

УДК 622.807:621.928.8**А.О. ГУРІН**, докт. техн. наук, професор, завідувач кафедри,**В.І. МУЛЯВКО**, докт. техн. наук, професор, завідувач кафедри

Криворізький національний технічний університет, м. Кривий Ріг

В.І. ЛЯШЕНКО, канд. техн. наук, с.н.с., начальник відділу

Державне підприємство «Український науково-дослідний та проектно-розвудувальний інститут промислової технології» (ДП «УкрНДПРІпромтехнології»), м. Жовті Води

НОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ПИЛОВЛОВЛЕННЯ НА ГІРНИЧИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

Наведено головні наукові та практичні результати створення та впровадження технологій і технічних засобів пиловловлення на гірничих підприємствах. Визначено механічні, електричні та магнітні властивості пилу й окремих його часток. Теоретично обґрунтовано, розроблено та випробувано нові апарати сухого пиловловлення. Результати досліджень та розробок реалізовано в методичних документах і впроваджено у виробництво.

Ключові слова: пил, властивості пилу, апарат пиловловлення, сепарація, утилізація.

Процес виробництва продукції гірничорудними підприємствами пов'язаний з виділенням великої кількості пилу. Його обсяги різко зростають зі змушеним переходом до видобутку і збагачення бідних кварцитів, які містять підвищену кількість вільного двоокису кремнію та характеризуються високою міцністю, а також з переходом до сухих технологій переробки гірничої маси з метою зниження водоспоживання в промисловості. Мокре видалення уловленого пилу в шламосховища та викиди його в атмосферу призводять до суттєвих втрат корисного продукту (5–10 % від вихідного матеріалу) на збагачувальних фабриках [1–3]. Тому створення й впровадження технологій та апаратів нового покоління для пиловловлення на гірничих підприємствах на основі дослідження процесів вловлювання й поділу пилу на компоненти, закономірностей руху пилу в силових полях (аеродинамічному, електричному і магнітному) – важливе наукове та практичне завдання.

Мета даних досліджень:

- аналіз існуючих пиловловлювачів і засобів зниження викидів пилу в атмосферу, сучасних методів їх очищення;
- розробка теоретичних основ збільшення ступеня вловлювання пилу центробіжними та інерційними апаратами, гравітаційними камерами та електрофільтрами;
- теоретичне обґрунтування можливості одночасного вловлювання та сепарації пилу за розміром, електричними і магнітними властивостями;
- розробка нових засобів і апаратів для вловлювання та поділу пилу на компоненти, випробування та визначення їх ефективності.

Для вирішення цих завдань авторами використовувався комплексний підхід, що включає аналіз літератур-

них джерел, теоретичне узагальнення фізичних властивостей пилу, розробку нових апаратів з розділенням його на компоненти [4–8], фізичне моделювання, а також лабораторні дослідження і промислове впровадження із застосуванням загальноприйнятих методик.

Вивченню фізичних властивостей пилу, використанню їх для збільшення ефективності пиловловлення апаратами присвячені роботи Андоньєва С.М., Андріанова Є.І., Месеняшина А.І., Олофінського Н.Ф., Товстохатко В.М., Левітана С.А., Міхельсона М.Л. та інших. Розроблено способи і засоби для дослідження фізичних властивостей пилу і підвищення ефективності роботи апаратів. Багато з них покладено в основу стандартних методів вивчення фізичних властивостей пилу. Закономірності інерційного, дифузійного, гравітаційного, електричного й інших механізмів осадження пилу наведено в роботах Волощука В.М., Жовтухи Г.А., Кармазіна В.І., Левіна Л.М., Фукса Н.І., Швидкого М.І., Дерягіна Б.В. та інших дослідників. Однак у цих роботах недостатньо приділено уваги магнітній коагуляції і магнітному механізму осадження пилу та поділу його на компоненти, що пояснюється складністю розрахунків параметрів високоградієнтних полів магнітних систем. Значний вклад у вирішення цих проблем внесли вчені: Бересневич П.В., Вілкул Ю.Г., Гагауз Ф.Г., Гордон Н.М., Гурін А.О., Вальтберг А.Г., Дерягін Б.В., Кириченко А.М., Малигін А.Д., Мегков Б.І., Логачев І.Н., Недін В.В., Пейсахов І.Л., Ужов В.Н., Швидкий М.І. та інші.

Виміри магнітних властивостей пилу гірничо-збагачувальних комбінатів (ГЗК) показали, що більшість його частинок є сильномагнітними. Тому використання магнітного поля для уловлювання промислового пилу відкриває мож-



лівість його сепарації за компонентами, які відрізняються фізичними властивостями. Для розробки апаратів, у робочій зоні яких передбачається використовувати магнітне поле, необхідно знати характеристики цього поля. Автори отримали рівняння для розрахунку проєкцій напруженості магнітного поля \vec{H} на вісі координат, які зображені на рис. 1, стосовно одиночного магніту.

Для магнітів, розміри яких змінювалися в межах: ширина полюса від 1 до 16 см, а товщина – від 1,4 до 11,2 см, виконано розрахунки цих проєкцій у 100 точках поля, що дозволило визначити відносний градієнт поля для кожної з магнітних систем, крок полюсів, їх необхідну кількість, а також розробити два варіанти безупинної регенерації магнітних полюсів:

- магнітне поле, що рухається, транспортує робочою поверхнею осілий проти полюса магнітний пил до перешкоди, яка встановлена на цій поверхні. Досягнувши її, пил зупиняється, а магнітний полюс, що звільнився від неї, знову готовий вловлювати пил;
- вісь обертання осадженої поверхні та магнітної системи, що розміщена всередині цієї поверхні, має ексцентриситет, величину якого можна обчислити за виразом

$$x = 0,5 \left(\frac{\pi}{S} + \frac{1}{R} \right) \left[\ln \mu_0 H_x^2 \left(\frac{\pi}{S} + \frac{1}{R} \right) - \ln 9,8 \cdot \rho_r \right], \quad (1)$$

де S, R – крок полюсів і радіус магнітної системи, м; $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ – магнітна стала, Гн/м; H_x – проєкція вектора напруженості магнітного поля \vec{H} на вісь X , А/м; ρ_r – густина частинки, кг/м³.

Слід зазначити, що низька ефективність роботи аспіраційних систем підприємств пов'язана не тільки з експлуатаційними причинами – порушенням технології, абразивним зносом, злипанням пилу, але й з недосконалістю апаратів, що застосовуються. Дійсний ступінь очищення газу від пилу у відцентрових апаратах типу циклон виявляється меншим за розрахований відповідно до теорії імовірності та законів турбулентного руху повітря за формулою

$$\eta = 1 - \exp \left(- \frac{\pi \tau U_0 H}{0,72 S_{\text{вх}}} \right), \quad (2)$$

де $\tau = d_c^2 \rho_c (18 \mu_r)^{-1}$ – інерційний параметр частинки, с; d_c – діаметр частинки, м; μ_r – в'язкість газу, Па·с; $U_0, S_{\text{вх}}$ – швидкість потоку у вхідному патрубку і його перетин, м/с, м²; H – висота циліндричної частини циклона, м.

Причиною вторинного виносу пилу з циклона є сильна турбулізація утворених усередині вихорів. Якщо в робочій зоні циклона за допомогою коаксіальних обичайок створити кільцеві канали з ламінарною течією повітря, це приведе до підвищення ступеня уловлювання пилу новим циклоном, який можна розрахувати за формулою

$$\eta = 1 - \exp \left(-79,7 \cdot \pi \tau U_0 S_{\text{вх}} \sum_{i=1}^n h_i \cdot D_i^{-4} \right), \quad (3)$$

де h – висота обичайок, м; D – діаметр обичайок, м; n – кількість обичайок, одиниць.

Розрахунок за формулою (3) показав, якщо звичайний циклон вловлює певний пил з ефективністю, наприклад, 80 %, то після реконструкції ступінь пилувловлення може досягнути 98 %. Авторами запропоновано дві конструкції циклонного апарата – прямооточного з верхнім розташуванням вихідного патрубка (рис. 1).

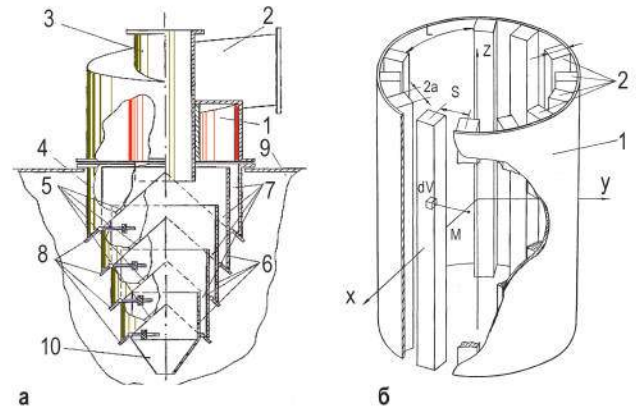


Рисунок 1 – Циклонний апарат:

а – загальний вигляд: 1 – завиток; 2, 3 – вхідний та вихідний патрубки; 4 – корпус; 5 – похилі днища; 6 – співвісні обичайки; 7 – кільцеві щілини; 8 – блимавки; 9 – бункер; 10 – конус; б – магнітна система: 1 – магнітопровід; 2 – постійні магніти; X, Y, Z – вісі координат

У зазначених циклонах усунуто будь-яку можливість вторинного виносу пилу завдяки тому, що частинки, які досягли осаджуваних поверхонь, відразу виводяться з вихору, що очищується, у ламінарний потік. Зменшення часу перебування частинок у спадному вихорі скорочує їх контакт зі стінками циклона до мінімуму, завдяки чому значно знижується абразивний знос апарата.

Відмінність запропонованих циклонів полягає в тому, що пил, який одержав разом з потоком у вхідному патрубку 2 завитка 1 обертово-поступальний рух, потрапляє в кільцеві щілини 7 такої ширини, щоб потік в них був ламінарним, після чого коагулює та осідає на днища 5, навантажуючи блимавки 8. Коли маса пилу досягає певного значення, він розвантажується в бункер 9. Такий процес поетапного видалення пилу з потоку, що очищується, виключає винос його у вихідний патрубок 3 та, як наслідок, абразивне руйнування корпусу апарата.

Під час уловлювання магнітного пилу ефективність циклона можна збільшити на 30–40 % шляхом утримання й коагуляції пилу на його осаджувальних поверхнях,

використовуючи при цьому магнітне поле. Це твердження витікає з виразу, отриманого тим же шляхом, що й (3), але з урахуванням сили $\langle F_M \rangle$, яка діє на пил у високоградієнтному магнітному полі:

$$\eta = 1 - \exp\left(-\frac{\pi\tau U_0 H}{0.72S_{\text{вх}}} - \frac{C\langle F_M \rangle}{\mu_r d_c U_0}\right), \quad (4)$$

де $C = \frac{\partial H}{\partial x} H^{-1}$ – постійна величина, що залежить від форми циклона.

Немагнітний пил уловлюється в цьому циклоні (рис. 2) за звичайних умов, магнітний – утримується на поверхні 1, у місцях найбільшого градієнта магнітного поля, й транспортується ним до ловильних каналів 2, де він накопичується, коагулює, а потім зсипається в патрубок 3.

З формули (4) видно, що ступінь магнітного уловлювання пилу практично не залежить від розмірів циклона, а зростає зі зменшенням діаметра частинки і швидкості пилогазового потоку, що підтверджується лабораторними та промисловими дослідженнями. Крім того, при високих показниках витягу уловлений магнітний компонент може містити до 66 % заліза. Реалізація його як залізного концентрату може окупити пилоочищення та на 20–40 % скоротити об'єми шламів, які складаються.

Інерційні пиловловлювачі відрізняються від циклонів тим, що їх можна виготовити невеликого діаметра й будь-якої довжини, щоб сконцентрувати і вивести в бункер практично весь пил. Ефективність такого пиловловлювача в основному визначається механізмом осадження, який використовується в бункері апарата. Розроблений інерційний електростатичний пиловловлювач відрізня-

ється від подібних пристроїв тим, що в ньому створено умови для повної трибозарядки всіх пилових частинок і максимального осадження їх у бункері апарата – під дією гравітаційних, інерційних та електростатичних сил дзеркального відображення (рис. 3).

Пиловловлювач працює таким чином. За інерцією всі частинки стикаються з футеровкою корпусу 1, набуваючи при цьому заряд q_T , величина якого залежить від часу їх контакту з поверхнею, а потім потрапляють у бункер з імовірністю, рівною

$$\eta = 1 - \exp\left(-\frac{\tau U_0 L}{0.72(D^2 - d^2)}\right), \quad (5)$$

де L, D – довжина і діаметр пиловідділювача, м; d – діаметр обтічника, м.

З рівняння руху частинки пилу в електричному полі отримано вираз, що пов'язує час t перебування частинки в бункері з ефективністю її електростатичного осадження η_e на заземлених поверхнях:

$$t = \frac{2\pi d_r}{q_T} \sqrt{\frac{1}{6} \epsilon_0 h \eta_e d_r} \left(\sqrt{h \eta_e - d_r} + h \eta_e \arcsin \sqrt{1 - \frac{d_r}{h \eta_e}} \right), \quad (6)$$

де h – довжина шляху, що проходить частинка в бункері, м.

За цією формулою виконано розрахунок для апарата діаметром 0,25 м, висота бункера – 0,2 м, ширина – 0,6 м, для частинок густиною 2,6 г/см³ і діаметром 5 мкм, що мають заряд $n \cdot e$, де n набуває значень від $0,6 \cdot 10^5$ до $2,5 \cdot 10^5$ штук, при швидкості потоку 10 м/с. Частинки, які мають заряд більший ніж $2,5 \cdot 10^5 \cdot e$, за певний час уловлюються стовідсотково. А якщо їх заряд, наприклад, в чо-

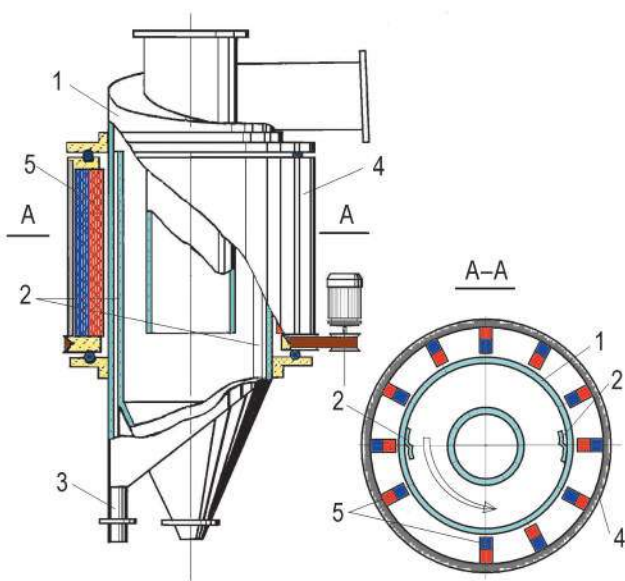


Рисунок 2 – Магнітний циклон:

- 1 – корпус; 2 – пастки; 3 – патрубок;
- 4 – магнітна система; 5 – магніти

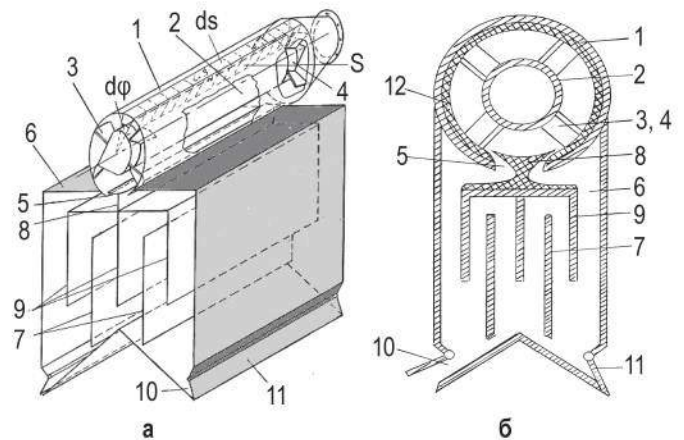


Рисунок 3 – Інерційний електростатичний пиловловлювач:

- а – загальний вигляд; б – схема: 1 – газохід-пиловідділювач, футерований зсередини зносостійким напівпровідним матеріалом, наприклад полімером П29С-1; 2 – обтічник;
- 3, 4 – пропелери; 5 – виріз, що з'єднує внутрішню частину 1 і бункер 6; 7 – заспокоююча решітка зі вставкою; 8, 9 – відбійні пластини; 10 – накопичувач; 11 – блимавки



тири рази менший – ефективність апарата падає до 40 %. Ці результати підтверджують важливість зарядки частинок.

Результати всебічних випробувань даного апарата підтвердили правильність теоретичних висновків і визначили способи розрахунку його розмірів і вибору футерувального матеріалу. З усіх найпростіших апаратів найбільшу стабільність у роботі мають гравітаційні камери, залишаючись при цьому найбільш дешевими у виготовленні й експлуатації. Але їх недоліком є низький ступінь уловлювання дрібнодисперсного пилу. Для збільшення ступеня пиловловлення необхідно подовжувати камеру або зменшувати висоту падіння частинок і швидкість потоку, що очищується.

Крім того, є ще один шлях – коагуляція частинок. Одним із способів прискорення процесу коагуляції частинок є розміщення на їх шляху різних проникних перешкод, які до того ж можуть електризуватися. Автори пропонують використовувати в ролі цих перешкод штори з вільно підвішених волокон. Така штора, отримуючи електричний заряд, сповільнює рух однойменно з нею заряджених частинок і прискорює – різнойменно заряджених, що забезпечує умови для градієнтної коагуляції пилу. Лабораторні випробування камери показали, що вона ефективно уловлює промисловий пил при 5–6 шторах і швидкості фільтрації 30–35 см/с. Насичення заряду на першій шторі настає через годину роботи, а його поверхнева густина дорівнює 4,8 мкКл/м². Використовуючи результати розв'язання диференційного рівняння Нав'є-Стокса, що описує рух частинок у потенційному потоці, який обтікає одиночний циліндр, виведено формулу для розрахунку ймовірності їх інерційного осадження на цій поверхні, граничне значення якої відповідає механізмам зачеплення і торкання:

$$\eta_{и} = 1 - \exp\left(-\frac{0,1\tau U_{\infty}}{R + 0,5d_r}\right), \quad (7)$$

де U_{∞}, R – швидкість потоку, віддаленого від волокна, та його радіус, м/с і м.

Для розрахунку ступеня вловлювання монодисперсного пилу волоконною шторою товщиною H , що складається з рівномірно розподілених у просторі циліндричних поверхонь, отримано вираз

$$\eta_{ш} = 1 - \exp\left\{-H \frac{R + d_r}{2\sqrt{3}(R + l)^2} \left[1 - \exp\left(-\frac{0,1\tau U_{\infty}}{R + 0,5d_r}\right)\right]\right\}, \quad (8)$$

де $2l$ – відстань між поверхнями волокон, м.

Розрахунок за цією формулою узгоджується з результатами експериментів. Вивчено вплив електричних зарядів частинки і штори на ефективність роботи фільтра. Отримано формулу для визначення величини заря-

ду частинки та однойменного заряду штори, при якому вона зупиняється перед шторою:

$$q = \pi^2 \epsilon_0 \mu_r d_r (R + l) U_{\infty} \cdot (R \cdot \sigma)^{-1}, \quad (9)$$

де σ – поверхнева густина заряду на шторі, Кл/м²; ϵ_0 – електрична постійна, Ф/м.

Чисельне розв'язання диференційного рівняння руху частинки поблизу зарядженого волокна з урахуванням інерційного та електростатичного механізмів осадження, у випадку різнойменних зарядів на них, показало, що ефективність електростатичного осадження на 20–30 % більша, ніж інерційного. Ефективність процесу дифузійного осадження дрібних частинок на волокно з приграничного шару потоку, що обтікає його, обчислюється за виразом

$$\eta_0 = 2\sqrt[3]{3D^2 R^2 l^{-4} U_{\infty}^{-2}}, \quad (10)$$

де D – коефіцієнт дифузії, м³/с.

Ефективність буде збільшуватися зі зменшенням відстані між волокнами і швидкості фільтрації та зі збільшенням радіуса волокна. З теорії ймовірності автори вивели рівняння для розрахунку ступеня дифузійного осадження частинок на волоконній шторі:

$$\eta_{дш} = 1 - \exp\left[-2 \frac{H}{R + l} (3D^2 R^2 l^{-4} U_{\infty}^{-2})^{\frac{1}{3}}\right]. \quad (11)$$

Крім того, автори розробили конструкцію вертикальної циліндричної камери з волоконними шторами (рис. 4).

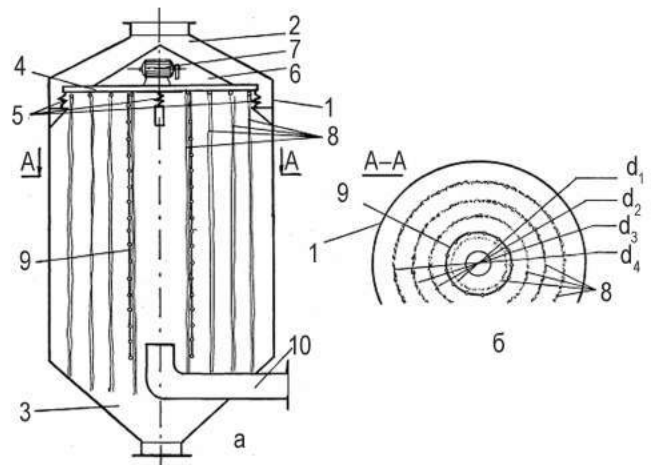


Рисунок 4 – Вертикальна камера з волоконними шторами:
 а – загальний вигляд: 1 – корпус; 2 – дифузор для виходу очищеного газу; 3 – бункер; 4 – платформа; 5 – пружина; 6 – укриття; 7 – вібратор; 8 – волоконні штори; 9 – жорстка сітка; 10 – вхідний патрубок; б – розтин по А–А: d_1, d_2, d_3, d_4 – відповідні діаметри вертикальної камери

Пилогазовий потік, що надходить з патрубка 10 в центральну частину корпусу 1 апарата, яка обмежена першою шторою 8 і стабілізуючою сіткою 9, розширяється радіально, що зумовлює зменшення швидкості фільтрації потоку через наступні штори. У свою чергу, зменшення швидкості надає можливості виявляти спочатку інерційний механізм осадження, а потім дифузійний. Ефективність пиловловлення такої камери дозволяє рекомендувати її як фільтр тонкого очищення газу від пилу.

На другій стадії очищення газу від пилу використовуються електрофільтри, що мають багато позитивних якостей. Але є в них і недоліки: ненадійне уловлювання як провідного пилу (перезарядження й вторинне віднесення частинок), так і непровідного (утворення зворотної корони), а також руйнування конструкцій ударними механізмами регенерації електродів. Аналіз роботи електрофільтрів показав, що в них не використовується інерційний, а для магнітного пилу ще й магнітний механізми осадження пилу. З урахуванням цих механізмів отримано формулу для розрахунку ступеня пиловловлення

$$\eta = 1 - \exp \left[- \frac{8\omega L}{VD} - \frac{6 \cdot 10^4 \rho_r d_r LV}{D} - \frac{1,63 \cdot 10^{10} \chi d_r^2}{V} \right], \quad (12)$$

де V, ω – швидкості повітря та дрейфу частинки, м/с; L, D – довжина і діаметр осаджувального електрода, м; χ – магнітна сприйнятливості пилу.

Присутність трьох додатків у показнику експоненти свідчить про високу ефективність розробленого апарата. Автори пропонують новий трубчастий електрофільтр (рис. 5), що дозволяє підвищувати швидкість фільтрації в кілька разів (і при цьому буде відсутня вібрація коронуючого електрода).

Електрофільтр обладнаний нетрадиційною системою регенерації осаджувального електрода, ефективно вловлює сильномагнітний провідний пил і здатний сепарувати його на дві компоненти – магнітну та немагнітну. Пилогазовий потік, що поступає з патрубка 12, розділяється на декілька потоків. Той, що припадає на один трубчастий елемент, закручується завихрювачами 4, які стабілізують коронуючий електрод 2, закріплений у корпусі 1 прохідним ізолятором 3. Під дією відцентрових, кулонівських і магнітних сил частинки осаджуються на внутрішню поверхню електрода 5. Обертальний рух магнітної системи 8, завдяки опорним підшипникам 10 та редуктора 11, змушує рухатися магнітні частинки, що осіли навпроти полюсів магнітів 9, і вони зішкрібають з поверхні електрода 5 пилові агрегати, які й падають у бункер 15. Магнітні частинки транспортуються до пасток 6 і теж виділяються з електрофільтра в бункер 14 крізь патрубки 7. Очищене повітря виходить з фільтра завдяки колектору 13.

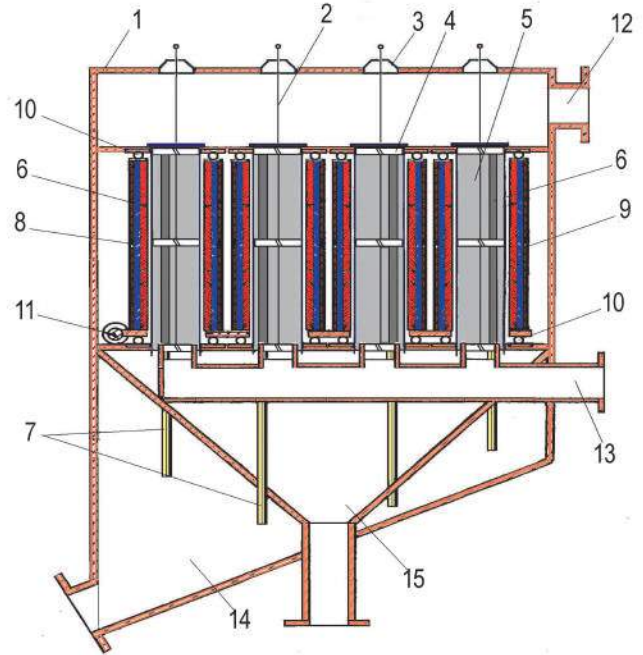


Рисунок 5 – Електрофільтр з інерційним і магнітним уловлюванням пилу з безперервною регенерацією осаджуючих електродів

Відзначимо, що пилоосаджувальну камеру з волоконними шторами, на виготовлення якої розроблено робочу документацію, впроваджено у цехах комбінату «Діорит», де вона показала високий ступінь очищення (у середньому 95 % при обсягах аспірації 7,6 м³/с і швидкості повітряного потоку в камері 0,35 м/с, що забезпечує нормальні санітарні умови у цехах комбінату і виключає забруднення навколишнього середовища. Камеру закладено у проекти реконструкції аспіраційних систем ряду підприємств. Прямоточний циклон використовується для очищення аспіраційного повітря обрубочного цеху Криворізького центрального рудоремонтного заводу.

Спосіб визначення магнітних моментів окремих частинок, методика розрахунку магнітного циклона, в якому пил розділяється на магнітний і немагнітний продукти, та робоча документація на його виготовлення використані при виконанні проекту «Реконструкція вентиляції фабрики огрудкування Північного ГЗК», що дозволило очистити аспіраційні викиди до рівня гранично допустимих викидів, поліпшити умови праці на робочих місцях та охорону довкілля і вилучити з уловленого пилу корисний продукт зі вмістом заліза до 65 %. Річний економічний ефект склав 7,65 тис. грн з 1 м² корисної площі випалювальної машини. Магнітні циклони використовувались під час очищення аспіраційних викидів цеху обпалювання гематитової руди на Центральному ГЗК та сталеплавильного цеху КЕРМЗ, а також у вигляді основного обладнання технології сухого магнітного збагачення кварцитів шахти «Гігант» (Кривбас).



Рекомендації щодо використання отриманих результатів

Рівняння дифузійного осадження пилових частинок з турбулентного потоку рекомендується використовувати при математичному моделюванні забруднення приземного шару атмосфери пиловими викидами організованих джерел. Спосіб визначення залишкових магнітних властивостей окремих частинок може бути використаним при вирішенні завдань уловлювання, сепарації і коагуляції пилових частинок. Теоретичні основи магнітного вловлювання та сепарації пилу дозволяють розрахувати параметри відкритих і замкнених магнітних систем різних апаратів, у яких застосовуються постійні магніти. Усі розроблені апарати розраховані на будь-який пил. Пиловловлювачі, у робочій зоні яких існує магнітне поле, більш ефективно вловлюють і сепарують пил виробництв, що переробляють магнітні руди, а також можуть використовуватися в інших галузях народного господарства, де з пилоподібного матеріалу необхідно видалити ферромагнітні включення. Таким чином, на базі теоретичних основ сухого вловлювання пилу та розробки ефективних апаратів нового покоління знижено запиленість повітря на робочих місцях і у викидах в атмосферу, а також підвищена економічна ефективність процесів переробки гірської маси.

ВИСНОВКИ

Ступінь уловлювання пилу циклонним апаратом нового покоління експоненціально залежить від швидкості потоку, який очищують, числа коаксіальних обичайок, їх розмірів, а також діаметра частинок пилу. Для циклонів одного розміру та продуктивності ступінь уловлювання пилу нового апарата буде збільшена не менше ніж у 1,23 раза порівняно зі старим.

Ефективність магнітного вловлювання пилу експоненціально зростає зі збільшенням розміру циклона та магнітної сили, яка діє на частинки, і спадає зі збільшенням його продуктивності та розміру частинок пилу. Сумарна інерційно-магнітна ефективність від розмірів циклона майже не залежить і у середньому дорівнює 92 %.

Час руху частинки пилу до заземленої поверхні є обернено пропорційним заряду, який вона отримала під час зіткнення з футерованими конструкціями апарата. Тому для збільшення ступеня уловлювання пилу необхідно підбирати цей матеріал за найбільшими заряджувальними властивостями. Для пилу аглофабрик це може бути напівпровідниковий полімер типу П29С-1.

На підставі теоретичних та експериментальних досліджень розроблено циклонні апарати [4–8], застосування яких на промислових підприємствах дозволить знизити запиленість повітря до безпечного рівня і знизити витрати на пиловловлення за рахунок утилізації вловленого і розділеного за фізичними властивостями пилу. Створено вертикальні кільцеві канали для безупинного витягу з потоку, що очищується, частинок, які досягли осаджувальних поверхонь. Це збільшує ступінь уловлювання дрібних частинок на 60 %, а рухливе високоградієнтне поле дозволяє уловлювати магнітний пил з ефективністю до 95 %, причому з одночасним поділом його на магнітний з вмістом заліза до 65 % і немагнітний з вмістом заліза до 12 %, при вихідному вмісті загального заліза до 33 %.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Аэрология горных предприятий / А.А. Гурин, П.В. Бересневич, А.А. Немченко и др. – Кривой Рог : Издательский центр КТУ, 2007 – 462 с.
2. Екологія гірничого виробництва / П.В. Бересневич, Ю.Г. Вілкул, О.М. Голишев та ін. – Кривий Ріг : Мінерал, 1998. – 152 с.
3. Янов, А.П. Контактная коагуляция ферромагнитной пыли в магнитном поле / А.П. Янов, Г.А. Жовтуха, В.И. Мулявко, А.П. Колесник // Снижение уровня вредных факторов на горнорудных предприятиях. – М. : Недра, 1985. – С. 37–42.
4. Деклараційний патент України № 16963 А. Вертикальна пилоосаджувальна камера / Кириченко А.М., Мулявко В.І. і др. ; опубл. Бюл. № 7. – 1999.
5. Деклараційний патент України № 28626 А. Газоочисник типу циклон / Бизов В. Ф., Гурін А.О., Вілкул Ю.Г., Мулявко В.І., Кириченко А.М., Мулявко С.В. ; опубл. 29.12.1999, Бюл. № 8.
6. Деклараційний патент України № 47025 А. Газоочисник типу циклон / Вілкул Ю.Г., Мулявко В.І., Кириченко А.М., Собко О.П., Панова С.М. ; опубл. 17.06.2002, Бюл. № 6.
7. Деклараційний патент України № 48631 А. Відцентровий магнітний сепаратор / Бизов В.Ф., Мулявко В.І., Кириченко А.М., Думанська Л.П. ; опубл. 15.08.2002, Бюл. № 8.
8. А.с. № 1782939 СССР. Способ определения магнитных моментов ферромагнитных частиц / Жовтуха Г.А., Мулявко В.И., Харламов В.С. ; опубл. 16.01.90, Бюл. № 8.

Поступила в редакцию 12.03.2012

Приведены основные научные и практические результаты создания и внедрения технологий и технических средств пылеулавливания на горных предприятиях. Определены механические, электрические и магнитные свойства пыли и отдельных ее частиц. Теоретически обоснованы, разработаны и испытаны аппараты сухого пылеулавливания. Результаты исследований и разработок реализованы в методических документах и внедрены в производство.

Basic research and practical results of developing and implementing technologies and equipment for dust control in mines are given. Mechanical, electrical and magnetic properties of dust and its individual particles are determined. Theoretically motivated, developed and tested dry dust collection devices. Results of research and developments are given in methodological documents and were implemented in the industry with a positive effect.