

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра екології та природозахисних технологій

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

зі спеціальності 183 “Технології захисту навколишнього середовища”

Тема: Зменшення техногенного навантаження на атмосферу від підприємств хімічної промисловості шляхом модернізації газоочисного обладнання

Завідувач кафедри Пляцук Л. Д. _____
(підпис)

Керівник роботи Васькін Р. А. _____
(підпис)

Консультант
з охорони праці Фалько В. В. _____
(підпис)

Виконавець
студент групи
ТС.мз–22 Дроботов Г. В. _____
(підпис)

Суми 2024

Сумський державний університет
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра екології та природозахисних технологій
Спеціальність 183 «Технології захисту навколишнього середовища»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедрою _____

“ _____ ” _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

Дроботова Григорія Володимировича
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Зменшення техногенного навантаження на атмосферу від підприємств хімічної промисловості шляхом модернізації газоочисного обладнання затверджена наказом по університету від “20” листопада 2023 р. № 1306-VI
2. Термін здачі студентом закінченого проекту (роботи) 25 грудня 2023 року _____
3. Вихідні дані до проекту (роботи) Технологічний регламент виробництва гранульованого суперфосфату на ПАТ «Сумхімпром», Інвентаризація викидів в атмосферне повітря від стаціонарних джерел ПАТ «Сумхімпром», аналітична записка про стан забруднення атмосферного повітря в м. Суми
4. Зміст розрахунково–пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити) вплив пилогазових викидів промислових виробництв на навколишнє середовище; характеристика промислового пилу; вплив пилогазових викидів хімічних виробництв на здоров'я людини; порівняльний аналіз існуючого пиловловлювального обладнання; апарати сухого очищення; апарати мокрого очищення газів; очистка відхідних газів при виробництві гранульованого суперфосфата; розрахунок ПТВО для очистки газу від пилу; економічна частина; методика оцінки інвестицій в природоохоронну діяльність; класифікація показників економічної ефективності; розрахунок економічного збитку від забруднення атмосфери; охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях; аналіз небезпечних та шкідливих факторів; висновок; список використаних джерел
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Карта забруднення атмосферного повітря України, основні забруднювачі атмосферного повітря в Сумській області, класифікація пилогазоочисного

обладнання, основні показники високоінтенсивних схем пилоочистки, загальний вигляд установки ПТВО, механізми пиловловлювання.

6 Консультанти по проекту (роботі), із значенням розділів проекту, що стосуються їх

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	Фалько В. В.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Літературний огляд за досліджуваною проблематикою	Вересень 2023 р.	
2	Основні методи збору та зберігання ТПВ, утилізація та способи переробки ТПВ	Жовтень 2023 р.	
3	Визначення ефективності реалізації проекту введення роздільного збору по м. Суми, 2-х контейнерна схема збору ТПВ	Жовтень-листопад 2023 р.	
4	Складування та переробки твердих побутових відходів	Листопад 2023 р.	
5	Робота над розділом «Охорона праці»	Грудень 2023 р.	
6	Оформлення роботи	Грудень 2023 р.	

7 Дата видачі завдання 25.09.2023 року

Студент _____

Г. В. Дроботов

Керівник проекту _____

Р. А. Васькін

РЕФЕРАТ

Структура та обсяг випускної кваліфікаційної роботи магістра.
Робота складається із вступу, п'яти розділів, висновків, переліку використаних джерел, який містить 44 найменування. Загальний обсяг кваліфікаційної роботи магістра становить 94 с., у тому числі 12 таблиць, 17 рисунків, та список використаних джерел.

Мета роботи – полягає у пошуку шляхів зменшення техногенного навантаження на атмосферу від підприємств хімічної промисловості, на прикладі ВАТ «Сумхімпром».

Для досягнення поставленої мети розглядалися наступні задачі:

- аналіз стану навколишнього середовища по Україні;
- аналіз впливу твердих частинок на довкілля;
- аналіз факторів, які впливають на ефективність пилоочищення;
- аналіз конструкцій пилоочисного обладнання.

Об'єкт дослідження – пиловловлюючий апарат із провальними тарілками великих отворів.

Предмет дослідження – шляхи модернізації системи газоочищення цеху виробництва складних мінеральних добрив.

Методи дослідження: літературний огляд, теоретичний аналіз літературних даних, статистична обробка інформації, математичне моделювання, системний аналіз.

Ключові слова: ПИЛОГАЗООЧНЕ ОБЛАДНАННЯ, ГРАНУЛЬОВАНИЙ СУПЕРФОСФАТ, ПАТ СУМИХІМПРОМ, ВІДХОДИ, ПРОВАЛЬНІ ТАРІЛКИ З ВЕЛИКИМИ ОТВОРАМИ.

ЗМІСТ

Стор.

Вступ	5
РОЗДІЛ 1 ВПЛИВ ПИЛОГАЗОВИХ ВИКИДІВ ПРОМИСЛОВИХ ВИРОБНИЦТВ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ	7
1.1 Характеристика промислового пилу	9
1.2 Вплив пилогазових викидів хімічних виробництв на здоров'я людини	14
РОЗДІЛ 2 ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО ПИЛОВЛОВЛЮВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ	22
2.1 Апарати сухого очищення	22
2.2 Апарати мокрого очищення газів	44
РОЗДІЛ 3 ОЧИСТКА ВІДХІДНИХ ГАЗІВ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ГРАНУЛЬОВАНОГО СУПЕРФОСФАТА	57
3.1 Розрахунок ПТВО для очистки газу від пилу	65
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	68
4.1 Методика оцінки інвестицій в природоохоронну діяльність	68
4.2 Класифікація показників економічної ефективності	72
4.3 Розрахунок економічного збитку від забруднення атмосфери	73
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	77
5.1 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів	77
5.2 Розрахунок повітреобміну	84
5.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях	88
ВИСНОВОК	90
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	91

Підп. і дата	
Інв. № дубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	

ТС 93454

Інв. № подл.	
--------------	--

Вип.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		Літ.	Аркуш	Аркушів
		Розроб. Дроботов			Зменшення техногенного навантаження на атмосферу від підприємств хімічної промисловості шляхом модернізації газоочисного обладнання		4	87
		Перев. Васькін				СумДУ, ЦЗДВН, група ТС.мз-22с		
		Н.Контр. Батальцев						
		Затв. Пляцук						

РОЗДІЛ 1 ВПЛИВ ПИЛОГАЗОВИХ ВИКИДІВ ПРОМИСЛОВИХ ВИРОБНИЦТВ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ

Одним із аспектів взаємодії підприємства і довкілля є оцінка впливу пилогазових викидів на довкілля в цілому. Якщо в імпактіній зоні впливу дія пилогазових викидів позначається, в основному, на здоров'ї працівників підприємств, то в зоні непрямого впливу пилогазові викиди промислових підприємств чинять комплексний вплив на довкілля, забруднюючи не тільки атмосферу, а й ґрунти, підземні та поверхневі води.

Актуальність очищення газопилових викидів, обумовлює також втрата підготованої сировини, готового продукту, що викидається з пилогазовими викидами і негативно відбивається на якості та собівартості промислової продукції.

Важливе значення має також класифікація джерел забруднення. Класифікація дозволяє виявити основні джерела забруднень, визначити фізико-хімічні характеристики викиду та його інтенсивність, намітити шляхи їхнього зниження або усунення за рахунок зміни технології, обґрунтовано підійти до вибору пилогазоочисного устаткування.

Крім джерел організованих викидів, необхідно також ураховувати й неорганізовані: відкриті склади сировини, сховища, шламонакопичувачі, відвали й т.п. Забруднення навколишнього середовища від неорганізованих джерел здійснюється, в основному, тими ж компонентами, що й з організованих джерел.

Технологічні та аспіраційні викиди промислових підприємств є складними аерозольними системами, що містять різні газоподібні компоненти, пил сировини або готового продукту, а також смолисті сполуки, пари кислот і води. Відмінною рисою промислових газів, що відходять, є те, що шкідливі речовини перебувають у різних агрегатних станах. Дисперсний склад твердих частинок, що містяться в газових викидах, міняється в широких межах, середній діаметр часток, як правило, не перевищує 10 мкм. Концентрація шкідливих речовин у

Інв.№ подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№ дубл.	Підп. і дата	ТС 93454				Арк			
									7			
					Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			

венти ляційних викидах промислових підприємств невелика, але через значні обсяги вентиляційного повітря валові кількості шкідливих речовин, що надходять в атмосферу, досить значні.[5]

Основним напрямком робіт у галузі газоочищення є вибір оптимальної за технікоекономічними показниками схеми очищення з урахуванням основних параметрів газового потоку, фізико-хімічних властивостей компонентів, які містяться у викидах, із використанням уже відомих конструкцій газоочисних апаратів.

Основи системного аналізу до моделювання, аналізу, розрахунку процесів, створенню ефективних методів і засобів попередження забруднення атмосферного повітря містяться в роботах академіків І.В. Петрянова-Соколова, В.В. Кафарова, Б.Н. Лоскарина й ін.[17]

Одним з основних методів очищення газових викидів є застосування апаратів мокрого очищення, що дозволяють проводити комплексне очищення газових викидів практично без попередньої підготовки. При цьому в апаратах одночасно відбуваються процеси пиловловлення та абсорбції.

Ефективність пиловловлення, стабільність роботи, конструкційне виконання пиловловлюючих апаратів залежить від фізико-хімічних властивостей пилу, його дисперсного складу та концентрації. Традиційні конструкції мокрих пиловловлювачів здатні до забивання, тому нестабільно працюють при очищенні газів від твердих частинок, які налипають, або забруднених смолистими речовинами. Ефективність пиловловлення зменшується при вловленні дисперсних частинок, які мають погану змочуваність. При цьому найбільш складним завданням є вловлювання високодисперсних аерозольних частинок, розміри й маса яких обмежують або повністю виключають використання традиційних способів і схем очищення.

За останні десятиліття розроблені і добре зарекомендували себе конструкції газоочисних апаратів різного типу, що не поступаються за техніко-

Інв.№ подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№ дубл.	Підп. і дата	ТС 93454				Арк
									8
					Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

економічними показниками кращим закордонним зразкам і дозволяють вирішити практично всі завдання, з якими доводиться[9] зіштовхуватися у випадку вибору пилогазоочисного обладнання.

Одним із перспективних шляхів інтенсифікації процесу мокрого очищення газів є впровадження апаратів, які працюють у режимі розвинутої турбулентності. Підвищення швидкості газу призводить до збільшення продуктивності апарата, знижує матеріалоемність, сприяє підвищенню ефективності газоочищення. Розроблена ціла низка конструкцій апаратів, які працюють у вказаному режимі [23]. До них належать вихрові апарати, апарати з рухомою насадкою та апарати з провальними тарілками великих отворів.

Зазначені апарати вигідно відрізняються від загальновідомих насадкових і тарілчастих апаратів високою ефективністю й інтенсивністю ведення процесу, більшим вільним перетином. Ці фактори дають можливість проводити комплексне очищення великих обсягів газових викидів від дисперсних частинок і газоподібних забруднювачів при стабільній роботі обладнання, а також застосовувати різноманітні види поглиначів, які дозволяють запобігти утворенню забруднених стоків. Інтенсивний турбулентний режим роботи апаратів сприяє підвищенню ефективності масопереносу та пиловловлення за рахунок утворення розвинутої поверхні контакту фаз та її безперервного оновлення.

1.1 Характеристика промислового пилу

Під промисловим пилом розуміють завислі в повітрі тверді частинки діаметром більше 1 мкм. Ці частинки складно класифікувати хімічно, так як вони можуть являти собою як частинки кварцу, так і органічні матеріали найрізноманітнішого походження, також квітковий пилок рослин. Говорячи про склад атмосферного пилу в глобальному масштабі, маємо зауважити, що вона в основному має мінеральне походження, але в окремих районах склад може змінюватися відповідно до джерел формування атмосферного пилу: тут можуть

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

					ТС 93454		Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			9

превалювати сполуки лужних і лужноземельних металів, важкі метали, вуглеводні та спори рослин. Аерозолі являють собою колоїдні системи, дисперсійним середовищем в яких є, як правило повітря. Діаметр диспергованих частинок, відповідно до визначення колоїдної системи, знаходиться в межах 0,1-0,001мкм. На відміну від атмосферного пилу аерозолі вміщують не лише тверді, а й рідкі частинки, утворені при конденсації парів чи при взаємодії газів. Рідкі краплини можуть вміщувати і розчинені в них речовини. Звичайно до аерозолів відносять і краплини діаметром 0,1-1 мкм, тоді як тверді частинки того ж діаметру відносять до аерозолів рідше, часто характеризуючи їх як тонкий пил. У фізіологічному плані особливу увагу слід приділяти частинкам розміром менш 5 мкм, тому як при зменшенні розміру їх поведінка стає все більш схожою з газоподібним станом, тобто вони на затримуються в легенях при диханні (не відфільтровуються від повітря), а також не вимиваються з повітря дощами. Це збільшує час їхнього перебування в атмосфері в порівнянні з більшими частинками – обставина, що грає особливо важливу роль при розподілі пилу та аерозолів в атмосфері. Виникнення та час перебування в атмосфері.[28,32]

Проведення *паспортизації* пилу є необхідним кроком на шляху вдосконалення системи очистки газу. Отримані результати будуть враховані в математичній моделі процесу пилоловлення при виборі в якості газоочисного обладнання апарату з провальними тарілками великих отворів.

Паспорт пилу містить у собі найменування пилу, дані про пилоутворюючий агрегат, результати визначення фізико-хімічних властивостей пилу і характеристику газу – носія.

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

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

						ТС 93454	<i>Арк</i>
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			10

седиментаційний діаметр – діаметр кулі, швидкість осаджування і густина якої рівні швидкості осаджування і густині частинки.

Дисперсність – характеризує розмір частинок пилу і є основним фактором при виборі пиловловлювача.

Найбільший і найменший розміри частинок характеризують діапазон дисперсності даного пилу. Для характеристики дисперсного складу пилу розбивають всю масу пилинок на деякі фракції, обмежені частинками визначеного розміру із вказівкою, яку долю у відсотках за масою (чи за кількістю частинок) вони складають. Дисперсний склад пилу зображується у вигляді інтегральних кривих. Більшість промислового пилу підлягає логарифмічно-нормальному закону розподілу (ЛНР) частинок за розміром [6 - 12]:

$$M(d_{\pm}) = 100 / \lg \sigma \sqrt{2\pi} \int_{-\infty}^{\lg d_{\pm}} e^{-\frac{\lg^2(d_{\pm}/d_{50})}{2 \lg^2 \sigma}} d \lg d_{\pm} \quad (1.1)$$

де $M(d_{\pm})$ – відносна доля частинок розміром не менше d_{\pm} , %; d_{50} – медіанний розмір частинок, при якому долі частинок розміром більше і менше d_{50} рівні;

σ – середньоквадратичне відхилення у функції даного розподілу.

За дисперсністю пил класифікують на 5 груп [11]:

- I – дуже високодисперсний, $d_{50} > 140$ мкм;
- II – високодисперсний, $d_{50} = 40 \dots 140$ мкм;
- III – середньодисперсний, $d_{50} = 10 \dots 40$ мкм;
- IV – дрібнодисперсний, $d_{50} = 1 \dots 10$ мкм;
- V – дуже дрібнодисперсний, $d_{50} < 1$ мкм.

Атмосферне повітря є одним з основних життєво важливих елементів навколишнього природного середовища.

Найбільші рівні середньомісячних концентрацій пилу у звітному періоді були зафіксовані у містах Східного регіону: Алчевськ, Макіївка, Єнакієве,

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

						ТС 93454		Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата				11

Донецьк (в основному, за рахунок підприємств металургійної промисловості), Горлівка,Слов'янськ, Лисичанськ, Держинськ,Рубіжне (за рахунок підприємств хімічної промисловості); Центрального регіону: Кривий Ріг, Дніпродержинськ, Дніпропетровськ (за рахунок підприємств металургійної промисловості); Західного регіону – у м. Хмельницький; Південного регіону: Армянськ, Красноперекопськ, Одеса, Херсон; Північного регіону – у м. Суми .

Джерелами надходження пилу у атмосферне повітря є наступні види економічної діяльності: промислова енергетика, видобування енергетичних матеріалів, металургія та оброблення металу, видобування металевих руд, добування та виробництво нерудних матеріалів, видобування кам'яного вугілля, бурого вугілля та торфу.

Основними забруднювачами атмосфери в області є підприємства добувної та переробної галузей, діяльність трубопровідного транспорту з транспортування газу, виробництво та розподілення електроенергії, газу та води (табл. 1.1.).

Таблиця 1.1 - Основні забруднювачі атмосферного повітря

№ п/п	Підприємство - забруднювач	Відомча приналежність	Валовий викид, т		Зменшення/- збільшення/+	Причина зменшення/ збільшення
			2020 р.	2019 р.		
1.	Сумське ЛВУМГ	ДК "Укртрансгаз" УМГ "Київтрансгаз"	9980	11135	-	Зменшення кількості ремонтів технологічного обладнання.
2.	ТОВ «Сумитеплоенерго»	-	5140	2010	+	Перехід роботи котлів на вугілля.
3.	Качанівський ГПЗ	ВАТ "Укрнафта"	3600	2538	+	Збільшення кількості ремонтів технологічного обладнання.
4.	НГВУ "Охтирканафтогаз"	ВАТ "Укрнафта"	3150	3120	+	Збільшення кількості ремонтів технологічного обладнання.
5.	НГВУ "Полтавнафтогаз"	ВАТ "Укрнафта"	1700	1500	+	Збільшення кількості ремонтів технологічного обладнання.
6.	ВАТ "Суміхімпром"	Мінпромполітики України	1280	3374	-	Зменшення обсягів виробництва.
7.	ВАТ "Сумське НВО ім. М.В. Фрунзе"	Мінпромполітики України	610	978	-	Зменшення обсягів виробництва.

Підп. і дата

Інв.№ дубл.

Взаєм.інв.№

Підп. і дата

Інв.№ подл.

ТС 93454

Арк

12

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

У структурі промислового потенціалу області більше 85% викидів забруднюючих речовин припадає на екологічно небезпечні виробництва таких галузей: діяльність транспорту та зв'язку - 10,342 тис. т, або 35,4% від загальних викидів стаціонарними джерелами по області; добувна промисловість - 8,635 тис. т, або 29,59%; виробництво та розподілення електроенергії, газу та води - 5,664 тис. т, або 19,4%; переробна промисловість - 3,758 тис. т або 12,9% .

У 2020 р. в атмосферне повітря стаціонарними джерелами було викинуто 29,185 тис. тонн забруднюючих речовин, у порівнянні з 2019 р. викиди зменшились на 0,465 тис. тонн або на 1,6%. Зменшення обсягів викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря у Сумській області у 2017-2020 рр. пов'язане зі зменшенням обсягів виробництва.

В останні роки проблему забруднення повітря в області визначають не тільки викиди стаціонарних джерел, а більшою мірою викиди від автотранспорту.

У Сумській області 65% від загального обсягу викидів (54,2 тис. т) складають викиди від автотранспорту; у м. Суми викиди від автотранспорту складають 58,2% від загального обсягу викидів міста (13,14 тис. т). Тому проблема загазованості міст області викидами від автотранспорту є основною.



Рисунок 1.1 - Динаміка викидів забруднюючих речовин в Сумській області від стаціонарних джерел

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

Грунтуючись на спостереженнях за верхніми шарами атмосфери, виконаних за допомогою радянських штучних супутників і особливо космонавтами Поповичем і Артюхиным в 1974 р., Бузников стверджує, що глибокі шари пилових частинок перебувають на висоті 10-20 км від поверхні землі. Над північню Атлантичного океану розташовані потужні хмари частинок, викинутих індустриальними країнами Європи.[7]

У цей час пил, що утворюється в результаті господарської діяльності людини (пил, зола, сажа, дим), становить тільки близько 10 % від глобальних викидів пилу. (У той же час оцінки коливаються від 2 до 50 % від усієї кількості частинок, що надходять в атмосферу). Значно більша кількість пилу є результатом природних явищ або вторинного утворення, тобто конверсії деяких забруднень в атмосфері з газоподібних у тверді сполуки. Частинки оксидів сірки перетворюються в сульфати, частинки оксидів азоту й аміаку - у нітрати, і відбувається подальше утворення твердих частинок на основі вуглеводнів.

Викиди твердих частинок приводять до утворення пилових шарів на поверхні листочків, у результаті якого затримується проникнення до них сонячного світла й закупорюється устячка. Це призводить до погіршення фотосинтезу й до пригноблення росту рослин.

Забруднення атмосфери повітря робочих місць, промислових майданчиків і прилеглих до підприємств територій значною мірою визначаються кількістю й фізико-хімічними характеристиками викидів, технологічними особливостями, метеорологічними параметрами атмосфери й топографічними особливостями району й завдають величезної шкоди економіці країни від захворювань і отруєнь людей, зниження врожаю сільськогосподарських культур, хвороб і загибелі тварин.

Вплив атмосферних забруднень на здоров'я населення є основним питанням проблеми забруднення повітря міст.

Численні закордонні дослідження показують, що забруднене повітря сприяє виникненню або загостренню таких станів, як гостре неспецифічне

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

					ТС 93454	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	15	

захворювання верхніх дихальних шляхів, хронічний бронхіт, хронічне неспецифічне захворювання дихальних шляхів, емфізема легенів, бронхіальна астма, рак легенів і ін. Вивчення захворюваності населення, що проживає в районах розташування промислових виробництв, проводилося й вітчизняними вченими, зокрема М.Л. Красовицкой, Г.С. Запорожцем, М.И. Гусевим, Е.В. Елфимовим, Т.С. Егоровим, Ю.Е. Корнеєвим, Е.М. Череповим і ін. Смертність населення перебуває в прямій залежності від ступеня концентрації промислових викидів, що у значній мірі сприяє розвитку різних хвороб.

Присутність в атмосферному повітрі шкідливих речовин (пилу, окису вуглецю, окислів сірки й багатьох інших) спричиняє збільшення захворюваності населення, що проживає в районах із забрудненою атмосферою. В атмосферному повітрі населених місць одночасно присутня велика кількість речовин, тому при тривалому впливі навіть невеликих концентрацій відбувається істотний вплив на здоров'я людини.

Ступінь захворюваності організму людини від забруднення атмосферного повітря залежить від:

- а) виду забруднюючих речовин і їхньої токсичності;
- б) рівня концентрації забруднюючих речовин;
- в) часу впливу на організм людини.

Повний вплив забруднення атмосферного повітря на здоров'я людини ще недостатньо вивчено. Найбільш докладно проаналізований вплив забруднень повітря на хворобі органів дихання. Є певна кількість досліджень по виявленню захворювань ока, зубів, шкіри. Недостатньо досліджені хвороби органів травлення.

Однак цілком з'ясоване загальне питання про те, що забруднене атмосферне повітря шкідливими речовинами негативно впливає на організм людини. Дія шкідливих речовин особливо позначається на здоров'ї дитячого організму й людей похилого віку.

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

Захворюваність населення (особливо хворобами органів дихання) у загазованих районах перевищує захворюваність населення, що проживає в населених пунктах з відносно чистим повітрям.

У Дніпропетровському медичному інституті вивчалася захворюваність населення у зв'язку із забрудненням повітря. При забрудненому повітрі загальна захворюваність жінок в 1,14-1,81 рази вище, ніж у районі з незабрудненим повітрям. Захворюваність дихальних шляхів у дітей у віці 1 року в місті із забрудненою атмосферою в 3,1 рази вище, ніж у контрольному районі, у віці 2 років - в 2,9 рази, 3 років - в 6,4 рази, від 4 до 7 років - в 6,3 рази, від 8 до 14 - в 4,4 рази.

При вдиханні металевих сполук, таких як окисли заліза й марганцю, у людини виникають подразнення у вигляді катарів верхніх дихальних шляхів. Крім того, окисли металів у вигляді дрібних аерозолів викликають ливарну лихоманку.

Шкідливий вплив на здоров'я людини робить пил, що міститься у відхідних газах промислових підприємств чорної, кольорової й хімічної промисловості. Зокрема, А. А. Летавет і ін. вказують, що для людини становлять небезпеку переважно зважені в повітрі пилові частинки, тому що вони можуть потрапити із вдихаючим повітрям в органи дихання. Частинки пилу розміром до 5 мкм викликають пневмокониозне запалення роговиці ока при тривалому знаходженні людини в запиленому середовищі. Якщо пил містить токсичні речовини то потрапляючи на слизову оболонку верхніх дихальних шляхів і носоглотки, викликає порушення функцій організму, гострі місцеві запалення легенів. Пил викликає також хронічні запалення шкіри й т.д.

Е. В. Елфимов і ін. наводять дані медичного обстеження 768 школярів у віці 8-11 років, що проживають на відстані до 1 і 12 км від джерел забруднення - чотирьох металургійних заводів. Було відзначено, що кількість захворювань верхніх дихальних шляхів у школярів, що проживають на відстані 1 км, в 3 рази більше, ніж у школярів, що проживають в 12 км від заводу. Діти першого району

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 93454

пред'являли більше скарг на головні болі й нудоту. У них відзначені також перевага функціональних розладів центральної нервової системи, підвищена стомлюваність, збудливість і ослаблення м'язової сили.

Т.С. Егоров відзначає підвищену захворюваність дітей у районі ферросплавного виробництва, де атмосферне повітря забруднене двоокисом кремнію. Е.Г. Манженко обстежував дітей, що проживають у районах з атмосферою, забрудненою продуктами неповного згорання вугілля. Результати обстеження показали, що рівень захворюваності дітей хворобами верхніх дихальних шляхів у забрудненому районі в 1,9 рази більше, ніж у контрольному районі, захворюваність хронічним ринітом відповідно більше в 4,7 рази, а хронічним синуситом в 9 разів вище в порівнянні з контрольним районом. Одночасно була зроблена обробка даних рентгенографії. Весь матеріал по обстеженню був розділений на 4 групи.

Перша група включала дітей з нормальним рисунком легенів, до другої групи віднесли дітей зі змінами корінь легенів, до третього - з відхиленнями в області корінь легенів і з легеневиими змінами, у четверту групу ввійшли діти з вираженими змінами в коріннях легенів і легеневої тканини. У результаті обстеження було виявлено, що захворювання дітей основного району по першій групі було в 3,5 рази, у другий - в 3,97, у третьої - в 10 і в четвертій групі - в 2 рази більше, ніж у контрольному районі. Інші автори відзначають підвищену захворюваність дорослого населення, що проживає в районах з атмосферою, забрудненою викидами хімічних комбінатів.

Пил і гази, потрапляючи в організм людини через систему дихання, роблять на нього шкідливий вплив, а також викликають подразнення шкірного покриву. [9]

Характер впливу пилу залежить від його походження. Пил може викликати фіброгенно подразнюючу й токсичну дію. Нетоксичний пил (наприклад, скловолокна, слюди) робить подразнюючу дію на верхні дихальні шляхи, слизову оболонку ока, шкіри.

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

						ТС 93454	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			18

Фіброгенною називається така дія пилу, при якому в легенях відбувається розростання сполучної тканини, що порушує нормальну будову органа.

Вражаюча дія пилу багато в чому визначається її дисперсністю (розміром частинок пилу). Найбільшою фіброгенною активністю володіють аерозолі дезінтеграції з розміром частинок до 5 мкм і найбільш частинки розміром 1-2 мкм. Дрібні частинки пилу розміром менше 0,25 мкм, потрапляючи при вдиханні в легені, майже не затримуються в них внаслідок малої швидкості осідання й видихаються з повітрям назад. Максимальний діаметр частинок пилу, що попадають у тканину легенів не перевищує 10-12 мкм. У нижніх дихальних шляхах затримуються частинки діаметром 1 мкм. Причому, чим високодисперсний пил, тим більша його питома поверхня, а також хімічна активність, що підвищує фіброгенність пилу й сприяє більш швидкому розвитку пневмоконітичного процесу.

Частинки пилу більші за 10 мкм мають досить високу швидкість осадження, тому вони осідають у верхніх дихальних шляхах і, потрапляючи в легені, не видихаються з повітрям назад і можуть викликати поранення слизових оболонок очей, ясен. Накопичуючись у тканинах легенів, вони при тривалому впливі на легеневу тканину приводять до пневмоколіозів.

Особливу небезпеку представляє вміст у пилу вільного діоксиду кремнію, якому належить специфічна роль у виникненні в робітників професійного захворювання - пневмококіоза. Найпоширенішою формою пневмококіозу є силікоз (пиловий фіброз легенів), особливо якщо вміст діоксиду кремнію в пилу перевищує 10 %[1]. Виробничий пил, маючи подразнюючу дію, може викликати професійні пилові бронхіти, пневмонії, астматичні бронхіти, бронхіальну астму, знизити захисні властивості організму. Під впливом зважених речовин розвиваються кон'юктивіти, виразки шкіри. Аерозолі металів, пил отрутохімікатів може призвести до хронічних і гострих отруєнь, характерними для даних токсичних речовин. Особливо це помітно в осіб з виробничим стажем більше 5 років.

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

ТС 93454

Арк

19

Вплив середньодобових концентрацій пилу на атмосферу при 0,15 мг/м³ викликає побоювання, при 0,75 – небезпечний стан, при 3,75 – надзвичайно небезпечно.

Якщо вміст пилу в повітрі значний, то деяка його кількість може осісти на кормах і при годуванні потрапити як у травний тракт, так і в легені великої рогатої худоби. У районах з високим рівнем забруднення кількість пилу, що надходить у травну й дихальну систему, становить приблизно до 30-40 кг/місяць.

Пил діє головним чином як подразник системи травлення, а саме - тканин шлунка й кишечника. Гострі частинки можуть навіть руйнувати ці тканини. Подразнення тканин шлунка може призвести до збільшення виділення шлункового соку або, якщо пил і зола містять значні кількості розчинних лужних сполук, до зниження кислотності в шлунку, що також руйнує систему травлення.

Вплив пилових і газових викидів, а також речовин, що нагромаджуються в кормах і рослинах, створюють більш серйозну ситуацію, якщо ці речовини розчинні у воді або шлунковому соку. Шкідливі речовини можуть розноситися при цьому по організму в різні частини, порушуючи його функціонування або навіть наносячи їм збиток.

У високорозвинених промислових регіонах необхідно враховувати ефект сумачії ряду компонентів промислових викидів, хоча, як правило, тільки в безпосередній близькості від джерела. Індивідуальні ефекти звичайно розрізняються в районі від 10-20 км навколо великого джерела забруднення.

Велика рогата худоба найбільш сильно потерпає від цього впливу. Залежно від ступеня забруднення й особливостей забруднюючих речовин, що наявні в промислових викидах, спостерігається силікоз, втрати середньої ваги, уповільнене дозрівання, зниження надоїв молока, що в сумі становить значні економічні втрати.[4]

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 93454

Арк

20

РОЗДІЛ 2 ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО ПИЛОВЛОВЛЮВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ

2.1 Апарати сухого очищення

Вибираючи систему пиловловлювання, слід враховувати швидкість газового потоку, вміст пилу та його фізико-хімічні властивості, розмір часточок і наявність водяної пари. Існує два види пиловловлювання: сухе і мокре. З екологічного й економічного погляду досконалішими є сухі пиловловлювачі. Вони дають змогу повернути у виробництво вловлений пил, тоді як при мокрому утворюються водяні суспензії, переробка яких потребує більших матеріальних затрат.[31-33] Недоліком сухого пилоочищення є те, що воно забезпечує високий ступінь очищення тільки у разі малої запиленості відхідних газів.

Механічне сухе пиловловлювання здійснюють в осаджувальних камерах, циклонних сепараторах, механічних та електричних фільтрах. В осаджувальних камерах очищають гази з грубодисперсними часточками пилу розміром від 50 до 500 мкм і більше. Ефективнішою є осаджувальна камера Говарда в якій газовий потік розбивається горизонтальними пластинами на окремі секції. Незважаючи на незначний аеродинамічний опір і невисоку вартість, ці апарати застосовують рідко через труднощі їх очищення. З них відхідні гази направляють в інші, ефективніші апарати для подальшого очищення.

Значно поширеніші циклонні сепаратори. У них запилений газ, обертаючись по спіралі, відкидає часточки пилу на стінки апарата, звідки вони потрапляють у пилоосаджувальну камеру. Циклонні сепаратори ефективно очищають гази, що містять часточки розміром не менш як 25 мкм. Коефіцієнт корисної дії циклонів залежить від концентрації пилу і розмірів його часточок. Середня ефективність знепилення газів у циклонах становить 78-86% для пилу розміром 30-40 мкм. Основний недолік циклонів - значне абразивне спрацювання частин апарата пилом. Тому ці частини вкривають синтетичними матеріалами або

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

					ТС 93454	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		22

зносостійкими сплавами, що здорожує конструкцію апарата. Циклони використовують для очищення запылених газів і повітря з великими часточками в різних галузях промисловості. У фільтрах газовий потік проходить крізь пористий матеріал різної щільності товщини. Очищення від грубодисперсного пилю здійснюють у фільтрах, заповнених коксом, піском, гравієм, насадкою різної природи й форми. Для очищення від тонкодисперсного пилю використовують фільтрувальний матеріал типу паперу, повсті або тканини різної щільності. [18] Папір використовують для очищення атмосферного повітря або газів з низьким вмістом пилю. В промислових умовах застосовують тканини або рукавні фільтри. Вони мають форму барабана, тканинних мішків або кишень, що працюють паралельно. Їх очищують струшуванням або продуванням повітря. Останнім часом як фільтрувальні тканини широко використовують синтетичні матеріали та скловолокно, що можуть витримувати температуру 150-250 °С, вони хімічно і механічно стійкіші і менш вологоємні порівняно з шерстю та бавовною. Останні дають змогу очищати гази з температурою не вище за 100 °С. Головною перевагою рукавних фільтрів є висока ефективність очищення, яка досягає 99% для всіх розмірів часточок. Для тонкого очищення застосовують керамічні фільтри, фільтри з пластмас або скла. Ефективність пиловловлювання в них може досягати 99,99%, а температура очищуваного газу - 500 °С.

Для тонкого очищення газів від пилю використовують електрофільтри. Крім пилю вони можуть також очищати гази від аеро- та гідрозолів, тобто вловлювати більш дисперговані часточки.[2]

2.1.1 Інерційне осадження частинок

При обтіканні твердого тіла (чи краплини) запыленим потоком частинки внаслідок великої інерції продовжують рухатися поперек зігнутих ліній течії газів (рис. 3.1) і осаджуються на поверхні тіла. Таке осадження називається інерційним. Коефіцієнт ефективності інерційного осадження визначається долею частинок, витягнутих з потоку при обтіканні ними тіла. Деколи його називають „ефективністю мішені”. [30]

Інв.№ подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№ дубл.	Підп. і дата						ТС 93454		Арк			
												23			
					Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						

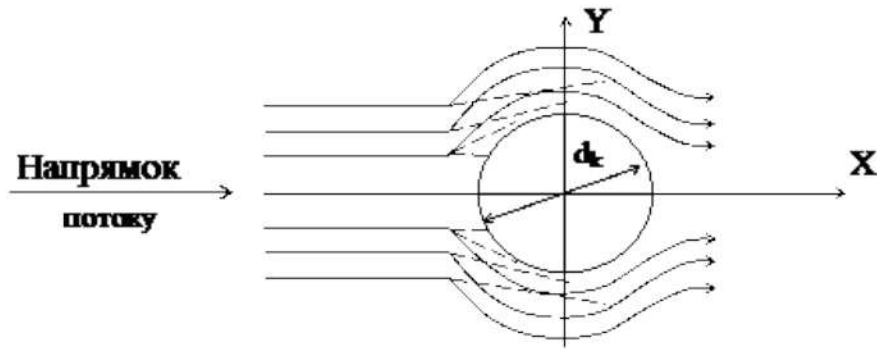


Рисунок 2.1 – Осадження частинок на кулі: рух газів; ----- рух частинок

Ефективність обеспилування в простій пилоосаджувальній камері може бути збільшена, а габарити її зменшені, якщо ефекту гравітаційного осадження частинок додати додатково момент руху вниз. Цей принцип закладений в основу багатьох конструкцій пиловловлювачів. Типовим представником цього класу пиловловлювачів є „пилові мішки” (рис. 2.1, а), які застосовуються в металургії. В такому апараті вхідна циліндрична труба додає частинкам додатково до гравітаційної сили момент, рівний приблизно $g/3$. Наприклад, такий пиловловлювач, встановлений за доменною піччю, забезпечує ступінь вловлювання до 65...80% частинок > 30 мкм.

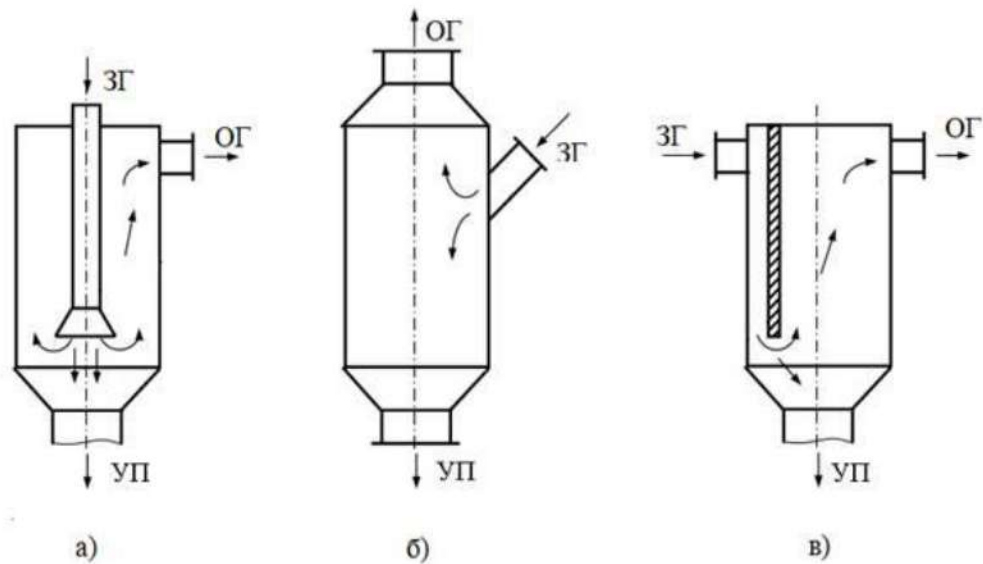


Рисунок 2.2 – Найпростіші пилоосаджувачі інерційної дії:

- а) пиловий мішок з центральним підведенням газу; б) пиловий мішок з боковим підведенням газу; в) пилоосаджувач з відбивною перегородкою.

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

Камера з перегородкою (рис. 2.2, в) за ефективністю не набагато відрізняється від звичайної осаджувальної камери, але має більший гідравлічний опір, який можна знизити за рахунок більш плавних поворотів. [30]

У сучасних конструкціях інерційних пиловловлювачів механізм осадження частинок заснований на зміні напрямлення руху. Пилогазовий потік проходить вертикально вниз циліндричним газоходом, потім змінює напрямлення руху на 180° і проходить через кільцевий зазор. Вловлений пил зсипається в бункер. Ефект пиловловлювання значно залежить від правильно підбраного кільцевого зазору.

2.1.2 Жалюзійний пиловіддільник

Для розділення газового потоку на очищений газ і збагачений пилом газ використовують жалюзійний пиловіддільник (рис. 3.3). На жалюзійній решітці 1 газовий потік витратою Q розділяється на два потоки витратою Q_1 і Q_2 . Звичайно $Q_1=(0,8\dots0,9)Q$, а $Q_2=(0,1\dots0,2)$ (2.1)

Відділення частинок пилу від основного газового потоку на жалюзійній решітці проходить під дією інерційних сил, які виникають при повороті газового потоку на вході в жалюзійну решітку, а також за рахунок ефекту відбиття частинок від поверхні решітки при співударянні. Збагачений пилом газовий потік після жалюзійної решітки направляєтся до циклону 2, де очищається від частинок, і знову вводиться в трубопровід за жалюзійною решіткою. Жалюзійні пиловіддільники відрізняються простотою конструкції і добре компонується в газоходах, забезпечуючи ефективність очищення 0,6 і більше для частинок розміром понад 20 мкм.

Вони застосовуються для очищення димових газів від великого дисперсного пилу при температурі до $450\dots600^\circ\text{C}$.

Основними позитивними якостями жалюзійних пиловіддільників є малий гідравлічний опір і значно менші порівняно з будь-якими іншими пиловловлювачами розміри. Негативні якості – зношення пластин решітки при

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 93454

Арк
25

високій концентрації особливо великого пилю і можливість утворення відкладень при охолодженні газів до точки роси. [8]

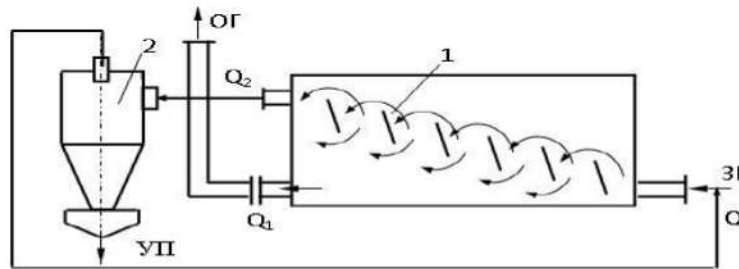


Рисунок 2.3 – Конструктивна схема жалюзійного пиловловлювача з пластинами: 1 – жалюзійні пластини; 2 – циклон

Строк служби решіток жалюзійного пиловловлювача при пиловидному спалюванні вугілля складає 6 місяців. Причому зниження ефективності очищення за рахунок їх зношення спостерігається на третьому місяці експлуатації. Тому з ростом вимог до систем очищення газів і удосконалення пилоочищувальних установок других типів для заново проєктованих газоочисних установок спостерігається тенденція до повного відказу від використання жалюзійних пило- і золовловлювачів.

2.1.3. Пилоосаджувальні камери

Пилові камери діють за принципом осадження частинок при повільному русі пилогазового потоку через робочу камеру, тому основними розмірами камери є її висота і довжина (рис. 2.4). Геометричні розміри визначають час перебування пилогазового потоку в камері і, відповідно, ефективність очищення.

Пилові камери громіздкі і мають низьку ефективність. Тому вони застосовуються в основному для вловлювання великих частинок сировинних матеріалів після обертових цементних печей, печей для обпалювання магнезиту і доломіту тощо. Матеріалом для будовання камер можуть служити цегла, збірний залізобетон, сталь, дерево (для холодних газів). Габаритні розміри камери, необхідні для осадження твердих частинок з газового потоку.

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 93454

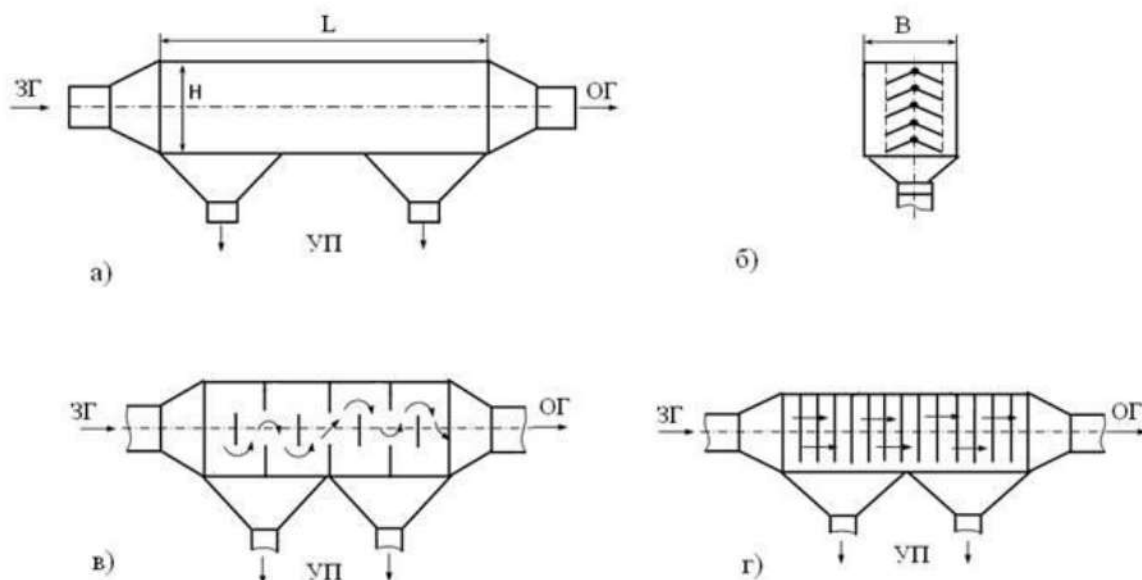


Рисунок 2.4 – Схеми пилоосаджувальних камер:

- а) найпростіша конструкція з розширенням пилопроводу;
- б) багатополічна;
- в) з перегородками;
- г) з ланцюговими чи дротяними завісами.[30]

Визначимо швидкість u_g через витрати газу Q . Для цього витрати поділимо на площу перерізу каналу ($H \cdot B$).

$$d_{\text{ч}} = \sqrt{\frac{18 \mu_{\text{ч}} Q}{L B g \rho_{\text{ч}}}} \quad (2.2)$$

де Q – витрати газу, м³/с;

L – довжина камери, м;

B – ширина камери, м;

$\mu_{\text{ч}}$ – динамічна в'язкість, Па · с;

g – прискорення вільного падіння, м/с²;

$\rho_{\text{ч}}$ – густина частинок, кг/м³. [19]

Для рівномірного газорозподілення по перерізу пилоосаджувальні камери можуть обладнуватися дифузорами і газорозподільними решіт-ками, а для зниження висоти осадження частинок – горизонтальними чи похилими

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 93454

Арк

27

полицями. В деяких конструкціях пилових камер для підвищення їх ефективності передбачається влаштування ланцюгових чи дротяних завіс і відхилюваних перегородок, що дозволяє додатково до гравітаційного ефекту використовувати ефект інерційного осадження частинок при обтіканні потоком газів різних перешкод.

Ступінь очищення газів у пилоосаджувальних камерах, звичайно, не перевищує 40...50%. При цьому задовільно осаджуються тільки частинки пилу більше 40...50 мкм.

2.1.4 Циклони

Циклонні апарати завдяки дешевизні та простоті будови і обслуговування, порівняно невеликому опору і високій продуктивності є найрозповсюдженішим типом сухого механічного пиловловлювача.

Циклонні пиловловлювачі мають такі переваги:

- відсутність рухомих частин в апараті;
- надійне функціонування при температурах газів майже до 500°C без будь-яких конструктивних змін (якщо передбачається використання більш високих температур, то апарати можна виготовляти із спеціальних матеріалів);
- можливість вловлювання абразивних матеріалів при захисті внутрішньої поверхні циклонів спеціальним покриттям;
- пил вловлюється в сухому виді;
- гідравлічний опір апаратів майже постійний;
- апарати успішно працюють при високих тисках газів;
- пиловловлювачі надто прості у виготовленні;
- зростання запиленості газів не приводить до зниження фракційної ефективності очищення.

Правильно запроектовані циклони можуть експлуатуватися надійно на протязі багатьох років.

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

										ТС 93454	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата							28

Разом з тим необхідно мати на увазі, що гідравлічний опір високо-ефективних циклонів досягає 1250....1500 Па, тому частинки розміром менше 5 мкм вловлювати циклонами погано.

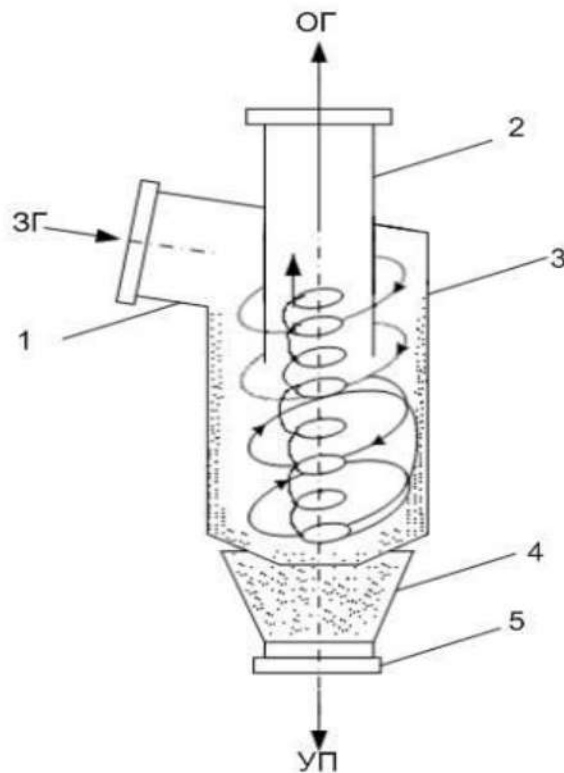


Рисунок 2.5– Схема циклону:

- 1 – вхідний патрубок; 2 – вихлопна труба; 3 – корпус;
4 – пилоосаджувальний бункер; 5 – пиловий затвор

За конструктивним виконанням циклони відзначаються великою різноманітністю влаштування підводу запиленого газу (тангенціальний, тангенціальний похилий, спіральний, осьовий з направлявальним апаратом) і самого корпусу (циліндричний, перехідний в конус, з переважно розвинутою конічною частиною, конічний, з розширеною конічною частиною, з подвійною стінкою).[15]

Всі практичні задачі щодо очищення газів від пилу з успіхом вирішуються циліндричними (ЦН-11, ЦН-15, ЦН-15У, ЦН-24) і конічними (СК-ЦН-34, СК-ЦН-34М і СДК-ЦН-33) циклонами НДІОГАЗУ (державний науково-дослідний інститут з промислового і санітарного очищення газів). Конструктивні схеми і

Підп. і дата	Інв.№ дубл.	Взаєм.інв.№	Технічний розробник		ТС 93454	Арк	
			Інв.№	Дата			
Підп. і дата	Інв.№	Взаєм.інв.№	Перевірив		ТС 93454	29	
			Інв.№	Дата			
Інв.№ подл.	Інв.№	Взаєм.інв.№	Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

типові розміри циліндричних і конічних циклонів НДІОГАЗ наведені відповідно на рис. 2.6.

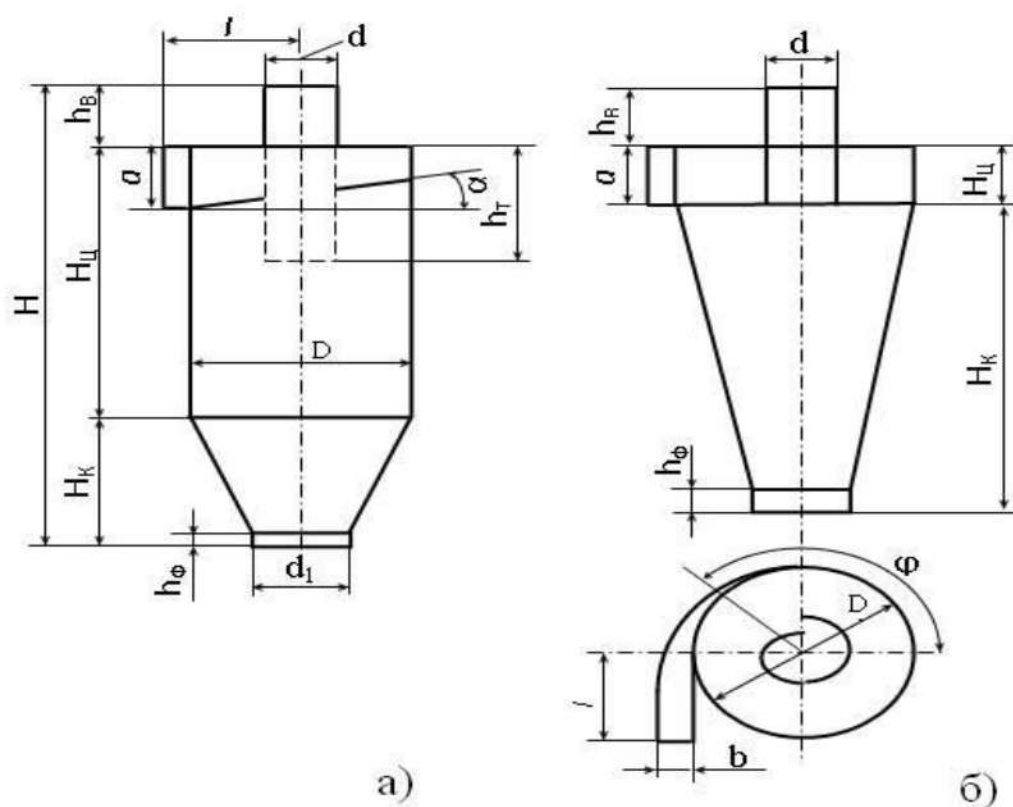


Рисунок 2.6 – Конструктивні схеми циклонів: а) циліндричний; б) конічний

Для вище перерахованих циклонів прийнятий такий ряд внутрішніх діаметрів D , мм: 200, 300, 400, 500, 600, 700, 600, 900, 1000, 1200, 1400, 1600, 1800, 2000, 2400 і 3000. В табл. 2.2 і 2.3 геометричні розміри циліндричних і конусних циклонів дані в частках внутрішнього діаметра D .

Продуктивність циклона залежить від його діаметра, збільшуючись зі зростанням останнього. Ефективність очищення циклонів серії ЦН зменшується зі збільшенням кута входу в циклон. Циліндричні циклони серії ЦН рекомендується використовувати для попереднього очищення газів і встановлювати перед фільтрами чи електрофільтрами.

Конічні циклони серії СК типу СДК-ЦН-33 і СК-ЦН-34 відрізняються від циліндричних циклонів більшим опором, значно більшою ефективністю і, в деяких випадках, можуть забезпечити необхідне очищення викидів, замінивши більш складні в експлуатації мокрі пиловловлювачі. Зовнішньо ці циклони

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 93454

Арк
30

відрізняються від циліндричних більш видовженою конічною частиною, спіральним вхідним патрубком і меншим діаметром вихлопної труби.

Групові та батарейні циклони

Зі збільшенням діаметра циклона при постійній тангенціальній швидкості потоку відцентрова сила, яка діє на пилові частинки, зменшується і ефективність пиловловлювача знижується. Крім того влаштування одного високопродуктивного циклона утрудняє його розташування із-за великої висоти. В зв'язку з цим в техніці пиловловлювання широке застосування знайшли групові та батарейні циклони.

Групи частіше всього компонують з циклонів серії ЦН (ЦН-15, ЦН-24). Як правило, групи циклонів мають загальний колектор забрудненого газу, загальний збірник очищеного газу і загальний пиловий бункер. Групові циклони загальним числом 2...8 розташовують попарно, з числом 10...14 – кругом вертикального підвідного газоходу. Відвід очищеного газу від групи циклонів здійснюють через відводи, встановлені на кожному циклоні й об'єднані загальним колектором, чи безпосередньо через загальний колектор групи. [30]

Розрахунок групових циклонів проводиться за вище викладеною методикою.

БАТАРЕЙНІ ЦИКЛОНИ (мультициклони) складаються з декількох десятків або навіть сотень паралельно встановлених циклонних елементів, об'єднаних в одному корпусі з загальним підведенням і відведенням газів, а також з загальним бункером для пилу.

Батарейні циклони можуть бути складені зі звичайних і прямоточних циклонних елементів.

Інв.№ подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№ дубл.	Підп. і дата	ТС 93454					Арк			
													31
					Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата				

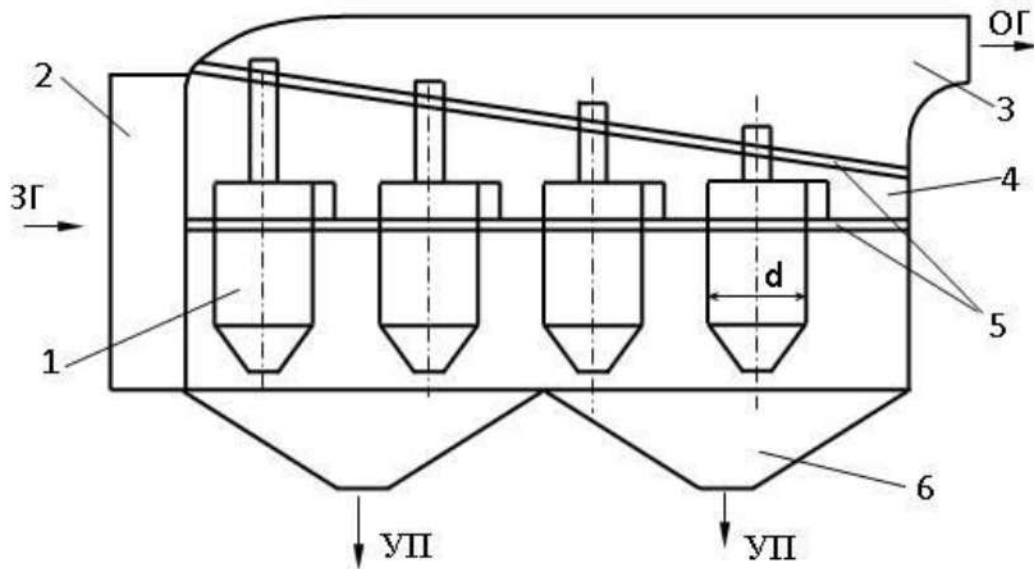


Рисунок 2.7 – Схема батарейного циклону:

1 – елементи з тангенціальними патрубками; 2 – вхідний патрубок;
 3 – камера очищеного газу; 4 – конічна камера; 5 – опорні конструкції; 6 – бункер для пилу

На рисунку 2.7 наведена схема батарейного циклону зі звичайними елементами. Запилений газ через вхідний патрубок 2 поступає в розподільну камеру 4, звідки входить в кільцеві зазори між корпусами елементів 1 і вихлопними трубами. В цих зазорах встановлені направлявальні апарати, які закручують потік газів. Вловлена зола чи пил поступає в загальний бункер 6. Знепилений газ через вихлопні труби поступає в камеру очищеного газу 3. Для закріплення корпусів елементів і вихлопних труб служать відповідно нижня і верхня опорні решітки 5.

Направлявальні апарати для закручування газів в циклонних елементах найчастіше застосовують типу „гвинт” з двома гвинтовими лопатками, нахиленими під кутом 25° , або типу „розетка” з вісьмома лопатками, нахиленими під кутом 25° чи 30° .

В батарейних циклонах з прямоточними елементами очищений газ не закручується, тому їх ефективність значно менша, ніж зі звичайними. В зв'язку з цим як самостійні пиловловлювачі вони застосовуються дуже рідко. Частіше їх

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

застосовують для попереднього очищення перед такими високоефективними апаратами, як електрофільтри, рукавні фільтри тощо.

2.1.5 Вихрові пиловловлювачі

Відносяться до прямоточних апаратів відцентрової дії. Вони відрізняються від циклонів високою (до 98...99%) ефективністю очищення газів від дрібнодисперсних частинок пилу (3...5 мкм), меншою питомою витратою енергії та можливістю очищення газів з вищою температурою (до 973 К). [35]В той же час вихрові пиловловлювачі складніші за будовою і експлуатацією, вимагають встановлення додаткового пристрою для подачі вторинного повітря.

На рис. 3.8 наведені два основних типи вихрових пиловловлювачів: соплові та лопаткові.

Запилений газ поступає в камеру 1 через вхідний патрубок з лопатковими завихрювачами 2, внаслідок чого потік закручується і відцентрові сили, які виникли в ньому, відкидають частинки пилу до стінок апарата. Одночасно направляється зустрічний потік вторинного повітря, яке закручується за допомогою соплового 4 або кільцевого лопаткового 5 завихрювача і рухається вздовж стінок камери, відводячи увесь пил у спеціальний бункер. Вторинне повітря для закручування потоку можна забирати із зовнішнього середовища, з потоку очищеного газу чи з запиленого повітря. Останній варіант найбільш економічний; в цьому випадку можна підвищити продуктивність пиловловлювача на 40...65% без помітного зниження ступеня очищення.

Одиночні вихрові пиловловлювачі можна легко групувати, забезпечуючи при цьому очищення великих об'ємів (до 315000 м3/год.) запиленого газу.

Інв.№ подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№ дубл.	Підп. і дата	ТС 93454				Арк				
									33				
									Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

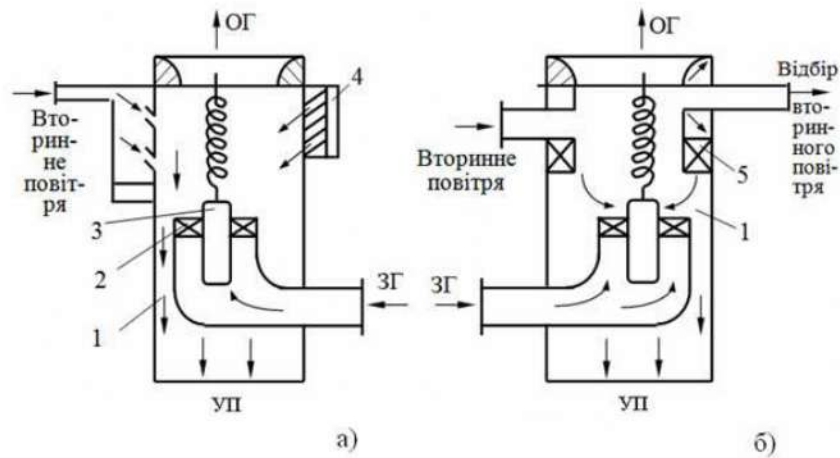


Рисунок 2.8 – Схематичне зображення вихрових пиловловлювачів: а) соплового типу; б) лопаткового типу: 1 – робоча камера; 2 – підпірна шайба; 3 – лопатковий завихрювач; 4 – сопловий завихрювач; 5 – кільцевий лопатковий завихрювач

2.1.6 Динамічні пиловловлювачі

В динамічних пиловловлювачах очищення газів від пилу здійснюється за рахунок відцентрових сил і сил Кориоліса, які виникають при обертанні робочого колеса. [17]

Динамічні пиловловлювачі, як правило, виконують одночасно функції вентилятора чи димососа і апарата для виділення з пилогазового потоку частинок пилу. За принципом дії динамічні пиловловлювачі поділяються на дві групи:

- апарати, в яких відцентрова сила направлена назустріч повітряному потоку;
- апарати, в яких направлення потоку і відцентрових сил збігаються. Вони характеризуються відносно невеликою порівняно невеликою ефективністю (50...90%) і малою продуктивністю (до 2000 м³/год.).

Із динамічних пиловловлювачів найбільше використовується димосос-пиловловлювач. Апарат призначений для вловлювання частинок пилу з середнім розміром >15 мкм. Димосос-пиловловлювач застосовується для очищення димових газів малих котелень, в ливарних виробництвах для очищення

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 93454	Арк
						34

аспіраційних викидів і на асфальтобетонних заводах для очищення газів сушильних барабанів.

Робота димососа-пиловловлювача (рис. 2.9) заснована за таким принципом. За рахунок різниці тисків, що утворюються робочим колесом 2 на валу 1, запилений потік поступає в „равлик” 5 і набуває криволінійного руху. Під дією відцентрових сил частинки пилю відкидаються до периферії і разом з невеликою кількістю газів (8...10%) відводяться для остаточного відділення через патрубок 9 у виносний малогабаритний циклон 8, з'єднаний з „равликом” газоходами.

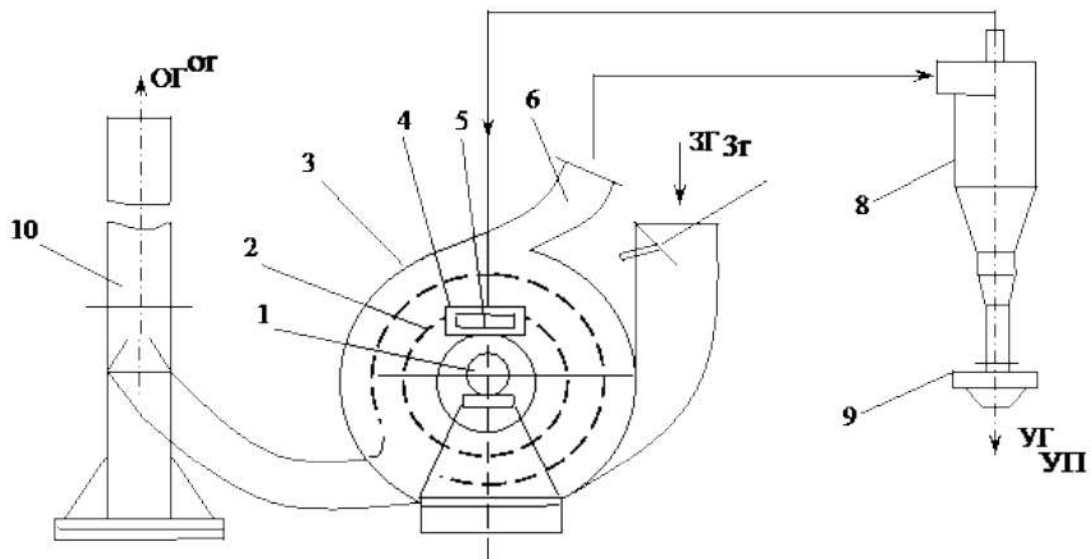


Рисунок 2.9 – Димосос-пиловловлювач:

- 1 – вал; 2 – робоче колесо; 3 – кожух; 4 – направлявальний апарат;
 5 – „равлик”; 6 – патрубок; 7 – шібер; 8 – циклон; 9 – затвор-мигалка;
 10 – димова труба

Розвантаження циклона проводиться через спускний стояк з затвором-мигалкою 10. Очищений газовий потік з циклона повертається в центральну частину „равлика”. З центральної зони „равлика” очищений газ поступає через направлявальні апарати в робоче колесо димососа, а потім через кожух 3 викидається в димову трубу 11.

Регулювання продуктивності димососа здійснюється шібером 7, при закриванні якого газовий потік притискається до периферії „равлика” і,

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 93454

Арк

35

відповідно, ефективність апарата збільшується. Для захисту стінок від зносу передбачені захисні козирки з полосової сталі, які розташовують на боковинах „равлика” в периферійній зоні.

2.1.7 Фільтрування

Фільтрація – один із найдавніших і найширше використовуваних методів видалення частинок із запилених газових потоків. В сучасному виді фільтрація забезпечує вловлювання самих різноманітних частинок розміром від видимого до білямолекулярного. Фільтрація здійснюється у фільтрі, розділеному пористою перегородкою на дві камери – запиленого і очищеного газу (рис. 3.10).

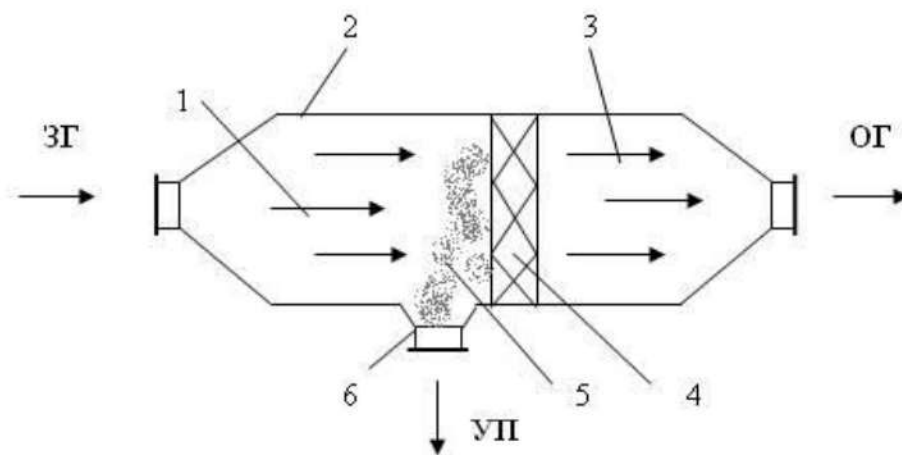


Рисунок 2.10 – Схема фільтрувального апарата:

1 – запилений газ; 2 – корпус; 3 – очищений газ; 4 – фільтрувальна перегородка; 5 – вловлюваний пил; 6 – пристрій для вивантаження пилу

Пористими перегородками застосовуються волокнисті ткани та неткані матеріали, насипний шар і жорсткі пористі матеріали.

Ефективність осаджування частинок у початковий період роботи фільтра (коли тканина чи зернистий шар ще чисті) невелика через відносно великі пори у фільтрувальній перегородці.[30-32] Осаджування відбувається за рахунок безпосереднього дотику частинок пилу до волокон (ниток) чи зерен фільтрувальної перегородки, дії сил інерції, дифузії та електростатичного притягання. В цей період на лобовій поверхні пористого шару утворюються острівки пилу, які у волоконних фільтрах поступово зникаються в суцільний,

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

					ТС 93454	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		36

але ще тонкий шар. В принципі такий шар стає непроникним для частинок, які знову набігають на пористу перегородку, й теоретично ефективність фільтра повинна бути рівною 100%. Однак абсолютна ефективність роботи у фільтрах не досягається з двох основних причин: із-за мікровібрації фільтрувального матеріалу та внаслідок утворення тріщин і пустот у пиловому шарі при регенерації. Ці причини обумовлюють проникнення пилу в зону очищеного газу в режимі фільтрування.

В процесі роботи фільтра маса пилу на поверхні та в об'ємі пористої перегородки збільшується, і відповідно росте гідравлічний опір. В той момент, коли він досягне наперед заданого оптимального значення, включається система регенерації і пил скидається в бункер. При цьому гідравлічний опір фільтрувальної перегородки не знижується до рівня опору чистого матеріалу, що практично неможливо і недоцільно, тому що зразу після регенерації має місце підвищене проскакування пилу. В міру запылення опір знову зростає.

Постійна зміна гідравлічного опору – одна із особливостей апаратів фільтрувального типу.

В даному посібнику розглядаються тільки промислові фільтри (зернисті, волокнисті, тканинні), які застосовуються для очищення промислових газів концентрацією дисперсної фази до 60 г/м³.

Тканинні фільтри

Тканинні (рукавні) фільтри призначені для очищення неагресивних, невибухонебезпечних і не схильних до злипання та утворення конденсату газопилових сумішей від твердих частинок при температурі до 300°С. В якості фільтрувального матеріалу в них використовують різні тканини (бавовняні, шерстяні, нітроні, лавсанові тощо) високої міцності та підвищеної теплової і хімічної стійкості.

Тканинні фільтри розрізняють за такими ознаками:

- формою фільтрувального елемента (рукавні, карманні);
- наявністю опорних конструкцій (каркасні, рамні);

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

					ТС 93454	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		
						37

- використання жорстко-каркасних фільтрувальних елементів;
- рух запиленого потоку ззовні усередину фільтрувального елемента;
- регенерація шляхом короткочасної подачі в кожний фільтрувальний елемент струменю стиснутого повітря. [9]

Процес регенерації здійснюється без відключення апарата і продовжується 0,2...0,3 с. Витрати стиснутого повітря складають 1...2 м³ на 1000 м³ очищеного газу. Завдяки безперервності процесу фільтрування та інтенсивній регенерації рукавів досягається висока пропускна спроможність апарата.

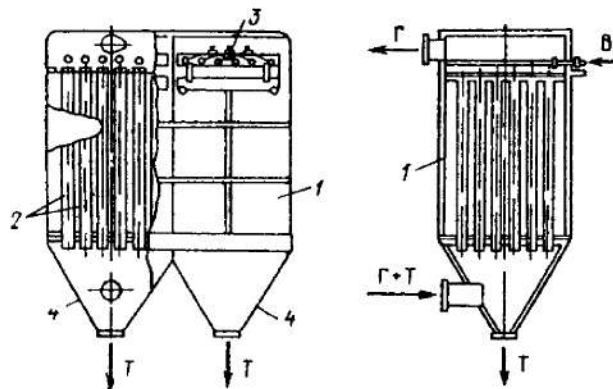


Рисунок 2.11 Рукавний фільтр: 1 - корпус; 2 - фільтруючі рукави; 3 - колектор стисненого повітря; 4 - збірник пилу.

Найбільш розповсюджені рукавні фільтри загальнопромислового призначення типу ФР, ФРО, ФРКІ, ФРНДІ, які серійно випускаються ВО „Газоочистка”. Умовне позначення типорозміру фільтра: Ф – фільтр; Р – рукавний; К – каркасний; О – зі зворотною (обратной) продувкою; І – з імпульсною продувкою; ДІ – а двобічною імпульсною продувкою; цифри після буквених позначень – поверхня фільтрування.

Волокнисті фільтри

Волокнисті фільтри – це апарати, в яких фільтрувальним елементом є поверхні шарів волокнистого матеріалу (картону, паперу, полімерних смол тощо) різної товщини. Це фільтри об’ємної дії, розраховані на уловлювання і накопичення силових частинок переважно всією глибиною шару. Суцільний шар пилу утворюється тільки на поверхні найщільніших матеріалів, звичайно

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

при фільтруванні відносно великих частинок і в кінці строку служби. Їх умовно поділяють на тонковолокнисті, глибокі та грубоволокнисті.[30]

Цим вимогам найбільше відповідають розповсюджені в сучасний час фільтри рамної конструкції. Фільтрувальний матеріал у вигляді стрічки вкладається між П-подібними рамками, які чергуються при складанні пакета відкритими і закритими сторонами в протилежних напрямках. Між сусідніми шарами матеріалу встановлюються гофровані роздільники, щоб не допустити приєднання їх один до одного. Рамки, роздільники, бокові стінки корпусу можуть бути з різного матеріалу: фанери, вініпласту, алюмінію, нержавіючої сталі тощо.

Забруднені газу поступають в одну з відкритих сторін фільтра, проходять через матеріал і виходять з протилежної сторони.

Глибокі фільтри складаються з глибокого добового шару грубих волокон і більш тонкого замикального шару тонких волокон. Багатошарові фільтри застосовуються для очищення вентиляційного повітря і технологічного газу від радіоактивних частинок. Вони розраховані на роботу на протязі 10...20 років, після чого їх захоронюють з цементуванням.

Грубоволокнисті фільтри (грубого або попереднього очищення) складаються з суміші волокон діаметром від 1 до 20 мкм, причому до 50% волокон повинні мати розміри менше 4 мкм. При швидкості фільтрування 0,05...1 м/с матеріал повинен майже повністю вловлювати частинки крупніші 1 мкм. Такі фільтри значно дешевші, як фільтри тонкого очищення і їх можна легко міняти або регенерувати.

У фільтрах малої продуктивності в одному корпусі розміщують фільтри грубого очищення із набивного шару лавсанових волокон товщиною 100 мм і фільтри тонкого очищення з матеріалу типу ФП (фільтр Петрянова) – із полімерних смол. Такі фільтри називаються двоступеневими або комбінованими.

Зернисті фільтри

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

						ТС 93454	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			40

тиску повітря, яке рухається в зворотному напрямку через насипний шар, захоплює з собою пил.

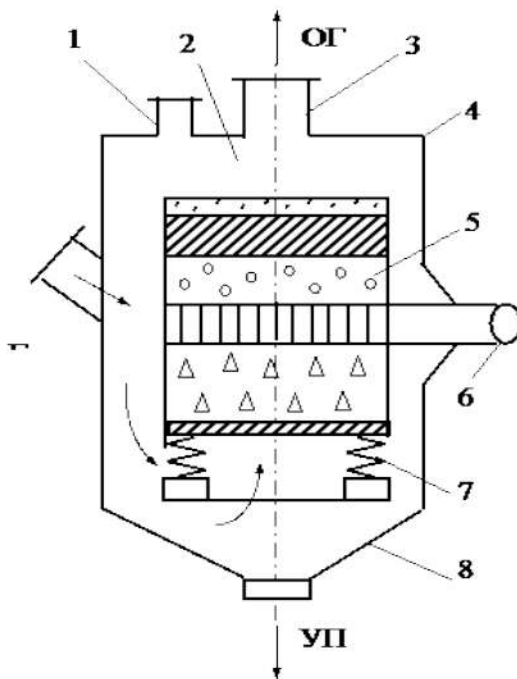


Рисунок 2.12 – Схема зернистого фільтра з нерухомим фільтрувальним шаром:

1 – продувний патрубок; 2 – камера очищеного газу; 3 – вихідний патрубок; 4 – корпус; 5 – насипні фільтрувальні шари; 6 – вібратор; 7 – пружини; 8 – бункер для пилу

У деяких конструкціях фільтрів продувка вторинним повітрям супроводжується замість вібрації шару ворошінням фільтрувальних елементів. Подібний спосіб регенерації зернистого шару реалізований в гравійному фільтрі-циклоні ФЦНГ.

Концентрація пилу на виході з апаратів 20...100 мг/м³, ступінь очищення менша ніж в рукавних фільтрах (не більше 92%), питоме газове навантаження на фільтрувальну поверхню вище порівняно а рукавними фільтрами.

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 93454	Арк
						42

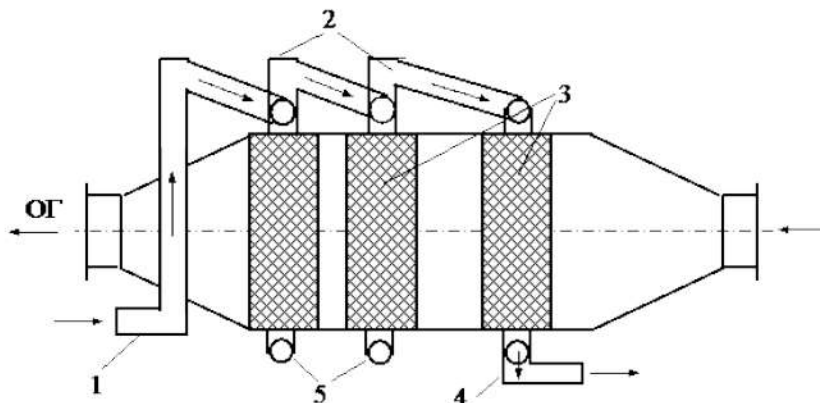


Рисунок 2.13 – Конструктивна схема насипного фільтра з рухомими фільтрувальними шарами:

- 1 – короб для подачі свіжого зернистого матеріалу; 2 – живильники;
 3 – фільтрувальні шари; 4 – короб для виведення зернистого матеріалу; 5 – затвори

В зернистому фільтрі з рухомими фільтрувальними шарами (рис. 2.13) матеріал переміщується між сітками чи жалюзійними решітками. Регенерацію матеріалу від пилу проводять в окремому апараті шляхом просіювання чи промивання.

В зернистих жорстких фільтрах зерна міцно зв’язані одне з одним внаслідок спікання, пресування чи склеювання і утворюють міцну нерухому систему. Залежно від матеріалу зерен фільтри бувають метало-керамічні (металеві спресовані порошки з бронзи, нікелю, вольфраму, титану, ніхрому, алюмінію тощо), і керамічні (спечені зерна шамоту, кварцового піску, азбесту тощо).

Зернисті жорсткі керамічні та металокерамічні фільтри вловлюють навіть субмікронні частинки і практично повністю затримують частинки більше 1 мкм. Залишкова концентрація звичайно складає при цьому менше 1 кг/м³. Ефективність їх складає до 99,9%. Вони використовуються для виділення з гарячих потоків цінних пиловидних продуктів і в енергетичних ядерних реакторах для очищення діоксиду вуглецю. Ширше використання цих фільтрів стримується їх високою вартістю, значним гідравлічним опором (до 6000 Па) і обмеженим терміном експлуатації[30]

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

2.2 Апарати мокрого очищення газів

Апарати мокрого очищення газів мають широке розповсюдження, оскільки характеризуються високою ефективністю очищення від мелкодисперсного пилу з d_{ch} е (0,3-1,0) мкм, а також можливістю очищення від пилу гарячих і вибухонебезпечних газів. Проте мокрі пиловловлювачі володіють рядом недоліків, що обмежує сферу їх застосування: освіта в процесі очищення шламу, що вимагає спеціальних систем для його переробки; винесення вологи в атмосферу і утворення відкладень у відповідних газовідходах при охолодженні газів до точки роси; необхідність створення оборотних систем подачі води в пиловловлювач.[5]

Апарати мокрого очищення працюють за принципом осадження частинок пилу або на поверхню крапель рідини, або на поверхню плівки рідини. Осадження частинок пилу на рідину відбувається під дією сил інерції і броунівського руху.

Сили інерції діють на частинки пилу і крапель рідини при їх зближенні. Ці сили залежать від маси крапель і частинок, а також від швидкості їх руху. Частинки пилу малого розміру (менше 1 мкм) не володіють достатньою кінетичною енергією і при зближенні зазвичай огинають краплі і не уловлюються рідиною. Броунівський рух характерний для частинок, малого розміру (менше 1 мкм). Для досягнення високої ефективності очищення газу від частинок домішок за рахунок броунівського руху необхідно зменшити швидкість руху газового потоку в апараті.

Окрім цих основних сил на процес осадження впливають турбулентна дифузія, взаємодія електрично заряджених частинок, процеси конденсації, випаровування і ін. [34] У всіх випадках очищення газу в мокрих пиловловлювачах важливим чинником є змочуваність частинок рідиною (чим краще змочуваність, тим ефективніше процес очищення).

У мокрих пиловловлювачах запылений газ зрошується рідиною або контактує з нею. Найпростішою конструкцією є промивна башта, заповнена

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 93454

Арк

44

кільцями Рашіга, скловолоком або іншими матеріалами. До апаратів такого типу належать скрубери та труби Вентурі. Часто для видалення шламів, що утворюються, труби Вентурі доповнюють циклонами. Скрубери працюють за принципом протитечії: газ рухається знизу вгору, а поглинальна рідина (частіше вода) розпилюється форсунками згори вниз. Скрубери можна застосовувати для холодних і гарячих газів, які не містять токсичних речовин (кислот, хлору тощо), оскільки вони видаляються в атмосферу разом з очищеним газом у вигляді туману. У барботажних апаратах запилений газ пропускають крізь рідину (воду). Їх доцільно використовувати для очищення гарячих газів з часточками пилу розміром понад 5 мкм. Барботаж використовують також у пінних апаратах. Для створення піни у воду додають ПАР. Ефективність очищення в цих апаратах досягає 97-99%.

Недоліком мокрого очищення газів є те, що вловлений пил перетворюється на мокрий шлам. Для видалення останнього потрібно будувати шламову каналізацію, що здорожує конструкцію.

В апаратах інерційного пиловловлювання різко змінюється напрямок потоку. Часточки пилу за інерцією вдаряються об поверхню, осаджуються і через розвантажувальний пристрій видаляються з апарата. Усередині апаратів розміщені пластини або кільця, об які вдаряється газ.[22] Зверху апарати можуть зрошуватися водою. Тоді пил з них видаляється у вигляді шламу.

Ультразвукові апарати використовують для підвищення ефективності роботи циклонів або рукавних фільтрів. Ультразвук сприяє адгезії і закріпленню часточок пилу. Ці апарати ефективні у разі високої концентрації пилу в очищуваному газі. Для збільшення ефективності роботи апарата його зрошують водою. Такі апарати в комплексі з циклоном застосовують для уловлювання сажі, туману різних кислот тощо.

Хімічні методи очищення викидних газів засновані на хімічному зв'язуванні шкідливих забруднювальних речовин. Дуже поширеним методом є хемосорбція, коли очищуваний газ промивають розчином речовин, що реагують із

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 93454

Арк
45

забруднювальними домішками. Так, для вловлювання оксидів нітрогену застосовують торфолужні композиції з гідроксидом кальцію або аміаком. У результаті хемосорбції утворюється добриво з 6-8% -м вмістом зв'язаного азоту у вигляді нітратів кальцію і амонію. Спалювання використовують для знешкодження горючих вуглеводнів, що не використовуються у виробництві. З економічного погляду це малоефективний процес, оскільки теплота не використовується і тільки призводить до теплового забруднення навколишнього середовища. Якщо концентрація горючих речовин недостатня для горіння, то застосовують термічне окиснення. При цьому очищений газ спалюють у полум'ї пальника.

У багатьох випадках для знешкодження відхідних газів застосовують каталітичні процеси окиснення, відновлення та розкладання.

Основними перевагами мокрих пиловловлювачів є:

- невелика вартість і більш висока ефективність;
- можливість використання для очищення газів від частинок розміром до 0,1 мкм;
- можливість очищення газів при високій температурі та підвищеній вологості а також при небезпеці загорянь і вибухів очищених газів і вловлюваного пилу;
- можливість поруч з пилом одночасно вловлювати пароподібні та газоподібні компоненти.

До недоліків мокрих пиловловлювачів відносяться:

- виділення вловлюваного пилу у вигляді шлаку, що зв'язано з необхідністю оброблення стічних вод, тобто з подорожчанням процесу;
- можливість виносу краплин рідини і осадження їх з пилом в газоходах і димососах;
- в разі очищення агресивних газів необхідність захищати апаратуру і комунікації антикорозійними матеріалами.

2.2.1 Насадкові газопромивачі

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

					ТС 93454	Арк 46
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		

Насадкові газопромивачі – це колони, заповнені тілами різної форми (рис. 2.14). Як заповнювач (насадка) застосовуються: галька, кокс, кільця з перегородками, кільця Рашіга чи Полля, кульки з полімерних матеріалів, скла чи пористої гуми. Більш тісний контакт газу, який очищається, з рідиною забезпечує кращу ефективність цих апаратів порівняно а порожнистими газопромивачами.

За направленням руху газів і рідини на садкові газопромивачі діляться на 3 групи: протиточні, прямоточні та з поперечним зрошенням.

Залежно від стану насадки вони бувають з нерухоною насадкою і з рухомою кульковою насадкою. Апарати з нерухоною насадкою знаходять застосування при вловлюванні тонкого пилю у вигляді туманів, добре розчинного пилю а також при спільному протіканні процесів пиловловлювання, охолодженні газів і абсорбції. Ефективність вловлювання більше 2 мкм перевищує 90%. [11]Недоліком цих апаратів є забруднення каналів, які утворюються елементами насадок, зволожений пилом, що приводить до різкого збільшення гідравлічного опору і зменшення продуктивності газопромивача.

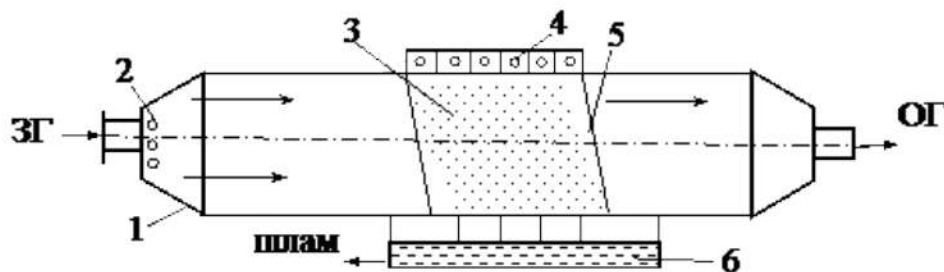


Рисунок 2.14 – Насадковий газопромивач з поперечним зрошенням:

1 – корпус; 2 – форсунки; 3 – насадка; 4 – зрошувальний пристрій; 5 – опорна решітка; 6 – шламозбірник

2.2.2 Апарати з рухомою насадкою

Апарати з рухомою насадкою (рис. 2.15) більш розповсюджені. В них насадка знаходиться в постійному русі, тому пил змивається, а міжелементний простір регулюється напором газу в апараті. Для забезпечення вільного перемішування насадки в газорідній суміші густина кульок не повинна перевищувати густину рідини. [7]Оптимальними є кульки діаметром 20...40 мм і

Підп. і дата	Інв.№ дубл.	Взаєм.інв.№	Підп. і дата	Інв.№ подл.	ТС 93454	Арк
						47
Вуп	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		

насищеною густиною 100...300 кг/м³; витрати зрошувальної рідини в межах 4...6 кг/м³; гідравлічний опір – 300...1400 Па; продуктивність для газів – 3000...40000 м³/год.

Скрубери з рухомою насадкою можуть працювати при різних режимах, але оптимальним для пиловловлювання є режим повного (розвинутого) псевдозрідження

Для забезпечення високого ступеню пиловловлювання рекомендуються такі параметри процесу: швидкість газу – 5...6 м/с; питоме зрошення 0,5...0,7 кг/м³; вільний переріз решітки $S_0 = 0,4 \text{ м}^2/\text{м}^2$ при $b = 4...6 \text{ мм}$. При очищенні газів, які вміщують смолисті речовини а також пил, здатний до утворення відкладень, застосовують щільні решітки (тарілки) з великою долею вільного перерізу ($S_0 = 0,5...0,6 \text{ м}^2/\text{м}^2$).

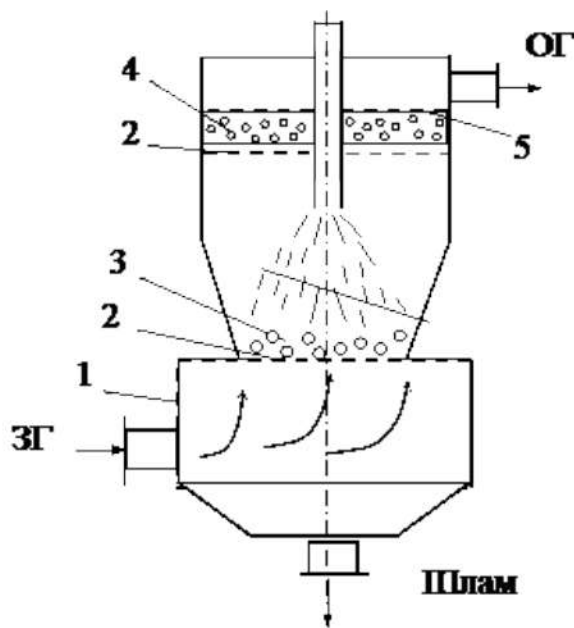


Рисунок 2.15 – Газопромивач з конічним шаром рухомої насадки:

- 1 – корпус; 2 – опорна решітка (тарілка); 3 – шар кульок;
- 4 – бризковловлювач; 5 – обмежувальна решітка; 6 – форсунка;
- 7 – шламозбірник

Вільний переріз обмежувальної решітки складає 0,8...0,9 м²/м². При виборі діаметра кульок необхідно витримувати співвідношення $D/dk \geq 10$. Оптимальними є кульки діаметром 20...40 мм і насипною густиною 200...300

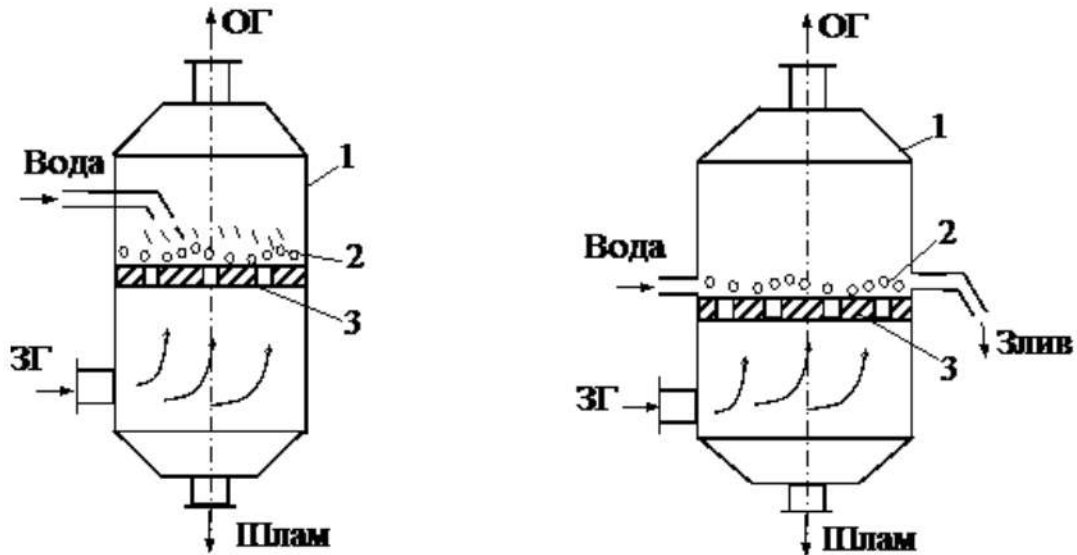
Підп. і дата
Інв.№ дубл.
Взаєм.інв.№
Підп. і дата
Інв.№ подл.

					ТС 93454		Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			48

кг/м³. Мінімальна статистична висота шару насадки Нст складає 5...8 діаметрів шарів, а максимальна визначається зі співвідношення $H_c/D \leq 1$.

2.2.3 Пінні пиловловлювачі

Основним конструктивним елементом пінного пиловловлювача (рис. 2.16, а; 2.16, б) є решітка (тарілка), яка разом з піною на ній служить полицею апарата. Решітки бувають дірчасті, цілинні, трубчасті та колосникові.



а)

б)

Рисунок 2.16 – Барботажнопінний пиловловлювач з провальною (а) і переливною (б) решітками: 1 – корпус; 2 – шар рідини і піни; 3 – решітка

Існують одно- і багатополічні апарати як з провальними так і з переливними решітками. В таких апаратах газ на очищення поступає під решітку, проходить крізь отвори в ній і, барботуючи через шар рідини і піни, очищається від частинок пилу за рахунок осадження частинок на внутрішній поверхні газових бульбашок. Режим роботи апаратів залежить від швидкості подачі газу під решітку. При швидкості до 1 м/с спостерігається барботажний режим роботи апарата.[1] Подальше збільшення швидкості газу в корпусі апарата до 2...2,5 м/с супроводжується виникненням пінного шару над рідиною, що приводить до підвищення ефективності очищення газу. Вільний переріз решітки складає 0,1...0,4 м²/м² площі перерізу апарата.

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

ТС 93454

Арк

49

Розроблено і освоєно промисловістю 12 типорозмірів пиловловлювача ПАСС марки ПВП діаметром 600...2500 мм, продуктивністю для газу 3...90 тис. м³/год., а також 8 типорозмірів марки АК (з відцентровим стабілізатором-закручувачем).

Залежно від властивостей вловлюваного пилю вони мають швидкість газів $V = 2,5...4,5$ м/с, гідравлічний опір 100...1900Па, питомі витрати рідини 0,6...0,8 кг/м³.

Запилений газ спочатку поступає в простір під решіткою, захоплює частину рідини, а потім, пройшовши отвори решітки зі швидкістю 10...12 м/с, контактує з шаром турбулізованої піни. Для забезпечення рівномірного розподілення газу у вільному перерізі решітки її отвори виконані зі збільшенням діаметра з віддаленням отворів від вхідного патрубка.

Очищений від пилю газ проходить через краплиновідділювач і через вихідний патрубок відводиться в атмосферу. Вловлений пил у вигляді шламу осаджується в бункерній частині й через вивантажувальний пристрій періодично видаляється з апарата.

2.2.4. Швидкісні газопромивачі (скрубери Вентурі)

Швидкісні газопромивачі (скрубери Вентурі) об'єднуються в велику групу апаратів, загальним для яких є наявність труби-розпилювача, у якій здійснюється інтенсивне подрібнення газового потоку, що рухається з високою швидкістю (порядку 40- 150 м/с), зрошувальною рідиною й установленою за нею каплевловлювача.

Скрубери Вентурі - найбільш ефективні з апаратів мокрого очищення газів. Осадженню частинок на краплях рідини, що зрошує, сприяють високі відносні швидкості між ним у трубах-розпилювачах.

Розроблено великий ряд конструкцій скруберів Вентурі (рис. 2.17)

Інв.№ подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№ дубл.	Підп. і дата					ТС 93454	Арк
										50
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						

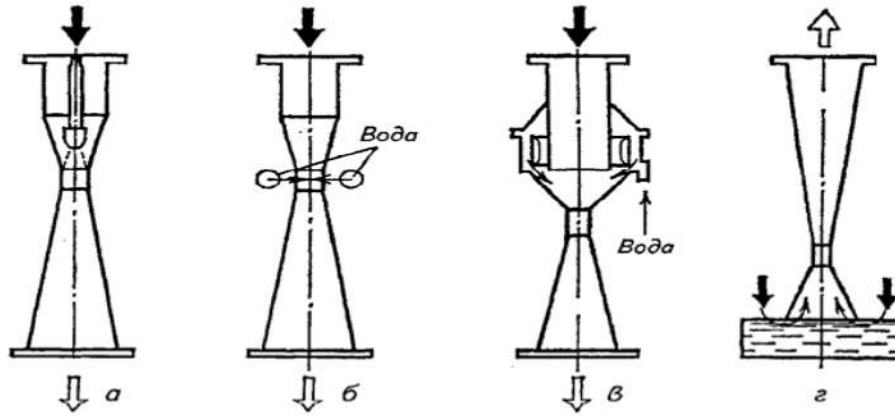


Рисунок 2.17. Конструкція труб-розпилювачів: а - центральний (форсуночний) підвід зрошення; б - периферійне зрошення; в - плівкове зрошення; з - безфорсунокове зрошення .

В запропонована інша конструкція скрубера Скрубер вертикальний з краплевлловлювачем циклонного типу, який містить корпус, ємність для води, зливний блок, який відрізняється тим, що тонка очистка високотемпературних газів здійснюється шляхом об'єднання трьох послідовно установлених ступенів очистки: скрубера плівкового типу, пиловловлювача інерційно-ударного типу та краплевлловлювача циклонного типу.

По гідродинамічних характеристиках скрубери Вентурі можна умовно підрозділити на високонапірні й низьконапірні. Перші застосовуються для тонкого очищення газів від мікронного й субмікронного пилу й характеризуються високим гідравлічним опором (до 20-30 тис. Па); другі використовуються головним чином для підготовки (кондиціонування) газів перед іншими пиловловлюючими апаратами й для очищення аспіраційного повітря; їхній гідравлічний опір не перевищує 3-5 тис. Па. Для роботи в низьконапірному режимі іноді використовуються труби Вентури з подовженими горловинами.[35] У цьому випадку більш глибоко протікають процеси охолодження газів .

Характерною особливістю механічних газопромивачів є наявність обертового пристрою (ротора, диска тощо), який забезпечує розбризкування і перемішування рідини або крутіння газового потоку. Залежно від способу підведення механічної енергії апарати цього типу поділяються на механічні

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

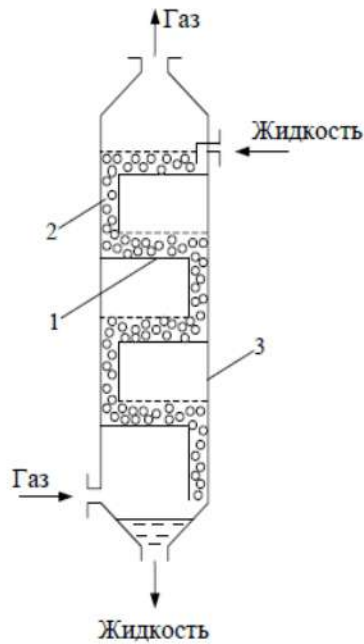


Рисунок 2.18. Схема тарільчатої колони:

1 - тарілка, 2 – устрійство для переходу рідини, 3 - корпус

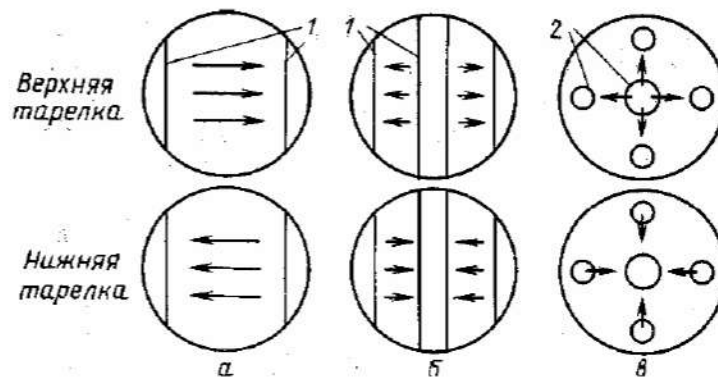


Рисунок 2.19 Деякі типи-зливних тріпельчастих колон

а-однопоточному пристрій із зливними перегородками 1; б - двухпоточном пристрій із зливними перегородками 1; в - пристрій для радіального напрямку рідини з переливними трубами 2.

Масообмінне обладнання з ПТВО має наступні переваги: простота й надійність конструкції, розвита поверхня контакту фаз, високий гідродинамічний ККД; велика одинична потужність; тарілки не забиваються при наявності в оброблюваному середовищі твердих часток, що злипаються й смолистих речовин; широкий діапазон стійкої роботи при високій ефективності [11, 13, 14].

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 93454	Арк
						53

Механізм очищення забруднених твердими домішками газів в провальних тарілках з розміром отвору 2-10 мм так і в тарілках з отворами розміром 120 – 150 мм має велику подібність. Однак, частина «внеску», який вносить кожна стадія очищення газів, для апаратів зі звичайними отворами і з отворами великого діаметру, різна. В апаратах з ПТВО збільшення ступеню очищення відбувається за рахунок великих робочих швидкостей газу в поперечному розрізі апарату та динамічної висоти газорідного шару.

Аналіз наявних експериментальних даних по гідродинаміці та масообміну апаратів з ПТВО [13, 27] показує, що режим розвинутої турбулентності, який є найбільш інтенсивним режимом роботи апарату, досягається в залежності від співвідношення між діаметром отвору d_o в тарілці та її вільним перерізом S_g при швидкостях газу $W_g = 2,0 - 2,5$ м/с. При цьому, чим менше витрата рідини, тим вища критична швидкість газу. Для апаратів з ПТВО значення S_g лежить в межах $0,3 - 0,35$ м²/м².

На ПТВО для створення стійкого пінного шару необхідно підтримувати швидкість газу у вільному перетині апарата в межах $0,8...2$ м/с, а мінімальна швидкість газів, необхідна для створення стійкого режиму вторинного піноутворення на тарілці, становить величину порядку 2 м/с [13, 14].

При швидкості газу $W_g = 3,5$ м/с спостерігається початок краплиносу, а при $W_g = 4,0$ м/с краплинос стає інтенсивним.

Гідродинамічний режим і структура газорідного шару на дірчастих тарілках зі збільшеними та великими отворами вивчені ще незовсім достатньо але для цих тарілок можна відмітити появу ще одного режиму – вторинного піноутворення [13]. Режим вторинного піноутворення виникає після режиму газових струменів, який спочатку вважався граничним, тобто як захлинання провальної тарілки, хоча краплиніс був відсутній. Подальше підвищення швидкості газу призводить до розвинутої вихрової взаємодії фаз. Газорідна суміш виглядає як „бурхлива піна”, але одночасно спостерігається помітна стабілізація шару (зниження пульсацій). Також спостерігається рівномірний

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

розподіл локального газовмісту шару й рідини по всьому поперечному перерізу апарата. Внаслідок цього відбувається одночасне витікання газу й рідини через всі отвори. При даному режимі можна досягти значної висоти газорідинного шару і, як наслідок, розвинута поверхня контакту фаз та великий гідродинамічний ККД.

Утворення високих газорідинних шарів дозволяє працювати при швидкостях газу 3 – 4 м/с без виникнення факельних проривів. При цьому рідина в апараті представлена у вигляді плівок різної форми та крапель.

Для провальних тарілок нижня межа стійкої роботи відповідає швидкості газу за якої на тарілці виникає динамічно стійкий газорідинний шар. Збільшення діаметра отворів від 10 до 90 мм не призводить до помітних змін в характері виникнення на тарілці газорідинного шару. Даний висновок підтверджується задовільними результатами дослідних даних [28] зі значенням W_{min} за рівнянням:

$$W_{oz} = W_{min} = 0,185 \cdot (1 - \tau) \cdot \sqrt{\frac{\rho_p - \rho_g}{\rho_g}}, \quad (2.3)$$

де τ – відсоток перетину отворів, через які стікає рідина, m^2/m^2 , ρ_p , ρ_g – щільність рідини та газу, kg/m^3 .

Очищення газу від пилу здійснюється в шарі піни в режимі вторинного піноутворення. Осадження твердих часток у пухирцях піни та на краплях і плівках рідини відбувається під дією інерційного, дифузійного й гравітаційного механізмів [29].

Для частинок $d_c > 5$ мкм переважає інерційний механізм, а для частинок $d_c < 2$ мкм – дифузійний.

За даними максимальна ефективність уловлення пилу в апараті з ПТВО (90%) досягається при швидкості газу $W_g = 3,0 - 3,5$ м/с. Очевидно, що підвищення ефективності уловлення високодисперсних твердих частинок відбувається за рахунок турбулентної дифузії при роботі апарата в високоінтенсивному режимі.

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 93454

Арк

55

Для порівняння в пінних апаратах з d_o до 10 мм ступінь уловлення дрібнодисперсних частинок $d_v < 2$ мкм на (10 – 12)% нижче, ніж в апаратах з ПТВО.

Таким чином, проведений аналіз літературних даних свідчить, що робота апаратів з ПТВО в інтенсивному турбулентному режимі дозволяє працювати з запиленими потоками та досягти високого ступеню очищення газу.

Інв.№ подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№ дубл.	Підп. і дата	TC 93454	Арк
						56
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		

РОЗДІЛ 3 ОЧИСТКА ВІДХІДНИХ ГАЗІВ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ГРАНУЛЬОВАНОГО СУПЕРФОСФАТА

При виробництві гранульованого суперфосфату відбувається забруднення навколишнього середовища газами, що відходять, і стічними водами (рис.3.1).

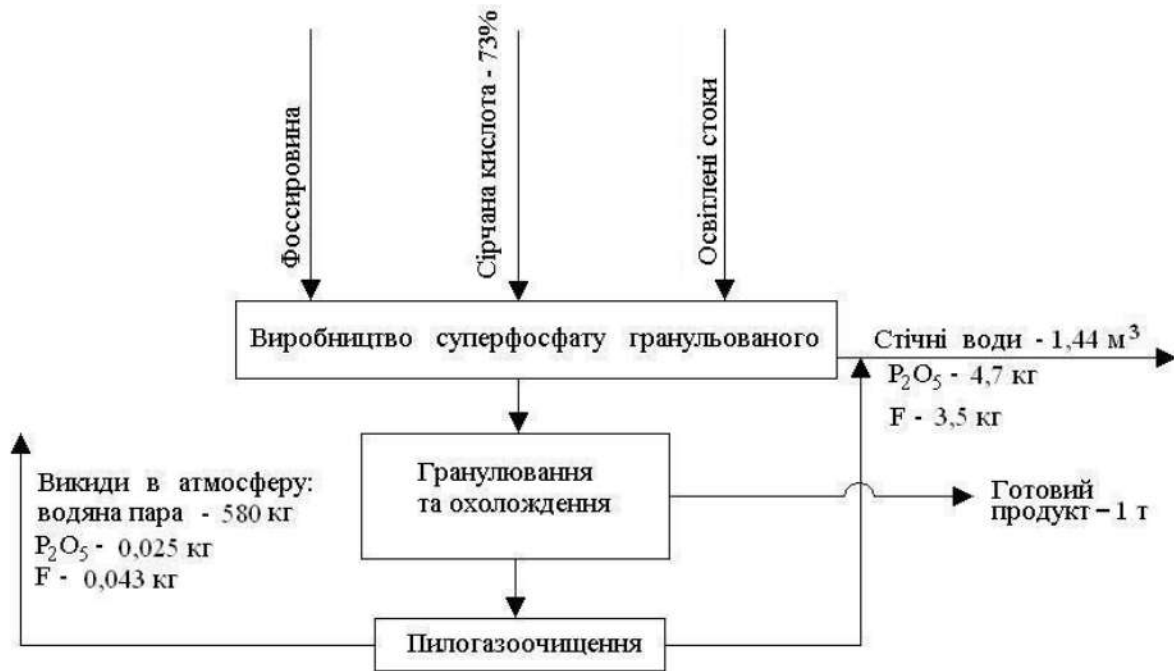


Рисунок 3.1 Схема матеріальних потоків виробництва суперфосфату

У житловій зоні району розташування підприємства концентрація шкідливих речовин за основними інгредієнтами не перевищує встановлених норм. Більшість шкідливих викидів залишається на промисловому майданчику підприємства або осідає в санітарно-захисній зоні.

Виробництво гранульованого суперфосфату супроводжується виділенням в навколишнє середовище відхідних газів (див. рис. 3.2). Основними компонентами газів є пил і фтористі гази.

Фтористі гази, виділяючись в основному у вигляді HF і SiF₄, є високотоксичними сполуками [16], що створюють загрозу навколишньому середовищу і здоров'ю людини. В той же час, великі обсяги отримання фосфорних добрив обумовлюють значні кількості викидаються фторвмісних

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

газів, які можуть розглядатися як додатковий ресурс фтору для отримання фтористих сполук. Таким чином, уловлювання фтористих сполук продиктовано як екологічними, так і економічними вимогами.

Фтористі гази і пил виділяються в операційному відділенні при розкладанні фосфатного сировини і на стадії гранулювання і сушіння.

В табл. 3.1 наведена характеристика газопилових викидів виробництва гранульованого суперфосфату.

Таблиця 3.1 Характеристика газопилових викидів виробництва гранульованого суперфосфату

Стадія виробництва	Кількість газу, що надходить у систему, тис м ³ /год	Склад газопилових викидів	Вміст фтору, мг/м ³	Вміст пилу, г/м ³
Операційне відділення	140	2HF+SiF ₄ , пари води й сірчаної кислоти	37	-
Відділення гранулювання	30	2HF+SiF ₄ , пари води і пил суперфосфату	27-36	4,7

На ПАТ «Сумхімпром» технологією очистка від пилу суперфосфату здійснюється в дві стадії – циклон та порожнистий розпилювальний скруббер. Загальна ефективність системи пилоочищення – 72 %, що приводить до перевищення ГДВ. Зрошення скруббера проводиться освітленою водою, яка подається зі станції нейтралізації. Очищене повітря надходить в колектор вихлопної труби. Газоподібні сполуки фтору при їх абсорбції водою утворюють спочатку слабку H₂SiF₆, яка потім гідролізується в слабку фтористоводневу кислоту по рівнянню



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

Стічні води виробництва містять 0,3 - 0,7% фтору та 1 - 2% P₂O₅, що вимагає нейтралізації та очищення. Щорічна втрата P₂O₅ на виробництві складає близько 4 тонн з газовими викидами і близько 700 тонн зі стічними водами.

Для правильного вибору більш ефективного пилоочисного обладнання потрібно враховувати технологічні параметри, властивості пилу та можливість утилізації шламу.

Характеристика пилу суперфосфату

Пил суперфосфату утворюється на стадії грануляції і сушки.

Пил суперфосфату відноситься до групи неорганічної пилу, являє собою порошок сірого кольору. Частинки мають округлу форму. У загальній масі пил сірого кольору. Переважають частки 16 - 40 мкм. Вміст часток менше 2,5 мкм становить 8,6%, частинок діаметром 2,5 - 10 мкм - 21,9%, діаметром більше 10 мкм - 69,5% (табл. 3.4). Механічні властивості пилу представлені в табл. 3.5

Таблиця 3.4 Дисперсний склад пилу суперфосфату

d_q , мкм	1,6	2,5	4,0	6,3	10	16	25	40	63
Вміст частинок більше d_q , % мас.	93,6	9,4	87,7	80,7	69,5	57,8	43	28,7	16

Пил суперфосфату згідно з [16] відноситься до III класу небезпечності, гранично допустима масова концентрація в повітрі робочої зони виробничих приміщень 6 мг/м³

Характеристика токсичності пилу: викликає почервоніння шкіри, роз'ятрювання слизової оболонки. Нестійкість артеріального тиску, змінення зубної та кістної тканини.

Характеристика газу - носія:

- температура - 18° С;
- запиленість – 4,7 г / м³;
- концентрація сполук фтору 27 - 36 мг / м³ (в перерахунку на чистий фтор).

Підп. і дата

Інв.№ дубл.

Взаєм.інв.№

Підп. і дата

Інв.№ подл.

ТС 93454

Арк

59

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

Таблиця 3.5 Механічні властивості пилу суперфосфату

Найменування	Позначення	Числове значення
Щільність	ρ , кг/м ³	2250-2320
Насипна щільність (не ущільнений стан)	ρ_n , кг/м ³	410-440
Насипна щільність (ущільнений стан)	ρ_y , кг/м ³	700-710
Кут природного укосу статичний	$\alpha_{ст}$	48-49
Кут природного укосу динамічний	α_{δ}	47-48
Коефіцієнт ущільнення	K_y	1,65-1,7
Відносна злежуваність	e_c , %	40-41,5
Коефіцієнт внутрішнього тертя	f	0,61-0,65
Розривна міцність (злипання)	T_p , Па	854-910
Крайовий кут змочування	Θ , град	38

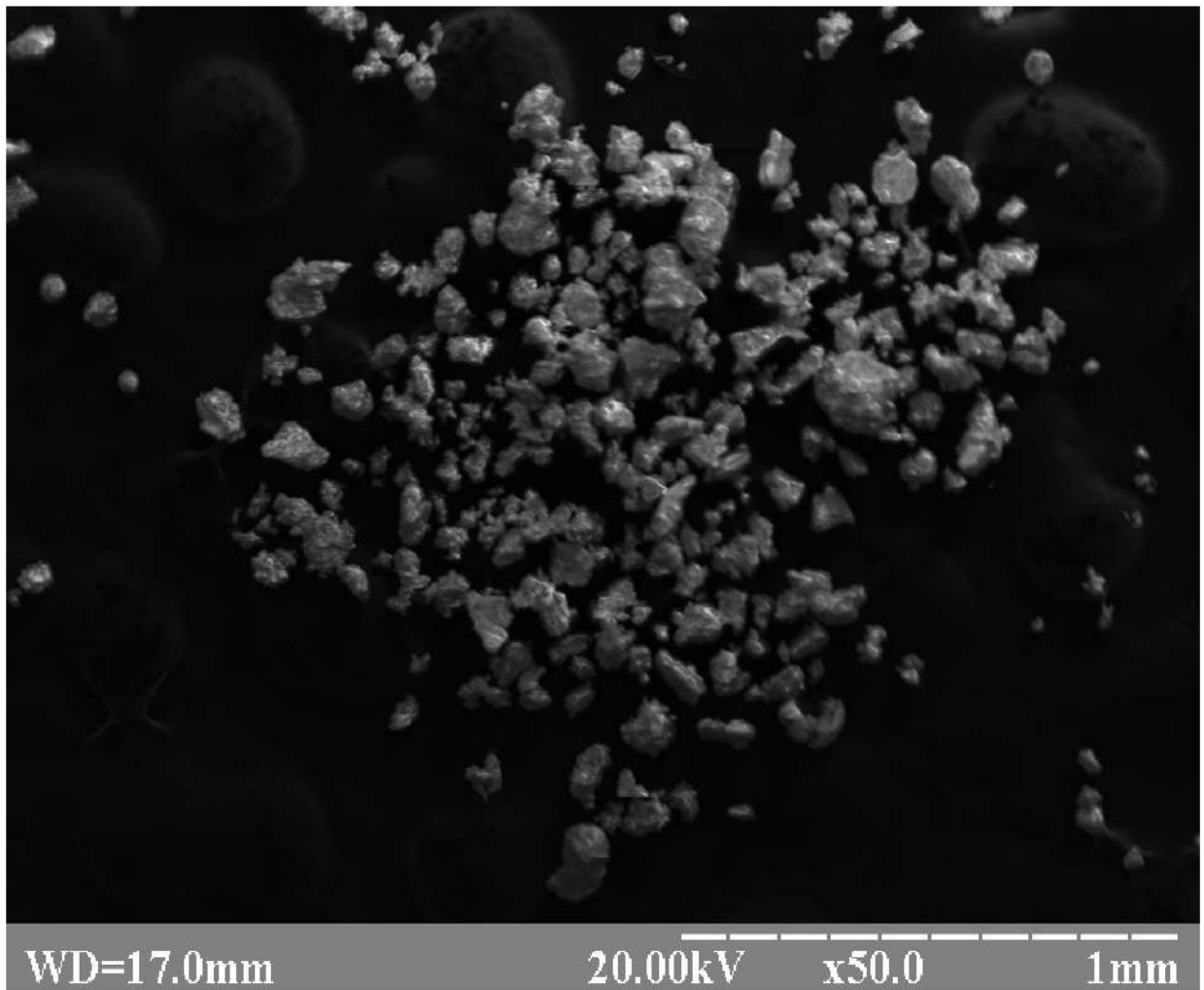


Рисунок 3.1 Пил суперфосфату під мікроскопом – 50-и кратне збільшення

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 93454

Арк

60

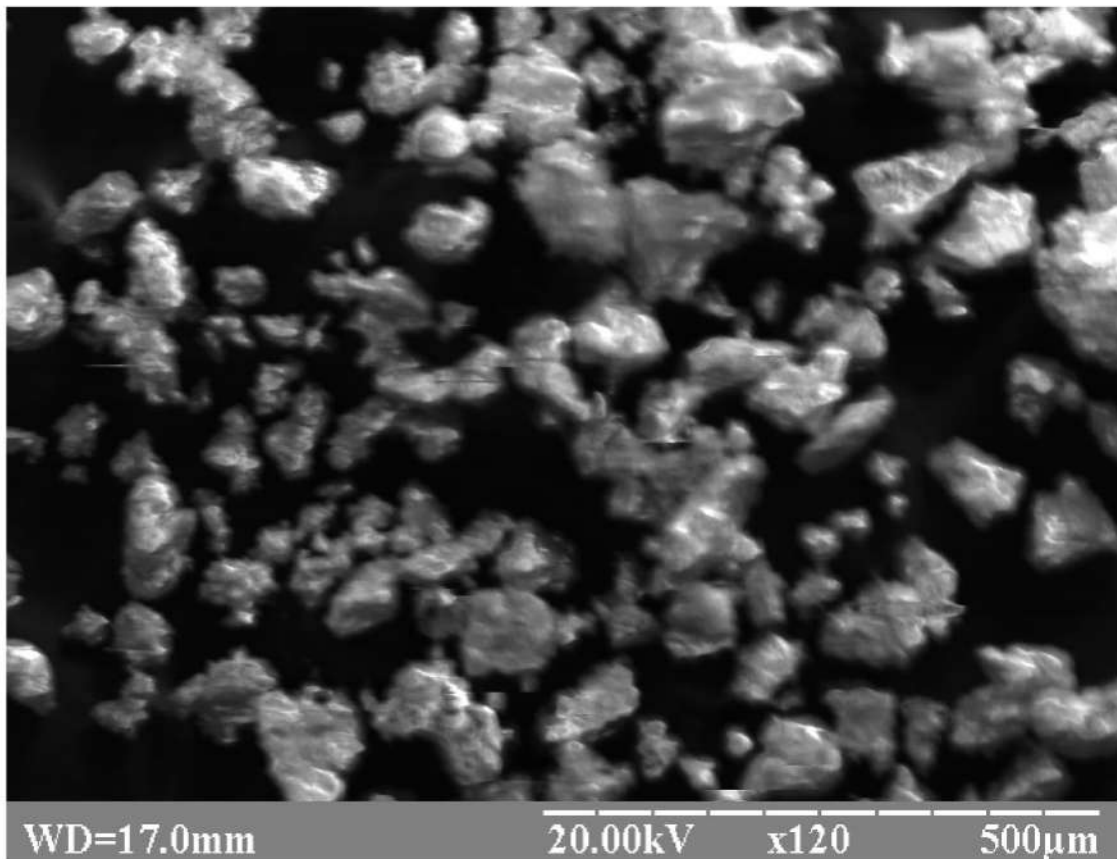


Рисунок 3.2 Пил суперфосфату під мікроскопом – збільшення 120 крат

Зразок суперфосфату у вигляді дрібнодисперсного порошку наносився на столик для зразків за допомогою провідного вуглецевого скотча і далі досліджувався.

Морфологія поверхні зразків була досліджена методом растрової електронної мікроскопії за допомогою електронного мікроскопа Ремм-102 (SELMI, Ukraine) при ускорюющем напрузі 20 кеВ у вторинних електронах.

Схильність пилу суперфосфату до ущільнення та злипання робить неможливим застосування пінних пиловловлювачів традиційних конструкцій через забивання отворів та вихід із ладу обладнання.

При проектуванні мокрих пиловловлювачів необхідно враховувати в'язкі властивості деяких видів пилу, а також можливість утворення різного роду відкладень. Для запобігання зазначених явищ можна рекомендувати застосування апаратів з форсунками грубого розпилу й контактних пристроїв з

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 93454

Арк
61

мінімальною схильністю до заростання, а при необхідності постачання спеціальними пристроями для руйнування й видалення відкладень.

Перспективними щодо цього є апарати із крупнодирчатими провальними тарілками.

Санітарна очистка газів передбачає великі обсяги газів, тому одним з перспективних шляхів інтенсифікації процесу очищення забруднених газів є розробка нових конструкцій апаратів, які працюють в режимі розвинутої турбулентності. Підвищення швидкості газу приводить до збільшення одиничної потужності апарату, знижує матеріаломісткість, сприяє підвищенню ефективності пилоочищення. До апаратів, які працюють у вказаному режимі відносяться зокрема і апарати з провальними тарілками великих отворів (ПТВО).

Використання провальних тарілок з великим діаметром отворів дозволяє значно продовжити строк експлуатації пилоочисного обладнання та полегшує їх очистку. Ці тарілки добре зарекомендували себе при обробці забруднених газів і рідин, з яких випадають інкрустації (Цейтлін, Фрумін). Апарати з провальними тарілками великих отворів використовуються в процесах абсорбції та десорбції в содовій промисловості та в процесах мокрого пиловловлення [21, 23].

Порівняльна характеристика апаратів з ПТВО, існуючого та деяких видів високоінтенсивного пиловловлюючого обладнання та наведена в табл. 3.1.

Як бачимо з таблиці 3.6, за ефективністю роботи апарат з ПТВО ($d_0 = 0,06$ м) не поступається іншим конструкціям високоінтенсивного пиловловлюючого обладнання. Досвід експлуатації апаратів з провальних тарілок великих отворів свідчить про незначні матеріальні витрати, тривалий термін роботи, а також можливість переобладнання існуючого пиловловлюючого обладнання шляхом монтажу контактної пристрою (тарілки з великими отворами) під час планових зупинок на чистку апарату.

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 93454

Арк

62

Таблиця 3.6 – Основні показники високоінтенсивних схем пилоочистки

№ з/п	Найменування параметру	Од. вимірюв.	Показники			
			Пінний апарат	Апарат зі зваженою насадкою	Апарат з регулярною рухомою насадкою	Апарат з ПТВО ($d_0 = 0,06$ м)
1	Об'єм газу на пилоочищення	тис.м ³ /год	20	40	40	40
2	Швидкість газу	м/с	2,5	4,5	4,5	4,5
3	Запиленість	г/м	1,5	2,5	2,5	2,5
4	Питоме зрошення	л/м ³	0,8	0,8	0,8	0,8
5	Гідравлічний опір	Па	800	1000	400	800
6	Динамічна висота шару піни	м	0,1	0,34	0,8	0,6
7	Ефективність шлововлення	%	90	92	96	96

Пилогазоочисне обладнання з ПТВО має наступні переваги: простота й надійність конструкції, розвита поверхня контакту фаз, високий гідродинамічний ККД; велика одинична потужність; тарілки не забиваються при наявності в оброблюваному середовищі твердих часток, що злипаються й смолистих речовин, тому ,відповідно, тривалий термін експлуатації; широкий діапазон стійкої роботи при високій ефективності [30].

Був розглянутий метод очищення газів на стадіях виробництва двоокису титану від пилу в пилоочисному апараті мокрого типу (рис. 3.3).

Апарат виконаний діаметром 2,4 м, висотою 4,0 м і містить одну провальну тарілку з отворами 150 мм і вільним перетином 21,5%. Продуктивність апарата – 15 тис. м³/год.

В середину корпусу 1 через вхідний патрубок 2 подається забруднений домішками газ. Одночасно у верхній частині апарата через зрошувальний пристрій 8 подають рідину. Під час проходженні газу через отвори тарілки 6, газ входить в контакт з рідиною, що супроводжується утворенням пухиря, який

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

ТС 93454

Арк

63

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

одразу ж розпадається на вихрові газорідинні потоки та призводить до турбулізації потоків і розвитку великої площі контакту фаз, де і відбувається очищення газу від домішок. При цьому в апараті утворюється настільки інтенсивний газорідинний шар, що виключає заростання отворів контактної пристрою. Очищений газ виводиться із апарату через патрубок 3, а рідина видаляється з апарату через патрубок 5.

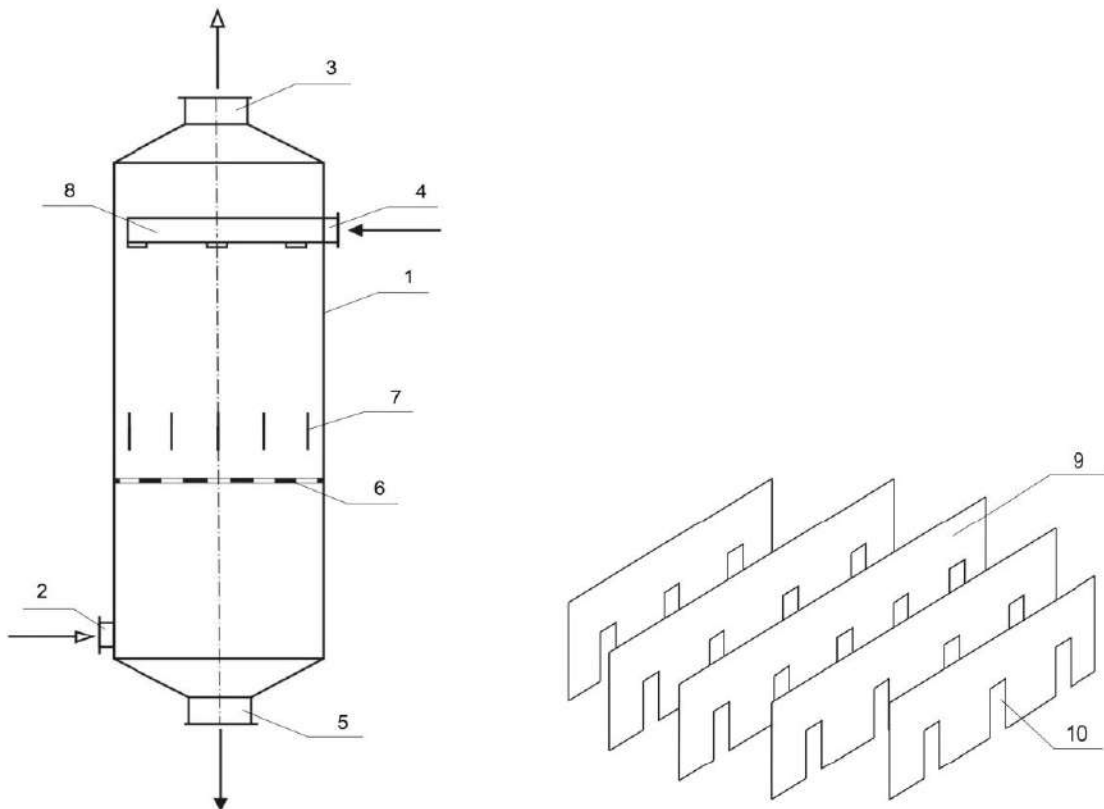


Рисунок 3.3.-Промислова установка з ПТВО:

1 – корпус; 2 – вхідний патрубок для газу; 3 – вихідний патрубок для очищеного газу; 4 – патрубок для вводу рідини; 5 – патрубок для відведення рідини; 6 – тарілка; 7 – стабілізатор; 8 – розподільний пристрій для рідини; 9 – пластина стабілізатора; 10 – пази.

Основне призначення стабілізатора 7, розташованого в пінному шарі – запобігти появі повздовжніх коливань газорідинного шару при високих лінійних значеннях швидкості газу у повному перерізі апарату. Завдяки розміщенню

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 93454	Арк 64
-----	-----	----------	-------	------	----------	-----------

стабілізатора в зоні пульсацій газорідного шару, в апараті створюється повноцінна по всій висоті високорозвинена поверхня контакту газової і рідинної фаз. У той же час спостерігається рівномірний розподіл локального газомісту шару і рідини по всьому поперечному перерізу колони (включаючи простір поблизу стінок і тарілки).

3.1 Розрахунок ПТВО для очистки газу від пилу

Знайти основні розміри газопромивачі для очистки від пилу 30000м³/год газу при 18°C . Запиленість газу на вході в апарат $c_{вх} = 0,0047\text{кг/м}^3$, ступінь очищення $\eta = 99\%$, швидкість газу в апараті $w = 3,5\text{м/с}$, швидкість газу в отворі 13м/с, висота шару піни на решітці 1м, $d_0 = 90\text{мм}$.

Швидкість газу в повному перерізі апарата є основним фактором від якого залежить ефективність очистки.

Визначаємо площу поперечного перерізу апарата:

$$f = \frac{Q}{w} 3600 \quad (3.2)$$

$$f = 30000 / 3,5 \cdot 3600 = 2,4 \text{ м}^2$$

При заданому ступені очищення $\eta = 99\%$ концентрація пилу в газі після газопромивача $c_{вих}$ визначається з формули:

$$c_{вих} = c_{вх} (1 - \eta) \quad (3.3)$$

$$c_{вих} = 0,0047(1-0,99) = 0,000047 \text{ кг/м}^3$$

Кількість вловленого пилу :

$$G_{ул} = V_0 (c_{вх} - c_{вих}) \quad (3.4)$$

$$G_{ул} = 100000 \frac{273}{273 + 18} (0.0047 - 0.000047) = 130,96 \text{ кг/год}$$

Якщо відома концентрація суспензії $c = \text{Т:Ж}$ (в кг/кг), то втрата води, тобто той об'єм води, який необхідний для утворення суспензії м³ /год, визначаються з виразу:

$$L_y = \frac{KG_{ул}}{1000c} \quad (3.5)$$

Підп. і дата	Інв.№ дубл.	Взаєм.інв.№	Підп. і дата	Інв.№ подл.	TC 93454	Арк
						65
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		

K – коефіцієнт розподілу пилу між втратами та зливною водою, виражений відношенням кількості пилу, що потрапляє до втраченої, до загальної кількості уловленого пилу, зазвичай $K = 0,6-0,8$;

Візьмемо $c = 1:8 = 0,125$ кг/кг та $K = 0,7$. Тоді на всю решітку

$$L_y = \frac{0,7 \cdot 130,96}{1000 \cdot 0,125} = 0,73 \text{ м}^3/\text{ч}$$

на 1 м^2 решітки $0,73/2,4 = 0,3 \text{ м}^3/(\text{м}^2\text{ч})$

Основні характеристики решітки (діаметр та шаг отворів) підбирають виходячи необхідних витрат. Встановлено, що втрати води зростають зі збільшенням діаметра отвору d_0 і висоти вихідного шару рідини на решітці h_0 .

Враховуючи таку концентрацію пилу в газі як $4,7 \text{ г/м}^3$ і відносно велику легкість виготовлення решіток з крупними отворами то для забезпечення нормальної роботи апарата вибираємо швидкість газу в отворі 13 м/с .

Тоді відношення площі вільного перетину решітки f_0 до площі перерізу апарата f складе:

$$f_0/f = w/(w_0z) \quad (3.6)$$

де $z = 0,95$ – коефіцієнт, що враховує, 5% площі вільного перетину займають опори решіток і т.д.

$$f_0/f = 3,5/(13 \cdot 0,95) = 0,28 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

При розбиванні отворів решітки з шагом t то площа дорівнює:

$$S = tx = t2\sqrt{t^2 - \left(\frac{t^2}{4}\right)} = 1.73t^2 \quad (3.7)$$

На цю площу приходиться один отвір діаметром d_0 . Площа отвору буде:

$$S_0 = 0.785d_0^2 \quad (3.8)$$

Як було знайдено вище, відношення S_0/S повинно дорівнювати $0,28 \text{ м}^2/\text{м}^2$

$$S_0/S = 0.28 \quad (3.9)$$

тоді
$$\frac{0.785d_0^2}{1.73t^2} = 0.28$$

звідки
$$t = \sqrt{\frac{0.785d_0^2}{1.73 \cdot 0.28}} \quad (3.10)$$

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

При діаметрі отворів $d_0 = 90$ мм:

$$t = \sqrt{\frac{0.785 \cdot (90)^2}{1.73 \cdot 0.28}} = 115 \text{ мм}$$

Підрахуємо яка повинна бути висота шару піни при заданому ступеню очистці $\eta = 99\%$.

Коефіцієнт швидкості пиловловлення

$$K_{\Pi} = \frac{2\eta\omega}{(2-\eta)} \quad (3.11)$$

$$K_{\Pi} = \frac{2 \cdot 0,99 \cdot 3,5}{(2 - 0,99)} = 6,86 \text{ м/с}$$

Зв'язок між коефіцієнтом K_{Π} та висотою шару піни H виражається емпіричною формулою

$$H = K_{\Pi} - 1.95w + 0.09 \quad (3.12)$$

$$H = 6,86 - 1,95 \cdot 3,5 + 0,09 = 0,125 \text{ м.}$$

З іншої сторони для пиловловлювачів

$$H = 0,806\omega^{0.5}h_0^{0.6} \quad (3.13)$$

h_0 – висота вихідного шару води на решітці, м.

Звідси

$$h_0 = \left(\frac{H}{0,806\omega^{0.5}}\right)^{1/0,6} \quad (3.14)$$

$$h_0 = \left(\frac{0,125}{0,806 \cdot 3,5^{0.5}}\right)^{1/0.6} = 0,016 \text{ м}$$

Інв.№ подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№ дубл.	Підп. і дата	ТС 93454				Арк	
									67	
					Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Методика оцінки інвестицій в природоохоронну діяльність

З метою розвитку і удосконалення виробництва в країні з року в рік здійснюється все більше капітальних вкладень. Всі вони повинні економічно обґрунтовуватися для того, щоб виявляти окупність витрат і вибирати найвигідніші проекти. У іншому випадку може вийти, що інвестиції виявляться неефективними або навіть збитковими. Це веде до уповільнення науково-технічного прогресу, зниження добробуту населення.

Центральне місце серед наукових і практичних проблем економіки займає проблема порівняння витрат і результатів при реалізації різних проектів і вибору кращого для раціонального використання інвестицій. Рішення даної проблеми важливе як для планової економіки, так і ринкової.

Охорона навколишнього природного середовища пов'язана з розробленням і здійсненням комплексу екологічно спрямованих заходів, що запобігають або знижують негативний вплив антропогенної діяльності на природу.

Економічним результатом природоохоронної діяльності розуміють суму приросту національного доходу, одержаного в результаті здійснення природоохоронних заходів, ліквідованого економічного збитку, побічних економічних ефектів, одержаних в усіх підрозділах і галузях в поточному році.

Оцінка економічного результату природоохоронної діяльності обчислюється за формулою

$$P = \Delta U + \Delta D \quad (4.1)$$

U – недопущений економічний збиток внаслідок здійснення природоохоронних заходів,

D – приріст виробничих доходів внаслідок природоохоронної діяльності.

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 93454

Арк
68

Критерієм економічного збитку від забруднення довкілля є розмір валового внутрішнього продукту :

$$\Delta Y = Y_1 - Y_2 \quad (4.2)$$

Y_1, Y_2 - економічні збитки від забруднення довкілля до і після проведення природоохоронних заходів.

Ефективність визначається відношенням результату (ефекту) до витрат, що забезпечили його отримання.

Ефективність розкриває характер причинно-наслідкових зв'язків виробництва. Вона показує не сам результат, а те, якою ціною він був досягнутий. Тому ефективність найчастіше характеризується відносними показниками, що розраховуються на основі двох груп характеристик (параметрів) - результату і витрат. Це, втім, не виключає використання в системі показників ефективності і самих абсолютних значень вихідних параметрів.

Економічна ефективність - це вид ефективності, що характеризує результативність діяльності економічних систем (підприємств, територій, національної економіки). Головною особливістю таких систем є вартісний характер засобів (видатків, витрат) досягнення цілей (результатів), а в деяких випадках і самих цілей (зокрема, одержання прибутку).

У загальному вигляді принципова схема визначення показника ефективності може бути виражена формулою

$$e = E/Z \quad (4.3)$$

де e - показник економічної ефективності;

E - величина економічного ефекту;

Z - витрати ресурсів (коштів, засобів виробництва, предметів праці, трудових факторів, часу та ін.) на забезпечення зазначеного економічного ефекту.

Визначення економічної ефективності середовище захисних заходів містить дві групи взаємозв'язаних економічних і соціальних завдань:

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

1. Раціональне використання ресурсів (фінансових, матеріальних, трудових).

2. Якнайкраще задоволення соціальних (суспільних) потреб природокористувачів у природних ресурсах і умовах, а також у чистоті і різноманітті довкілля.

Є завдання соціально-еколого-економічні, при вирішенні яких задоволення соціальних потреб є метою, а економічні можливості - засобом досягнення цілей. Крім того, оцінка ефективності природоохоронних заходів - це ще і морально-етична проблема, оскільки здійснення цих заходів торкається інтересів майбутніх поколінь.

Таким чином, вирішення загального завдання оцінки ефективності середовище захисних заходів пов'язане з труднощами при зіставленні витрат і результатів. Основними з них є:

- визначення величини різнорідних витрат і їх зіставлення;
- вимірювання кінцевих результатів і їх зіставлення за соціальною корисністю для різних природокористувачів;
- облік чинника різночасності витрат і результатів, чинника невизначеності, (ризик) соціально-економічних і екологічних процесів.

Необхідно враховувати як соціально-економічні, так і демографічні, національні, політичні та інші наслідки цих змін.

В економічній теорії виділяють дві групи узагальнюючих показників: абсолютні і порівняльні.

Абсолютні показники ефективності визначаються як результат безпосереднього ділення ефекту на витрати, що його викликали.

При розрахунках використовуються такі варіанти обліку **витрат**:

- *повні витрати* (капітальні і поточні) за весь період реалізації заходу;
- *капітальні вкладення* (інвестиції) на реалізацію заходу.

У вигляді зазначеного *ефекту* найчастіше використовують:

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 93454

Арк
70

- *річну величину ефекту* - розраховується за формулою через показник прибутковості, тобто частку величини витрат, яка відповідає розміру прибутку, що отримується протягом року;

- *повна величина ефекту* (за весь період реалізації заходу) - підсумок розрахунків величини щорічних ефектів, зокрема, є показник, який широко використовується, - *віддача капіталу*, тобто величина прибутку, який отримується на кожну одиницю вкладених витрат (гривень прибутку на гривень витрат).

Економічний ефект визначається з метою:

- обґрунтування вибору оптимального варіанта заходів екологічної спрямованості в разі неможливості їх зіставності за зазначеними вище показниками;

- вибору пріоритетних напрямків інвестиційної політики в природокористуванні і середовищезахисної діяльності;

- обґрунтування ефективності нових технічних рішень у галузі охорони навколишнього середовища;

- оцінки фактичної ефективності здійснення заходів.

Однією з форм показника абсолютної економічної ефективності є *термін (строк) окупності витрат (капітальних вкладень)*. Він характеризує період, протягом якого понесені на реалізацію заходу витрати повністю повертаються за рахунок отриманого ефекту. Термін окупності визначається зворотним співвідношенням витрат і річного ефекту:

$$T_{ок} = \frac{З}{E_{річ}} \quad (4.4)$$

де *З* - витрати на реалізацію заходу протягом усього періоду його дії; як варіанти можуть використовуватися: величина повних витрат або тільки капітальних вкладень (грн);

$E_{річ}$ - величина чистого річного економічного ефекту (грн/рік).

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

В залежності від тимчасового періоду обліку результатів і витрат розрізняють показники ефективності, що розраховують за розрахунковий період, показники річної ефективності і т.д. Тривалість тимчасового періоду, прийнятого для визначення показників ефективності, залежить від багатьох факторів: тривалості інвестиційного періоду, терміну служби об'єкта і технологічного обладнання, ступеня достовірності попередньої інформації, вимог інвесторів.

Показники ефективності інвестиційних проектів поділяються також залежно від мети їх використання на показники загальної (абсолютної) і порівняльної ефективності. Показники загальної економічної ефективності визначаються з урахуванням повного обсягу інвестиційних витрат.

Показники загальної ефективності дозволяють оцінити економічну доцільність інвестиційних вкладень, показники порівняльної ефективності допомагають зробити порівняння різних варіантів інвестиційних проектів і вибрати найбільше економічно раціональний.

4.3 Розрахунок економічного збитку від забруднення атмосфери

По своєму змісті економічний збиток від забруднення навколишнього середовища представляє екологічну складову суспільно необхідних витрат, тобто витрати суспільства, викликані негативним впливом на різні елементи середовища процесів виробництва й споживання продукції. Це, насамперед, витрати, пов'язані із впливом забруднення на здоров'я людей (недовироблення національного доходу, додаткові витрати на лікування й профілактику хвороб), виплати із соціальних фондів, додаткові витрати на компенсацію інтенсивного зношування основних фондів промисловості, житлово-комунального господарства й обумовлені цим різні втрати, недовироблення продукції сільського, лісового господарства та ін.

Під економічним збитком, що впливає на навколишнє середовище, варто розуміти виражені у вартісній формі фактичні й можливі збитки, заподіювані

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

P - включає відвернений соціальний збиток (скорочення захворюваності, збільшення періоду активної діяльності населення й т.д.)[40]

Ефективність системи газоочистки звичайно характеризується ступенем уловлювання забруднюючого компонента. Відповідно до рекомендацій з розрахунку економічного ефекту від впровадження природоохоронних заходів збиток У (грн/рік), заподіюваний атмосферними викидами, може бути обчислений по формулі:

$$Y = \gamma \cdot \sigma \cdot f \cdot M \quad (4.8)$$

де γ – показник питомого $\gamma = 2,4$ грн/умов. т;

f - показник, що враховує характер розсіювання домішок в атмосфері (залежить головним чином від швидкості осадження);

σ - показник, що враховує характер зони активного забруднення (для територій промислових підприємств, включаючи захисні зони, $\sigma = 4$);

M - маса викиду, умов.кг/рік.

Параметри, що не залежать від функціонування системи газоочистки, об'єднаємо в коефіцієнт, k обумовлений методом економічної оцінки природоохоронних заходів: $k = \gamma \sigma f$.

Сумарна наведена маса викиду, що включає N складових розраховується по формулі:

$$M = \sum_{i=1}^N A_i \cdot m_i \quad (4.9)$$

де A_i — показник відносної агресивності і-го компонента, т/т;

m_i — маса викиду і-ої складової, кг/с .

Розрахунок маси викиду у тоннах здійснюється визначенням потужностей викидів, з урахуванням часу роботи джерела за формулою:

$$m_i = 0,0036(V_i C_i)T, \quad (4.10)$$

де V_i – обсяг витрат газового потоку на виході із джерела, м³/с;

C_i – середня концентрація і-ї забруднюючої речовини, г/м³;

T – час роботи джерела, год .

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

Маса викиду була розраховано у відповідності з формулою 4.10 і становить:
з існуючою системою очистки $m_i = 44,58$ т/рік;

із запропонованою - $m_i = 3,18$ т/рік.

Сумарна наведена маса викиду розраховувалася за формулою 4.9 і становить: для існуючої системи очистки $M = 74,45$ умов.т/рік;

для запропонованої - $M = 5,31$ умов.т/рік

Модернізація скрубєрів в які будуть встановлені провальні тарілки великих отворів, монтаж яких складає 2000 грн.

Викиди в атмосферу складають 800 т/рік податок за викид на існуючому обладнанні складає 10000 грн/рік.

Економічний збиток заподіяний атмосферними викидами розрахований за формулою 4.8 і становить для систем очищення:

діюча, тобто 60% $Y_1 = 10000$ грн/рік;

запропонованої, 99,6% $Y_2 = 2000$ грн/рік.

Різниця буде становити $\Delta Y = Y_1 - Y_2 = 10000 - 2000 = 8000$ грн/рік.

Таблиця 4.1 - Економічні характеристики систем очищення

Показник	Діюча система очистки	Система очистки, що пропонується	Різниця
Ефективність очищення	60%	99,6%	39,6%
Економічний збиток, грн/рік	$Y_1 = 10000$	$Y_2 = 2000$	$\Delta Y = 8000$
Податок за забруднення, грн/рік	$\Pi_{ат1} = 1466,96$	$\Pi_{ат2} = 104,64$	$\Delta \Pi_{ат} = 1362,32$

Підп. і дата					TC 93454	Арк
Інв.№ докл.					TC 93454	Арк
Взаєм.інв.№						
Підп. і дата						
Інв.№ подл.						
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів

Ріст випуску продукції лакофарбової та безлічі інших галузей виробництва нерозривно пов'язаний із застосуванням пігментів, а саме білого пігменту двоокису титану. Основна частка в українському виробництві титанових пігментів доводиться на рутильну і анатазну марки двоокису титану. ПАТ «Сумихімпром» є одним з найбільших українських підприємств з виробництва титанових пігментів. Виробництво введено в експлуатацію в 1971 році і його потужність складає 20 тис.т/рік [18].

Потужна база по виробництву пігментів, а саме двоокису титану, негативно впливає на навколишнє середовище. Основними компонентами газів, що викидаються у атмосферу при одержанні пігменту є пил ільменіту і власне двоокису титану (TiO_2) та сірчисті гази. Це призводить до забруднення атмосферного повітря робочих місць, промислових площадок і прилягаючих до підприємства територій, що, у свою чергу, спричиняє нанесенню шкоди здоров'ю людини й навколишньому середовищу.

Так, під впливом пилу титановмісної сировини, яка містить безліч домішок різних окисів (Ti, Fe, Ca, P, Mn, Al, Si, Cr, V, Mg) в працюючих відзначаються ураження слизової порожнини, а також отруєння шлунково-кишкового тракту. Особливо це помітно в осіб з виробничим стажем більше п'яти років. Пил власне продукції TiO_2 характеризується не токсичними властивостями але також негативно впливає на дихальні шляхи.

Рішенням цієї проблеми є поліпшення технології виробництва двоокису титану і застосування вискоєфективних газоочисних установок.

Досвід експлуатації газоочисних апаратів показує, що вони повинні задовольняти наступним вимогам:

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

					ТС 93454	Арк 77
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		

- висока ефективність й інтенсивність;
- простота конструкції;
- універсальність (скорочення типів апаратів полегшує виготовлення, ремонт й експлуатацію);
- нечутливість до забруднень оброблюваних газів і рідин, тому що при очищенні газопилових викидів утворюються суспензії й осад, схильні до налипання на контактних пристроях апаратів;
- відносно низька енергоємність.

Перерахованим вимогам відповідають апарати із провальними тарілками великих отворів (ПТВО). Апарат із ПТВО дозволяє проводити очищення газів, що відходять, як від пилу мокрим способом, так і хемосорбцію сірчистих газів аміачним розчином

При виробництві пігментного діоксиду титану мають місце наступні фактори, які є небезпечними для обслуговуючого персоналу:

- вибух та загоряння природного газу, задуха природним газом та отруєння продуктами його горіння;
- потрапляння сірчистих газів та парів сірчаної кислоти в робочу зону, які можуть спричинити подразнення слизових оболонок, а при великих концентраціях - отруєння працівників;
- хімічні опіки кислотами та лугами при потрапленні їх на шкіру, в очі та на слизові оболонки;
- термічні опіки парою, гарячою водою, підвищеною температурою поверхонь обладнання, матеріалів, повітря робочої зони;
- машини та механізми, що рухаються та обертаються, рухомі частини виробничого обладнання, матеріали, що транспортуються, конструкції, які можуть руйнуватися;.
- підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони під час розгерметизації обладнання;

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

						ТС 93454	Арк 78
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			

- відхилення параметрів мікроклімату робочої зони (температури, відносної вологості, швидкості руху повітря);
- підвищений рівень шуму та вібрації на робочому місці;
- наявність струмонесучих дротів та струмоприймальних пристроїв;
- підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, при замиканні якого електричний струм може пройти через тіло працівника;
- недостатній рівень освітленості робочої зони (недостатній рівень природного освітлення або штучного освітлення);
- розташування робочого місця на значній висоті відносно поверхні землі (полу);
- підвищений рівень ультрафіолетового, видимого та інфрачервоного випромінювання;
- викид гарячої реакційної маси з реакційних апаратів, опіки парою при потраплянні гарячого, кислого або лужного розчину на шкіру або в очі при роз'єднанні фланцевих з'єднань трубопроводів, які перекачують агресивні рідини;
- травмування вантажем під час проведення вантажно - розвантажувальних робіт мостовими кранами, кран - балками, електричними та механічними телями;
- наїзди електронавантажувачем, залізничним або автомобільним транспортом.

Для виключення можливості виникнення вибухів, пожеж, отруень, травм, опіків, а також для забезпечення нормальних санітарно-гігієнічних умов праці працівників, необхідно виконувати наступні вимоги:

- проводити своєчасний ремонт, перевірку на працездатність систем блокування, сигналізації;
- дотримуватись норм технологічного регламенту.

До роботи в цеху з виробництва, збереження, транспортування діоксиду титану допускаються працівники не молодше 18 років, які пройшли медичний

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

						ТС 93454	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			79

- безпечного переміщення персоналу, швидку їх евакуацію в екстрених випадках, а також найкоротших підходів до робочих місць;
- безпечної експлуатації транспортних засобів, засобів механізації та автоматизації виробничих процесів;
- використання працівниками засобів захисту від впливу шкідливих та небезпечних виробничих факторів.

Якщо виникла необхідність доручити працівникові цеху іншу роботу, яка не пов'язана з його основною трудовою діяльністю, то працівникові необхідно провести цільовий інструктаж з охорони праці із записом до журналу реєстрації інструктажів з охорони праці на робочому місці.

Не допускати знаходження на робочому місці сторонніх осіб.

Допуск до роботи сторонніх ремонтних організацій проводити після оформлення наряду - допуску на проведення ремонтних робіт (згідно вимог Інструкції з охорони праці при проведенні ремонтних робіт).

Персонал сторонньої організації з ремонтних робіт не повинен знаходитися за межами ділянки, на якій здійснюється ремонт. Ділянка, на якій буде проводитися ремонт, передається сторонній організації актом, форма оформлення якого наведена у СНиП III - 4 - 80* "Техніка безпеки в будівництві".

Систематично та вчасно проводити інструктажі з питань охорони праці, проводити навчання та перевірки знань з питань охорони праці.

Для забезпечення безпечної експлуатації обладнання, необхідно проводити технічне обслуговування, планові профілактичні ремонтів згідно з графіком.

Вести нагляд за справністю та цілісністю трубопроводів, не допускати їх розгерметизації, поривів. Фланцеві з'єднання на трубопроводах, які перекачують агресивні рідини, гарячі розчини, а також на трубопроводах пари, повинні бути закриті захисними кожухами.

Кришки та люки резервуарів повинні бути завжди зачинені для недопущення потрапляння в повітря робочої зони шкідливих речовин.

Інв.№ подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№ дубл.	Підп. і дата	ТС 93454				Арк
	Вип	Арк	№ докум.	Підп.					Дата

Усі люки, колодязі, лотки, які розташовано в цеху та на території, що закріплена за цехом, повинні бути завжди зачиненими для недопущення травмування працівників. Тимчасово відкриті люки, колодязі, лотки, котловани необхідно огорожувати сигнальною стрічкою або інвентарною огорожею висотою не менш ніж 1 м.

Здачу обладнання в ремонт та приймання його з ремонту виконувати відповідно до вимог Системи ТО і Р та відповідно до вимог інструкції зі здачі обладнання в ремонт та приймання його з ремонту.

Роботи з чищення, ремонту закритих ємностей, колодязів виконувати відповідно до вимог Інструкції з організації безпечного проведення газонебезпечних робіт та переліку газонебезпечних робіт в ЦДТ, який переглядається щороку.

Вогневі роботи необхідно виконувати відповідно до вимог Інструкції з охорони праці про порядок організації проведення вогняних робіт на об'єктах підприємства.

Усі виробничі приміщення повинні мати освітленість відповідно до розряду і підрозряду зорових робіт (мінімальні рівні штучного та природного освітлення згідно з ДБН В. 2.5 - 28 - 2006).

Забороняється запускати в експлуатацію виробниче обладнання без захисних огорож, звукової та світлової сигналізації, контрольно-вимірювальних приладів, блокувань, які забезпечують безпеку його експлуатації та обслуговування.

Встановлення і зняття заглушок необхідно відмічати в Журналі встановлення і зняття заглушок за підписом особи, яка встановила або зняла заглушку. Всі заглушки повинні бути пронумеровані та розраховані на відповідний тиск. Номер заглушки та тиск, на який розрахована заглушка вибивають на "хвостовику" заглушки.

Насоси, що перекачують агресивні рідини, повинні мати захисні кожухи з антикорозійного матеріалу, які закривають сальники.

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

					ТС 93454	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		82

Забороняється використовувати клапани регулювання у якості запірної арматури.

Забороняється виконувати ремонт, налагодження, чистку апаратів, трубопроводів, механізмів та арматури, що знаходяться під тиском, з високою температурою, які заповнені розчинами, не звільнені від технологічного газу під час роботи даного устаткування.

Відкриті рухомі та обертові частини машин та механізмів, ремінні, зубчасті передачі повинні мати надійно закріплену захисну огорожу, що запобігає небезпеці травмування працівників та потрапляння до рухомих механізмів сторонніх предметів.

Запуск механізмів після ремонту та огляду обладнання дозволяється тільки після встановлення захисної огорожі на місце, підключення електрообладнання проводиться з дозволу майстра зміни.

На обладнанні та трубопроводах, які знаходяться в ремонті, або які оглядаються персоналом, необхідно вивісити попереджувальні плакати "Апарат в ремонті", "Трубопровід в ремонті" та інші. Електродвигуни повинні бути знеструмлені, на кнопці "Пуск" необхідно вивісити плакат "Не вмикати - працюють люди".

Електродвигуни, пускова апаратура, металеві частини електроустановок, обладнання, які можуть опинитися під напругою внаслідок порушення ізоляції, повинні бути заземлені.

Місця можливого виділення шкідливих газів, парів, пилу повинні бути герметично ущільнені для недопущення потрапляння в повітря робочої зони шкідливих газів, парів, пилу, за необхідності, повинні обладнуватися системами припливної та витяжної вентиляції.

Для недопущення потрапляння в атмосферу шкідливих газів, парів, пилу, ці місця обладнують системами попереднього очищення у відповідності до вимог санітарних норм.

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

					ТС 93454	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		83

Аналізи повітря на запиленість та загазованість проводяться атестованою санітарною лабораторією ПАТ “Сумихімпром” за графіком, який затверджено директором з охорони праці та цивільної оборони та погоджено з санітарно-епідеміологічною станцією м. Суми.

На всіх робочих місцях при перевищенні гранично допустимого рівня (ГДР) шуму (ГДР шуму у виробничих приміщеннях 80 дБ), працівникам необхідно використовувати засоби індивідуального захисту органів слуху - протишумні навушники групи “А” (МАХ 400) або беруші згідно з ГОСТ 12.4.051 - 87, а на входних дверях, на воротах на видному місці необхідно вивісити відповідні знаки безпеки “Шум” (наушники білого кольору на зеленому фоні).

При виконанні робіт на висоті більш ніж 1,3 м від рівня землі, полу, необхідно дотримуватись вимог Інструкції з охорони праці ІЗП № 6 виконання робіт на висоті з використанням спеціальних страхувальних засобів (необхідно використовувати стаціонарні підмостки, огорожу, запобіжні пояси).

Необхідно забезпечити безперебійну роботу припливно-витяжної вентиляції.

5.2 Розрахунок повітреобміну

Вихідні дані:

1. Загальний об’єм розмелюючого відділення (V) 5200 м²

2. Теплотрата: взимку (Q_{ух}) 33000 ккал/год

Перехідний період (Q_{ух}) 6500 ккал/год

Влітній період (Q_{ух}) 0 ккал

3. Тепловиділення (Q) 50000 ккал/год

4. приміщення має 15 вікон площею 4 м²

5. стіни залізобетонні

6. Основними шкідливими факторами є тепловиділення від нагрітих поверхонь технічного обладнання в кількості 50000 ккал/год і виділенням пилу пігменту від трансмортировки та перегрузки пігменту

Інв.№ подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№ дубл.	Підп. і дата					ТС 93454	Арк
										84
										Вип

7.Температура повітря:

а)назовні

взимку -22°C

перехідний період +10°C

влітку +25°C

б)всередині

взимку +16 °С

перехідний період -16°C

влітку +30 °С

8.Швидкість повітря 0,3-0,7 м/с

В боротьбі з пилевиділенням від технічного обладнання запроєктована аспіраційна система продуктивності 15300 м³/год

Витяжка компенсується організованим притоком (з механічним спонуканням)

Повітря перед викидом в атмосферу попередньо очищується в скрубєрі Вентурі з поверненням вловленого пилю виробництва.

Припливне повітря подається вентисистемами продуктивністю 15300 м³/год

Розрахунок:

Для асиміляції теплонадлишка запроєктована загально обмінна вентиляція.

Повітрообмін для видалення надлишкового тепла розраховується по наступній формулі:

$$L_{пр} = Q_{надл} / 0,24 \cdot r_{пр} (t_{вип} - t_{пр}) , \quad (5.1)$$

де $Q_{надл}$ -надлишкове тепловиділення,ккал/год;

0,24-теплоємність сухого повітря,ккал/(кг•град);

$r_{пр}$ - щільність припливного повітря,дорівнює 1,2 кг/м³

$t_{вип}$ -температура видаленого повітря

$t_{пр}$ - температура приточного повітря

Розрахунок надлишкового тепловиділення $Q_{надл}$:

$$Q_{надл} = Q - Q_{ух} \quad (5.2)$$

Q -сумарна кількість вступного в приміщення тепла;

Підп. і дата					ТС 93454	Арк
						85
Інв.№ дубл.						
Взаєм.інв.№						
Підп. і дата						
Інв.№ подл.						
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		

$Q_{ух}$ -сумарна кількість вихідного з приміщення тепла

Надлишкове тепловиділення буде дорівнювати:

-взимку

$$Q_{надл} = 50000 - 33000 = 17000 \text{ ккал/год}$$

-перехідний період

$$Q_{надл} = 50000 - 6500 = 43500 \text{ ккал/год}$$

-літній період

$$Q_{надл} = 50000 - 0 = 50000 \text{ ккал/год}$$

Розрахунок різниці температур:

1.Для літнього періоду:

-температура витяжного повітря:

$$t_{вигт} = t_p - (1 - m)t_n / m \tag{5.3}$$

де t_p -температура повітря в робочій зоні при $+30^\circ\text{C}$;

m -кофіцієнт, який дорівнює 0,35;

t_n -температура повітря зовні $+25^\circ\text{C}$

-температура припливного повітря

$$t_{пр} = t_{вигт} - \Delta t \tag{5.4}$$

$$\Delta t = Q_{надл} / 0,3 L_{пр} \tag{5.5}$$

де $L_{пр}$ -повітреобмін, приймає мий в літній період року, як найгіршому, $\text{м}^3/\text{год}$

$$t_{вигт} = 30 - (1 - 0,35) \cdot 25 / 0,35 = +40^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = 50000 / 0,3 \cdot 11574 = 15$$

$$t_{пр} = 40 - 15 = +25^\circ\text{C}$$

2.Для зимового періоду:

-температура витяжного повітря:

$$t_{вигт} = t_p + y_t (H - 2) \tag{5.6}$$

де y_t -температурний градієнт, який дорівнює 1

H -висота приміщення, м

2-робоча висота, м

$$t_{вигт} = 16 + 1(6 - 2) = 20^\circ\text{C}$$

Підп. і дата	Інв.№ дубл.	Взаєм.інв.№	Підп. і дата	Інв.№ подл.	TC 93454	Арк
						86
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		

$$\Delta t = 17000 / 0,3 \cdot 11574 = 5$$

$$t_{пр} = 20 - 5 = 15^{\circ}\text{C}$$

3. Для перехідного періода:

$$t_{виг} = 16 + 1(6 - 2) = 20^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t = 43500 / 0,3 \cdot 11574 = 12^{\circ}\text{C}$$

$$t_{пр} = 20 - 12 = 8^{\circ}\text{C}$$

Повітрообмін:

а) для літнього періоду:

$$L_{пр} = 50000 / 0,24 \cdot 1,2 \cdot (40 - 25) = 11574 \text{ м}^3/\text{год}$$

б) для зимового періоду:

$$L_{пр} = 17000 / 0,24 \cdot 1,2 \cdot (20 - 15) = 11805 \text{ м}^3/\text{год}$$

в) для перехідного періоду:

$$L_{пр} = 43500 / 0,24 \cdot 1,2 \cdot (20 - 10) = 12586 \text{ м}^3/\text{год}$$

Кратність повітрообміну:

а) для літнього періоду:

$$K = L_{пр} / V_{пом} \tag{5.7}$$

$$K = 11574 / 5200 = 2,2 \text{ раз в год}$$

б) для зимового періоду:

$$K = 11805 / 5200 = 2,1 \text{ раз в год}$$

в) для переходного періоду:

$$K = 12586 / 5200 = 2,4 \text{ раз в год}$$

В літній період року в відділенні розмолу передбачена аерація.

В перехідний та зимовий період промислові приміщення обслуговуються приточно-витяжною вентиляційною установкою. Вентиляційна система скомплектована з центр обіжного вентилятора Ц4-70 продуктивність 15700 м³/год та калориферов марки КФБ-8.

Для очистки відсмоктуваного повітря від пилу передбачений масляний фільтр.

Відсмоктування запиленого повітря від технічного обладнання здійснюється аспіраційними вентсистемами.

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

Влітку повітря надходить зовні через відкриті вікна площею 4 м².

5.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Цивільна оборона України є складовою частиною соціальних та захисних заходів, які проводяться в мирний і воєнний час з метою захисту населення і народного господарства від наслідків аварій, катастроф, стихійного лиха і сучасних засобів ураження.

Цивільна оборона України організується за територіально-виробничим принципом на всій території і являє собою сукупність структур державного управління, підприємств, організацій і спеціально створених органів керівництва та сил цивільної оборони. Заходи цивільної оборони проводяться на всій території держави, як правило, заздалегідь, з врахуванням особливостей кожного району.

Кількість аварій у всіх сферах виробничої діяльності неухильно росте у зв'язку з широким використанням нових технологій і матеріалів, нетрадиційних джерел енергії, масовим застосуванням небезпечних речовин в промисловості і сільському господарстві.

Все частіше аварії приймають катастрофічний характер зі знищенням об'єктів і важкими екологічними наслідками (Бхопал, Чорнобиль).

Аналіз аварій показує, що, незалежно від виробництва, в переважній більшості випадків вони мають однакові фази розвитку.

Зазвичай аварії передують виникнення або накопичення дефектів в обладнанні або відхилення від нормального ведення процесу, які самі по собі не становлять загрози, але створюють передумови для аварії. Однак ця фаза дуже важлива, тому що на цій стадії можливе запобігання аварії. На другій фазі відбувається будь-яка ініціює подія, звичайно несподіване. Як правило, на другій фазі в операторів не буває ні часу, ні коштів для ефективних дій. Власне аварія відбувається на третій фазі, як наслідок двох попередніх.

Причини аварій:

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

							ТС 93454	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата				88

- Прорахунки при проектуванні і недостатній рівень сучасних знань;
- Неякісне будівництво або відступ від проекту;
- Непродумане розміщення виробництва;
- Порушення вимог технологічного процесу із-за недостатньої підготовки або недисциплінованість і халатність персоналу.

Залежно від виду виробництва аварії та катастрофи на промислових об'єктах і транспорті можуть супроводжуватися вибухами, виходом ахова, викидом радіоактивних речовин, виникненням пожеж і т.п.

Великі аварії на хімічно небезпечних об'єктах (ХОО) є одними з найбільш небезпечних технологічних катастроф, які можуть призвести до масового отруєння і загибелі людей і тварин, значного економічного збитку і важких екологічних наслідків.

Причини аварій, в більшості випадків, пов'язані з порушеннями встановлених норм і правил при проектуванні, будівництві та реконструкції ХОО, порушенням технології виробництва, правил експлуатації обладнання, машин і механізмів, апаратів і реакторів, низької трудової і технологічної дисципліни виробничого процесу.

До радіаційно-небезпечних об'єктів відносяться атомні електростанції і реактори, підприємства радіохімічної промисловості, об'єкти з переробки та захоронення радіоактивних відходів і т.д.

Радіаційна аварія - аварія на радіаційно небезпечному об'єкті, що приводить до виходу або викиду радіоактивних речовин і (або) іонізуючих випромінювань за передбачені проектом для нормальної експлуатації даного об'єкту межі в кількостях, що перевищують встановлені межі безпеки його експлуатації.

Для досягнення цілей захисту населення встановлюються основні межі допустимих доз, тобто найбільше значення індивідуальної еквівалентної дози за рік, що при рівномірному впливі протягом 50 років не викликає в стані здоров'я персоналу несприятливих змін, що виявляються сучасними методами.

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

ВИСНОВОК

За останні десятиріччя масштаби все нових і нових видів антропогенних викидів наблизились до їхніх природних надходжень або навіть перевищують їх. Крім того, відбуваються якісні зміни: в атмосфері викидається все більша кількість речовин, яких там раніше не було або було дуже мало, отже, в природі можуть бути відсутніми механізми очищення від них атмосфери. При цьому найбільші порушення природної рівноваги можуть викликати забрудники каталітичної дії, які лише прискорюють деякі природні аерономічні реакції, а самі після завершення циклу з кількох хімічних або фотохімічних реакцій відновлюються і можуть послідовно брати участь у величезній кількості таких циклів.

Аналіз застосовуваних на підприємстві технологій по захисту навколишнього середовища показує, що існуюче природоохоронне устаткування в деяких випадках не забезпечує необхідної ефективності очищення.

Огляд технологічної схеми виробництва виявив необхідність модернізації газоочисного обладнання з метою зменшення впливу на атмосферу. Застосування апаратів із провальними тарілками великих отворів, не схильних до заростання твердими відкладеннями, замість існуючих апаратів мокрої очистки, дозволяє проводити процес газоочищення у високоефективному гідродинамічному режимі контакту фаз та дозволяє організувати оборотне водопостачання.

Інв.№ подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№ дубл.	Підп. і дата	ТС 93454					Арк
										90
					Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Щорічник стану забруднення атмосферного повітря на території України за 2006 рік. – Київ: Центральна геофізична обсерваторія, 2007р.
2. Воробйов О.Г., Балабеков О.С., Молдабеков Ш.М., Уфимцев Б.С. Екологічні проблеми хімічного підприємства. - Алма-Ата, 1984, 182
3. Страус В. Промислове очищення газів: Пер. з англ. - К.: Хімія, 1981. - 616 с., Іл.
4. Алієв Г. М.-А. Техніка пиловловлення та очищення промислових газів: Довідкове вид. - К.: Металургія, 1986. - 544 с.
5. Тарат Е.Я., Мухленов І.П., Туболкін А.Ф. та ін. Пінний режим та пінні апарати. - Л., Хімія, 1977. - 304 с.
6. Провальна тарілка: А.с. 634756 СРСР, МКИ В 01 D 3/22/ Арнаутов Ю.А., Ахунов З.С., Берлін М.А., Гладільщикова С.В., Гореченков В.Г., Молоканов Ю.К., Сусанов Р. е. (СРСР). - №2162901/23-26; Заявлено 06.08.75; Опубл. 30.11.78. Бюл. № 44. - 3 с.
7. Барботажна провальна тарілка: А.с. 816480 СРСР, МКИ В 01 D 3/22/ Мельников В.С., Глейкін С.Є., Мельникова О.В., Круглов С.А., Молоканов Ю.К. (СРСР). - №2768188/23-26; Заявлено 18.05.79; Опубл. 30.03.81. Бюл. № 12. - 3 с.
8. Тарілка провального типу: А.С. 980740 СРСР, МКИ В 01 D 3/22/ Плаксінін В.Г., Поспелов М.М., Путіліна О.Д., Зайденберг М.А., Назаров В.Г. (СРСР). - №3285670/23-26; Заявлено 06.05.81; Опубл. 15.12.28. Бюл. № 46. - 3 с.
9. Ткач А.Г. Дослідження абсорбційно-десорбційних процесів содового виробництва з метою їх інтенсифікації.: Автореф. д.т.н. - Харків, 1977. - 41 с.
10. Колесніченко В.Т. Застосування плоских тарілок з великими отворами в середовищах, що інкрустують та забивають апарати опадами. Реф. зб.

Інв.№ подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№ дубл.	Підп. і дата	ТС 93454					Арк
					Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	91

Обладнання, його експлуатація, ремонт та захист від корозії у хімічній промисловості. М: НДІТЕХІМ, 1977, №12, с. 1-5.

11. Цейтлін М.А. Масопередача у процесах очищення та охолодження газів та рідин содового виробництва.: Дисс. д.т.н. - Харків-2003. - 305 с.
12. Крашенінніков С.А. Технологія соди. - Хімія, 1988, 304 с.
13. Молдабеков Шаяхмет. Очищення фосфор-, фтор- та сірковмісних газів виробництва фосфору та його сполук: Дис. д-ра.техн.наук: 05.17.01.- М., 1984. – 529 с.
14. Шаригін М.П. Розробка та розрахунок пристроїв для руйнування відкладень та пиловловлення з керованим вихровим потоком: Дис. д-ра. техн. наук: 05.17.08. - Чимкент, 1992. - 480с.
15. Дитнерський Ю.І. Процеси та апарати хімічної технології: Підручник для вузів. Вид-е 2-ге. У 2-х кн. Частина 2. Масообмінні процеси та апарати. - М.: Хімія, 1995. - 368 с.
16. Ветошкін А.Г. Процеси та апарати газоочищення. Навчальний посібник. - Пенза: Вид-во ПГУ, 2006. - 201 с.: іл., бібліогр.
17. Ветошкін А.Г. Процеси та апарати пилоочищення. Навчальний посібник. - Пенза: Вид-во Пенз. держ. ун-ту, 2005. - 210 с.: іл., бібліогр.
18. Рам В.М. Абсорбція газів. - К.: Хімія, 1976. - 655 с.
19. Борисов Г.С., Бріков В.П., Дитнерський Ю.І. та ін. Основні процеси та апарати хімічної технології: Посібник з проектування / За ред. Ю.І. Дитнерського, 2-ге вид., перераб. та доповн. - К.: Хімія, 1991. - 496
20. Іоффе І.Л. Проектування процесів та апаратів хімічної технології: Підручник для технікумів. - Львів.: Хімія, 1991. - 352 с.
21. Гельперін Н.І. Основні процеси та апарати хімічної технології. Книжка друга. - К.: Хімія, 1981. У двох книгах - 812 с.
22. Зіганшин М.Г., Колесник А.А., Посохін В.М. Проектування апаратів пилогазоочищення. - К.: Екопрес-3М, 1998. - 505 с.

Інв.№ подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№ дубл.	Підп. і дата	TC 93454	Арк
						92
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		

23. Плановський О.М., Рам В.М., Каган С.З. Процеси та апарати хімічної технології. Вид. 3-те. - К.: Хімія, 1966. - 850 с.
24. Арнаутов Ю.А. Гідродинамічні характеристики та ефективність трубчасто-гратчастих тарілок провального типу в процесі абсорбції вуглеводневих газів: Дис. канд.техн.наук - Харків, 1984. - 225 с.
25. Касаткіна А.Г. Основні процеси та апарати хімічної технології. Вид. 9-те. - Львів.: Хімія, 1973. - 750 с.
26. Тютюнников А.Б., Товажнянський Л.Л., Готлінська А.П. Основи розрахунку та конструювання масообмінних колон: Навч. Допомога. - К.: Вища шк. Головне вид-во, 1989. - 223 с.
27. Колесніченко В.Т. Дослідження кінетики міжфазного масопереносу на великодирчастих тарілках. - Харків, 1978. - 11с.
28. Ш. Молдабеков. Розрахунок апарату з великодирчастими провальними тарілками (методичні вказівки). - Алма-Ата: Вид-во НКМ, 1984. - 71с.
29. Кетанех Осама Мостафа Махмуд. Зниження техногенного впливу виробництва гранульованого суперфосфату на атмосферу: Дисс. к.т.н. – Львів-2005. – 150 с.
30. Л.І. Северин, В.Г. Петрук, І.І. Безвозюк, І.В.Васильківський "Природоохоронні технології", ч.1 "Захист атмосфери" (N1/11-4105 від 17.05.10), Вінницький національний технічний університет
31. Щорічник стану забруднення атмосферного повітря на території України за 2016 рік. -Київ: Центральна геофізична обсерваторія, 2017.
32. Потапов А.Д. Екологія. - К.: Вища школа, 2000. - 444 с.
33. В.М. Скомороха, В.Г. Заречений, І.П. Воробйова, С.В. Вакал. Виробництво двоокису титану пігментного сульфатним способом. - Суми: АТЗТ "Арсенал-Прес", 2002. - 204 с. з іл
34. Тарат Е.Я., Мухленов І.П., Туболкін А.Ф. Пінний режим та пінні апарати. - Л.: Хімія, 1977. - 304 с.
35. Алієв Г.М. Техніка пиловловлення та очищення промислових газів:

Підп. і дата							ТС 93454	Арк		
Інв.№ докл.	Взаєм.інв.№	Інв.№ дубл.	Підп. і дата	Інв.№ подл.	Вип	Арк		№ докум.	Підп.	Дата

Довідкове видання. - К: Металургія, 1986. - 544 с.

36. ГОСТ 12.2.032-78 Робоче місце під час виконання робіт сидячи. Загальні вимоги ергономії.
37. Основи охорони праці С. Ц. Жидецький, В. С. Джигір, О. В. Мельников - Вид. 2-ге, стереотипне. - Львів: Афіша, 2000. - 348 с.
38. ДСН 3.3.6.042 – 99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.
39. СНиП 2.04.05-91 Опалення, вентиляція та кондиціонування повітря
40. СНиП 2.09.04-87 Адміністративні та побутові будівлі та споруди
41. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони
42. Макарова Н.С., Гармідер Л.Д., Міхальчук Л.В. Економіка природокористування: Навч. посібник. – К.: Центр учбової літератури, 2007 – 322с.
43. Основи екології. Екологічна економіка та управління природокористуванням / За заг. ред. Л.Г Мельника, М.К Шапочки. – Суми: ВДТ «Університетська книга», 2005 – 759с.
44. Постанова КМ України від 1.03.1999р. №303 Про затвердження Порядку встановлення нормативів збору за забруднення навколишнього природного середовища та стягнення цього збору (Зі змінами, внесеними згідно з Постановами КМ №391 (391-2009-п) від 24.04.2009)

Інв.№ подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№ дубл.	Підп. і дата	TC 93454	Арк
						94
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		