



Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції
«Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)

Handbook of the XXIV International Science Conference
«Ecology. Human. Society» (June 5, 2024, Kyiv, Ukraine)

ISSN (Online) 2710-3315

<https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.304123>

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВЛОВЛЮВАННЯ ТОНКОДИСПЕРСНОГО ЦЕМЕНТНОГО ПИЛУ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ДВОСТУПЕНЕВОЇ СИСТЕМИ ОЧИЩЕННЯ

Наталія ЛАЦИК, Ігор ПЕТРУШКА

Національний університет “Львівська політехніка”

вул. Степана Бандери, 12, м. Львів, 79000, Україна

e-mail: nataliia.v.latsyk@lpnu.ua

Анотація. Забруднення атмосферного повітря є проблемою через неефективні технологічні процеси, пов'язані з обробкою твердих матеріалів у різних галузях промисловості, включаючи металообробку та деревообробку, вуглезбагачення, спалювання кам'яного вугілля на теплових електростанціях, металургію та підприємства промисловості будівельних матеріалів. Проблема актуальна для заводів з виробництва цементу, оскільки деякі з них використовують застаріле обладнання. Тонкодисперсний пил у цьому контексті стає особливо важливим, оскільки розмір частинок цього пилу впливає на якість і марку виробленого бетону. Оптиміальним рішенням проблеми очищення пилегазових потоків у цементній промисловості є використання двоступеневої пиловловлюючої системи, яка комбінує в собі вдосконалений циклон та рукавний фільтр. Завдяки спеціально розробленому механізму для періодичного струшування, пропонується система, що дозволяє ефективно вловлювати і контролювати тонкодисперсні частинки пилу, забезпечуючи високу якість виробленого цементу та знижувати техногенний вплив на довкілля.

Ключові слова: повітря, цементний пил, удосконалення обладнання, очищення, пилегазові потоки.

Цементний пил та його складові сполуки (оксиди деяких металів) є шкідливими подразниками дихальних шляхів, його надлишок в повітрі населених пунктів та в повітрі робочої зони викликає подразнення верхніх відділень легень, в результаті чого можуть виникати хронічні [1] захворювання (бронхіти, трахеїти), а інколи такі процеси приводять до онкологічних захворювань.

Обладнання для вловлювання пилу, згідно нормативних документів (зокрема державний стандарт ССБП – ГОСТ 12.2.043-82), класифікується по принципу фізичних явищ, які протікають в процесі їх роботи, та поділяються [2] на гравітаційні, інерційні, фільтруючі та електричні. Більш загальний підхід, запропонований в роботі [3], поділяє всі види споруд і обладнання для захисту біосфери від пилу на дві групи – сухі та мокрі пиловловлюючі апарати.

Всі пиловловлюючі пристрої та апарати, в яких реалізується сухий метод очищення розділяють [3] на три групи: пилоосаджувальні камери, принцип роботи яких полягає у дії сили ваги (гравітаційний метод); інерційні пиловловлювачі – в основі роботи лежать сили інерції; циклони (батареїні циклони) в яких переважають відцентрові сили.

Ефективність роботи описаних вище циклонів звичайних лежить на рівні 60-80%, батареїних циклонів – 97-99 %, рукавних фільтрів – 99.5 – 99.7 %, але через невелику

теплостійкість тканин синтетичних (1300 °C) і склотканин (2300 °C) через забивання фільтруючого елемента їх ефективність з часом знижується.

Ідеальним вирішенням проблеми очищення пилегазових потоків для цементної промисловості є двоступенева пиловловлююча система, яка об'єднує в собі вдосконалений циклон із рукавним фільтром, котрий при допомозі спеціально розробленого механізму періодично струшується [7].

Існуючі системи для збору пилу зазвичай є громіздкими та не завжди ефективно впораються з вловлюванням пилу, особливо коли він має широкий діапазон розмірів частинок від 10^{-7} - 10^{-4} м [1]. Ця проблема набуває особливого значення в цементній промисловості, де виробництво супроводжується великою різноманітністю дисперсного складу пилу.

Значущою є і та обставина, що виробництво цементу має високий ступінь впливу на якість бетону, а це, в свою чергу, безпосередньо впливає на будівельну індустрію та екологію. Тонкодисперсний пил, якісно вловлений та контрольований, може позитивно вплинути не лише на довкілля, але і на економічний стан виробництва цементу, оскільки висока марка бетону призводить до збільшення попиту на продукцію. Таким чином, вдосконалені пиловловлюючі системи стають ключовими для досягнення покращення ефективності виробництва та зниження його впливу на довкілля.

Запропонована нами пиловловлююча система забезпечує підвищення ефективності пилоочищення, а також роздільне пиловловлювання дрібнодисперсного пилу. В розробленій конструкції пиловловлюючої системи працюють наступні ступені очищення :

- під дією відцентрових сил в кільцевому просторі між подвійною стінкою корпусу циклона дифузорованого типу,
- під дією сил інерції в тому ж просторі, оскільки потік запиленої пилепоповітряної суміші подається у вужчу частину дифузора,
- під дією гравітаційних сил на частинки пилинок,
- під дією відцентрових сил в просторі між внутрішньою стінкою корпусу циклону та блоком рукавних фільтрів,
- під дією сил інерції в просторі між перфорованою стінкою та блоком рукавних фільтрів,
- під дією сил акустичного поля для короткочасної коагуляції дрібно- дисперсного пилу,
- під дією динамічних сил опору, що пропускають через шар пористого матеріалу тільки частинки пилинок меншого розміру[4].

Завдяки вищезазначеним етапам очищення, пиловловлююча система, яку ми пропонуємо, досягає значного підвищення своєї ефективності. Це досягається завдяки комплексному підходу та оптимальному поєднанню різних діючих сил на частки пилинок протягом процесу очищення.

Особливу роль у підвищенні ефективності грає комбінація циклона, акустичного коагулятора та блоку рукавних фільтрів. Цей блок рукавних фільтрів додатково оснащений механізмом періодичного струшування, що сприяє збільшенню тривалості його ефективної роботи [5].

Також важливо відзначити конструювання доповнення до системи для пиловловлення - збірної воронки для тонкодисперсного пилу. Це дозволяє системі розділяти вловлений пил на дві фракції. Перша фракція, яка містить тонкодисперсний пил, може бути використана для виробництва цементу високої марки, що в свою чергу є продуктом високої вартості в цементній промисловості. Друга фракція повертається в основний технологічний процес на його фінішній стадії, оптимізуючи використання ресурсів та забезпечуючи більш ефективний виробничий цикл. Такий інтегрований підхід дозволяє досягти оптимальних результатів як з

точки зору виробництва високоякісного цементу, так і з погляду сталого та ефективного управління пиловидаленням[6].

На рис. 1 зображена принципова схема пиловловлюючої системи. Пиловловлююча система працює наступним чином. Потік запиленого повітря, відібраний із робочої зони, або із технологічного апарату під динамічним напором, направляється в нижню (вужчу) частину циклона 1 дифузорного типу через вхідний його патрубок 4, та попадає у простір між суцільною його стінкою 2 і внутрішньою 3 перфорованою стінкою. В цьому кільцевому просторі розташована та жорстко прикріплена до внутрішньої стінки 3 спіральна направляюча 6, з допомогою котрої потік закручується та піднімається вверх. Грубо дисперсні частинки пилу по ходу пилеповітряного потоку (спочатку важчі, а потім все легші) проникають під дією гравітаційних та відцентрових сил через перфоровані отвори внутрішньої стінки 3 та опускаються через патрубок 9 вловленої пилу у накопичувальний бункер (на схемі не показаний, оскільки не входить склад пиловловлюючої системи) [4].

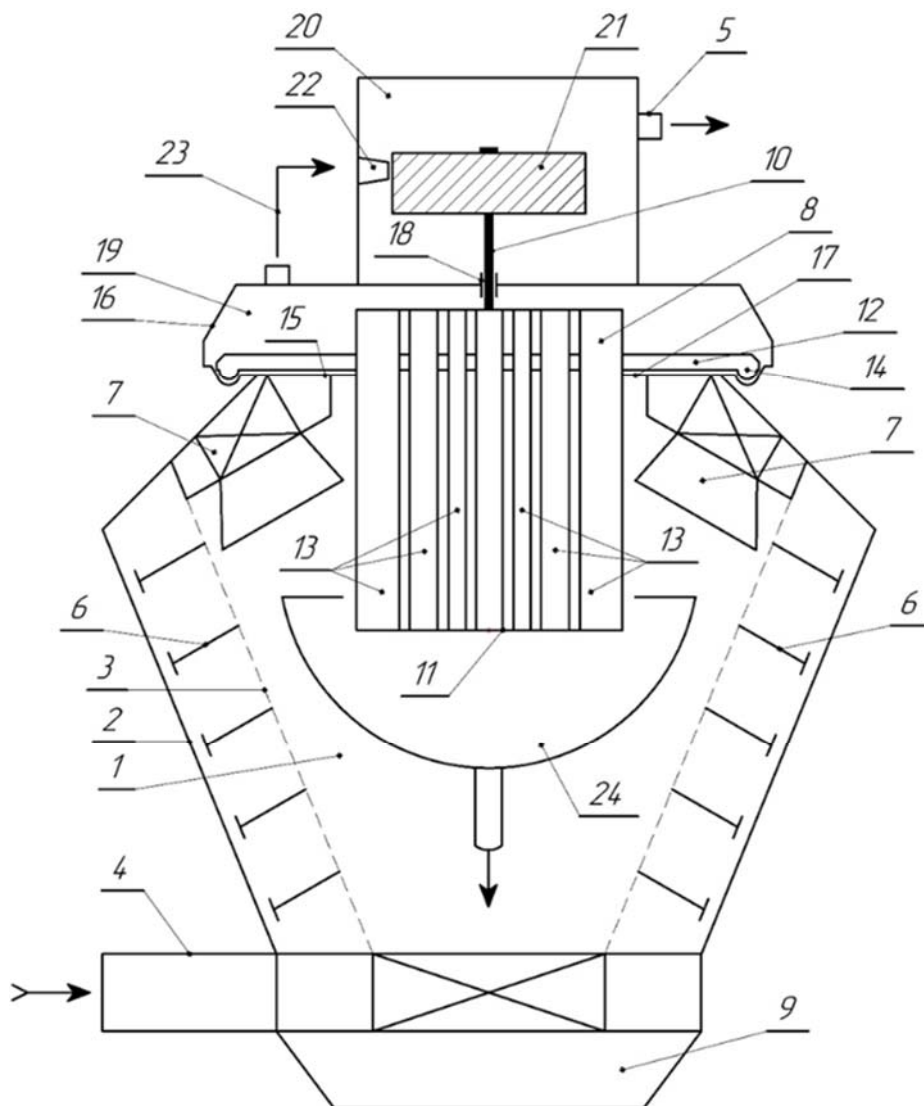


Рис.1. Конструктивна схема пиловловлюючої системи на базі вдосконаленого циклона, акустичного випромінювача-коагулятора та аеродинамічною вставкою у вигляді рукавного фільтра з механізмом періодичного струшування

Пилеповітряний потік із дрібнішими частинками пилинок у верхній ширшій частинці циклона 1 дифузорного типу проникає в його внутрішню порожнину. Тут на цей потік починає впливати акустичне поле, яке створюється акустичним випромінювачем 7, який виконаний у вигляді кільцевого дифузора. Він прикріплений до внутрішньої частини конфузора, який закриває ширшу частину циклона, та сприяє коагуляції (укрупненню) дрібних пилинок у їх більші фракції. Потік укрупнених частинок пилу під дією гравітаційних сил спонтанно розділяється на два потоки: більші (грубіші) пилинки опускаються вниз у сторону патрубку 9, а далі у бункер, а інші ще дещо менші, відбившись від відділювача 8, також попадають, як і попередні, у бункер. Але деяка їх частина, завдяки своїй малій тинині, попадають у збірну воронку 24 [4].

А самі найменші (тонко дисперсні пилинки, які не піддалися акустичній коагуляції) попадають в зону відділювача 8, спеціально сконструйованого у вигляді блока рукавних фільтрів.

Характерною особливістю їхньої конструкції є те, що рукавні фільтри, які виготовляються із комбінації натуральних та синтетичних волокнистих матеріалів, в основному із органічних високомолекулярних сполук. Конкретний їхній склад вибирається з врахуванням діапазону робочих температур пилеповітряної суміші. В залежності від продуктивності пиловловлюючої системи, яка пов'язана з потужністю джерел утворення та викиду пилеповітряної суміші, рекомендована нами найменша кількість концентричних кіл, на траєкторіях яких розташовуються три або чотири рукави.

Таким чином, вловлені тонкодисперсні пилинки в перший момент часу від початку роботи пиловловлюючої системи, накопичуються на поверхні фільтрувального матеріалу рукавних фільтрів, а при певній їх товщині ефективність роботи фільтрувального матеріалу рукавних фільтрів починає знижуватися.

В запропонованій пиловловлюючій системі з метою уникнення вказаного недоліку функціонує механізм періодичного струшування, розроблений авторами. Він утворений двома вузлами, які включають верхню частину корпусу циклона (фланець 15, як нерухомий елемент) та верхній диск 12 блока рукавних фільтрів з опорними кулачками 14 на нижній його частині. Механізм періодичного струшування для очищення фільтрувальної поверхні рукавних фільтрів працює за наступним алгоритмом. Очищене від пилу повітря виходить із внутрішньої частини рукавних фільтрів, верхня сторона яких дещо виступає за край верхнього диска 12 блока рукавних фільтрів, та попадає у камеру 19 чистого повітря, яка утворена верхнім фланцем 15 з нижньої сторони та суцільною перегородкою 16 зверху. Із камери 19 повітря по повітропроводу 23 у камеру 20, меншого діаметра за камеру 19 чистого повітря, в камері 20 на верхній частині вала 10 блока рукавних фільтрів жорстко закріплена повітряна турбіна 21. На рівні верхнього краю повітряної турбіни 21 впритул підходить сопло 22, яке також жорстко прикріплене до внутрішньої сторони камери 20, та під'єднане до повітропроводу 23. При цьому, під дією реактивної сили повітряного струменя турбіна 21 обертається, а з нею і весь блок рукавних фільтрів. Опорні кулачки 14, що розташовані на нижній поверхні диску 12, рухаються по кільцевій впадині верхнього фланця 15, який закриває ширшу частину кільцевого зазору корпусу циклона 1. Завдяки спеціальному профілю кільцевої впадини на верхній поверхні фланця 15 блок рукавних фільтрів спочатку руху поволі піднімається, а потім різко під дією власної ваги опускається вниз, при цьому струшується пил, накопичений на поверхні фільтрувального матеріалу. Завдяки чому відновлюється фільтруюча здатність вказаного матеріалу, а у наступний період обертання процедура повторюється. Таких циклів за час одного повного кола може бути три або чотири, в залежності від особливостей вибраної конструкції пиловловлюючої системи, та визначається ця кількість на після декількох апробацій розробленої системи з врахуванням технологічних вимог. Ці вимоги узагальнено

входять у параметричний та конструктивний комплекси, що може використовуватися при розрахунку пиловловлюючої системи [4].

Побудова пиловловлюючої системи з дотриманням всіх описаних вище умов забезпечує покращення її експлуатаційних характеристик, зокрема збільшує ефективність пиловловлення, а також забезпечується відділення тонкодисперсної фракції.

Висновки. Впровадження запропонованої системи, яка включає в себе два елементи – циклон та рукавний фільтр, збудовані в єдиній конструкції чи складному корпусі, виявиться вельми ефективним для автоматичного струшування вловленого тонкодисперсного пилу у спеціальну збірну воронку. Важливо відзначити, що перед цим процесом струшування в міжкорпусному просторі циклону, завдяки спіральній направляючій, згідно описаним особливостям його конструкції, ефективність пилеочищення значно підвищується і може скласти конкуренцію існуючим рукавним фільтрам серії GAL-GLk компанії «Агрікон», серії DLMV компанії Donaldson та ФРІР (ступінь очистки 95 - 99,8%).

Ефективність цієї системи пиловловлення, зокрема в контексті виробництва цементу, визначає покращення екологічної ситуації в санітарно-захисній зоні. Отримання тонкодисперсної фракції дозволяє виробнику отримати високовартісний цемент. При цьому, у технологічному процесі виготовлення бетонних виробів, їх міцність, а також вартість, буде значно вищою. Такий інтегрований підхід не лише сприяє ефективному зменшенню впливу на навколишнє середовище, але й забезпечує підприємству конкурентні переваги, покращуючи якість продукції та економічні показники виробництва.

Література

1. Родионов А.И. Оборудование и сооружения для защиты биосферы от промышленных выбросов./ И.А. Родионов, Ю.П. Кузнецов, В.В. Зенков, Г.С. Соловьев // - М., Изд-во “Химия”, -1985 г., 381с.
2. V. Batluk. Побудова моделі факторів продуктивності для нового проекту пиловловлювача / V. Batluk, N. Paranyak // Econtechmod - міжнародний кварталний журнал з економіки технологічних процесів та моделювання. - Люблін-Решов, 2012. - Том. 1 - № 3. - с. 3-8.
3. Полутренко М.С. Підвищення ефективності систем пилеочищення з використанням розроблених модифікованих апаратів./М.С. Полутренко, Н.М. Параняк //- Міжвузівський зб., “Наукові нотатки”, - м. Луцьк, 2015., вип. 52, с.54-59.
4. Пиловловлююча система: пат. 155139 Україна: B01D 29/00, B01D 46/02/ І.М. Петрушка, Н.В. Лацик, М.П. Кулик. - № u 2022 02724; заявл. 24.08.2023; опубл. 24.01.2024; Бюл. № 4
5. Дубинін А.І., Ханік Я.М., Майструк В.В., Гаврилів Р.І. Прямотечійний циклон з коаксіальною вставкою. Аналіз роботи// Хімічна промисловість України. – 2005, №3. – С. 26-28.
6. Ратушняк Г. С., Лялюк О. Г. Технічні засоби очищення газових викидів. Навчальний посібник. –Вінниця: ВНТУ, 2005. – 158 с.
7. Граве, Х. К., Пауло, С. І., Петі, Г. А., та Ірасар, Е. Ф. (2021). Оптиміальне проектування циклонів в серії для розділення багатокомпонентних сумішей портландцементу. EPJ Web of Conferences, 249, 12003.

**IMPROVING THE EFFICIENCY OF FINE CEMENT DUST CAPTURE
USING A TWO-STAGE CLEANING SYSTEM**

Nataliia LATSUK

Lviv Polytechnic National University, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0001-7539-2799>

Ihor PETRUSHKA

Lviv Polytechnic National University, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0003-3344-4196>

DOI: <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.304123>

Keywords: *air, cement dust, cement industry, equipment improvement, cleaning, dust-gas streams.*

Abstract

Atmospheric air pollution is a problem due to ineffective technological processes related to solid material processing in various industrial sectors, including metalworking and woodworking, coal enrichment, coal burning at thermal power plants, metallurgy, and building materials companies. This problem is relevant for cement factories, as some of them use outdated equipment. Fine dust becomes particularly important in this context, as the particle size of this dust affects the quality and grade of the manufactured concrete. Considering the specifics of cement production and the aims of our study, which are focused on the effective collection of fine particles, it is important to mention that wet methods of cement production are not the best solution. The ideal solution for the issue of dust-gas streams cleaning in the cement industry is to use a two-stage dust collection system that combines a refined cyclone and a bag filter. This system, thanks to a specially designed mechanism for periodic shaking, allows for efficient capture and control of fine dust particles, ensuring high quality of produced cement and reducing environmental impact.