що забезпечує контроль викидів та захист навколишнього середовища.
3. Проаналізовані загальні відомості про об'єкт забруднення та господарську діяльність підприємства. Орієнтовний валовий збір урожаю щороку становить близько 6 тис. тон зернових та олійних культур, що потребують попередньої підготовки до товарного продажу шляхом очищення та сушіння. Наведено загальну методику виконання розрахунків технологічних параметрів очисних установок. Обрані два типи: циклони та аспіраційні камери.
4. Проведено розрахунок та порівняння технологічних параметрів роботи установок для обезпилювання на досліджуваному підприємстві.

Визначено, що для заданих параметрів роботи найбільш доцільним для

застосування у наших умовах буде циклон марки ЦН-15/МЧ-1400-Пр-1У з равником, який має наступні технологічні характеристики та робочі параметри: продуктивність – 22 тис м³/год; внутрішній діаметр циліндричної частини – 1400 мм; рекомендовані швидкості роботи циклону 2,5-6 м/с; аеродинамічний опір до 3240 Па. Орієнтовна вартість установки – 275 тис. грн. Дане обладнання забезпечує ступінь очистки від пилу на рівні 95,5%.

Розрахунок пилоочисної камери обґрунтовується наступними технологічними параметрами її роботи: площа – 330 м²; довжина – 3,5 м; висота – 2 м; ширина – 3,75 м; кількість технологічних полиць – 25 шт. Продуктивність близько 5 тис. м³/год. Вартість обладнання сягає близько 160 тис. грн.

З урахуванням порівняння техніко-економічних варіантів різних типів установок рекомендованим є застосування системи очищення на основі застосування циклону, що обґрунтовується його більшою продуктивністю, простотою конструкції та надійністю застосування.

5. У роботі розглянуті питання щодо забезпечення належного рівня охорони праці та техніки безпеки під час роботи установки з очистки пилу.
6. Запропонований та обґрунтований підхід щодо організації системи контролю та моніторингу за забруднення атмосферного повітря на підприємстві. Визначені межі санітарно-захисних зон навколо підприємства. Можна констатувати, що в межах 100 м від епіцентру пилового забруднення жодних об'єктів не потрапляє у зону негативного ураження, окрім виробничих потужностей самого підприємства. На відстані 300 м – починається негативний вплив на сельбищну зону. Рекомендовано передбачати смугу дерево-чагарникових насаджень на відстані 100 м та шириною не менше 20 м навколо епіцентру забруднення.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Герасимов О.І. Теоретичні основи технологій захисту навколишнього середовища: навчальний посібник. Одеса: ОДЕУ, 2018, 228 с.
2. ДБН Б.2.4-4-97. Планування та забудова малих сільськогосподарських підприємств та селянських (фермерських) господарств.
3. ДСП 173-96 Державні санітарні правила планування і забудови населених пунктів. Документ №20379-96, редакція від 07.03.2019.
4. Закон України «Про охорону атмосферного повітря». Документ №2707-ХІІ, редакція від 15.11.2024.
5. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища». Документ №1264-ХІІ, поточна редакція від 15.11.2024.
6. Зеркалов Д. В. Екологічна безпека та охорона довкілля. Монографія. Київ: Основа, 2012. 514 с.
7. Конструктивні та технологічні параметри роботи Циклону ЦН-15/МЧ-1400-Пр-1У з равником від компанії ukrvent.ua. <https://surl.li/txocfv>
8. Метеокліматичні дані за станцією спостережень Дніпро. https://www.meteoblue.com/uk/weather/historyclimate/climatemodelled/dnipro_ukraine_709930
9. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні. 2021 р.
10. Нормативи граничнодопустимих викидів забруднюючих речовин із стаціонарних джерел. Наказ №309 від 27.06.2006. Міністерство охорони навколишнього природного середовища України.
11. Обґрунтування параметрів процесу очищення повітряного потоку ротаційним циклоном пересувних зернових сепараторів [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.05.11 / Гаєк Є.А.; Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. Петра Василенка, Харків, 2020. – 237 с.

12. Охорона природи: атмосфера. Методичні вказівки щодо прогнозування метеорологічних умов формування рівнів забруднення повітря в містах України. Державна гідрометеорологічна служба. Київ, 2010.
13. Охорона праці та техніка безпеки під час роботи пилоочисного обладнання. <https://ohoronapraci.com.ua/examples/462877-instrukciya-z-ekspluatacii-ta-obslugovuvannya-ustanovki-ochistki-gazu-ciklon>
14. Правила охорони праці для працівників, зайнятих на роботах зі зберігання та переробки зерна. Наказ Міністерства соціальної політики України від 20.09.2017 № 1504.
15. Природоохоронні технології. Частина 1. Захист атмосфери: навчальний посібник / Северин Л.І., Петрук В.Г., Безвозюк І.І., Васильківський І. В. – Вінниця : ВНТУ, 2012. – 388 с.
16. Промислові аспіраційні установки Unalsan AMS. <https://surl.li/abaenf>
17. Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС). ДБН А.2.2-1:2021. Київ Міністерство розвитку громад та територій України, 2022, 26 с.
18. Технології захисту навколишнього середовища. Ч. 1. Захист атмосфери: підручник / Петрук В.Г., Васильківський І.В., Петрук Р.В., Крусір Г.В., Клименко М.О., Сакалова Г.В. – Херсон : Олді-плюс, 2019. – 432 с.
19. Фурдичко О.І., Славов В.П., Войницький А.П. Нормування антропогенного навантаження <https://ohoronapraci.com.ua/examples/462877-instrukciya-z-ekspluatacii-ta-obslugovuvannya-ustanovki-ochistki-gazu-ciklon>
Навчальний посібник. К. Основа, 2008. – 360 с.