

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

Навчально-науковий інститут природокористування
Кафедра екології та технологій захисту навколишнього середовища

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеня магістр

студента Куян Євгенії Сергіївни
(ПІБ)
академічної групи 183М-19З-1
(шифр)
спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища»
(код і назва спеціальності)
за освітньо-професійною програмою - «Технології захисту навколишнього середовища»

на тему Обґрунтування ефективної технології зниження пилових викидів в атмосферу в умовах цементного виробництва
(назва за наказом ректора від 30.11.2020 р. № 987-с)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка	Підпис
роботи	Колесник В.Є.		
розділів:			
Теоретичного	Колесник В.Є.		
Дослідницького	Колесник В.Є.		
Технологічного	Колесник В.Є.		
Охорони праці	Столбченко О.В.		
Економічного	Павличенко А.В.		
Рецензент	Чеберячко С.І.		
Нормоконтролер	Ґрунтова В.Ю.		

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

ЗАТВЕРДЖЕНО:

завідувач кафедри ЕТЗНС

Павличенко А.В.

(підпис) (прізвище, ініціали)

«4» вересня 2020 року

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу ступеня магістра

студенту Куян Є.С. академічної групи 183М-19з-1
 (прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища»

за освітньо-професійною програмою – Технології захисту навколишнього середовища»

на тему «Обґрунтування ефективної технології зниження пилових викидів в атмосферу в умовах цементного виробництва», затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 30.11.2020 р. № 987-с

Розділ	Зміст	Термін виконання
Теоретичний	Проаналізувати рівень екологічної небезпеки цементного виробництва. Розглянути існуючі методи та засоби для зниження екологічного навантаження на прилеглі до підприємства території та атмосферне середовище	01.09.2020 01.11.2020
Дослідницький	Дослідити процес розсіювання пилового викиду в умовах цементного підприємства. Розглянути показники екологічної небезпеки та обґрунтувати доцільність використання технологій та засобів для зниження концентрацій забруднюючих речовин, що потрапляють у атмосферне повітря в процесі виготовлення цементної продукції	05.10.2020 29.11.2020
Технологічний	Визначити та обґрунтувати заходи щодо зменшення пилового викиду та проаналізувати ефективність технології електростатичного осадження пило-газових викидів в умовах цементного виробництва	05.10.2020 29.11.2020
Охорона праці	Проаналізувати шкідливі та небезпечні фактори, що можуть виникати на цементному підприємстві та розробити фактичні рекомендації з безпечної експлуатації виробничого обладнання та техніки безпеки для працівників	09.11.2020 13.12.2020
Економічний	Розрахувати економічну ефективність та строки окупності впровадження технології електростатичного осадження для очищення пило-газових викидів	09.11.2020 13.12.2020

Завдання видано

Колесник В.Є
 (підпис керівника) (прізвище, ініціали)

Дата видачі _____

Дата подання до екзаменаційної комісії _____

Прийнято до виконання _____
 (підпис студента) (прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 93 с., 10 рисунків, 14 таблиць, 32 літературні джерела, 5 додатків.

У вступі розглянуто проблемну ситуацію щодо промислових газо-пилових викидів підприємства з виготовлення цементної продукції та вплив цементного пилу на екологічний стан регіону.

В теоретичному розділі проаналізовано вплив цементного виробництва на екологічний стан регіону на прикладі ПрАТ «HeidelbergCement Україна», розташованому в м. Кривий Ріг. Надано детальну характеристику забруднюючих речовин, що потрапляють в атмосферне середовище. Критично проаналізовано методи та засоби для очистки атмосферного повітря від цементного пилу.

У дослідницькому розділі описано процес розсіювання пилового викиду в умовах цементного підприємства. Розраховано за допомогою типової методики рівень екологічної небезпеки цементного пилу та його компонентів. Визначено дисперсний та хімічний склад цементного пилу та обґрунтовано вибір ефективного засобу для його очищення та вловлювання.

У технологічному розділі охарактеризована обрана технологія для очищення газо-пилового викиду. Проаналізовано процес вловлювання пилу із застосуванням електрофільтру та надано прогнозну оцінку зниження концентрації забруднюючих речовин в атмосферному повітрі.

У розділі «Охорона праці» розглянуто небезпечні та шкідливі фактори цементного виробництва, надано рекомендації з техніки безпеки.

В економічному розділі розраховано витрати на обладнання, його експлуатацію та строки окупності електрофільтру.

У висновках наведені основні результати кваліфікаційної роботи.

ЦЕМЕНТНЕ ВИРОБНИЦТВО, ГАЗО-ПИЛОВІ ВИКИДИ, ТЕХНОЛОГІЯ ЕЛЕКТРОСТАТИЧНОГО ОСАДЖЕННЯ, ЦЕМЕНТНИЙ ПИЛ, ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА, ЕЛЕКТРОФІЛЬТР

ЗМІСТ	
ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ЕКОЛОГІЧНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ЦЕМЕНТНОГО ВИРОБНИЦТВА ТА ІСНУЮЧИХ ЗАСОБІВ ВЛОВЛЮВАННЯ ЦЕМЕНТНОГО ПИЛУ	8
1.1 Аналіз впливу цементного виробництва на екологічну безпеку регіону	8
1.2 Огляд засобів визначення ступеню екологічної небезпеки викидів промислового пилу за його вмістом в атмосфері і класифікація відповідних методів	15
1.3 Огляд та критичний аналіз існуючих засобів вловлювання цементного пилу	23
РОЗДІЛ 2 ОБҐРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОСТІ ПІДВИЩЕННЯ СТУПЕНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ГАЗОПИЛОВИХ ВИКИДІВ ЦЕМЕНТНОГО ПІДПРИЄМСТВА	32
2.1 Дослідження процесу розсіювання пилового викиду в умовах цементного підприємства ПрАТ «HeidelbergCement Кривий Ріг»	32
2.2 Визначення індивідуальних і комплексних показників екологічної небезпеки газопилових викидів в умовах обраного підприємства	39
2.3 Визначення хімічного і дисперсного складу цементного пилу та вибір ефективного засобу для його вловлювання	47
РОЗДІЛ 3. ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРИЧНОГО ФІЛЬТРУ ТА ЙОГО ЕФЕКТИВНОСТІ В УМОВАХ ДОСЛІДЖЕНОГО ЦЕМЕНТНОГО ВИРОБНИЦТВА	56
3.1 Детальна характеристика електричного фільтру та його основних параметрів	56
3.2 Аналіз процесу вловлювання пилу із застосуванням	60

електрофільтру	
3.3 Прогнозна оцінка зниження рівня забруднення атмосфери після впровадження технології очистки газопилових викидів електрофільтром.	65
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ НА ЦЕМЕНТНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	69
4.1 Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів	69
4.2 Безпечна експлуатація виробничого обладнання	70
4.3 Техніка безпеки та обов'язки робітників цементного підприємства	72
4.4 Індивідуальні засоби захисту від пилу	75
РОЗДІЛ 5 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ	77
5.1 Розрахунок кошторису обладнання	77
5.2 Розрахунок експлуатаційних витрат	77
5.3 Розрахунок економії податків за викиди пилу	78
ВИСНОВКИ	80
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	82
ДОДАТОК А. Копія опублікованої статті	85
ДОДАТОК Б. Відгук керівника кваліфікаційної роботи	90
ДОДАТОК В. Рецензія на кваліфікаційну роботу	91
ДОДАТОК Г. Довідка про результати перевірки тексту кваліфікаційної роботи магістра на присутність запозичень (плагіату)	92
ДОДАТОК Д. Відгуки керівників розділів	93

ВСТУП

Актуальність теми. Важливим фактором розвитку виробництва є екологічна ємність регіону - можливість акумулювати вплив промислової діяльності без наслідків для екосистеми. Викиди підприємств негативно впливають на стан атмосферного повітря, супроводжують утворення смогу, кислотних дощів, зменшують прозорість атмосфери тощо.

Серед промислових виробництв України одним з найбільших джерел забруднення навколишнього середовища є будівельна галузь, та зокрема, цементна промисловість, що розвивається динамічними темпами, збільшуючи свої потужності і тим самим завдаючи більшої шкоди навколишньому середовищу, оскільки виробництво цементу супроводжується газопиловими викидами та скидами стічних вод після охолодження на певних процесах.

Виробництво цементу організовують по «сухій», «мокрій» або змішаній технологічних схемах. Відомо, що більшим джерелом пилових викидів є «суха» схема. Набагато сприятливіша для ефективного пиловидалення мокра схема, яка дає унаслідок зволоженості матеріалів менші концентрації пилових викидів і значно менший сумарний рівень викидів. Проте економічним, продуктивнішим і, отже, частіше вживаним (особливо на нових підприємствах) є сухий спосіб. Тому, виходячи із виробничої специфіки такого способу, цементні підприємства найбільше впливають на атмосферне повітря. Обсяги забруднюючих речовин, що надходять в атмосферу є значними, тому виникає потреба у застосуванні устаткування для очищення викидів.

Мета та завдання кваліфікаційної роботи. Метою роботи є техніко-екологічне обґрунтування зниження кількості газо-пилових викидів в атмосферне середовище в процесі виготовлення цементної продукції шляхом застосування технології електростатичного осадження.

Для досягнення зазначеної мети були поставлені такі задачі:

1. Проаналізувати рівень екологічної небезпеки цементного виробництва. Розглянути існуючі методи та засоби для зниження екологічного навантаження від виготовлення цементної продукції на атмосферне середовище

2. Дослідити процес розсіювання пилового викиду в умовах цементного виробництва. Розглянути показники екологічної безпеки та проаналізувати доцільність використання технологій та засобів для зниження концентрації забруднюючих речовин, що викидаються в атмосферне середовище у ході виробництва цементу.

3. Визначити та обґрунтувати заходи для зменшення пилового викиду. Проаналізувати ефективність впровадження технології електростатичного осадження в умовах виробництва цементу.

4. Проаналізувати небезпечні та шкідливі виробничі фактори та розробити заходи з техніки безпеки для робітників та безпечної експлуатації виробничих потужностей.

5. Виконати економічні розрахунки ефективності впровадження та експлуатації обладнання для електростатичного осадження пилових викидів.

Апробація результатів кваліфікаційної роботи.

Апробація роботи проводилась на секції 10 VII Всеукраїнської науково-технічної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених. За результати розробки надруковано тези доповіді:

Куян Є.С. Колесник В.Є. Зниження викидів пилу цементного підприємства на основі застосування електрофільтра // молодь: наука та інновації: Матеріали VIII Всеукраїнської науково-технічної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених (Дніпро, 27 листопада – 03 грудня 2019 року). Д.: НТУ «Дніпровська політехніка», 2019. Т.10. 142-143 с.

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ЕКОЛОГІЧНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ЦЕМЕНТНОГО ВИРОБНИЦТВА ТА ІСНУЮЧИХ ЗАСОБІВ ВЛОВЛЮВАННЯ ЦЕМЕНТНОГО ПИЛУ

1.1 Аналіз впливу цементного виробництва на екологічну безпеку регіону

Серед промислових виробництв України одним з найбільших джерел забруднення навколишнього середовища є будівельна галузь, а з нею цементна промисловість, що розвивається динамічними темпами, збільшуючи свої потужності і тим самим завдаючи більшої шкоди навколишньому середовищу, оскільки виробництво цементу супроводжується твердими та газоподібними викидами, скидами стічних вод після охолодження на певних процесах.

Виробництво цементу може бути організовано по «сухій», «мокрій» або змішаній технологічних схемах. Відомо, що більшим джерелом пилових викидів є суха схема. Набагато сприятливіша для ефективного пиловідділення мокра схема, яка дає унаслідок зволоженості матеріалів менші концентрації пилових викидів і значно менший сумарний рівень викидів.

Проте економічним, продуктивнішим і, отже, частіше вживаним (особливо на нових підприємствах) є сухий спосіб. Виходячи із виробничої специфіки, цементні виробництва найбільше впливають на атмосферне повітря. Потoki забруднюючих речовин є значними, тому на підприємствах, як правило, застосовують устаткування для очищення викидів. Порівняно з підприємствами інших галузей, у промисловості будівельних матеріалів рівень уловлювання і знешкодження шкідливих речовин досить високий.

Проаналізуємо роботу цементної галузі та її вплив на довкілля на прикладі роботи ПрАТ «HeidelbergCement Кривий Ріг» (рис.1.1), що входить до корпорації «HeidelbergCement» – це світовий лідер у сфері виробництва заповнювачів та один із світових лідерів виробництва цементу, бетону та інших будівельних матеріалів. Компанія є роботодавцем для більш ніж 44 900

робітників, які працюють у 2 300 представництвах, розташованих у 40 країнах світу. Працює на ринку України з 2001 р. ПрАТ «ХайдельбергЦемент Україна», знаходиться у м. Кривий Ріг за адресою: вул. Акціонерна, 1; 50055.

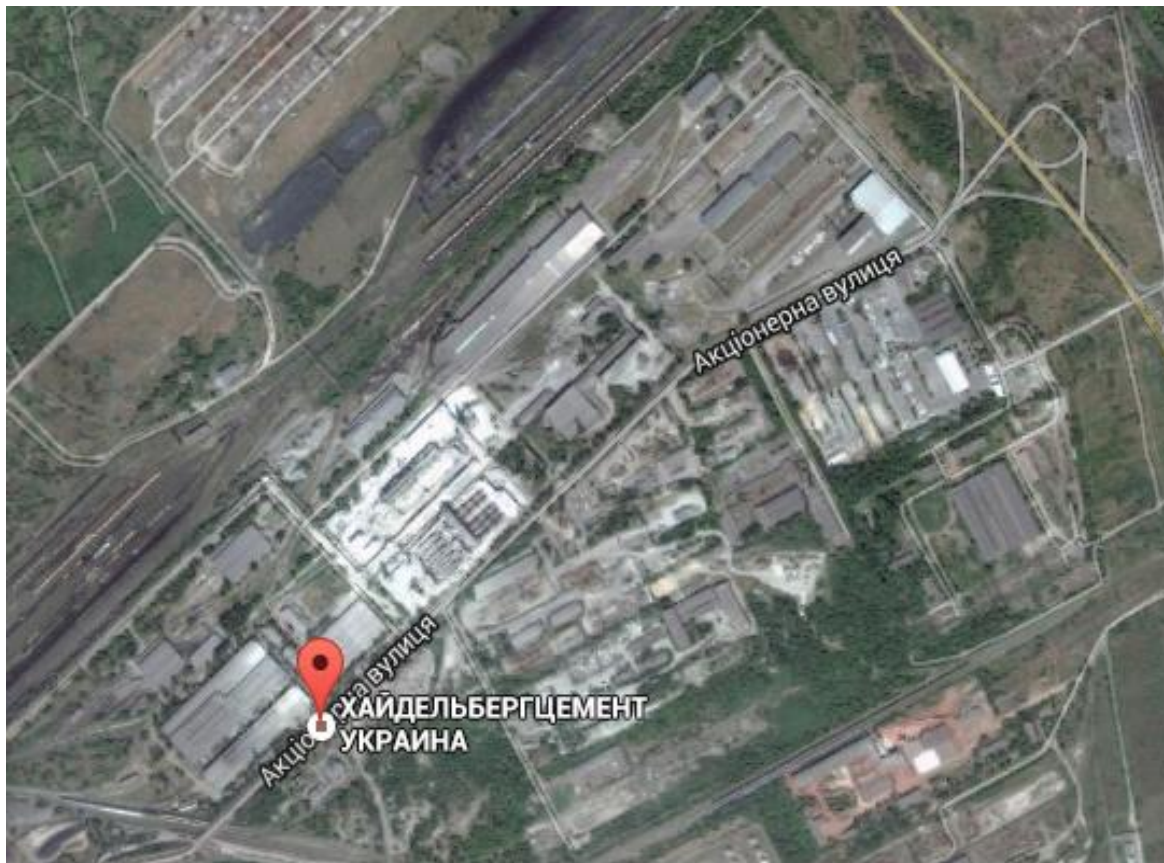


Рисунок 1.1 – Космічний знімок території ПрАТ «HeidelbergCement Україна» м. Кривий Ріг та прилеглих до підприємства об'єктів жилої забудови

На підприємстві виготовляється три види готової продукції :

- 1) цемент (універсальний, високоміцний, для будівельних розчинів, стійкий до корозії);
- 2) бетон;
- 3) щебінь.

У виробництві цементу використовуються переважно легкоплавкі глини, аргіліти і глинисті сланці, що складають частину цементної шихти. Другою основною її складовою є карбонатні породи.

Сировиною для виробництва цементу служать вапняк і глина, які змішують у певному співвідношенні (75 - 80% вапняку і 20 - 25% глини).

Видобування сировини ведеться на п'яти кар'єрах Дніпропетровської та Донецької областей:

- 1) Жовтокам'янський кар'єр, Дніпропетровська область (загальна площа 107,35 га);
- 2) Карповський кар'єр, Донецька область (загальна площа 76,99 га);
- 3) Кар'єр Основний, Донецька область (загальна площа 896,84 га);
- 4) Кар'єр Балка Мокра, Донецька область (загальна площа 13,28 га);
- 5) Кар'єр Балка Широка, Донецька область (загальна площа 64,34 га).

Вплив на навколишнє середовище при виробництві цементу пов'язаний з наступними факторами:

- 1) пил (викиди з димарів і компоненти, що швидко випаровуються);
- 2) газоподібні викиди в атмосферу (NO_x , SO_2 , CO_2 , інші);
- 3) інші викиди (шум і коливання, запах, технічна вода, відходи виробництва і т.д.);
- 4) споживання ресурсів (енергія, сировина).

Виробництво цементу супроводжується надходженням в навколишнє середовище твердих і газоподібних забруднюючих речовин (цементного пилу, ртуті, сажі, сірчистого ангідриду, оксидів азоту, різних вуглеводів, марганцю, ванадію, та ін.). Викиди підприємства негативно впливають на стан атмосферного повітря, супроводжують утворення смогу, кислотних дощів, зменшують прозорість атмосфери.

Викиди пилу (особливо від печей), які забруднюють навколишнє середовище, викликають найбільше занепокоєння.

В основному причиною викидів пилу є сировинні заводи, печі для випалювання, клінкерні холодильники, цементні млини. Основна особливість цих процесів це те, що гарячий відпрацьований газ або відпрацьоване повітря проходить через подрібнений до стану пилу матеріал, що призводить до утворення дисперсійної суміші газу і пилу. Основні властивості частинок

залежать від вихідного матеріалу, а саме сировинного матеріалу, клінкеру або цементу.

На даний момент доступні сучасні технічні методи зниження пилу (електростатичні осаджувачі, фільтри), що знижає пилоутворення в цементній промисловості за останні 20 років приблизно на 90%.

Оскільки хімічний і мінералогічний склад цементного пилу подібний природному каменю, його вплив на здоров'я людини вважається шкідливим, але не токсичним.

Основними забруднювачами навколишнього природного середовища в цементній промисловості є газо- й пилоподібні викиди. Отже, найбільшого забруднення зазнає атмосфера.

Атмосфера здатна в деякій мірі самоочищатися від промислових забруднень пилом в результаті осадження твердих частинок, вимивання їх з повітря опадами, розчинення і поглинання шкідливих речовин рослинами.

Забруднюючі атмосферу речовини накопичуються, і в деяких районах їх концентрація є надзвичайно високою. Запиленість атмосфери негативно впливає на клімат. Пил, винесений вище хмар, не очищується опадами і призводить до замутніння атмосфери. При цьому знижується видимість, збільшується повторюваність туманів, кількість опадів і хмарність, змінюється циркуляція повітряних потоків. Над центром міста утворюється конвективний струмінь, що викликає рух повітряних потоків з периферійних, нерідко промислових районів до центру міста, що веде до підвищення концентрації шкідливих речовин в центральній його частині.

Забруднення повітряного середовища завдає величезний матеріальний збиток економіці, зумовлений прискореним руйнуванням будівельних матеріалів, металів, гуми, тканин, паперу, фарб тощо. Швидкість корозії заліза в промислових містах у 3 рази вище, ніж у містах зі слаборозвинутою промисловістю, і в 20 разів, ніж у сільській місцевості.

Речовини, що володіють ефектом сумарної шкідливої дії:

- 1) зважені речовини: пил цементний, клінкеру, шлаку, вапняку;

2) діоксид сірки і діоксид азоту.

Забруднення атмосферного повітря походить від організованих і неорганізованих джерел. Перелік забруднюючих речовин представлений в табл.1.1

Таблиця 1.1 - Перелік забруднюючих речовин, що викидаються в атмосферу з ПрАТ «HeidelbergCement Кривий Ріг» та впливають на екологічну безпеку регіону

Назва речовини	Код речовини		ГДК с.д	ГДК м.р	Клас безпеки	Викид речовини т/год
	старий	новий	мг/м ³	мг/м ³		
Пил клінкеру	2908	10761	0,3	0,1	3	500,05
Пил цементу	2908	2978	0,3	0,1	3	20,54
Пил вапняку	2902	10759	0,5	0,15	3	1,49
Пил шлаку	2902	10436	0,5	0,15	3	56,247
Пил абразивно-металевий	2902	10431	0,5	0,15	3	0,005
Пил деревинний	2902	10295	0,5	0,15	3	0,44
Діоксид сірки	0330		0,5	0,05	3	648,83
Діоксид азоту	0301		0,085	0,04	2	391,358
Оксид вуглецю	0337		5,0	3,0	4	0,537
Вуглеводні граничні	0401	2754	1,0	0,1	2	0,11

Оксид вуглецю (СО) – чадний газ, є токсичною речовиною, безбарвним газом без запаху. Навіть невеликі концентрації можуть призвести до захворювань та патологій в організмі біоти.

Чадний газ утворюється внаслідок згорання палива, а в цементній промисловості – внаслідок сухого та напівсухого способів виробництва цементу. Крім того, чадний газ у великій концентрації та за високої вологості атмосферного повітря утворює смог.

Діоксид азоту (NO₂, лисячий хвіст) - неорганічна сполука складу NO₂. За звичайних умов є газом червоно-бурого кольору, з характерним гострим

запахом або жовтуватою рідиною. Ця суміш при $21,15^{\circ}\text{C}$ згущується на прозору жовту рідину, а при $-11,2^{\circ}\text{C}$ - замерзає в безбарвну масу. При температурі 140°C діоксид азоту складається тільки з молекул NO_2 , він дуже темного, майже чорного кольору. Динаміка концентрацій оксиду азоту у міське повітря протягом доби тісно пов'язана з інтенсивністю руху транспорту й сонячного випромінювання. Так, у світловий час доби накопичення в атмосфері оксиду азоту зростає внаслідок фотохімічного окиснення цього газу. Оксид азоту – небезпечний забруднювач через його високу токсичність і несприятливу зміну в атмосфері, які він спричиняє (опади кислотні, смог). У процесі перетворень у стратосфері оксид азоту спричиняє руйнування озону.

Діоксид сірки (SO_2 , сірчистий ангідрид) - безбарвний газ з різким задушливим запахом. Виділяється в процесі згорання сірковмісного палива або переробки сірчистих руд.

Найбільша частина газоподібних викидів при виробництві цементу утворюється при випаленні клінкеру в печах, що обертаються. При цьому паливо, як правило, якісне з високою теплотворною здатністю і малим змістом сірки, як, наприклад, нафта з теплотворною здатністю $39800 - 41000 \text{ кДж} \cdot \text{кг}^{-1}$ і змістом сірки менше 3%, кам'яне вугілля, що також характеризується малим змістом сірки, або природний газ, що є з позицій викидів діоксиду сірки практично «чистим» паливом. В той же час при випаленні клінкеру частина сірки, що міститься в паливі, адсорбується на ньому, так що викиди діоксиду сірки багато менші за тих, які можна було б чекати відповідно до вмісту сірки в паливі. При використанні палива з малим середнім змістом сірки, як правило, не виникає проблем з викидами і концентраціями діоксиду сірки в безпосередній близькості від заводу.

Частина сполує сірки виділяється при горінні органічних залишків в гірничорудних відвалах. Він є другим забруднювачем атмосфери після вуглекислого газу. Викиди від сірчистого ангідрида спричиняють утворення кислотних опадів.

На цементних підприємствах є такі джерела забруднення повітря (по стадіях виробництва):

- 1) підготовка сировини: дробарки; барабанні сушарки сировини;
- 2) млини для сировини; система транспортування сировини;
- 3) сховища сировини; стадія грануляції;
- 4) випалення клінкеру: сушка вугілля; помол вугілля; печі, що обертаються; шахтні печі; охолоджувачі клінкеру; система транспортування клінкеру; сховища клінкеру;
- 5) виробництво цементу: підготовка гіпсу; цементні млини; система транспортування цементу;
- 6) відвантаження: сховища цементу; фасувальні машини; склади; система транспортування мішків;
- 7) вапняна піч.

Викиди в атмосферу побічно впливають на стан гідросфери й, накопичуючись в ґрунтових водах і донних відкладах, можуть стати джерелом вторинного забруднення. Двоокис сірки і окиси азоту, що виділяються в процесі виробничої діяльності, трансформуються в атмосфері Землі в кислотовмісні частки. Ці частки вступають у реакцію з водою атмосфери, перетворюючи її в розчини кислот, які знижують рН дощової води. Кислотний дощ впливає на водойми, підвищуючи їх кислотність до такого рівня, що в них гинуть живі організми й рослини. Підвищена кислотність води сприяє більш високій розчинності таких небезпечних металів, як алюміній, кадмій, ртуть і свинець із донних відкладів і ґрунтів. Крім того, кислотні дощі руйнують будинки й пам'ятники культури, трубопроводи, знижують родючість ґрунтів і можуть призводити до просочування токсичних металів у водоносні шари ґрунту.

Однією з головних проблем забруднення ґрунтів є важкі метали, що надходять на поверхню й в ґрунтові води. Важкі метали, що надходять на поверхню ґрунту, накопичуються в ґрунтовій товщі, особливо у верхніх гумусових горизонтах, і повільно видаляються при вилуговуванні, поживанні

рослинами, ерозії. Важкі метали відносять до найнебезпечніших забруднювачів.

Відходи виробництва та споживання також впливають на навколишнє середовище і більше всього це відображається на ґрунтах. При забрудненні ґрунтів відходами виробництва й споживання відбувається їхня деградація, падає врожайність оброблюваних культур, знижується продуктивність лісових ресурсів, вилучаються з господарського землекористування значні площі, погіршується санітарний стан навколишнього середовища.

У зв'язку з наростаючою кількістю відходів, що утворюються в результаті антропогенної діяльності, проблема їх вловлювання а також утилізації стає усе більш актуальною.

1.2 Огляд засобів визначення ступеню екологічної небезпеки викидів промислового пилу за його вмістом в атмосфері і класифікація відповідних методів

Як показано у попередньому підрозділі, виробництво цементу супроводжується надходженням в навколишнє середовище твердих і газоподібних забруднюючих речовин (цементного пилу, ртуті, сажі, сірчистого ангідриду, оксидів азоту, різних вуглеводів, марганцю, ванадію, та ін.). Більшість з цих речовин являють собою зважені в атмосферному повітрі частинки, що є екологічно небезпечними та потребують постійного контролю шляхом вимірювання їх вмісту в повітрі, а також вловлювання

Аналіз методів вимірювання концентрації зважених часток показав, що вони діляться на дві групи: методи, що базуються на попередньому осадженні частинок і дослідженні осаду, та методи без попереднього осадження частинок.

Технічні характеристики пиломірів, принцип роботи яких заснований на методах з попереднім осадженням пилу, представлені в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 - Технічні характеристики пиломірів

Найменування тип приладу	Діапазон вимірювань мг /м ³	Похибка вимірювань
Пиломір радіоізотопний стаціонарний для контролю концентрації пилу в атмосфері «MP 101P» «Environment» Франція	0 – 0,1; 0 – 0,2 0,1 – 0,5; 0,1 – 5 0,1 – 2; 0,1 – 10	$\Delta = \pm 25$ мг /м ³ $\Delta = \pm 25$ мг /м ³ $\Delta = \pm 25$ мг /м ³
Пиломір радіоізотопний стаціонарний для контролю концентрації пилу в атмосфері «F 701» «VEREWA», Німеччина	0 – 0,1; 0,1 – 10	$\Delta = \pm 25$ мг /м ³ $\Delta = \pm 25$ мг /м ³
Пиломір гравіметричний стаціонарний для контролю концентрації пилу в промислових викидах «GRAVIMAT 500,501,502» («Erwin Sick GmbH Optik Elektronik, Німеччина»)	0,1 – 200 50 – 50000	$\delta = \pm 10\%$ $\delta = \pm 8\%$

Основною перевагою методів першої групи є можливість кількісного вимірювання масової концентрації пилу. До недоліків слід віднести циклічний характер вимірювань, трудомісткість, низьку чутливість, що обумовлює тривалість відбору проб при вимірюванні невеликих концентрацій.

Характеристики пиломірів, принципи роботи яких засновані на методах без попереднього осадження пилу, наведено в табл.1.3

Таблиця 1.3 - Технічні характеристики стаціонарних пиломірів

Назва і тип приладу	Діапазон вимірювань мг /м ³	Похибка вимірювань
Пиломір оптичний для контролю концентрації пилу в промислових викидах «RM 210» («Erwin Sick GmbH Optik Elektronik», Німеччина).	0 – 0,5 0,5 – 500	$\gamma = \pm 20\%$ $\sigma = \pm 20\%$
Пиломір оптичний для контролю концентрації пилу в промислових викидах «OMD 41 – 02» («Erwin Sick GmbH Optik Elektronik», Німеччина).	80 – 5000	$\sigma = \pm 20\%$
Пиломір оптичний для контролю концентрації пилу в промислових викидах «OMD 41 – 03» («Erwin Sick GmbH Optik Elektronik», Німеччина).	50 – 5000	$\sigma = \pm 20\%$
Пиломір оптичний для контролю концентрації пилу в промислових викидах «FW 56 – 1» («Erwin Sick GmbH Optik Elektronik», Німеччина).	50 – 5000	$\sigma = \pm 20\%$
Пиломір оптичний для контролю концентрації пилу в промислових викидах (НИЦ "Автоматика», Москва).	Оптична щільність 0 – 0,3; 0 – 0,7; 0 – 1; 0,2	$\gamma = \pm 4\%$

Перевагами методів другої групи є можливість безпосередніх вимірювань у самому пило-газовому потоці без використання пробовідбірних пристроїв, безперервність вимірювань, висока чутливість, практична безінерційність, можливість повної автоматизації процесу вимірювань. Під час вимірювань потоку відсутні аеродинамічні перекручування.

Суттєвим недоліком методів другої групи є вплив змін дисперсного складу й інших властивостей пилу на результат вимірювань.

Вибір оптимального методу вимірювань, для конкретного випадку контролю, можливий тільки з урахуванням властивостей пилу у викидах, основних закономірностей їхньої зміни, та інших супроводжуючих факторів, що негативним чином впливають на процес вимірювань при врахуванні всіх позитивних і негативних властивостей методу.

Характеристики пиломірів, принципи роботи яких засновані на методах без попереднього осадження пилу, наведено в табл.1.4

Таблиця 1.4 - Технічні характеристики оптичних пиломірів

Назва і тип приладу	Діапазон вимірювань мг /м ³	Похибка вимірювань
Пиломір оптичний для контролю концентрації пилу в промислових викидах «RM 210» («Erwin Sick GmbH Optik Elektronik», ФРН).	0 – 0,5 0,5 – 500	$\gamma=\pm 20\%$ $\sigma=\pm 20\%$
Пиломір оптичний для контролю концентрації пилу в промислових викидах «OMD 41 – 02» («Erwin Sick Gmbll Optik Electronik», ФРН).	80 – 5000	$\sigma=\pm 20\%$
Пиломір оптичний для контролю концентрації пилу в промислових викидах «OMD 41 – 03» («Erwin Sick GmbH Optik Electronik», ФРН).	50 – 5000	$\sigma=\pm 20\%$
Пиломір оптичний для контролю концентрації пилу в промислових викидах «FW 56 – 1» («Erwin Sick GmbH Optik Electronik», ФРН).	50 – 5000	$\sigma=\pm 20\%$
Пиломір оптичний для контролю концентрації пилу в промислових викидах (НИЦ "Автоматика», Росія).	Оптична щільність 0 – 0,3; 0 – 0,7; 0 – 1; 0 – 2	$\gamma=\pm 4\%$

Промисловий пиловий контроль характеризується широким діапазоном вимірюваних концентрацій (від декількох міліграмів до декількох грамів на метр кубічний); широкий спектр розмірів часток пилу (від 0,05 мкм до 100 мкм); високі швидкості (до 140 м/с) і температури (до 1200° С) контрольованих пило-газових потоків. Крім того, сама концентрація пилу безперервно змінюється як у часі, так і в просторі в досить широких межах залежно від стійкості роботи пилоочисного устаткування. Узагальнююча класифікація методів вимірювання концентрації пилу наведена на рис 1.2

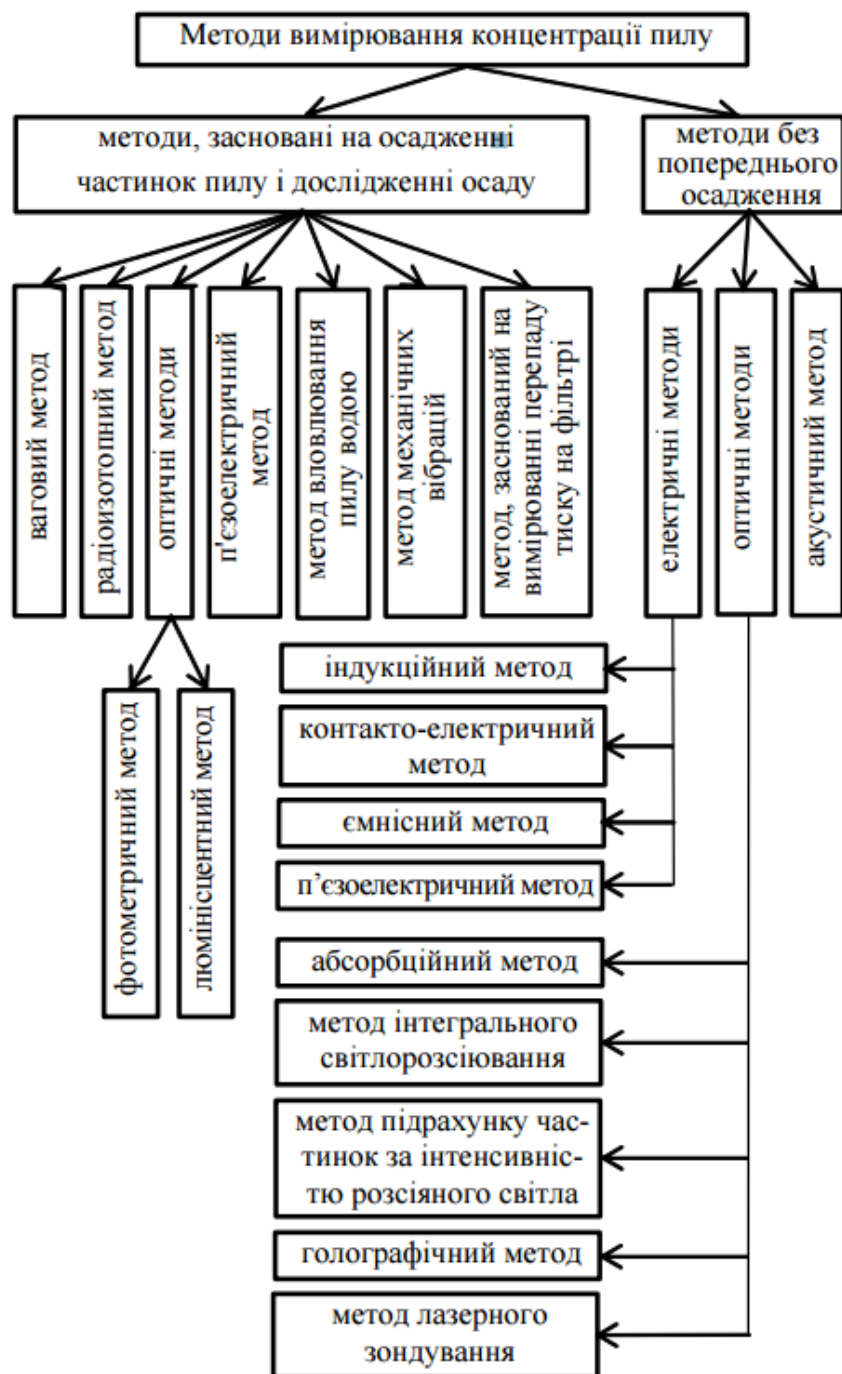


Рисунок 1.2 - Класифікація методів вимірювання концентрації пилу

Існує три групи якісних експрес-методів визначення вмісту хімічних речовин у повітрі виробничих приміщень:

- 1) методи візуальної колориметрії, що ґрунтуються на порівнянні кольору поглинутого розчину, отриманого після прокачування досліджуваного повітря, зі стандартною шкалою шаблона;

- 2) методи, що передбачають використання спеціального реактивного паперу, що дозволяють провести якісний та кількісний аналіз вмісту шкідливих речовин на основі визначення інтенсивності його забарвлення;
- 3) лінійно – колориметричні методи, що передбачають використання індикаторних трубок.

Найбільш поширеними з наведених є методи контролю концентрації пилу, на основі його попереднього осадження, який стандартизовано на галузевих рівнях, та дозволяють визначити масову концентрацію зважених частинок.

Ваговий або гравіметричний метод. Полягає у видаленні з пилогазового потоку частинок пилу і визначення їх маси за допомогою зважування. Виділення пилових частинок здійснюється за допомогою проходження запиленого повітря через фільтр. В основному використовуються фільтри марки АФА, виготовлені з перхлорвінілової тканини.

При відборі проб за допомогою приладів фільтруючого типу, вимірюється об'єм повітря, який пройшов через фільтри: $V=qt$, де q – об'ємної швидкості повітря (л/хв) і t – час відбору проби пилу. Маса проби визначається різницею маси фільтра до (P_1 , мг) і після (P_2 , мг) відбору проби. Концентрація пилу в мг/м³ обчислюється за формулою:

$$C = \frac{P_2 - P_1}{gt} \cdot 1000 \quad (1.1)$$

Точність визначення концентрації пилу залежить від точності зважування і точність визначення об'єму повітря, яке проходить через фільтр. Відбір проб зазвичай ведуть на три фільтри, після чого визначають середнє арифметичне значення концентрації пилу.

Основними перевагами даного методу є простота технічних вимірювань і відсутність впливу хімічного і дисперсного складу пилу на результат вимірювання. До недоліків можна віднести: високу похибку вимірювань (близько 10%); імовірність завищених параметрів концентрації в результаті

випадкових короткочасних викидів пилу під час відбору проби; неможливість безперервного автоматичного контролю.

Ваговий метод використовується для визначення концентрації пилу в атмосфері і в газах промислових підприємств і визнаний стандартом у Росії та країнах Європи.

Радіоізотопний метод вимірювання концентрації пилу. В його основу покладено здатність частинок пилу поглинути радіоактивне випромінювання (як правило, β – випромінювання). Конструктивно радіоізотопні пиломіри складаються з пристрою для відбору проб, радіоактивного джерела випромінювання і приймача випромінювання (лічильник Гейгера). Робота приладу полягає в перекачуванні певного об'єму повітря через фільтруючу стрічку з наступним визначенням товщини пилового осаду за ступенем ослаблення в β – випромінювання при його проходженні через шар накопиченого пилу. Концентрація пилу розраховується за результатами вимірювань на фільтрі до і після нанесення проби. Недоліки методу є залежність результатів вимірювань від хімічного і дисперсного складу пилу, обумовлених особливостями взаємодії β – випромінювання з речовиною, а також нелінійності залежності поглинання β – випромінювання від товщини поглинаючого шару. Перевага радіоізотопного методу є можливість створення на його основі приладів для безперервного автоматичного контролю концентрації пилу.

Радіоізотопні пиломіри випускає фірма, (Environment, Франція), в тому числі автоматичні прилади, призначені для роботи у складі станцій моніторингу забруднення навколишнього середовища. Аналізатор моделі MPSI - 100 оснащений мікропроцесором, який забезпечує управління режиму роботи: відбором пробовідбірну головку, нанесенням проб на стрічку зі скловолонна і транспортуванням їх в детекторний блок.

Термін служби радіоізотопного джерела, використаного в приладі 4 - 5 років. Час автономної роботи відповідно до програми є 0,5 - 24 год, в межах

від 0.0008 - 3.3 мг /м³ з точністю 10%. Один стрічки достатньо для 1350 вимірювань.

Фотометричний (оптичний) метод аналізу. Заснований на безперервному визначенні оптичної щільності пилового осаду, що осаджується на рухомому фільтрі. Оптичну щільність визначають вимірюючи ослаблення світлового потоку при проходженні променя світла через шар пилу. Оптична щільність пилового осаду залежить від товщини шару пилу і його концентрації. Як правило, цей метод аналізу використовується для якісної оцінки вмісту пилу на виході з очисних споруд (в одиницях ослаблення випромінювання або непрозорості). Кількісне визначення вмісту пилу цим методом - неефективне, тому що в цьому випадку істотного впливу на вимірювання надає кольоровість і дисперсність пилу за рахунок чого похибка показань може сягнути сотень відсотків.

Оптичний метод є найбільш поширеним для безперервного автоматичного контролю концентрації пилу як в атмосфері так і у відведених газах промислових підприємств без попереднього відбору. Метод заснований на ослабленні світлового потоку за рахунок його поглинання і розсіяння при проходженні через досліджуване пилогазове середовище. Оскільки зміна інтенсивності світла розсіяного світла є функцією розмірів часток, цим методом можна визначити дисперсного складу пилових частинок.

Турбідиметричний і нефелометричний методи. Засновані на ослабленні світла за рахунок його поглинання і розсіяння при проходженні через полідисперсні середовища відповідно класифікуються як турбідиметричний і нефелометричний. До таких відносяться пилогазове середовище, суспензії найдрібніших частинок в розчиннику (колоїдні розчинники, суспензії). Ослаблення світлового потоку обумовлене поглинанням і розсіювання світла зваженими частинками.

При турбідиметричному аналізі вимірюють інтенсивність світла, що виходить з кювети в напрямку падаючого пучка, а в нефелометричному аналізі в напрямку, перпендикулярному напрямленню початкового пучка

світла. Головною перевагою цих методів є можливість визначення дуже малих концентрацій (до $4 \cdot 10^{-9}$ г) речовини у пробі.

Електродинамічний метод. При електродинамічному методі контроль масової концентрації пилу відбувається шляхом визначення на вимірювальному електроді наведеної індукції, що служить мірою загального заряду частинок, що проходять поблизу зонда. Використовується при вимірюванні концентрації пилу в металургії, агломерації, виробництві скла в діапазонах 200 - 1000 мг/м³.

Електричні методи вимірювання пилу. Серед електричних методів для визначення концентрації пилу найбільш розповсюджений індукційний метод. У його основу покладено визначення індукційного на електроді вимірювальної камери заряду, що виникає при русі через камеру заряджених пилових частинок. Величина заряду є мірою масової концентрації пилу. Індукційні пиломіри застосовуються для контролю вмісту пилу в атмосферному повітрі. Головним недоліком індукційних пиломіру є залежність їх свідчень від вологості, природи пилу та зміни її дисперсного складу в часі.

Акустичний (ультразвуковий) метод. Ультразвуковий метод принцип дії методу заснований на вимірюванні поглинання ультразвукових коливань запиленого середовища. Принцип роботи пристроїв заснований на вимірюванні амплітуди сигналів на різних відстанях від джерела випромінювання і визначення коефіцієнта загасання ультразвукових коливань пило газівому середовищі:

1.3 Огляд та критичний аналіз існуючих засобів вловлювання цементного пилу

Діяльність підприємств, спеціалізованих на виробництві цементної продукції супроводжується викидами газо-пилових екологічно небезпечних речовин. Як показав аналіз, внаслідок виробництва цементу та його похідних в

атмосферу викидаються як зважені речовини: пил цементний, клінкеру, шлаку, вапняку, так і гази: діоксид сірки і діоксид азоту. оксиди азоту. Наявні також викиди часточок карбону (у виглядісажі) та сірки. Причому забруднення атмосферного повітря походить від організованих і неорганізованих джерел.

Для очистки газів, що викидаються в атмосферу від токсичних газо- і пилоподібних компонентів використовують методи абсорбції, адсорбції, електричного та каталітичного очищення атмосферного повітря.

Абсорбцію поділяють на фізичну та хімічну (хемосорбцію).

При фізичній абсорбції відбувається фізичне розчинення абсорбувального компонента в розчині, що не супроводжується хімічною реакцією.

Для багаторазового використання абсорбент (поглинач) регенерують фізичними методами: підвищенням температури, зниженням тиску або сукупністю цих параметрів. Якщо компонент, що поглинається, не має ніякої цінності або процес регенерації дуже трудомісткий, то поглинач використовують декілька разів і після відповідної обробки скидають в каналізацію. Це не є оптимальним рішенням, оскільки забруднює водне середовище. Метод, що поєднує абсорбцію з десорбцією, дозволяє не тільки добувати корисні компоненти з газових систем й знизити до мінімуму витрати абсорбента, але й відповідає вимогам захисту довкілля.

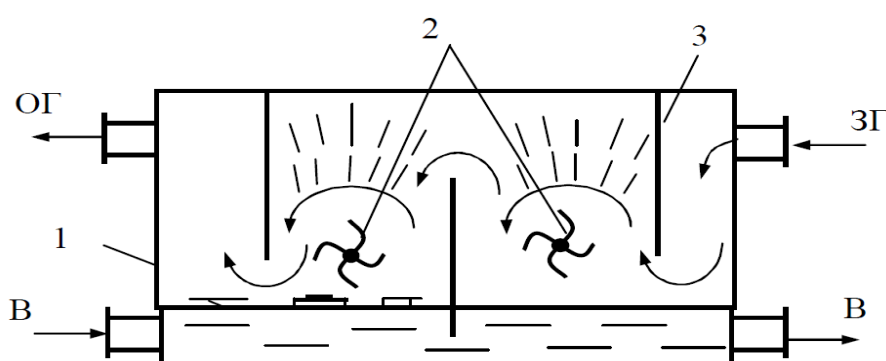
Як поглинальні розчини при фізичній абсорбції використовують воду, а також органічні й неорганічні розчини, які не вступають в хімічну реакцію з абсорбувальними компонентами. Ефективність добування компонента з газової суміші при фізичній абсорбції підвищують використанням принципу протитоку з безперервною подачею в абсорбер свіжого розчину.

При хемосорбції абсорбувальний компонент вступає в хімічну реакцію з поглиначем, утворюючи нові хімічні з'єднання в рідкій формі. При цьому можливі два варіанти - протікання оборотних і необоротних реакцій. В обох випадках рівноважний парціальний тиск компонента, від якого очищується

газ, значно нижчий порівняно з фізичною абсорбцією. В зв'язку з цим хемосорбційні процеси при рівних умовах з фізичною абсорбцією забезпечують повніше добування компонентів з газових сумішей. Регенерацію поглинальних розчинів виконують фізичними й хімічними методами. Фізичні методи використовують при протіканні оборотних хемосорбційних процесів, а хімічні – необоротних хемосорбційних процесів.

Принцип роботи механічних (фізичних) розпилювальних газопромивачів ґрунтується на інтенсифікації масообміну шляхом розбризкування чи перемішування рідини або крутінні зволоженого газового потоку за допомогою обертового пристрою у вигляді ротора, диска тощо.

За способом розміщення ротора механічні абсорбери діляться на вертикальні та горизонтальні. Залежно від способу підведення механічної енергії апарати підрозділяють на такі, в яких очищувальні гази приводяться в дотик з рідиною, розбризкуваною за допомогою обертового тіла та в яких механічна енергія підводиться додатково для крутіння газового потоку. Недоліками механічних абсорберів є наявність обертових частин, відносно мала продуктивність та значні витрати електроенергії. Конструктивна схема горизонтального механічного абсорбера з розбризкуючими валками лопатевого типу подана на рисунку 1.3.



1 – корпус; 2 – валки лопатевого типу, що встановлені поперек осі апарата;
3 – перегородки

Рисунок 1.3 – Конструктивна схема механічного абсорбера

Перспективним методом очищення газів від газо- й пароподібних забруднень є адсорбція – тобто процес розділення, що ґрунтується на властивості деяких твердих тіл вибірково поглинати газоподібні компоненти з газової суміші. Молекули забруднювального газу або пари, що є в газовій суміші, сорбуються на поверхні або в порах твердого тіла.

Адсорбційний метод очищення газових викидів доцільно використовувати коли необхідного ефекту не можна досягти іншими методами. Цей метод доцільний також коли концентрація домішок, що видаляються з газу-носія, дуже мала та необхідна гарантія рекуперації домішок, оскільки вони мають значну вартість. Явище адсорбції обумовлене наявністю сил притягування між молекулами адсорбенту та адсорбтиву на межі розподілу фаз, що дотикаються. Процес переходу молекул адсорбтиву з газу-носія на поверхневий шар адсорбенту відбувається в тому випадку, коли сили притягування адсорбенту перевищують сили притягування, що діють на адсорбтив з боку молекул газу-носія. Молекули адсорбованої речовини при переході на поверхню адсорбенту зменшують його енергію. Внаслідок цього відбувається виділення теплоти. Залежно від сили притягування адсорбенту адсорбція може бути фізична або хімічна.

Теплота фізичної адсорбції складає до 60 КДж/мол., а хімічної - від 20 до 400 КДж/мол.

При фізичній адсорбції взаємодія молекул з поверхнею адсорбенту визначається порівняно слабкими дисперсійними, індукційними та орієнтаційними силами. При цьому адсорбовані молекули не вступають з молекулами адсорбенту в хімічну взаємодію та зберігають свою індивідуальність. Для фізичної адсорбції характерна висока швидкість, незначна міцність зв'язку між поверхнею адсорбенту й адсорбтивом та мала теплота адсорбції. При підвищенні температури кількість фізично адсорбованої речовини зменшується, а підвищення тиску призводить до збільшення величини адсорбції. Висока швидкість фізичної адсорбції та властивість адсорбентів до регенерації дозволяють проводити процес циклічно

в умовах зворотності, тобто з ротацією стадій поглинання та виділення компонента, що добувається. Перевагою фізичної адсорбції є зворотність процесу..

В основі хімічної адсорбції лежить хімічна взаємодія між адсорбентом та речовиною, що адсорбується. Діючі при цьому сили значно більші, ніж при фізичній адсорбції. Через значну теплоту адсорбції (до 400 кДж/моль) енергія зв'язку хемосорбних молекул сильно відрізняється від енергії зв'язку цих самих молекул в потоці газу. Відповідно, енергія, яка необхідна для того, щоб хемосорбована молекула прореагувала з молекулою іншого сорту, може бути суттєво меншою, ніж енергія, що необхідна для реакції цих молекул в газовій фазі. В зв'язку з цим адсорбована на поверхні твердого тіла молекула легко вступає в хімічну реакцію з іншими молекулами. Молекули адсорбативу, що вступили в хімічну взаємодію, добре утримуються на поверхні та в порах адсорбенту. При хімічній адсорбції її швидкість за низьких температур мала, але збільшується з ростом температури.

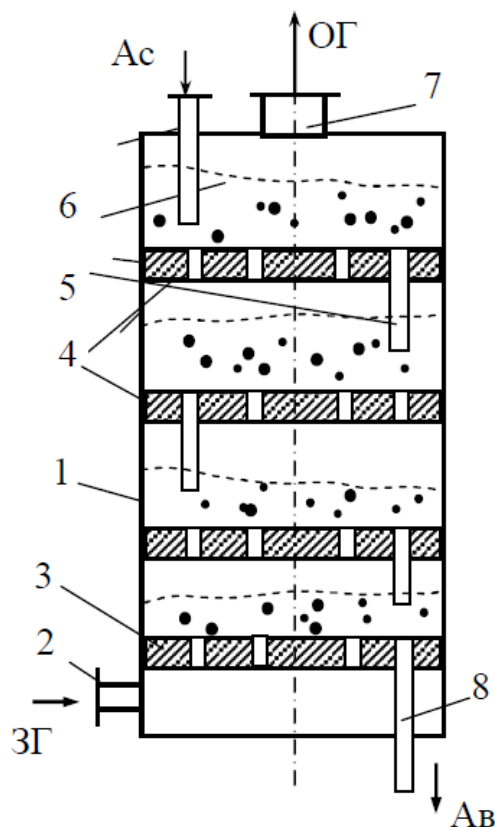
Фізична та хімічна адсорбція часто сприяють одна одній. При очищенні газів від газо- й пароподібних забруднень найбільш поширена фізична адсорбція. Характер протікання процесу адсорбції може бути періодичним або безперервним.

Періодичні процеси відбуваються при нерухомому шарі адсорбента, а безперервні при рухомому чи киплячому шарі.

Адсорбери з киплячим шаром дозволяють інтенсифікувати процес адсорбції без зміни гідродинамічних умов в апараті за рахунок збільшення поверхні контакту фаз та зменшення внутрішнього дифузійного опору твердої фази. Оптимальні гідродинамічні умови в киплячому шарі формуються завдяки таким факторам: швидкість газового потоку; розміри й щільність адсорбенту; форма апарата; діаметр й висота киплячого шару; способи подачі твердої фази; конструкції розподільчих решіток. Конструктивна схема багатоканального адсорбера з киплячим шаром безперервної дії подана на рисунку 1.4.

Недоліком адсорберів з киплячим шаром є те, що псевдоруху піддаються тільки матеріали однорідного гранулометричного складу; киплячий шар створюється тільки при деяких швидкостях газу, що не є оптимальними для фізико-хімічного процесу адсорбції.

Процес каталітичного очищення газових викидів ґрунтується на нейтралізації шкідливих домішок шляхом дії на них спеціальними речовинами - каталізаторами, як каталізатори використовують речовини, що беруть активну участь в хімічній реакції, але залишаються незмінними після її закінчення. Каталітичні процеси очищення газів забезпечують високий ступінь очищення та здійснюються за допомогою компактного обладнання.



- 1 – циліндричний корпус; 2 – штуцер для подачі паро газоподібної суміші; 3 – нижня решітка; 4 – перфоровані тарілки; 5 – перетічні труби;
6 – труба для подачі адсорбенту; 7 – штуцер для виведення очищеного газу; 8 – труба для видалення відпрацьованого адсорбенту

Рисунок 1.4 – Конструктивна схема багатоканального адсорбера з киплячим шаром

Каталітичні процеси бувають гомогенні та гетерогенні, що визначається агрегатним станом речовини, яка бере участь в каталізі. Технологія очищення та необхідне обладнання визначаються видом каталізу. При гомогенному каталізі каталізатор та реагуючі речовини знаходяться в одній фазі, наприклад, газовій. При гетерогенному процесі каталізатор та реагуючі речовини знаходяться в різних фазах.

Основним фактором, що визначає швидкість каталітичної реакції, є енергія активації. Чим більша енергія активації, тим менше частинок мають в системі таку енергію і тим повільніше відбувається реакція. Якщо величина енергії активації значно менша енергії, яка необхідна для розірвання старих зв'язків, то вона частково компенсується енергією, що звільняється при створенні нових зв'язків. Енергія активації для реакцій за участю радикалів становить 43-50 кДж/моль. В реакціях з молекулами ступінь компенсації зменшується до 60-70%, а енергія активації збільшується до 150-250 кДж/моль.

Тобто, проведення корисних хімічних реакцій досягається шляхом використання каталізаторів, які збільшують ступінь компенсації та знижують енергію активації. Це сприяє збільшенню швидкості хімічних реакцій. При очищенні газів від домішок використовують тверді каталізатори.

Каталіз на твердих каталізаторах складається з таких стадій:

- 1) зовнішня дифузія реагуючих речовин до поверхні каталізатора;
- 2) внутрішня дифузія в порах зерен каталізатора;
- 3) активована (хімічна) адсорбція одного або декількох компонентів на поверхні каталізатора;
- 4) перегрупування атомів (хімічна реакція);
- 5) зворотна дифузія продукту в порах зерен каталізатора;
- 6) дифузія продуктів від поверхні зерен.

Кожна з цих стадій каталітичного процесу повинна мати енергію активації, що значно менша, ніж енергія активації реакції при відсутності каталізатора. В іншому випадку каталітичний процес енергетично буде не

спроможний. Загальна швидкість каталітичного процесу визначається відносними швидкостями окремих стадій та може лімітуватися найменшою з них.

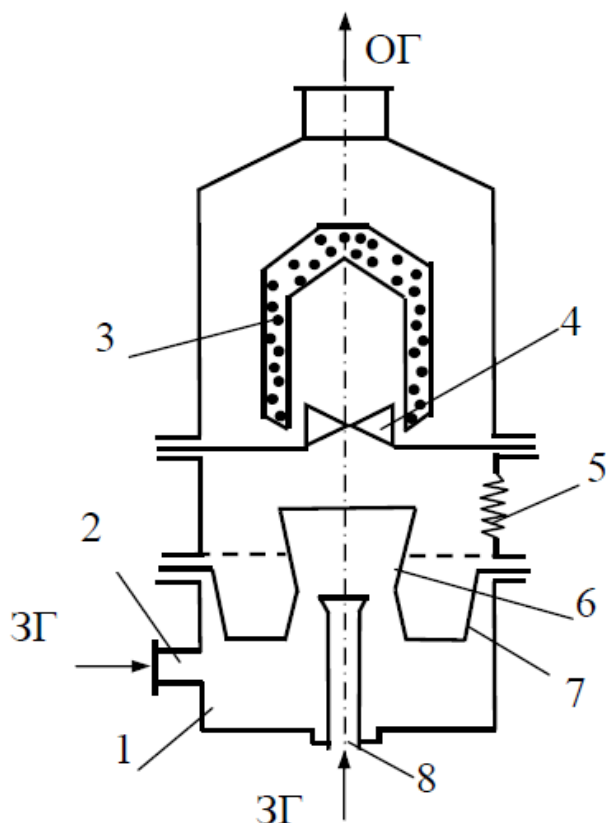
Суттєво впливає на процес каталізу температура. Вона не тільки змінює швидкість каталізу, а й лімітує стадію процесу. При відносно низьких температурах, коли швидкість реакції мала порівняно зі швидкістю дифузії, концентрація реагуючих речовин та продуктів реакції зі збільшенням глибини пор зерен каталізатора зменшується несуттєво та близька до концентрації їх в газовому потоці. В цьому випадку процес каталізу протікає в кінетичній області. Ступінь використання внутрішньої поверхні наближається до одиниці і процеси переносу не впливають на швидкість хімічних перетворень. З підвищенням температури швидкість хімічної реакції збільшується.

Як каталізатор використовують речовини, що не входять до складу кінцевих продуктів хімічної реакції, але змінюють її швидкість. Використовують платину, паладій та інші чисті метали або їх з'єднання, так як активність біметалевих каталізаторів вища.

Активатори (промотори) – речовини, що підвищують активність каталізаторів. Активатори можуть не мати каталітичних властивостей, але вони здатні підсилювати дію каталітично активних речовин. Вони вступають в реакцію з каталізатором й утворюють з'єднання, що мають більшу, порівно з чистими каталітичними речовинами, активність. Активатори можуть збільшувати активність речовин в сотні й тисячі разів.

Сучасні апарати для каталітичного очищення газів повинні мати високу продуктивність і забезпечувати безперервність процесу.

Термокаталітичний реактор з розділенням забрудненого газу на два потоки: потік для очищення та топковий потік, які потім об'єднуються в формокамері, змішуються й поступають у внутрішню камеру – корзину з каталізатором, подано на рис. 1.5.



- 1 – корпус; 2 – штуцер подачі забрудненого газу; 3 – корзина з каталізатором;
 4 – змішувач; 5 – вибухова мембрана; 6 – пальник; 7 – відбивач;
 8 – штуцер подачі газу на пальник.

Рисунок 1.5 – Термокаталітичний реактор з розділенням забрудненого газу на два потоки

Одним із досконалих методів очищення газів від завислих частинок пилу й туману є електричне очищення, яке дозволяє вловити до 99% частинок. Пиловловлення в електрофільтрах є складним фізичним процесом, який включає в себе гравітаційне, інерційне, дифузійне та електростатичне осадження.

РОЗДІЛ 2 ОБҐРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОСТІ ПІДВИЩЕННЯ СТУПЕНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ГАЗОПИЛОВИХ ВИКИДІВ ЦЕМЕНТНОГО ПІДПРИЄМСТВА

2.1 Дослідження процесу розсіювання пилового викиду в умовах цементного підприємства ПрАТ «HeidelbergCement Кривий Ріг»

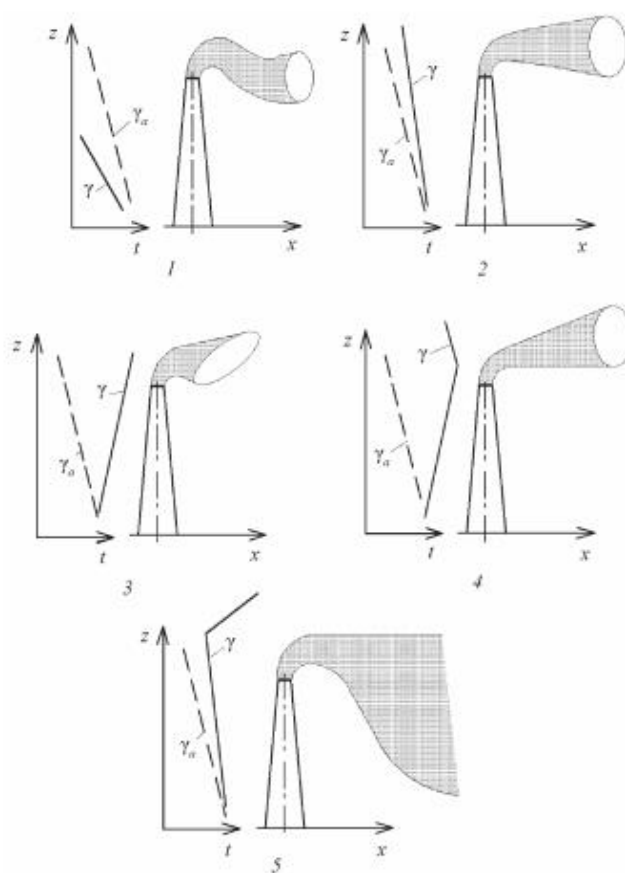
Виробництво заповнювачів і товарного бетону для виробничої групи HeidelbergCement є профільним, оскільки воно дозволяє здійснювати замкнутий цикл виробництва бетонних сумішей. Тому в компанії роблять ставку на розвиток і ефективність цього виробничого напрямку в Україні. Компанія прагне до покращення технічної сфери і посилення кадрового потенціалу. Бетонне виробництво орієнтоване на потреби будівництва, як в місті, так і в його околицях.

Для контролю якості бетону та бетонних сумішей в Компанії організована власна атестована лабораторія, яка має можливості проводити будь-які випробування щодо сумішей бетонних, розчинів та бетону, включаючи випробування на стиск, морозостійкість, водонепроникність, обсяг залученого повітря, тощо. Фахівці лабораторії виконують постійний вхідний контроль якості сировини, що поставляється (цементу, піску, щебеню), операційний контроль бетонних сумішей та будівельних розчинів, приймальний контроль бетону на відповідність проектним характеристикам, а також контроль пило-газоутворення в процесі виготовлення бетонних сумішей.

Перенесення забруднень в атмосфері відбувається під дією двох чинників: вітрового потоку і турбулентного руху в поперечному до вітрового потоку напрямку з урахуванням гравітаційної складової осадження частинок пилу з потоку. Вітер є основним фактором, що впливає на поширення речовин в атмосфері. Вітер не є стійкою течією, його напрямок і швидкість постійно змінюються, на яку накладається турбулентна складова. Ось чому при

проектуванні промислових зон і житлової забудови зазвичай враховують середньорічне і сезонний розподіл швидкості і повторюваності вітру.

Існує поняття небезпечної швидкості вітру, за якої концентрації забруднюючих речовин, що містяться в приземному шарі, досягають найбільших значень. У свою чергу, небезпечна швидкість вітру залежить від температурної стратифікації атмосфери, обумовлених температурними градієнтами, що впливає на характер та вид факелу димішок, що виходить з труби. Виділяють п'ять основних варіантів будови атмосфери і відповідних форм факелу викиду з труб чи вентиляційних систем (рисунок 2.1).



1– хвилеподібна, 2 – конусоподібна, 3- віялоподібна, 4- піднесена, 5 – задимлююча.

Рисунок 2.1 – Форми розповсюдження димової хмари (факелу викид) у в стратифікованій атмосфері

Хвилеподібна. Така форма свідчить про нестійкість в атмосфері. Поширення хмари носить хвильовий характер з великим кутом розкриття і

великим ступенем турбулентності. Така температурна стратифікація зазвичай спостерігається днем при хорошою ясній погоді, коли земля інтенсивно нагрівається сонцем.

Конусоподібна. Така структура атмосфери більш стійка, ніж в попередньому випадку. Вона характерна для хмарної і вітряної погоди як днем, так і вночі і найбільш часто зустрічається при вологому кліматі.

Віялоподібна. Ця форма хмари спостерігається при інверсії або при температурних градієнтах, близьких до нуля. Максимальна концентрація шкідливих речовин біля Землі невелика, а точка максимуму знаходиться далеко від джерела шкідливих речовин. Однак така структура атмосфери небезпечна при неорганізованих викидах шкідливих речовин в нижні шари атмосфери (автотранспорт, наземні джерела, викид в зону аеродинамічної тіні будівель). Це характерно для нічного часу, коли температура поверхні Землі нижче температури повітря. Цьому сприяють слабкий вітер, чисте небо і сніговий покрив.

Піднесена. Така форма може спостерігатися при заході сонця. Ця структура атмосфери є найбільш сприятливою для розсіювання шкідливих речовин з високих джерел викидів, коли вони направляються у верхні шари атмосфери і практично не проникають на земну поверхню.

Задимлююча. Така структура атмосфери зустрічається вранці, коли нічна інверсія руйнується під дією сонячних променів, що відповідає поширенню хмари безпосередньо над земною поверхнею. Задимлююча структура найбільш небезпечна для низьких джерел викидів. Концентрація шкідливих речовин стає підвищеною, і хмара наближається до поверхні Землі поблизу джерела викидів.

В цілому характер температурної стратифікації визначається географічним місцем розташування джерела викиду і враховується відповідним коефіцієнтом в формулах розрахунку розсіювання шкідливих речовин за стандартизованою методикою ОНД-86.

Ефективність застосовуваних методів очищення викидів перевіряється по вмісту шкідливих (забруднюючих) речовин в атмосферному повітрі.

Відносно контрольованих речовин, що характеризують вживані технології і особливості виробничого процесу на об'єкті, яке справляє негативний вплив на навколишнє середовище, застосовується термін «маркерні речовини», тобто найбільш значимий екологічно небезпечний представник групи речовин, всередині якої спостерігається тісний кореляційний взаємозв'язок. Особливістю маркерної речовини є те, що по значенню її концентрації можна оцінити значення всіх речовин, що входять в групу.

При здійсненні виробничого екологічного контролю викидів проводиться контроль маркерних забруднюючих речовин. При екологічних і гігієнічних оцінках значення мають маркери якості навколишнього середовища і технологічні маркери. Так, в якості маркерів речовин, що виникають при виробництві цементу, визначаючи екологічну небезпеку підприємства, і завдають шкоди навколишньому середовищу і здоров'ю людини, використовуються наступні: пил, оксиди азоту (NO_x), діоксид сірки (SO_2), оксид вуглецю (CO), метали і їх сполуки, наведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 - Маркерні речовини (найбільш екологічно небезпечні), що виділяються в навколишнє середовище на цементних виробництвах

Речовина	Опис
1	2
Пил	<p>Викиди пилу виникають в процесі дроблення, транспортування, складування сировинних матеріалів, при помелі і випалюванні сировинної суміші, охолодженні і складуванні портландцементного клінкеру, під час помелу, транспортуванні та відвантаженні цементу, при зберіганні і підготовці твердого палива або паливних відходів. Хімічний склад пилу може змінюватися в широких межах. Для цементних заводів розглядають викиди пилу з вмістом SiO_2 до 20 мас. % та з вмістом SiO_2 від 20 до 70 мас. %. Важливе значення мають викиди пилу з розміром частинок менше 10 мкм (PM 10) і тонкодисперсного пилу з розміром частинок менше 2,5 мкм (PM 2,5). Тонкодисперсний пил дуже повільно осідає. Знаходження в верхніх шарах атмосфери тонкодисперсного пилу у великій концентрації знижує рівень інсоляції земної поверхні, що може призвести до помітного зниження середньої річної температури.</p> <p>В пилових викидах цементних заводів після знепилювання газів в сучасних рукавних і електрофільтрах кількість частинок фракції PM 10 може досягати 85-90%, а частинок PM 2,5 - 50% від маси частинок, що виносяться безповоротним пилоуносом</p>

Продовження таблиці 2.1

1	2
Оксиди азоту	Ключові забруднюючі речовини, що викидаються в атмосферу при виробництві цементу. Складаються з суміші монооксиду азоту NO (95%) і діоксиду азоту NO ₂ (5%).
Діоксид сірки	Викиди діоксиду сірки (SO ₂) залежать перш за все від концентрації летких сполук сірки в сировинних матеріалах і паливі, а також від способу виробництва цементу і внутрішньої циркуляції летких сірчистих сполук в печі. Діоксид сірки може викидатися в атмосферу у вигляді SO ₂ , а також у вигляді різних сірчистих сполук з пилом або клінкером.
Оксид вуглецю	У димових газах клінкерообпалювальних печей може з'явитися двома шляхами. Перший шлях пов'язаний з неповним згорянням технологічного палива при недостатній кількості кисню в повітрі або недостатній кількості повітря, що подається в обертову піч або в декарбонізатор обертової печі. Другий шлях пов'язаний з присутністю різних органічних сполук, що містять вуглець, в сировинних матеріалах. У газовому середовищі, що містить до 3 % кисню, 80-95% органічного вуглецю окислюються до CO ₂ , а 5-20% утворюють CO.

Закінчення таблиці 2.1

1	2
Метали та їх сполуки	<p>Тугоплавкі нелеткі речовини</p> <p>Ba, Be, Cr, As, Ni, Al, Ca, Fe, Mn, Cu і Ag. У процесі випалу ці метали повністю адсорбуються клінкером і виводяться з печі разом з ним. У газах вони можуть бути присутніми тільки у вигляді пилу, а рівень їх емісії в атмосферу залежить тільки від ефективності роботи пилоловлюючого обладнання.</p>
	<p>Частково легкі метали</p> <p>Sb, Cd, Pb, Se, Zn, K і Na. У вигляді сульфатів або хлоридів ці метали здатні сублимуватися в інтервалі температур 1000-1300 ° С і конденсуватися при 700-900 ° С, що призводить до явища внутрішньої рециркуляції і їх накопичення в нижніх щаблях циклонного теплообмінника і в зоні твердофазових реакцій. Вони також практично повністю виводяться з печі з клінкером, а рівень їх емісії в атмосферу залежить від ефективності роботи пилоловлюючого обладнання</p>
	<p>Високо легкі сполуки</p> <p>Талій (Tl). Конденсація TlCl відбувається в температурному інтервалі 450-550 ° С, тобто в верхніх щаблях циклонного теплообмінника, що призводить до накопичення і поступового зростання його концентрації в складі пилу</p>
	<p>Вкрай легкі сполуки</p> <p>Ртуть (Hg) майже повністю видаляється з печі та відходять газами і лише незначна її частина адсорбується пилом з подальшим осадженням в пилоуловлюючих установках</p>

Таким чином, більшість розглянутих в таблиці чинників та екологічно небезпечних речовин підлягають визначенню їх впливу на ступінь екологічної безпеки в умовах конкретного цементного виробництва.

2.2 Визначення індивідуальних і комплексних показників екологічної безпеки газопилових викидів в умовах обраного підприємства

Якість атмосферного повітря є одним з основних факторів формування екологічної безпеки в цілому. Потрапляючи до атмосфери, забруднюючі речовини досить швидко розсіюються. Середня тривалість знаходження газів у тропосфері становить 2-4 місяці, аерозолів – 4 місяці біля тропосфери, 1 місяць – у верхній та 6- 10 діб – у нижній тропосфері. У результаті змінюються фізичні та хімічні властивості атмосфери, її радіаційні та електричні характеристики. Змінюється склад тропосфери, збільшується концентрація CO₂, метану, нітрогену, фреонів, аерозолів антропогенного походження та інших забруднювачів.

Усі ці фактори чинять негативний вплив на клімат, елементи біосфери, призводять до порушення екологічної рівноваги, змінюють характер біоценозів, впливаючи на стан живих організмів та здоров'я людей. Атмосферні забруднення можуть проникати в рослини внаслідок їх газообміну, осаду на поверхні листя та пагонах. При тривалій дії навіть невисоких концентрацій забруднень у рослин виникають хронічні пошкодження (депресія фотосинтезу, порушення росту, відмирання клітин тощо).

Потрапляючи на поверхню ґрунту, забруднюючі речовини включаються у вертикальні переміщення в ньому і при цьому можуть значно трансформувати їх налагоджений механізм.

Якість компонентів довкілля відповідає нормам, якщо вміст конкретного забруднювача у певному середовищі, зокрема на межі СЗЗ підприємства, не

перевищує відповідне значення гранично допустимої концентрації – ГДК, тобто:

$$q_i < ГДК_i$$

Для оцінки потенційного екологічного ризику або екологічної небезпеки від дії забруднювачів звичайно використовують відносно прості залежності, куди як параметри входять рівні соціальної небезпеки, забруднення навколишнього середовища, величини навантаження на нього або розміри нанесеного збитку.

Найбільш поширеною є модель, заснована на оцінці соціального ризику за ступенем впливу екологічно небезпечного фактору на здоров'я людини. Так, відповідно до методичних вказівок МОЗ України (Методичні вказівки. «Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря». У відповідності із наказом МОЗ України від 13.04.2007р. №184.) оцінку рівня соціального (екологічного) ризику здійснюють шляхом порівняння фактичних рівнів експозиції забруднювача з безпечними (референтними) рівнями впливу й визначенням коефіцієнта небезпеки як

$$HQ = AD/RfD \quad (2.1)$$

де AD (актуальна доза) – середня концентрація забруднювача, мг/м³;

RfD (референтна доза) – безпечна концентрація, мг/м³.

За отриманою кратністю відхилення вмісту забруднювача від референтної концентрації (переважно гранично допустимої концентрації - ГДК) визначають фактичний ризик джерела пилу, газу або іншого забруднювача для здоров'я населення в обраних точках території впливу викиду цього забруднювача, що й характеризує його екологічну небезпеку.

Критерії, зокрема неканцерогенного ризику, для характеристики коефіцієнта небезпеки (HQ) наведені в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 - Критерії неканцерогенного ризику

Характеристика ризику	Коефіцієнт небезпеки (HQ)
Ризик виникнення шкідливих ефектів розглядають як зневажливо малий	< 1
Гранична величина, що не має потреби в термінових заходах, однак не може розглядатися як достатньо прийнятна	1
Імовірність розвитку шкідливих ефектів зростає пропорційно збільшенню HQ	> 1

Оскільки йдеться про окремі види забруднення, то дані показники називають частинними критеріями якості. Узагальнені ж критерії якості визначають, що зокрема характерні для більшості промислових виробництв, в тому числі й цементного, зазвичай як середньозважені індекси небезпеки за формулою:

$$HQ_i = \frac{C_i}{R_f C} \quad (2.2)$$

де HQ_i – коефіцієнт небезпеки впливу i -ої речовини;

C_i – рівень фактичного впливу i -ої речовини, мг/м³;

$R_f C$ – безпечний (референтний) рівень впливу, мг/м³.

З цією формулою визначені показники для основних забруднювачів, що викидаються підприємством в атмосферу, а саме:

$$HQ_{\text{пил}} = \frac{0,1}{0,02} = 5$$

$$HQ_{NO_2} = \frac{0,08}{0,06} = 1,3$$

$$HQ_{SO_2} = \frac{0,065}{0,05} = 1,3$$

$$HQ_{CO_2} = \frac{5}{3} = 1,66$$

$$HQ_{Al_2O_3} = \frac{0,01}{0,01} = 1$$

$$HQ_{Pb} = \frac{0,0001}{0,0017} = 0,0058$$

$$HQ_{SiO_2} = \frac{0,03}{0,05} = 0,6$$

Зауважимо, що вихідні дані концентрацій забруднювачів на межі СЗЗ підприємства отримані в лабораторії підприємства.

Рохраховано характеристику ризику розвитку неканцерогенних ефектів за умов комбінованого впливу хімічних речовин на основі розрахунку індексу небезпеки :

$$HI = \sum HQ_i \quad (2.3)$$

де HQ_i – коефіцієнти небезпеки для окремих компонентів суміші впливових хімічних речовин, причому вагові коефіцієнти в зазначеній сумі можуть бути визначені на основі експертних оцінок, з урахуванням відносної шкідливості речовин, їх синергічної або, навпаки, антагоністичної взаємодії по окремих групах.

З узагальнених же критеріїв одержують комплексні оцінки якості як повітряного, так і водного середовища.

В результаті за (2.3) отримаємо:

$$HI = HQ_{\text{пил}} + HQ_{NO_2} + HQ_{SO_2} + HQ_{CO_2} + HQ_{Al_2O_3} + HQ_{Pb} + HQ_{SiO_2} =$$

$$= 5 + 1,3 + 1,3 + 1,66 + 1 + 0,058 + 0,6 = 10,918$$

Такий сумарний показник є характерним для більшості техногенно навантаженої території.

При значеннях $HQ > 1$, варто оцінювати диференційовані рівні екологічної небезпеки забруднювачів атмосферного повітря за стандартизованою методикою: Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених міст (від забруднення хімічними й біологічними речовинами). Уведені МОЗ України 9.07.97. Наказ № 201.).

Класифікація рівнів екологічної небезпеки за цією методикою представлені в табл. 2.3

Таблиця 2.3 – Класифікація рівнів екологічної небезпеки по кратності перевищення ГДК забруднювача в атмосфері

Рівень забруднення	Ступінь небезпеки	Кратність перевищення ГДЗ	Відсоток* випадків перевищення ГДЗ
Припустимий	Безпечний	< 1	0
Неприпустимий	Слабко небезпечний	> 1 - 2	> 0 - 4
Неприпустимий	Помірно небезпечний	> 2 - 4.4	> 4 - 10
Неприпустимий	Небезпечний	> 4.4 - 8	> 10 - 25
Неприпустимий	Дуже небезпечний	> 8	> 25

Примітки: 1) у випадках визначення недиференційованого за складом пилу (аерозолі) допускається приймати значення його ГДЗ (гранично допустимого забруднення). Кратність перевищення ГДЗ те ж саме, що кратність перевищення ГДК.

2) загальна запиленість, що створюється викидами підприємств й інших об'єктів із вмістом твердих аерозолів різних хімічних сполук, у повітряному середовищі навколишньої житлової забудови не повинна перевищувати ГДК, установлені для недиференційованого за складом пилу.

Наведена в таблиці 2.3 шкала небезпеки забруднення атмосфери корисна тим, що вона дозволяє оцінювати ефективність заходів чи технологій, запропонованих для зниження екологічної небезпеки викидів.

Оцінка якості атмосферного повітря можлива також на основі комплексних показників, що враховують не тільки перевищення рівнів допустимих концентрацій, але й враховують клас небезпеки речовин, що

викидаються. Одним з таких показників є індекс забруднення атмосфери (ІЗА), що визначають за формулами:

$$I = \left(\frac{q}{ГДК_{\text{мр}}} \right)^C \text{ або } I = \left(\frac{\bar{q}}{ГДК_{\text{сд}}} \right)^C \quad (2.4)$$

де q и \bar{q} – відповідно максимальні разові або середньодобові концентрації забруднювача;

C – константа, що приймає значення 1,7; 1,3; 1,0; 0,9 відповідно для 1; 2; 3; 4-го класів небезпеки речовини.

Відомо, що пил, оксид азоту та діоксид сірки мають 3-й клас небезпеки, оксид вуглецю – 4-й, оксид алюмінію – 2-й, а свинець та діоксид селену визначені як речовини 1-го класу небезпеки.

Отже за цим індексом отримаємо наступні значення:

$$I_{\text{пил}} = \left(\frac{0,1}{0,02} \right)^1 = 5$$

$$I_{\text{NO}_2} = \left(\frac{0,08}{0,06} \right)^1 = 1,3$$

$$I_{\text{SO}_2} = \left(\frac{0,065}{0,05} \right)^1 = 1,3$$

$$I_{\text{CO}_2} = \left(\frac{5}{3} \right)^{0,9} = 1,58$$

$$I_{\text{Al}_2\text{O}_3} = \left(\frac{0,01}{0,01} \right)^{1,3} = 1$$

$$I_{\text{Pb}} = \left(\frac{0,0001}{0,0017} \right)^{1,7} = 0,008$$

$$I_{\text{SiO}_2} = \left(\frac{0,03}{0,05} \right)^{1,7} = 0,419$$

Вважають, що при значенні ІЗА, тобто $I \leq 1$, якість повітря за вмістом окремих забруднювачів відповідає санітарно-гігієнічним нормам.

Комплексний ІЗА (КІЗА) – це кількісна характеристика рівня забруднення атмосфери, створеного п речовинами та розраховується за формулою:

$$I_n = \sum_{i=1}^n I_i = \sum_{i=1}^n \left(\left(\frac{\bar{q}}{ГДК_{сд}} \right)^{C_i} \right)_i \quad (2.5)$$

$$I = I_{\text{пил}} + I_{NO_2} + I_{SO_2} + I_{CO_2} + I_{Al_2O_3} + I_{Pb} + I_{SiO_2} = \\ = 5 + 1,3 + 1,3 + 1,58 + 1 + 0,008 + 0,419 = 10,607$$

Приймаючи до уваги наведені показники, визначимо їх для маркерних забруднювачів, що містяться у викидах, обраного у якості досліджуваного об'єкта, підприємства ПрАТ «HeidelbergCement Кривий Ріг»

Зведемо усі отримані показники у єдину таблицю (табл. 2.4) наведені також ГДК та розрахункові показники екологічної небезпеки маркерних речовин, що надходять в атмосферу при виробництві цементної продукції.

Таблиця 2.4 – Показники екологічної небезпеки викидів речовин, що забруднюють атмосферу в ході цементного виробництва

Найменування маркерних речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпеки	Показники екологічної небезпеки маркерних речовин у викидах			
	м.р	сд,		середньодобова концентрація, мг/м ³	ІЗА	Ризик, HQ	Ступінь екологічна небезпеки за рівнем перевищення ГДКсд
1	2	3	4	5	6	7	8
Пил цементного виробництва	-	0,02	3	0,1	5	5	небезпечний
Азоту оксид	0,4	0,06	3	0,08	1,3	1,3	слабко небезпечний
Діоксид сірки	0,5	0,05	3	0,065	1,3	1,3	слабко небезпечний

Закінчення таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6	7	8
Вуглецю оксид	5	3	4	5	1,58	1,66	слабко небезпечний
Алюмінію оксид	-	0,01	2	0,01	1	1	безпечний
Свинець сірчистий (у перерахунку на свинець)	-	0,00 17	1	0,0001	0,008	0,058	безпечний
Селену діоксин (у перерахунку на селен)	0,1	0,05	1	0,03	0,419	0,6	безпечний
Комплексні показники за формулами 2.3, 2.5	-	-	-	-	10,607	10,918	-

Отже, концентрації пилу в умовах цементного виробництва на ПрАТ «HeidelbergCement Кривий Ріг» на межі СЗЗ (II клас, 500м) перевищують середньодобові ГДК в 5 разів та має небезпечний рівень екологічного ризику, оксид азоту та діоксид сірки перевищують ГДК в 1,33 рази, діоксид вуглецю – в 1,66 рази та мають слабо небезпечний рівень екологічного ризику, концентрації свинцю, оксидів алюмінію та селену не перевищують середньодобову ГДК та мають безпечний рівень екологічного ризику.

Як бачимо, комплексні показники екологічної небезпеки перевищують величину 10, що свідчить про доволі високу екологічну небезпеку викидів цементного виробництва. При цьому найбільшу екологічну небезпеку являє пил з індексом (показником) – 5, що відповідає за табл.2.3 якісно визначеному ступеню екологічної небезпеки – «НЕБЕЗПЕЧНИЙ» (див. останню колонку табл. 2.4)

2.3 Визначення хімічного і дисперсного складу цементного пилу та вибір ефективного засобу для його вловлювання

На підприємстві мають місце організовані (через труби, вентиляційні шахти і т.д.) та неорганізовані викиди (через ліхтарі і отвори в цехах, від місць навантаження і розвантаження транспорту, через витоки в комунікаціях і ін.). Неорганізовані викиди складають від 10 до 26% від загальної кількості викидів в атмосферу.

Надходження в повітряне середовище виробничих приміщень і викид в атмосферу аерозолів та інших шкідливих речовин - результат недосконалості технологічного і транспортного обладнання, в першу чергу, його негерметичності, а також відсутності або недостатньої ефективності пилоуловлюючих і локалізуючих пристроїв і систем.

Аерозоль являє собою дисперсну систему, в якій дисперсним середовищем є газ, зокрема, повітря, а дисперсною фазою - тверді або рідкі частинки. Найбільш дрібні (тонкі) аерозольні частинки за розмірами близькі до великих молекул, а для найбільших розмір визначається їх здатністю тривалий час перебувати в підвішеному стані.

В атмосфері аерозольні забруднення сприймаються у вигляд диму, туману, імлі або серпанку. Значна частина аерозолів утворюється в атмосфері при взаємодії твердих і рідких частинок між собою або з водяною парою. Середній розмір аерозольних часток становить 1-5 мкм. До аерозолів відносяться пил, тумани і дими.

Пил - дисперсійні аерозолі з твердими частинками, незалежно від дисперсності. Пилом зазвичай також називають сукупність осілих частинок (гель або аерогель).

Під туманами розуміють газоподібне середовище з рідкими частинками незалежно від їх дисперсності.

Димами називають конденсаційні аерозолі з твердою дисперсною фазою.

У процесах пиловловлювання важливими є фізико-хімічні характеристики пилу і туманів, а саме:

- 1) дисперсний (фракційний) склад,
- 2) щільність,
- 3) адгезійні властивості,
- 4) змочуваність,
- 5) електрична зарядженість частинок,
- 6) питомий опір шарів частинок і ін.

Для правильного вибору пиловловлюючого апарату необхідні, перш за все, відомості про дисперсному складі пилу і димових туманів.

Аерозолі зазвичай полідисперсні, тобто містять частинки різних розмірів.

Дисперсність - ступінь подрібнення речовини. Під дисперсним (зерновим, гранулометричним) складом розуміють розподіл часток аерозолів за розмірами. Він показує, з частинок якого розміру складається даний аерозоль, і масу або кількість частинок відповідного розміру.

Дисперсність в значній мірі визначає властивості аерозолів. Внаслідок подрібнення змінюються деякі властивості речовини і з'являються нові. Це викликано, в основному, тим, що при дисперсуванні речовини багаторазово збільшується її сумарна поверхня.

Дисперсний склад пилу має першорядне значення для розробки і вдосконалення пилоуловлюючих апаратів і систем, а також для здійснення заходів щодо запобігання виділення пилу та його поширенню.

Інтервал дисперсності аерозольних часток дуже великий: від 10^{-7} до 1 см. Нижня межа визначається можливістю тривалого самостійного існування досить малих часток; верхня межа обмежена тим, що великі частки вельми швидко осідають під дією сил тяжіння і в підвішеному стані практично не спостерігаються.

Весь діапазон розмірів частинок розбивають на фракції. Під фракцією розуміють масові (рахункові) частки частинок, що містяться в певному

інтервалі розмірів частинок. Наприклад, застосовують таку шкалу розмірів пилових частинок: 1 - 1,3 - 1,6 - 2,0 - 2,5 - 3,2 - 4,0 - 5,0 - 6,3 - 8,0 - 13 - 16 - 20 - 25 - 32 - 40 - 50 - 63 мкм.

У таблиці 2.5 надається характеристика розподілу пилу по фракціям у відсотках від загальної маси.

Таблиця 2.5 – Дисперсний склад пилу

Показник	Розмір частинок на межах фракцій, мкм									
	<1,5	1,5- 2,5	2,5- 5	5-7,5	7.5- 10	10- 15	15-2	25- 35	35- 50	>50
Фракції,% від загальної маси частинок	2,19	3,73	7,89	13,16	15,45	21,13	18,63	6,06	5,1	6,66

Важливий параметр пилу - її щільність. Від щільності частинок пилу залежить ефективність її осадження в гравітаційних і відцентрових пилоуловлювачах.

Схильність частинок пилу до злипання визначається її адгезійними властивостями. Чим вище злипання пилу, тим більша ймовірність забивання окремих елементів пиловловлювача і налипання пилу на газоходах. Чим дрібніше пил, тим вище її злипання. Злипання пилу значно зростає при його зволоженні. Змочуваність частинок рідиною (водою) впливає на роботу мокрих пиловловлювачів, а електрична зарядженість частинок - на їх поведінку в пилоуловлювачах і газоходах.

У технологічному процесі виготовлення цементу, зі збільшенням його обсягу пропорційно збільшується рівень пиловиділення в робочі зони заводу та прилеглі території. І, якщо в цехах та на технологічних дільницях, які мають організовані джерела викидів пилу, запыленість хоч й висока, але не перевищує ГДК, то у виробничих підрозділах з неорганізованими джерелами

викидів, де засоби знепилювання відсутні (на ділянках транспортування сировини та у цехах готової продукції), концентрація пилу перевищує ГДК у 10 разів і більше. У промисловому виробництві цементу використовуються переважно легкоплавкі глини, аргіліти і глинисті сланці, що утворюють частину цементної шихти. Другою основною її складовою є карбонатні породи. Вапняк і глину, змішують у певному співвідношенні (75-80 % вапняку і 20-25 % глини) і прожарюють при температурі близько 1450 °С у спеціальних циліндричних печах, викладених всередині вогнетривким матеріалом.

Сучасні потужні цементні печі сягають у довжину 185 м і мають внутрішній діаметр до 5 м. Їх встановлюють горизонтально з деяким нахилом осі під кутом 10°. Шихту завантажують у верхню частину печі, яка повільно обертається, через що матеріал, пересипаючись внутрішнім периметром її поверхні, рухається до нижньої частини на зустріч розжареним газам – продуктам горіння палива(розпиленого вугілля або горючих газів). Частини спеченої цементної маси, яку називають клінкером, вивантажують з нижнього кінця печі і, після охолодження, розмелюють, внаслідок чого утворюється сіро-зелений порошок, який і називають цементом. Після його поділу на фракції упаковують у спеціальну тару або транспортують машинами, спеціально для цього призначеними.

Склад цементу виражають зазвичай процентним вмістом CaO , SiO_2 , Al_2O_3 і Fe_2O_3 . До його складу як домішки входять і інші речовини. Звичайний, абосилікатний цемент містить: CaO (60-67 %); SiO_2 (17-25 %); Al_2O_3 (3-8 %); Fe_2O_3 (0,3-6 %).

Таблиця 2.6 – Хімічний склад цементного пилу

Основні компоненти	Речовини	Вміст у пробі, %
Вапняк	CaCO ₃	49,3
Кремнезем	SiO ₂	15,02
Окисди металів	SO ₃	9,4
	Al ₂ O ₃	9,2
	MgO	2,5
	Fe ₂ O ₃	1,4
	Na ₂ O	1,5
	K ₂ O	2,1
Важкі метали		0,35
Продукти прожарювання		2,5
Невизначені елементи		6,9

Сучасні потужні цементні печі сягають у довжину 185 м і мають внутрішній діаметр до 5 м. Їх встановлюють горизонтально з деяким нахилом осі під кутом 10°. Шихту завантажують у верхню частину печі, яка повільно обертається, через що матеріал, пересипаючись внутрішнім периметром її поверхні, рухається до нижньої частини на зустріч розжареним газам – продуктам горіння палива (розпиленого вугілля або горючих газів). Частини спеченої цементної маси, яку називають клінкером, вивантажують з нижнього кінця печі і, після охолодження, розмелюють, внаслідок чого утворюється сіро-зелений порошок, який і називають цементом. Після його поділу на фракції упаковують у спеціальну тару або транспортують машинами, спеціально для цього призначеними.

Склад цементу виражають зазвичай процентним вмістом CaO, SiO₂, Al₂O₃ і Fe₂O₃. До його складу як домішки входять і інші речовини. Звичайний, або силікатний цемент містить: CaO (60-67 %); SiO₂ (17-25 %); Al₂O₃ (3-8 %); Fe₂O₃ (0,3-6 %).

Основними джерелами пилоутворення цементних заводів є конвеєрні лінії, якими транспортується сировина й готова продукція, місця їх

пересипання, завантаження й розвантаження, дробильні установки, печі випалювання клінкеру, кульові млини для помелу клінкеру та ін. Конвеєрні лінії для транспортування сипкої сировини (вапняку) з'єднують видобувні кар'єри з дробильними установками цементного заводу. Основними чинниками, які визначають запиленість повітря в робочих зонах різних ділянок, є швидкість вітру й віддаленість транспортованої сировини від кар'єру. Мінімальне пиловиділення при цьому становить 7-10 г/т, а максимальне - 50-52 г/т. У бункерному ангарі при розвантажуванні сировини з автосамоскидів запиленість повітря перевищує ГДК в 50 і більше разів, при надходженні сипкої сировини до бункера із стрічкових конвеєрів концентрації пилу сягають значень 270-450 мг/м³ і при сукупному розвантаженні сировини -1500 мг/м³ і більше, що значно перевищує ГДК. Найбільш істотними джерелами пиловиділення також на ділянках цементних заводів є печі для випалювання клінкеру. При сухому способі виробництва кількість сухих запиленних газів, які виносяться з печей, на 25-40 % менше, ніж при мокрому способі. При цьому маса дрібнодисперсного пилу, що виділяється, становить 50-120 кг на 1 т клінкеру.

Сушильні барабани сировини й добавок виділяють пил, який характеризується підвищеним вологовмістом (температура точки роси сягає 40-60°C) і широким діапазоном коливань концентрації аерозолу (15-70 г/м³). Колосникові холодильники клінкеру викидають на 1 т клінкеру 1,1-1,8 т сухої та газоповітряної суміші, яка містить 7-10 кг пиловидних клінкерних частинок, що характеризуються високим вмістом грубо дисперсних фракцій (80% частинок розміром понад 5 мкм). Якщо порівняти джерела пилоутворення цементних заводів, то слід відзначити, що понад 80 % пилу, що викидається в атмосферу, виділяється обертовими печами випалювання клінкеру. На підставі цього можна зробити висновок, що практично всі ділянки цементних заводів мають інтенсивне пиловиділення, при якому рівень запиленості повітря перевищує ГДК, тому виконання технологічних операцій і

процесів можливе лише при наявності вискоєфективних засобів пригнічення пилу та пиловловлювальних апаратів .

Встановлено, що основними джерелами пилоутворення на цементних заводах є конвеєрні лінії, якими транспортується сировина й готова продукція, місця їх пересипання, завантаження й розвантаження, дробильні установки, печі випалювання клінкеру, кульові млини для його помелу та ін.

Для боротьби із цементним пилом застосовують таке устаткування як витяжна вентиляція, різні промислові агрегати для вловлювання пилу, ефективність роботи яких становить до 99%. Наявність пилу в повітрі робочих приміщень цементних заводів обумовлена характером та організацією технологічного процесу, ступенем герметичності устаткування, наявністю чи відсутністю вентиляційних установок і ефективністю їх роботи. Дослідження за допомогою дисперсного аналізу промислового пилу основних підрозділів цементного заводу показали, що за вмістом дрібнодисперсного пилу їх можна поділити на три групи (таблиця 2.7).

Орієнтовні рівні запиленості повітря безпосередньо у викидах різного роду вентиляційних систем та труб підприємства наведені у табл. 2.8. Вміст пилу в повітрі чи газі, що викидався в атмосферу, визначався працівниками лабораторії за допомогою пиловідбірників з наступним визначенням значень концентрації пилу гравіметричним методом або фотопиломіром.

Таблиця 2.7 - Вміст дрібнодисперсного пилу в повітрі (< 10 мкм)

Назви груп дрібнодисперсного пилу	Частка від маси
I група - пил який виділяється із сировини, що транспортується	28-35 %
II група - пил який надходить в атмосферу робочих зон із дробильних установок і випалювальних печей	28-35 %
III група - пил, який виділяється в атмосферу цеху готової продукції при перевантаженні	64-67 %

Таблиця 2.8 – Рівні запиленості у викидах з окремих вентиляційних систем

Вентиляційні системи підприємства	Кількість пилу, мг/м ³
Системи промислової вентиляції цехів	від 3 до 12
Аспіраційні системи установок перемішування сухих компонентів бетону	від 100 до 250
Викиди з труб	до 1500

Для зменшення викидів промислового пилу в атмосферу доцільно впроваджувати різноманітні заходи для зниження пилоутворення, до яких належать:

- 1) комплексна автоматизація технологічних процесів і дистанційне управління ним;
- 2) удосконалення конструкції обладнання (герметизація устаткування тощо);
- 3) удосконалення технологічних процесів (застосування замкнутих і безперервних технологічних процесів);
- 4) заміна фізично зношеного і морально застарілого устаткування на нове високопродуктивне та екологічно безпечне;
- 5) своєчасний і якісний ремонт технологічного устаткування;
- 6) облаштування місцевої вентиляції фільтрувальними засобами;

Для ефективного пиловловлювання та очищення газо-пилоповітряної суміші на цементних заводах широко застосовують апарати із закрученням повітряного потоку: циклони, вихрові камери, скрубери, швидкісні газопромивачі, плівкові сепаратори тощо. Циклони прямоочні і більш ефективні протиточні використовують для індивідуальних технологічних процесів сухого пиловловлювання твердих частинок розміром понад 10 мкм.

На сушільних установках цементних заводів застосовують циклони батарейного типу, скрубери (мокрі пиловловлювачі), рукавні фільтри, електрофільтри. Ці ж апарати застосовують як пилогазовловлювачі сушільних установок та печей для випалювання клінкеру, а також для вловлювання

найдрібніших механічних частинок - пилу, що міститься у природному газі, перед подачею споживачеві. Відомі також абсорбційні мокрі агрегати, у яких для зрошування використовується пульпа відходів флотації, що забезпечує підвищення ступеня очищення димових газів від оксидів сірки та азоту. Коефіцієнт корисної дії циклонних пиловловлювачів за фракцію 0-5 мкм – 83-86 %, 5-10 мкм – 94-97 %, 10- 40 мкм - 98-100 %. Проте більш вищий коефіцієнт корисної дії стосовно тонко дисперсних фракцій пилу мають електрофільтри, загальна ефективність яких сягає 99 %.

Таким чином, за результатами виконаних досліджен, пропонується для більш ефективного вловлювання пилу з пилогазових сумішей, що викидаються підприємством в атмосферу та виноситься далеко за межі його СЗЗ, встановлювати на виході з вентиляційних або аспіраційних систем чи труб цементного заводу електрофільтра певної потужності та типу, що, на відміну від циклонів, має більш високу ефективність вловлювання саме тонкого (респірабельного) пилу, найбільш небезпечного з екологічної точки зору.

РОЗДІЛ 3 ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРИЧНОГО ФІЛЬТРУ ТА ЙОГО ЕФЕКТИВНОСТІ В УМОВАХ ДОСЛІДЖЕНОГО ЦЕМЕНТНОГО ВИРОБНИЦТВА

3.1 Детальна характеристика електричного фільтру та його основних параметрів

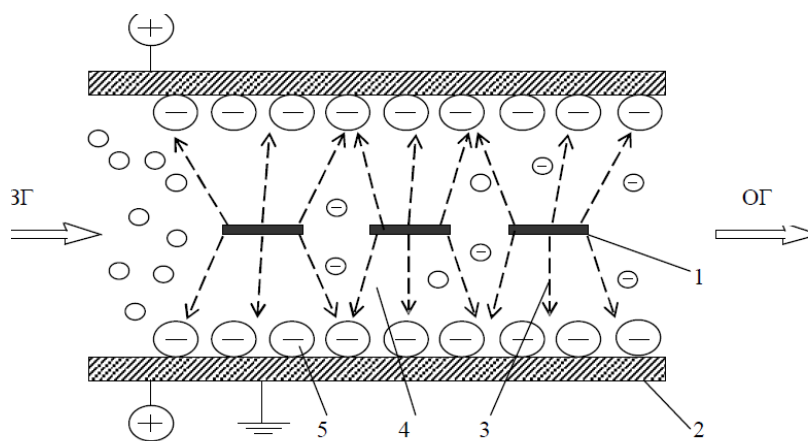
У промисловості широко використовують декілька типових конструкцій сухих і мокрих електрофільтрів для очищення повітря від технологічних викидів пилу.

За конструкцією електрофільтри аналогічні до електричних сепараторів з коронуючими електродами. Осаджувальні електроди електрофільтрів виконуються у вигляді заземлених металічних вертикальних труб або пластин, а коронуючі — у вигляді металічних стержнів, що установлюються всередині труб або між пластинами. Коронуючі і осаджувальні електроди монтується в герметичних камерах, через яку в проміжках між електродами знизу угору проходить газопилова суміш.

За способом регенерації осаджувальних і коронувальних електродів електрофільтри бувають сухі та мокрі. В сухих електрофільтрах для видалення осадженого пилу використовують вібраційні, магніто-імпульсні, ударно-молоткові та ударно-пружинні системи струшування. В мокрих електрофільтрах для видалення пилу використовують промивання електродів необхідною кількістю рідини.

Основними елементами електричного фільтра є коронуючий та осаджувальний електроди, які утворюють неоднорідне електричне поле.

Очищення газів в електричних фільтрах відбувається наступним чином. Забруднені гази пропускають через неоднорідне електричне поле, що утворюється між коронувальним та осаджувальним електродом. Внаслідок дії електричного поля вільні електрони і позитивно заряджені молекули починають переміщуватися в напрямку силових ліній поля.



1 – коронуєчий електрод; 2 – осаджувальний електрод;
3 – електричне поле; 4 – заряджена зона; 5 – осілий шар пилу

Рисунок 3.1 – Принцип роботи електрофільтра

Напрямок руху кожного заряду залежить від його знаку, а швидкість руху – від напруженості електричного поля. Чим вища напруженість електричного поля між коронувальним і осаджувальним електродами, тим більше прискорення отримують іони та електрони. При достатньо високій швидкості іони та електрони при стиканні з нейтральними газовими молекулами іонізують їх, тобто вибивають з них частину зовнішніх електронів. Електрони, що утворюються внаслідок іонізації, також іонізують молекули газу, тобто відбувається процес ударної іонізації. Найбільш інтенсивно ударна іонізація відбувається біля поверхні коронувального електрода, до якого підведена напруга.

На вході в електрофільтр частинки пилу попадають в розподільчу жалюзійну решітку, де на них діють сили інерції. Величина цих сил залежить від розмірів частинок, конструктивних параметрів жалюзійної решітки, а також швидкості газового потоку в апараті. На жалюзійній решітці відбувається рівномірний розподіл газу по перерізу апарата. Після виходу з розподільчої жалюзійної решітки на частинку починають діяти сили гравітації.

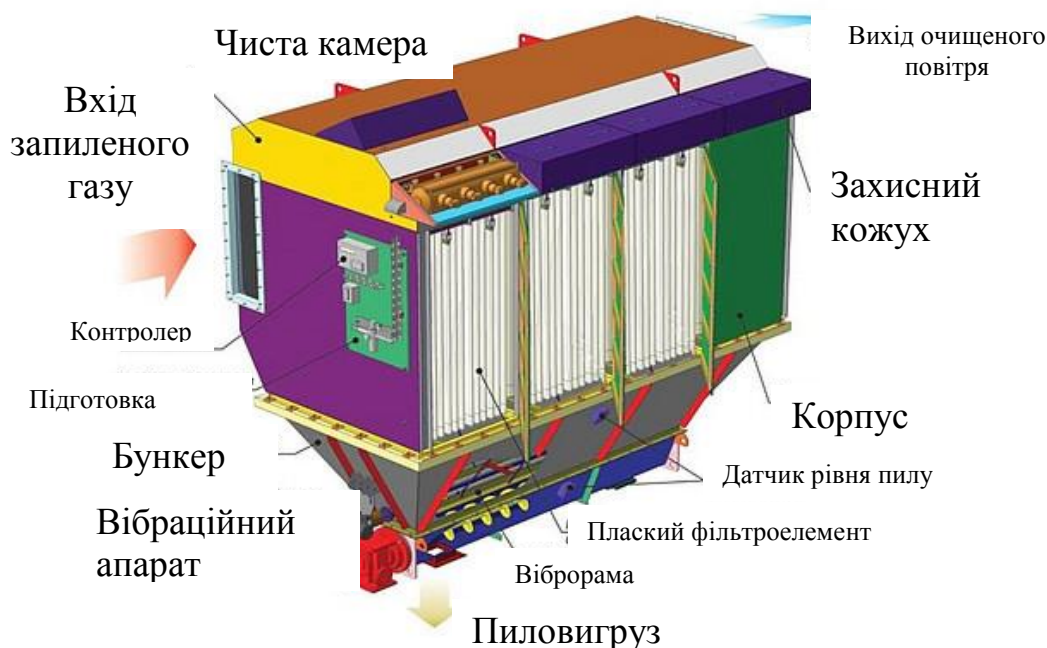


Рисунок 3.2– 3D-модель електричного фільтра

У вертикальних електрофільтрах сили гравітації діють тільки до моменту її попадання в міжелектродний простір. В горизонтальних електрофільтрах дія сил гравітації є значною протягом всього часу їх переміщення в апараті. Величина сил гравітації визначається швидкістю та в'язкістю газового потоку, а також розмірами й густиною частинок пилу.

В результаті розрахунків визначено об'ємні витрати газу за робочої температури, площу перерізу активної зони електрофільтра, розрахунковий ступінь очищення відхідних газів, швидкість дрейфу частинок доосаджувального електрода, напругу електричного поля та критичну напругу коронного розряду.

Розрахунок об'ємних витрат газу за робочої температури

$$Q_p = Q_n \frac{T \cdot P_o}{T_o \cdot P} \quad (3.1)$$

де Q_p – витрати вихідних газів за нормальних умов, м³/год;

P_o – розрідження в системі, Па;

T – робоча температура, °К.

$$Q = 32 \cdot \frac{(273 + 80) \cdot 10^5}{273 \cdot 10^5 \cdot 3500} = 32$$

Розрахунок площі перерізу активної зони електрофільтра (м^2)

$$S = K_3 \frac{Q_p}{V_{\text{ч}}} \quad (3.2)$$

де K_3 - коефіцієнт, що враховує підсмоктування повітря;

$V_{\text{ч}}$ - швидкість відхідних газів в апараті.

$$S = 1.1 \cdot \frac{32}{1.4} = 25.143$$

Розрахунок швидкості дрейфу частинок доосаджувального електрода

$$V_{\text{ч}} = \frac{6 \cdot 10^{12} \cdot E^2 \cdot r \cdot K_{\text{ч}}}{\mu_{\text{г}}} \quad (3.3)$$

де E – напруженість електричного поля, В/м; r – радіус частинок, мкм;

$K_{\text{ч}}$ – коефіцієнт, що враховує розміри частинок;

$\mu_{\text{г}}$ – динамічна в'язкість газу, Па·с.

$$V_{\text{ч}} = \frac{6 \cdot 10^{12} \cdot (2.665 \cdot 10^5)^2 \cdot 2 \cdot 1}{1.20 \cdot 10^5} = 7,102 \cdot 10^{18}$$

Обчислення розрахункового ступеня очищення відхідних газів

$$\eta = 1 - (-V_{\text{ч}} \cdot a) \quad (3.4)$$

де V_r – швидкість дрейфу частинок доосаджувального електрода, м/с;

a - коефіцієнт, що характеризує геометричні розміри електрофільтра та швидкість газу в ньому, 65,83 м/с.

$$\eta = 1 - (-7.102 \cdot 10^{18} \cdot 65.83) = 4.675 \cdot 10^{20}$$

Розрахунок критичної напруги коронного заряду

$$U_o = E_o R_1 \left(\frac{\pi b}{2l} - \ln \frac{2\pi R_1}{1} \right) \quad (3.5)$$

де E_o – критична напруженість електричного поля, за якої виникає корона, В/м;

b – відстань між пластинами електродів ($b = 0,3$ м);

l – відстань між сусідніми коронуючими електродами в ряду, м ($l = 0,25$ м);

R_1 – радіус осаджувального електрода, м ($R_1 = 0.0015$ м).

$$U_o = 2.665 \cdot 10^5 \cdot 0.0015 \left(\frac{3.14 \cdot 0.3}{2 \cdot 0.25} - \ln \frac{2 \cdot 3.14 \cdot 0.0015}{1} \right) = 2.618 \cdot 10^3$$

У ході розрахунків параметрів електрофільтру були отримані такі дані: об'ємні витрати газу за робочої температури, які складають 32 м³/год, площу перерізу активної зони електрофільтру, яка дорівнює 25,143 м², розрахунковий ступінь очищення відхідних газів (4,675·10²⁰), швидкість дрейфу частинок доосаджувального електрода, яка склала 7,102·10¹⁸ м/с та критичну напругу коронного розряду, яка сягає 2,618·10³ В.

3.2 Аналіз процесу вловлювання пилу із застосуванням електрофільтру

Під електричним очищенням газу розуміють процес, при якому тверді частинки віддаляються з газоподібного середовища під впливом електричних сил. Фундаментальною різницею процесу електростатичного осадження від механічних методів сепарації частинок є те, що в цьому випадку осаджуюча сила діє безпосередньо на частки, а не створюється побічно від впливу на потік газу в цілому. Це пряме і надзвичайно ефективне використання силового впливу і пояснює такі характерні риси електростатичного методу, як помірне споживання енергії і малий опір потоку газу.

Навіть найдрібніші частинки субмікрометрового діапазону уловлюються ефективно, оскільки на ці частинки діє досить велика сила. Принципових обмежень ступеня очищення немає, оскільки ефективність може бути підвищена шляхом збільшення тривалості перебування частинок в електрофільтрі.

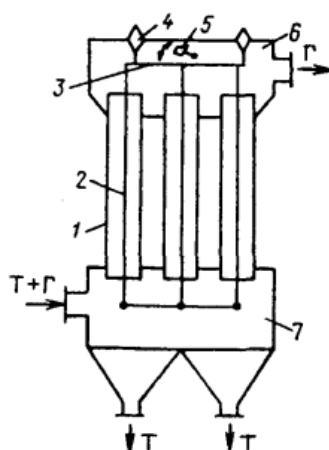
Електрофільтр може знепилювати вологе і корозійноактивне газове середовище з температурою до 500 °С. Продуктивність електрофільтрів досягає сотень тисяч м³/год газу, що очищується.

Застосування електрофільтрації має ряд обмежень. Електрофільтр не може бути використаний для уловлювання пилу, у якого дуже високий

електричний опір. Не можна направляти в електрофільтри вибухонебезпечні газові викиди, в тому числі і такі, що можуть стати вибухонебезпечними в процесі обробки. Не слід використовувати електроочистку, якщо осадження зважених часток може супроводжуватися електрохімічними реакціями з виходом токсичних продуктів і тим більше - додавати такі (наприклад, SO_3 , NH_4 і ін.) для інтенсифікації процесу електрофільтрації.

До недоліків електрофільтрів відноситься їх висока чутливість до підтримки параметрів очищення, висока металоємність і великі габарити, а також висока вимогливість до рівня монтажу та обслуговування.

Загальний вигляд електрофільтру наведено на рис. 3.3.



1 - осаджувальний електрод 2 - коронуєчий електрод; 3 – рама; 4 – високовольтний ізолятор; 5 -струшувальний пристрій; 6-верхня камера; 7 - збірник пилу

Рисунок 3.3 – Електрофільтр

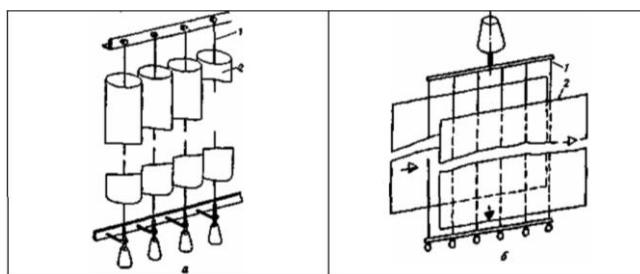
Процес знепилювання в електрофільтрі складається з наступних стадій:

- 1) пилові частинки, проходячи з потоком газу електричне поле, отримують заряд;
- 2) заряджені частки переміщуються до електродів з протилежним знаком;
- 3) осідають на цих електродах;
- 4) видаляється пил, що осів на електродах.

Зарядження частинок - перший основний крок процесу електростатичного осадження. Більшість частинок, з якими доводиться мати справу у промисловому газоочищенні, самі по собі несуть певний заряд, набутий в процесі їх створення, проте ці заряди занадто малі, щоб забезпечити ефективне осадження. На практиці зарядження часток досягається їх пропусканням через корону постійного струму між електродами електрофільтру. Можна використовувати і позитивну, і негативну корону, але для промислового газоочищення краще негативна корона через більшу стабільність і можливість застосування великих робочих значень напруги і струму, але при очищенні повітря використовують тільки позитивну корону, так як вона дає менше озону.

Основними елементами електрофільтру є коронуючий і осаджувальний електроди. Перший електрод в найпростішому вигляді являє собою дріт, натягнутий в трубці або між пластинами, другий - являє собою поверхню трубки або пластини, що оточує коронуючий електрод (рис. 3.4).

На коронуючі електроди подається постійний струм високої напруги 30 - 60 кВ. Коронуючий електрод зазвичай має негативну полярність, осаджувальний електрод заземлений. Це пояснюється тим, що корона за такої полярності стійкіша, рухливість негативних іонів вище, ніж позитивних. Остання обставина пов'язана з прискоренням зарядки пилових частинок.



а - електрофільтр з трубчастими електродами; б - електрофільтр з пластинчастими електродами; 1 - коронуючі електроди;

2 - осаджувальні електроди

Рисунок 3.4 - Конструктивна схема електродів

Після розподільних пристроїв оброблювані гази потрапляють в проходи, утворені коронуючими і осаджувальних електродами, що називаються міжелектродним проміжком.

Електрони, що сходять з поверхні коронуючих електродів, розганяються в електричному полі високої напруги та отримують енергію, достатню для іонізації молекул газу. В результаті між електродами з'являється електричний струм, а при деякій величині напруги утворюється коронний розряд, який інтенсифікує процес іонізації газів. Зважені частинки, переміщаючись в зоні іонізації і сорбуючи на своїй поверхні іони, набувають в кінцевому підсумку позитивний або негативний заряд і починають під впливом електричних сил рухатися до електрода протилежного знаку. Частинки сильно заряджаються на перших 100 - 200 мм шляху і зміщуються до заземлених осаджувальних електродів під впливом інтенсивного поля корони. Процес в цілому протікає дуже швидко, на повне осадження частинок потрібно всього кілька секунд. У міру накопичення частинок на електродах їх струшують або змивають.

Ступінь очищення газів від дисперсних домішок в електрофільтрах залежить практично від усіх параметрів газів і зважених часток, від конструктивних характеристик апаратів, режимів експлуатації і ряду інших чинників. З властивостей дисперсних частинок найбільш очевидно проявляється вплив питомої електричного опору (ПЕО) оптимальне значення якого знаходиться в межах (106 - 109) Ом.м.

Низькоомні частки легко заряджаються в електричному полі, проте з наближенням до електроду з протилежним знаком перезаряджаються, і між ними починають діяти сили відштовхування. Це служить причиною вторинного виносу низькоомних частинок, які встигли осісти на електрод.

Ще менш сприятливі процеси виникають при очищенні високоомних частинок пилу. Оідаючи на електроди, вони утворюють неоднорідний електроізоляційний шар. У місці найслабшої ізоляції напруженість поля стає максимальною. Це сприяє утворенню корони з протилежним знаком ("зворотній корони"), що різко погіршує роботу електрофільтру.

У найбільшій мірі процес уловлювання пилу в електрофільтрі залежить від електричного опору пилу. За величиною опору пил ділять на три групи:

1) пил з малим питомим електричним опором. ПЕО $<10^4$ Ом. м. Цей пил, стикаючись з осаджувальним електродом, миттєво втрачає власний заряд і набуває заряд у відповідності зі знаком електрода. В результаті між часткою і електродом виникає відштовхуюча сила, яка спрямовує частку в газовий потік. Якщо відштовхуюча сила подолає силу опору середовища, виникає вторинний винесення, що знижує ефективність уловлювання пилу в електрофільтрі;

2) пил з ПЕО в межах $10^4 - 10^{10}$ Ом.м без будь-яких ускладнень осідають на електродах і видаляються;

3) пил зі значним ПЕО $> 10^{10}$ Ом. м. Уловлювання цього пилу в електрофільтрі представляє найбільшу складність. Через повільну розрядку частинок, які осідають на електроді, на останньому накопичується шар негативно заряджених частинок. Виникаюче електричне поле шару починає перешкоджати подальшому осадженню частинок. Ефективність електрофільтру знижується. Можливо явище зворотної корони, при якому значно збільшується споживання струму при зниженні напруги на електродах. Пил цієї групи часто утворює на електродах міцний ізолюючий шар, що важко піддається видаленню. Високим ПЕО володіють пилу магнезиту, гіпсу, оксиди свинцю і цинку PbO, ZnO, сульфід свинцю PbS.

Зниження ПЕО пилу досягається добавкою до газу ряду реагентів, наприклад, сірчистого ангідриду, аміаку, хлоридів кальцію і натрію і ін. Такий же результат дає додавання в газ електропровідних частинок сажі або коксу. Високий опір деяких видів пилу може бути знижений охолодженням пилогазового потоку нижче 130 оС або його нагріванням понад 350 ° С.

Серед параметрів газового потоку найбільший вплив на осадження мають вологість і температура. Зі зниженням температури зменшується в'язкість газів, внаслідок чого вони роблять менший опір переміщенню зваженої частинки до електрода. Зі зниженням температури зростає стійкість коронного розряду, що дозволяє працювати при більш високій напруженості

електричного поля. Крім того, з охолодженням оброблюваного потоку зростає його відносна вологість, що веде до зниження ПЕО частинок внаслідок їх зволоження.

Дуже важливим фактором, пов'язаним практично з усім процесом електроосадження, є швидкість газового потоку. Від неї безпосередньо залежать час перебування частинок в апараті і його габарити. При слабкій течії газу, занадто великій швидкості газу або поганих умовах утримання може відбуватися винесення осаджених частинок. Частинки, віднесені з осаджувального електрода, в разі негативної корони отримують позитивний заряд внаслідок емісії. Ці частинки можуть не перезарядитися або перезарядитися тільки частково. У будь-якому випадку частинки будуть винесені з електрофільтру, що істотно знизить ефективність уловлювання. За швидкості потоку більше 1-1,5 м/с різко зростає вторинне винесення пилу з електродів. Певний вплив на ефективність обробки газів надають конструктивні особливості тих чи інших типів електрофільтрів. Електрофільтри працюють як під розрідженням, так і під надлишковим тиском. Система пиловловлювання, в якій застосований електрофільтр, може бути повністю автоматизована

3.3 Прогнозна оцінка зниження рівня забруднення атмосфери після впровадження технології очистки газопилових викидів електрофільтром.

На сучасному виробництві повністю провести очистку повітря, використовуючи відомі рішення, не вдається, і деяка частина шкідливих речовин викидається в атмосферу. Процес розсіювання визначається характером місцевості, властивостями викидів, станом атмосфери та іншими умовами. Він здійснюється через висотні труби. Основною умовою розсіювання газопилових викидів є забезпечення допустимих концентрацій шкідливих речовин в приземному шарі атмосфери. Величина максимальної приземної концентрації кожної забруднюючої речовини в приземному шарі

атмосфери не повинна перевищувати величини середньодобової гранично допустимої концентрації цієї речовини в атмосферному повітрі. Для визначення ефективності впровадження технології електрофільтрації виконані розрахунки за формулами (2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5). Результати розрахунків наведені в таблиці 3.1.

Отже, концентрація пилу на цементному виробництві ПрАТ «HeidelbergCement Кривий Ріг» на межі СЗЗ (II клас, 500м) після очистки за допомогою електрофільтру перевищують середньодобові ГДК в 1,5 рази та має слабо небезпечний рівень екологічного ризику, оксид вуглецю перевищує середньодобові гранично допустимі концентрації в 1,16 разів, дана концентрація є слабо небезпечною. Решта поллютантів (оксид азоту, селену та алюмінію, діоксид сірки та свинець) не перевищують середньодобові показники ГДК та є безпечними за шкалою екологічної безпеки.

Таблиця 3.1 – Показники екологічної небезпеки викидів речовин, що забруднюють атмосферу в ході цементного виробництва після електрофільтрації

Найменування маркерних речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпеки	Показники екологічної небезпеки маркерних речовин у викидах			
	м.р	сд,		середньодобова концентрація, мг/м ³	ІЗА	Ризик, HQ	Ступінь екологічна небезпеки за рівнем перевищення ГДКсд
1	2	3	4	5	6	7	8
Пил цементного виробництва	-	0,02	3	0,03	1,5	1,5	слабконебезпечний
Азоту оксид	0,4	0,06	3	0,06	1,0	1,0	безпечний
Діоксид сірки	0,5	0,05	3	0,05	1,0	1,0	безпечний
Вуглецю оксид	5	3	4	3,5	1,148	1,16	слабко небезпечний
Алюмінію оксид	-	0,01	2	0,01	1,0	1,0	безпечний
Свинець сірчистий (у перерахунку на свинець)	-	0,0017	1	0,0001	0,008	0,058	безпечний
Селену діоксин (у перерахунку на селен)	0,1	0,05	1	0,03	0,419	0,6	безпечний
Комплексні показники за формулами 2.3, 2.5	-	-	-	-	6,075	6,318	-

В ході розрахунків та досліджень було визначено, що впровадження технології електростатичного осадження газопилових викидів в умовах вироблення цементу та цементної продукції є доцільним, адже концентрації основних забруднювачів – цементного пилу та оксиду вуглецю – знизилися на межі СЗЗ в 3,3 та 1,43 рази відповідно.

При цьому очікується зниження комплексного (сумарного) екологічного показника викидів, приблизно на 40%. Причому, за рахунок ефективного вловлювання пилу електрофільтром, встановленим на виході з аспіраційної системи підприємства, очікується зменшення ступеню екологічної небезпеки пилового викиду на межі санітарно-захисної зони підприємства зі ступеня – «НЕБЕЗПЕЧНИЙ» на ступінь «СЛАБКО НЕБЕЗПЕЧНИЙ»(див. перший рядок останньої колонку табл. 3.1)

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ НА ЦЕМЕНТНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів

Міненерговугілля України від 24.10.2014 Наказом № 741 затвердило «Правила охорони праці в цементній промисловості». З набранням чинності нових правил втраять свою дію «Правила техніки безпеки і виробничої санітарії в цементній промисловості» НПАОП 26.5-1.02-14.

«Правила охорони праці в цементній промисловості» поширюються на всіх суб'єктів господарювання незалежно від форм власності та організаційно-правових форм, які здійснюють діяльність в цементній промисловості. Правила є обов'язковими для роботодавців та працівників, які виконують роботи, пов'язані з виробництвом цементу.

Небезпечними і шкідливими виробничими факторами на цементному підприємстві є:

- 1) рухомі машини і механізми;
- 2) рухомі частини виробничого обладнання;
- 3) запиленість повітря, що перевищує встановлені нормативи;
- 4) знижена температура повітря робочої зони, поверхонь обладнання, матеріалів;
- 5) підвищена вологість повітря;
- 6) підвищений рівень звуку на робочих місцях;
- 7) електроустановки напругою вище 42 В, при порушенні цілісності ізоляції яких можливе ураження людини електричним струмом;
- 8) недостатня освітленість робочого місця;
- 9) гострі кромки, задирки і шорсткості на поверхнях обладнання, інструменту;
- 10) наявність радіоізотопних приладів і техногенних матеріалів, використовуваних у виробництві;

- 11) наявність на підприємстві паливопідготовчих ділянок і паливоємних агрегатів і установок, які відносяться до об'єктів підвищеної вибухо- і пожежонебезпеки

4.2 Безпечна експлуатація виробничого обладнання

Згідно нових Правил, для зменшення пиловиділення при перевантаженні сипучих матеріалів, а також зменшення кількості відсмоктуваного повітря, слід виконувати:

- 1) пересипання матеріалу через похилі жолоби з мінімально допустимими за умовами транспортування кутами нахилу;
- 2) скорочення висоти падіння гравітаційних потоків матеріалу при компонуванні технологічного обладнання;
- 3) застосування пристроїв для гасіння швидкості матеріалу при значній висоті падіння (установка вантажних затворів, поперечних гальмівних пластин на днище жолоба, пристрої східчастих жолобів, відбивачів);
- 4) напрямок виходу матеріалу з жолоба повинен співпадати з напрямом руху конвеєрної стрічки, а швидкість його повинна бути рівною швидкості переміщення стрічки конвеєра.

Для зменшення пиловиділення при транспортуванні матеріалу стрічковими конвеєрами слід застосовувати:

- 1) завантажувальні пристрої, що обмежують шар матеріалу на стрічці по ширині і висоті;
- 2) спеціальні роликоопори, що запобігають сходженню і перекіс стрічок;
- 3) підвищені кути установки роликоопор;
- 4) мінімально допустима відстань між осями роликоопор у місці завантаження матеріалу на стрічку, в особливих випадках

роликоопори необхідно встановлювати на амортизаторах відповідно до технологічних норм;

- 5) очищення гілок конвеєрних стрічок, шляхом встановлення очисних апаратів в зоні дії місцевих відсмоктувачів для запобігання вторинним виділенням пилу при поверненні продукту, що вловлюється, в технологічний процес.

У разі великої насиченості підприємств цементної промисловості складними механізмами і установками з видобутку і переробки сировини, випалу сировинних сумішей і подрібнення клінкеру, переміщення, складування і відвантаження величезних мас матеріалів, наявності великої кількості електродвигунів особливу увагу при проектуванні заводів та їх експлуатації повинна приділятися створенню сприятливих і безпечних умов для роботи працівників, охорону праці слід здійснювати в повній відповідності з «Правилами з техніки безпеки і виробничої санітарії на підприємствах цементної промисловості».

На діючих підприємствах необхідно захистити рухомі частини всіх механізмів і двигунів, а також електроустановки, прямики, люки, майданчики тощо. Повинні бути заземлені електродвигуни і електрична апаратура.

Установки з приготування вугільного пилу повинні працювати під розрідженням. Температура аеровугільної суміші при виході з млина не повинна перевищувати 100 °С.

Обслуговування дробарок, млинів, печей, транспортувальних і вантажно-розвантажувальних механізмів повинно здійснюватися в згідно з правилами безпечної роботи в кожній установці.

Велику увагу слід приділяти знепилюванню повітря і відхідних газів печей та сушильних установок для створення нормальних санітарно-гігієнічних умов праці.

У відповідності з санітарними нормами проектування промислових підприємств концентрація в повітрі приміщень цементній та інших видів пилу не повинна перевищувати $0,04 \text{ мг/м}^3$.

У повітрі, що викидається в атмосферу, концентрація пилу не повинна бути більше $0,06 \text{ г/м}^3$. За нормальної експлуатації пилоочисних систем вміст пилу в повітрі, що викидається становить $0,04\text{-}0,06 \text{ г/м}^3$.

Для створення нормальних умов праці всі приміщення цементних заводів треба забезпечувати системами штучної та природної вентиляції. Цьому великою мірою сприяє герметизація тих місць, де відбувається пиловиділення, а також відсмоктування повітря з бункерів, тічок, дробильно-помольних механізмів, елеваторів тощо.

Шум, що виникає при роботі багатьох механізмів на цементних заводах, найчастіше характеризується високою інтенсивністю, що перевищує допустиму норму (90 дБ). Особливо несприятливі в цьому відношенні умови роботи персоналу в приміщеннях молоткових дробарок, сировинних і цементних млинів, компресорів, де рівень звукового тиску досягає 95-105 дБ, а іноді і більше. До числа заходів щодо зниження шуму в робочих місцях відносять застосування захисних прокладок між внутрішньою стінкою млинових барабанів, заміну в сировинних кульових млинах сталевих плит гумовими. При цьому звуковий тиск знижується на 5-12 дБ. Укриття млинів і дробарок шумоізолюючими кожухами, облицювання джерел шуму звукопоглинаючими матеріалами також дає хороший ефект (зниження на 10-12 дБ).

4.3 Техніка безпеки та обов'язки робітників цементного підприємства

Робітники повинні допускатися до роботи лише після навчання їх безпечним прийомам роботи і інструктажу по техніці безпеки. Щоквартально

необхідно проводити додатковий інструктаж і щорічно повторне навчання з техніки безпеки безпосередньо на робочому місці.

Робітники забов'язуються:

- 1) виконувати тільки доручену роботу і не передавати її іншій особі без дозволу майстра або начальника цеху;
- 2) виконувати вимоги правил внутрішнього трудового розпорядку, встановлених на підприємстві;
- 3) знати номери телефонів медичної служби та пожежної охорони;
- 4) знати місце розташування засобів надання долікарської допомоги, первинних засобів пожежогасіння, головних і запасних виходів, шляхи евакуації в разі аварії або пожежі;
- 5) вміти надавати першу долікарську допомогу;
- 6) знати і дотримуватися норм перенесення ваги вручну;
- 7) правильно застосовувати засоби індивідуального та колективного захисту;
- 8) знати терміни випробування захисних засобів і пристосувань, правила експлуатації, догляду та користування ними. Чи не дозволяється використовувати захисні засоби і пристосування з вичерпаним терміном перевірки.

Правила поведінки у цехах:

- 1) ходити тільки по встановлених проходах і перехідних містках;
- 2) не сідати і не спиратися на випадкові предмети і огорожі;
- 3) не підніматися і не спускатися бігом по сходових маршах;
- 4) не перебувати в зоні дії вантажопідйомних машин;
- 5) не дивитися на дугу електрозварювання без захисних засобів;
- 6) не торкатися до електричних проводів і кабелів;
- 7) не усувати несправності в електричних мережах і пускових пристроях.

У випадку захворювання або травмування слід повідомити в медпункт, майстру або начальнику цеху. Також необхідно повідомити про отримання травми в побуті, по дорозі на роботу або з роботи, при виконанні робіт, в тому числі поза підприємства, за завданням адміністрації.

У разі нещасного випадку необхідно надати першу долікарську допомогу потерпілому, негайно вжити заходів до виклику швидкої медичної допомоги та повідомити про те, що трапилося адміністрації. Зберегти до розслідування обстановку на робочому місці і стан устаткування такими, якими вони були на момент події, якщо це не загрожує життю і здоров'ю оточуючих, не спричинить аварії.

При виникненні пожежі необхідно повідомити в пожежну охорону і до адміністрації будь-яким видом зв'язку або посильним. Приступити до гасіння пожежі наявними засобами.

Необхідно звертати увагу на знаки і сигнали безпеки, виконувати їх вимоги. Забороняється включати в роботу обладнання, якщо на пульті управління встановлений заборонний знак "Не вмикати - працюють люди!". Заборонний знак має право зняти тільки працівник, який його встановив.

Вимоги до пересування по території підприємства:

- 1) ходити по пішохідних доріжках, тротуарах, встановленим проходах;
- 2) переходити залізничні колії та автомобільні дороги у встановлених місцях;
- 3) не підлазити під вагони, що не рухаються;
- 4) перелазити через зчеплення вагонів;
- 5) не переходити залізничні колії між розчепленими вагонами, якщо поблизу стоїть локомотив;
- 6) при виході з будівлі пересвідчитися у відсутності транспорту, що рухається.

Вимоги інструкції є обов'язковими для всіх працівників, зайнятих у виробництві цементу і утилізації відходів. Працівники несуть відповідальність за їх порушення відповідно до чинного законодавства.

У випадках, не передбачених інструкцією, слід звертатися до свого безпосереднього керівника.

4.4. Індивідуальні засоби захисту від пилу

Індивідуальний захист органів подиху всіх робітників цементного виробництва здійснюється за допомогою протипилових респіраторів. Респіраторами в обов'язковому порядку забезпечуються усі робітники, що працюють на ділянках з підвищеною концентрацією пилу. До виконання робіт працівники без індивідуальних засобів захисту, а також із засобами індивідуального захисту, які перебувають у несправному або антисанітарному стані, не допускаються.

Для використання рекомендуються респіратори Ф-62Ш, "Астра-2", ШБ-1 "Пелюсток", КК-2, ПРШ-741 і ПРШ-742.

Респіратори КК-2 використовуються при запиленості до 25 мг/м³, Ф-62Ш - при 100-150 мг/м³, "Астра-2" - при значної запиленості, ШБ-1 "Пелюсток" захищає від високодисперсних аерозолів в умовах високої запиленості й вологості.

Забороняється:

- 1) користування респіратором, що був у використанні іншою особою й не пройшов відповідну санітарно-гігієнічну обробку;
- 2) передавати свій респіратор іншим особам;
- 3) розбирати респіратор або знімати його в запиленій атмосфері;
- 4) зберігати респіратор разом зі спецодягом або на робочих місцях.

Для захисту очей від пилу працівники використовують захисні окуляри або спеціальні екрани.

Захист шкіри рук від пилу й шкідливих речовин забезпечується захисними рукавичками, мазями, пастами, які відповідають вимогам ДЕРЖСТАНДАРТ 12.4.068-79 ССБТ "Засоби захисні дерматологічні. Класифікація. Загальні технічні вимоги" Для захисту шкіри робітники забезпечуються захисними засобами, які відповідають ДЕРЖСТАНДАРТ 12.4.103-83 ССБТ «Одяг спеціальний захисний. Засоби індивідуального захисту рук і ніг».

РОЗДІЛ 5 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

Для підвищення ефективності очистки викидів пилю в умовах цементного виробництва передбачається впровадження електрофільтрів.

5.1 Розрахунок кошторису обладнання

Кошторис встановлення електрофільтру знайдемо за формулою:

$$S_{об} = Ц \cdot (1 + T_r + T_c + T_n) \quad (5.1)$$

де $S_{об}$ – кошторис обладнання, грн.;

$Ц$ – ціна обладнання, вартість електрофільтру дорівнює 150 тис. грн.;

T_m – коефіцієнт, який залежить від складності обладнання, дорівнює 0,1;

T_c – коефіцієнт, який залежить від маси і складності обладнання, дорівнює 0,08;

T_n – коефіцієнт, що встановлюється на основі кошторису монтажних робіт, який визначається по ціннику на монтаж обладнання, становить 0,15.

$$S_{об} = 150000 \cdot (1 + 0,1 + 0,08 + 0,15) = 199,5 \text{ тис. грн.}$$

5.2 Розрахунок експлуатаційних витрат

Експлуатаційні витрати на обслуговування системи газоочистки обчислюються за формулою:

$$Z_{експл.} = Z_e + Z_{о.п.} + Z_n + Z_a, \text{ тис. грн /рік} \quad (5.2)$$

Річні витрати електроенергії при експлуатації газоочисного обладнання визначаються за формулою:

$$P_{об} = M_{об} \cdot N_1 \cdot N_2 \cdot N_3 \cdot K_{и.}, \text{ кВт/рік} \quad (5.3)$$

де $M_{об}$ – потужність газоочисного обладнання, кВт/год, $M_{об} = 2,5$ кВт/ч

N_1 – тривалість зміни, $N_1 = 8$ год.,

N_2 – кількість змін, $N_2 = 3$ зміни,

N_3 – кількість робочих днів у році, $N_3 = 365$

K_u – коефіцієнт використання робочого часу, $K_u = 0.75$.

$$P_{об} = M_{об} \cdot N_1 \cdot N_2 \cdot N_3 \cdot K_u = 2,5 \cdot 8 \cdot 3 \cdot 365 \cdot 0.75 = 16425 \text{ кВт/год.}$$

Витрати на оплату електроенергії складають:

$$Z_e = P_{об} \cdot C_e, \text{ тис. грн.} \quad (5.4)$$

де C_e – вартість електроенергії, грн./кВт. $C_e = 2,45$

$$Z_e = P_{об} \cdot C_e = 16425 \cdot 2,55 = 41,88 \text{ тис. грн. /рік,}$$

Річні витрати на оплату праці:

$$Z_{оп.} = K_{оп.} \cdot CT_{зп.} \cdot 12, \text{ грн. /рік} \quad (5.5)$$

де $K_{оп.}$ - кількість обслуговуючого персоналу.

$CT_{зп.}$ - ставка заробітної платні, $CT_{зп.} = 9500$ грн.

Фонд оплати праці

$$Z_{о.п.} = 2 \cdot 9500 \cdot 12 = 228,00 \text{ тис. грн. /рік.}$$

Єдиний соціальний внесок визначаємо за формулою:

$$Z_n = Z_{о.п.} \cdot \Phi_{от} \text{ тис. грн./рік} \quad (5.6)$$

Єдиний соціальний внесок:

$$Z_n = 228,00 \cdot 0,22 = 50,16 \text{ тис. грн./рік}$$

Амортизаційні відрахування на газоочисне обладнання складає:

$$Z_a = S_{об} \cdot A_r \text{ тис. грн./рік} \quad (5.7)$$

де A_r - річні амортизаційні відрахування, $A_r = 24\%$

$$Z_a = 199500 \cdot 0,24 = 47,88 \text{ тис. грн./рік.}$$

Таким чином, сума експлуатаційних витрат на утримання газоочисного обладнання складає:

$$Z_{експл} = Z_e + Z_{о.п.} + Z_n + Z_a \quad (5.8)$$

$$Z_{експл.} = 41,88 + 228,00 + 50,16 + 47,88 = 367,92 \text{ тис. грн./год.}$$

Результати розрахунків наведені в табл. 5.1.

5.3. Розрахунок економії податків за викиди пилу

Економія податків за викиди пилу після реконструкції електрофільтру визначається за формулою:

$$E = H \Delta M \quad (5.9)$$

H – ставку податку за викид шкідливих речовин, грн./т; $H=92,37$ грн./т;

ΔM – маса вловленого електрофільтром пилу –315,751 т/рік;

$$E = 92,37 \cdot 315,751 = 29,165 \text{ тис. грн./рік}$$

Термін окупності обладнання визначимо за формулою:

$$T_{\text{ок}} = \frac{S_{\text{об}}}{E} \quad (5.10)$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{199,5}{29,165} = 6,84 \text{ роки}$$

Зведені техніко-економічні показники від реконструкції пиловловлюючого обладнання представлені в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 - Зведені техніко-економічні показники від встановлення електрофільтрів на цементному виробництві

Показник	Значення
1. Балансова вартість газоочисного обладнання, тис. грн.	199,5
2. Експлуатаційні витрати, тис. грн./рік. в т.ч.	367,92
– витрати на оплату електроенергії	41,88
– витрати на оплату праці	228,00
– єдиний соціальний внесок	50,16
– амортизаційні відрахування	47,88
3. Економія податків за забруднення навколишнього середовища, тис. грн./рік.	29,165
Термін окупності, роки	6,84

Отже, удосконалення системи очистки пилових викидів в умовах ПрАТ «HeidelbergCement Кривий Ріг» окупиться через сім років. Крім того, впровадження технології електростатичного осадження пило-газових викидів дозволить зменшити концентрацію забруднюючих речовин та цементного пилу у прилеглих населених з

ВИСНОВКИ

В результаті виконання кваліфікаційної роботи магістра, відповідно до поставленої мети і задач, були отримані наступні результати.

1. Проаналізовано рівень екологічної небезпеки цементного виробництва на прикладі ПрАТ «HeidelbergCement Україна» м. Кривий Ріг. Розглянуто методи та технології для зниження екологічного навантаження на прилеглі до підприємства території.

2. Визначено, що концентрації пилу в умовах цементного виробництва на ПрАТ «HeidelbergCement Кривий Ріг» на межі СЗЗ (II клас, 500м) перевищують середньодобові ГДК в 5 разів та мають небезпечний рівень екологічного ризику, оксид азоту та діоксид сірки перевищують ГДК приблизно в 1,5 рази, інші забруднюючі речовини знаходяться в межах ГДК. Беручи до уваги розрахункові результати, обґрунтовано доцільність використання електрофільтрів для зменшення концентрації цементного пилу у викидах з систем аспірації підприємства.

3. Проаналізовано ефективність запровадження технології електростатичного осадження газо-пилових викидів в умовах цементного виробництва. Так, в ході розрахунків та досліджень концентрації основних забруднювачів - цементного пилу та оксиду вуглецю - знизилися до $1,5 \text{ мг/м}^3$ та $1,148 \text{ мг/м}^3$ відповідно на межі СЗЗ. При цьому очікується зниження комплексного (сумарного) екологічного показника викидів приблизно на 40%, а зокрема, пилу - зі ступеня - «НЕБЕЗПЕЧНИЙ» на ступінь «СЛАБКО НЕБЕЗПЕЧНИЙ», тобто запропоноване технологічне рішення на основі застосування електрофільтра дозволить покращити екологічний стан атмосферного повітря на межі СЗЗ підприємства.

4. Проаналізовані шкідливі і небезпечні чинники виробництва цементної продукції та запропоновані рекомендації з охорони праці при впровадженні електрофільтра.

5. Термін окупності запровадженої технології електростатичного осадження пилових викидів становить 7 років та є економічно доцільним, враховуючи об'єми виробництва (приблизно 1 млн т цементної продукції/рік). Отримана завдяки впровадженню природоохоронних заходів економія (29,165 тис грн) може бути використана для експлуатаційних витрат на обслуговування нового обладнання електрофільтрування пилових викидів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Колесник В. Е., Левченко М. В., Ключков В. Г. Особенности локализации пылевых выбросов в атмосферу гидроорошением / Збірник наукових праць НГУ №32. - Дніпропетровськ: РВК НГУ, 2009.– С. 235-245.
2. Арбузов В.В. Экологические основы охраны атмосферы. Учебное пособие, Пенза, МАНЭБ, 1998
3. Узунова А. Д., Приходько В. Ю., Комплексное исследование воздействия предприятия на состояние окружающей среды (на примере цементных производств) – 2017. – 45 с.
4. Справочник по пыле- и золоулавливанию. /Под ред. Русанова А.А. - М.: Энергоатомиздат, 1983
5. Родионов А.И., Клушин В.Н., Систер В.Г. Технологические процессы экологической безопасности (Основы энвайронменталистики). - Калуга: Изд-во Н. Бочкаревой, 2000
6. Защита атмосферы от промышленных загрязнений. В 2-х ч. Ч.1: /Под ред. Калверта С., Инглунда Г.М. - М.: Металлургия, 1988.
7. Теверовський Б.З. Розрахунки пристроїв для очищення примослових газів від пилу: Навч. Посібник – К.: НМК ВО, 1991- 89 с
8. Коузов П.А. Основы анализа дисперсного состава промышленных пылей и измельченных материалов. Л-д., «Химия», 1987. – С..213
9. Качан В.Н., Акишина А.Г. Теоретические основы очистки воздуха – Макеевка: ДонРАССА,2003. – 130 с.
10. Банит Ф.Г.Мальгин А.Д. Пылеулавливание и очистка газов в промышленности строительных материалов. М., Стройиздат, 1979, С.351
11. Ужов В.Н. Очистка промышленных газов электрофильтрами. М., Химия, 1967. С.344;
12. Зайончковский Я. Обеспыливание в промышленности. Перевод с польского Р.Е. Мельцера. Издательство литература по строительству. М. 1969.

13. Петров Б.А. Обеспыливание технологических газов цементного производства / Б.А. Петров, П.В. Сидяков. – Л. : Изд-во "Стройиздат", 1965. – - 89 с.

14. Плашихин С.В. Експериментальні дослідження циклофільтра в процесі вловлювання цементного пилу / С.В. Плашихин, Д.А. Серебрянський, Ю.А. Безносик // Вісник Національного технічного університету "ХПІ" : зб. наук. праць. – Тематичний випуск: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків : Вид-во НТУ "ХПІ". – 2010. – № 57. – С. 3-5

15. Узунова Г. Д., Приходько В. Ю., Удосконалення методики комплексної оцінки впливу підприємств на навколишнє середовище. Ефективне функціонування екологічно стабільних територій у контексті стратегії стійкого розвитку: агроекологічний, соціальний і економічний аспекти. – Полтава. 2018. – 37 с

16. Федоров В. Е. Розробка інтегральної системи оцінки цементних підприємств на навколишнє середовище. – Москва, 2012. – 20с.

17. Майорський А. Р., Шкляр Л. Б. Екологічний паспорт цементних заводів. – Одеса, 1990 – 61 с.

18. Гладкий А.В. Абсорбционные методы очистки газов от двуокиси серы. Обзорная информация / А.В. Гладкий // Промышленная и санитарная очистка газов. – М., ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ, 1978, серия ХМ-14 – С.3-7

19. Пляцук Л.Д. Процеси та апарати природоохоронних технологій. Теоретичні основи: підручник / Л.Д. Пляцук, Л.Л. Гурець. – Суми: Університетська книга, 2011. – 270 с.

20. Качинський А.Б. Екологічна безпека України: аналіз, оцінка та державна політика / А.Б. Качинський, Т.А. Хміль. – К.: НІСД, 1997. – 127 с.

21. Бащинська Р. М. Вплив цементного виробництва на навколишнє середовище. (URL:<http://crh.lestrotest.com>)

22. Романець О. М. Екологія цементного виробництва. (URL:<https://www.heidelbergcement.ua/uk/hcu>)

23. URL:<https://www.heidelbergcement.ua/uk/hcu>

24. ГОСТ 17.2.4.06-90. Охрана природы. Атмосфера. Методы определения давления и температуры газопылевых потоков, отходящих от стационарных источников загрязнения. – Введ. 1991-01-01. – М. : Изд-во стандартов, 2000. – 14 с

25. Клименко А.П. Методы и приборы для измерения концентрации пыли [Текст] / М., «Химия». — 1978. — 203 с/р

26. Промислова екологія: Навч. посіб./ С.О. Апостолюк, В.С. Джигирей, А.С. Апостолюк та ін. – К.: Знання, 2005. – 474 с

27. Чуюнов Г.Г. Обезвоживание, пылеулавливание и охрана окружающей среды : Учебник для вузов. – М.: Недра, 1987. – 260 с

28. <https://files.stroyinf.ru/Data1/46/46202/index.htm>

29. <https://works.doklad.ru/view/AqCIgUZ2-j4/3.html>

30. Старк С. Б. Пылеулавливание и очистка газов в металлургии / С. Б. Старк. – М. : Металлургия, 1977. – 328 с.

31. Алиев Г. М.-А. Техника пылеулавливания и очистки промышленных газов : справочное издание / Г. М.-А. Алиев. – М. : Металлургия, 1986. – 544 с

32. Колесник В.С., докт. техн. наук, професор, Бучавий Ю.В., канд. біол. наук, Павличенко А.В., докт. техн. наук, доцент (ДВНЗ «НГУ») Прогнозування екологічної небезпеки промислових викидів в атмосферу з урахуванням концентрації населення в зоні їх впливу (<http://dspace.nbuu.gov.ua/bitstream/handle/123456789/158596/17Kolesnik.pdf?sequence=1>)



«Молодь: наука та інновації»

Матеріали VIII Всеукраїнської науково-технічної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених.

Секція 10 – «Екологічні проблеми регіонів».

Дніпро, 25 листопада – 27 листопада 2020 року

**Дніпро
2020**

Молодь: наука та інновації: Матеріали VIII Всеукраїнської науково-технічної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених (Дніпро, 25 листопада – 27 листопада 2020 року). – Д.: НТУ «Дніпровська політехніка», 2020. Т.10. – 224 с.

В збірнику наведено матеріали секції 10 «Екологічні проблеми регіонів» Сьомої Всеукраїнської науково-технічної конференції студентів, аспірантів і молодих учених «Молодь: наука та інновації», що проходила 25-27 листопада 2020 року в Національному технічному університеті «Дніпровська політехніка» (м. Дніпро).

Збірник призначений для науково-технічних працівників, викладачів та вчених закладів вищої освіти, аспірантів, студентів.

Матеріали в збірнику друкуються мовою оригіналу в редакції авторів.
Комп'ютерна верстка та коректура: Павличенко А.В.

УДК 504.064

Куца С.С., студентка-магістерка, гр.183м-19)-НП

Науковий керівник: Колесник В.Е., д.т.н., професор кафедри екології та ТЗНС
Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна

ЗНИЖЕННЯ ВИКІДІВ ПИЛУ ЦЕМЕНТНОГО ПІДПРИЄМСТВА НА ОСНОВІ ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРОФІЛЬТРА

Серед промислових виробництв України одним з найбільших джерел забруднення навколишнього середовища є будівельна галузь, та зокрема, цементна промисловість, що розвивається динамічними темпами, збільшуючи свої потужності і тим самим задаючи більшої шкоди навколишньому середовищу, оскільки виробництво цементу супроводжується газопиловими викидами та скидами стічних вод після охолодження на певних процесах.

Виробництво цементу організовують по «сухий», «мокрій» або змішаній технологічних схемах. Відомо, що більшим джерелом пилових викидів є «суха» схема. Набагато сприятливіша для ефективного пиловидалення мокра схема, яка дає унаслідок зволоженості матеріалів менші концентрації пилових викидів і значно менший сумарний рівень викидів. Проте економічним, продуктивнішим і, отже, частіше вживаним (особливо на нових підприємствах) є сухий спосіб. Тому, виходячи із виробничої специфіки такого способу, цементні підприємства найбільше впливають на атмосферне повітря. Обсяги забруднюючих речовин, що надходять в атмосферу є значними, тому виникає потреба у застосуванні устаткування для очищення викидів.

Дослідження процесу розсіювання газопилових викидів цементного підприємства проводилося нами в умовах ПрАТ «HeidelbergCement Кривий Ріг», де виготовляється три види готової продукції цемент (універсальний, високоміцний, для будівельних розчинів, стійкий до корозії); бетон; щебінь. Сировиною для виробництва цементу служать вапняк і глина, які змішують у певному співвідношенні (75 - 80% вапняку і 20-25% глини). Більшість виробничих процесів на підприємстві супроводжується емісією в навколишнє середовище забруднюючих речовин у вигляді цементного пилу, руті, сажі, сірчистого ангідриду, оксидів азоту, різних вуглеводів, марганцю, ванадію, та ін., що негативно впливають на стан атмосферного повітря, утворюючи смог, кислотні дощі та зменшуючи прозорість атмосфери.

Істотними джерелами викидів пилу є ділянка підготовка сировини, печі для випалювання, клінкерні холодильники, цементні млини. Головна особливість цих процесів полягає в тому, що гарячий відпрацьований газ та повітря проходить через подрібнений до дрібнодисперсного стану матеріал, що призводить до утворення суміші газу і твердих частинок. Їх властивості залежать від вихідного матеріалу, тобто сировини, клінкеру або цементу. Особливо екологічно небезпечними є викиди пилу, що надходять в атмосферу з системи аспірації випалювальних печей, зважаючи на наявність в них токсичних домішок. Проте, хімічний і мінералогічний склад самого цементного пилу подібний природному каменю, тому його вплив на біоту вважається шкідливим, але не токсичним.

Шляхом обстеження джерел пилових викидів на заводі та відповідних розрахунків було визначено рівень екологічної небезпеки викидів за індексами забруднення атмосфери наступними речовинами: пил цементного виробництва (30), оксид азоту (0,08), діоксид сірки (0,065), оксид вуглецю (3), свинець (0,0001), оксид алюмінію(0,01) та діоксин селену(0,03). (У дужках наведена величина фактичної середньодобової концентрації речовин, мг/м³).

У ході досліджень було виявлено, що концентрації пилу в умовах указаного підприємства на межі санітарно-захисної зони - СЗЗ (II клас, 500м) перевищують ГДК в 5 разів – «небезпечний ступінь екологічної небезпеки», оксид азоту та діоксид сірки - приблизно в 1,33 рази, діоксид вуглецю – в 1,66 рази – «слабко небезпечний ступінь», що

відповідає за двоїчим нормативним документом «неприпустимому рівню» забруднення атмосфери, являючи певний ризик для здоров'я населення, що мешкає на прилеглаї до СЗЗ території, особливо за пиловим чинником. Концентрації свинцю, оксидів алюмінію та селену не перевищують середньодобову ГДК та мають безпечний ступінь екологічної безпеки забруднення атмосферного повітря без ризику для здоров'я населення.

Показано, що є цілком доступні сучасні технічні засоби для зниження викидів пилу в атмосферу (циклони, електростатичні осаджувачі, фільтри), що дозволяють знизити їх і в цементному виробництві на величину до 90%. Зокрема, виготовляються у промислових масштабах декілька типових конструкцій сухих і мокрих електрофільтрів для очищення повітря від технологічних викидів пилу.

За конструкцією електрофільтри аналогічні до електричних сепараторів з коронувальними електродами. Осаджувальні електроди електрофільтрів виконуються у вигляді заземлених металічних вертикальних труб або пластин, а коронувальні - у вигляді металічних стержнів, що устанолюються всередині труб або між пластинами. Коронувальні і осаджувальні електроди монтується в герметичних камерах, через яку в проміжках між електродами проходить газопилова суміш.

За способом регенерації осаджувальних і коронувальних електродів електрофільтри бувають сухі та мокрі. Для подальшої розробки нами обрано електрофільтр сухого типу, який дозволяє вловлювати 99,9 % респірабельного пилу, що практично повністю вивозиться за межі СЗЗ підприємства, оскільки не вловлюється типовими циклонами, встановленими в системах аспірації та промислової вентиляції на заводі. Схема електрофільтру сухого типу наведена на рис. 1 у вигляді 3D-моделі

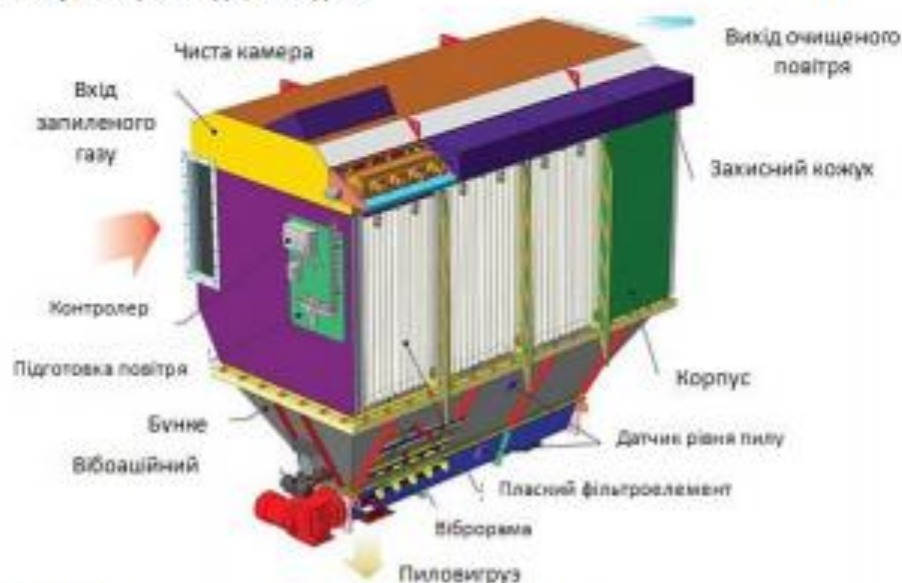


Рис.1. 3D-модель електричного фільтра сухого типу

В обраному горизонтальному електрофільтрі дія сил гравітації є значною протягом всього часу їх переміщення в апараті. Величина сил гравітації визначається швидкістю та в'язкістю газового потоку, а також розмірами й густиною речовини частинок пилу.

В результаті виконаних розрахунків параметрів електрофільтру, що запропоновано встановити на виході системи аспірації випалювальних печей та визначено об'єми витрати газу за робочої температури викиду, площу перерізу активної зони електрофільтра, розрахунковий ступінь очищення запиленних відхідних газів, швидкість дрейфу частинок до

ТОМ 10 – ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ РЕГІОНУ (25 листопада – 27 листопада 2020 року)

осаджувального електрода, напругу електричного поля та критичну напругу коронного розряду.

Застосування електрофільтру в системі аспірації випалювальних печей підприємства ПрАТ «HeidelbergCement Кривий Ріг» дозволить знизити пилові викиди практично до рівня ГДК пилю забезпечивши «слабко небезпечний ступінь» екологічної небезпеки пилових викидів в атмосферу та мінімізувати ризик для здоров'я населення в мікрорайоні розташування підприємства.

ВІДГУК КЕРІВНИКА

на кваліфікаційну роботу магістра Куян Євгенії Сергіївни, студентки групи 183М-19з-1, на тему «Обґрунтування ефективної технології зниження пилових викидів в атмосферу в умовах цементного виробництва»

Кваліфікаційна робота Куян Є.С. присвячена дослідженню параметрів викиду цементного пилу і розробці технічного засобу його зниження на основі застосування електрофільтра (на прикладі підприємства ПрАТ «HeidelbergCement Україна», розташованому в м. Кривий Ріг).

Для вирішення поставлених завдань Куян Є.С. виконала: науковий пошук за літературними джерелами щодо зменшення концентрації викидів пилу в атмосферу в умовах виробництва цементної продукції; теоретичний аналіз оцінки методів зниження кількості пило-газових викидів в атмосферу при виготовленні цементної продукції на основі технології електростатичного осадження пилу; обґрунтувала параметри і ефективність запропонованого електрофільтра для зниження викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря підприємством.

Новизна і практична цінність кваліфікаційної роботи полягає у визначенні джерел екологічної небезпеки цементного пилу та його складових на цементному підприємстві, а також в обґрунтуванні параметрів та ефективності запропонованого електрофільтра для зменшення концентрацій забруднюючих речовин, що потрапляють в навколишнє середовище.

В цілому, кваліфікаційна робота Куян Є.С. оформлена відповідно до діючих стандартів, відповідає спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища». Заслуговує оцінки відмінно

Керівник дипломної роботи, д.т.н.,

проф. кафедри екології

НТУ «Дніпровська політехніка»

В.Є. Колесник

РЕЦЕНЗІЯ

на кваліфікаційну роботу Куян Євгенії Сергіївни, студентки групи 183 М-19з-1, на тему «Обґрунтування ефективної технології зниження пилових викидів в атмосферу в умовах цементного виробництва»

Кваліфікаційна робота виконана відповідно завданню, відповідає темі дослідження. Обсяг пояснювальної записки відповідає поставленим вимогам.

Актуальність теми обумовлена тим, що функціонування підприємства ПрАТ «HeidelbergCement Україна», що розташоване у м. Кривий Ріг, впливає на навколишнє природне середовище, зокрема на атмосферу.

В результаті аналізу основних джерел забруднення атмосферного повітря, було встановлено, що підприємством викидається в атмосферу значна кількість пилу та оксиду вуглецю, концентрація яких перевищує ГДК та являє екологічну небезпеку для прилеглих населених територій.

Куян Є.С. провела теоретичний аналіз методів і засобів зниження викидів пилу в атмосферу при виробництві цементної продукції, що базуються на електростатичному осадженні пило-газових викидів, та обґрунтувала параметри запропонованого електрофільтра для зниження концентрації цементного пилу та його складових.

Робота виконана на досить високому науковому і методичному рівнях. Достовірність наукових положень підтверджується використанням типових методів аналізу та лабораторних випробувань. Стиль написання кваліфікаційної роботи досить чіткий. Оформлення відповідає вимогам стандартів.

Дипломна робота має практичну значимість та заслуговує оцінки «відмінно».

Професор кафедри охорони праці
та цивільної безпеки НТУ
«Дніпровська політехніка»

С.І.Чеберячко

Додаток В

ДОВІДКА
 про результати перевірки тексту кваліфікаційної роботи магістра
 на присутність запозичень (плагіату)

Авторка роботи	Куян Євгенія Сергіївна
ЗВО	Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»
Інститут, факультет, кафедра, група	Інститут природокористування, кафедра екології та технологій захисту навколишнього середовища, 183м-19з-1
Тема кваліфікаційної роботи	Обґрунтування ефективної технології зниження пилових викидів в атмосферу в умовах цементного виробництва
Результати перевірки	
Запозичення (плагіат), %	
Оригінальність, %	
Модуль пошуку	

Роботу перевірів:
 професор кафедри
 екології та технологій захисту
 навколишнього середовища

В.Є. Колесник