УДК 669.015.7

РОЗРОБЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ПРОМИСЛОВОГО ФІЛЬТРА З РЕГЕНЕРАЦІЄЮ РОБОЧОЇ ПОВЕРХНІ

О. Є. Лапшин, докт. техн. наук, В. А. Шаповалов, канд. техн. наук (Криворізький технічний університет)

Представлен промышленный фильтр новой конструкции, позволяющий осуществлять сухую очистку воздушных потоков, загрязненных пылью, за счет фильтрации и действия центробежных сил; при этом фильтрующие поверхности постоянно очищаются.

Ключевые слова: промышленный фильтр, сухая очистка, пылеулавливание, регенерация.

Представлено нову конструкцію промислового фільтра, який дозволяє здійснювати сухе очищення повітряних потоків, забруднених пилом, за рахунок фільтрації та дії відцентрових сил; при цьому фільтрувальні поверхні постійно очищуються.

Ключові слова: промисловий фільтр, суха очистка, пиловловлення, регенерація.

The industrial filter of the new design is presented that allows carrying out dry purification the air streams polluted by the dust at the expense of filtration and centrifugal forces. The filtering surfaces are constantly cleaned.

Keywords: the filter, dry purification, dust collecting, regeneration.

Актуальність. Робота підприємств гірничо-металургійного комплексу пов’язана з переробкою великої кількості сировини, яка супроводжується виділенням шкідливого пилу. В умовах нарощування об’ємів виробництва кількість шкідливих викидів зазначеними підприємствами збільшується у відповідних пропорціях, що є небезпечним для навколишнього середовища і здоров’я працюючих. Тому подальший розвиток заходів щодо зменшення шкідливих викидів пилу залишається актуальним і сьогодні.

Мета досліджень. Метою роботи є підвищення ефективності пиловловлення за рахунок розроблення нової конструкції промислового фільтра з регенерацією робочої поверхні.

Одним із основних напрямків у розв’язанні цієї проблеми є удосконалення і впровадження пиловловлюючих агрегатів. Особливої уваги заслуговують фільтрувальні агрегати для очищення промислових викидів із початковою запиленістю 60 мг/м^3 і більше, найбільш розповсюдженими з яких є рукавні фільтри [1]. Як фільтрувальний пристрій в них використовуються рукава з натуральних і синтетичних тканин. Промислові рукави і фільтри, як правило, працюють з регенерацією.

Під час фільтрації частинки пилу накопичуються у вигляді пилового шару на поверхні фільтрувального полотна. Це призводить до збільшення гідравлічного опору проходження повітряного потоку крізь фільтрувальний пристрій, внаслідок чого погіршується продуктивність фільтру через зменшення його пропускної здатності. За таких обставин виникає необхідність руйнування пилового шару на поверхні фільтрувального полотна (процес регенерації).

У промислових фільтрах регенерацію здійснюють двома основними способами: шляхом періодичного струшування рукавів і зворотним продуванням. Очищення фільтрувальних пристроїв (наприклад, рукавів) шляхом періодичного струшування не забезпечує повного видалення з них частинок пилу. При зворотному продуванні використовують додаткові вентилятори або більш потужні основні вентилятори, що ускладнює конструкцію фільтру і призводить до збільшення витрати електроенергії. Крім того, якщо у фільтрі очищується газ з високою точкою роси, то при подачі холодного зворотного повітря конденсуються водяні пари, що призводить до залипання фільтрувального полотна та корозії металевих частин фільтру. До того ж використання підігрівачів ускладнює конструкцію промислового фільтру і збільшує його собівартість.

Накопичення дрібнодисперсних частинок пилу між волокнами призводить до збільшення ваги і втрати еластичності фільтрувального полотна. Внаслідок цього зменшується строк придатності і ефективність роботи всього фільтрувального агрегату.

На основі досліджень [2, 3] було виявлено залежність гідравлічного опору тканини від часу фільтрації забрудненого пилом повітря (рис. 1).

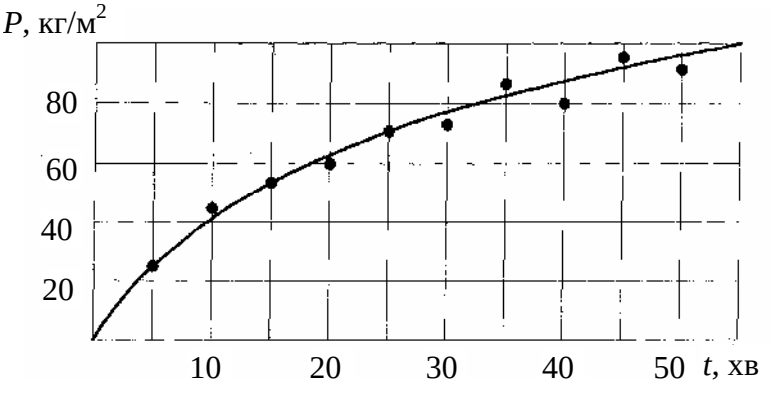

Рис. 1. Залежність гідравлічного опору фільтрувального полотна від часу фільтрації

Ця залежність свідчить, що через одну годину фільтрації гідравлічний опір стає надмірно великим, а фільтрувальне полотно потребує очищення. Спостерігається лінійна залежність між швидкістю фільтрації і гідравлічним опором тканини (рис. 2).

При цьому великий вплив на гідравлічний опір справляє забрудненість повітря і залишкова запиленість полотна (графіки 1–6). Досвід роботи

тканинних фільтрів свідчить, що навіть при періодичному очищенні полотна відбувається лише часткове зменшення його гідравлічного опору.

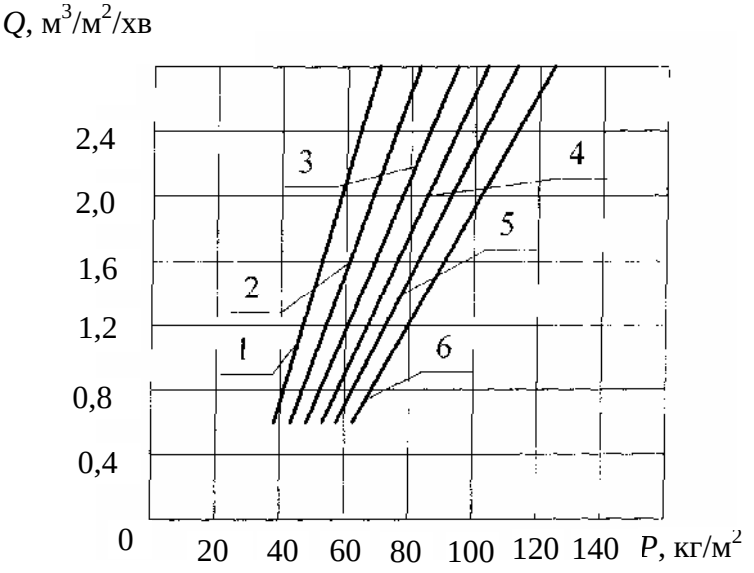

Рис. 2. Залежність гідравлічного опору від швидкості фільтрації і запиленості полотна

Загальний опір полотна фільтрації можна визначити за формулою [2, 3]

$$P_з = P_т + P_п \tag{1}$$

де $P_т$ – опір тканини, кг/м^2; $P_п$ – опір шару пилу, кг/м^2.

Гідравлічний опір тканини $P_т$ для певного ступеня очищення її поверхні є величина постійна і може бути прийнятий у межах 35…60 мм вод. ст. Разом з цим, опір шару пилу $P_п$ постійно змінюється і залежить від умов фільтрації, таких як вологість і дисперсний склад пилу. Для визначення опору шару пилу, налиплого на фільтрувальне полотно, використовується залежність [4]

$$P_п = 8\mu d V_ф \cdot \left[\frac{9 d^2 h_п \cdot (1 - a_п)^2}{a_п^2} \right], \tag{2}$$

де μ – коефіцієнт в’язкості повітря, кг·с/м^2; d – усереднений діаметр частинок пилу, м; $V_ф$ – швидкість фільтрації повітря, м/с; $h_п$ – товщина шару пилу, м; $a_п$ – пористість шару пилу.

У (2) швидкість фільтрації $V_ф$ доцільно визначати дослідним шляхом. Так, для частинок пилу розміром $d \le 20$ мкм приймають $V_ф$ = 0,6…1 м/хв, а для частинок пилу розміром $d \ge 20$ мкм швидкість фільтрації $V_ф$ = 2,5…5 м/хв.

Виходячи з цього, загальна фільтрувальна поверхня визначається за формулою

$$S_ф = \frac{Q}{60 \cdot V_ф}, \tag{3}$$

де $S_ф$ – площа фільтрувальної поверхні, м^2; Q – об’єм очищуваного повітря, м^3/год.

Після визначення площі фільтрувальної поверхні можна визначити кількість фільтрувальних елементів у корпусі за формулою

$$n_e = \frac{S_ф}{F_e}, \tag{4}$$

де F_e – площа одного фільтрувального елемента, м^2.

Питання постійного і повного очищення фільтрувальних пристроїв може бути розв’язане завдяки впровадженню промислового фільтра нової конструкції з регенерацією робочої поверхні, яка поєднує елементи інерційного і фільтраційного пиловловлення (рис. 3).

Промисловий фільтр має циліндричний корпус *1*, на осі якого розташований вхідний патрубок *2* на всю його довжину. Циліндричний корпус *1* у верхній частині перекритий запобіжною решіткою *3*.

Вхідний патрубок *2* у нижній частині закритий глухою кришкою *4*. Над глухою кришкою *4* у нижній частині вхідного патрубка *2* встановлені напрямні лопатки *5*. Кришка *4* в центрі зовнішньої частини має центрувальне конусне заглиблення, яким вона спирається на вершину конуса *6* турбіни *7*. Турбіна *7* в центрі зовнішньої частини основи в свою чергу має посадочне конусне заглиблення, яким спирається на вершину конуса *8* опорного башмака 9.

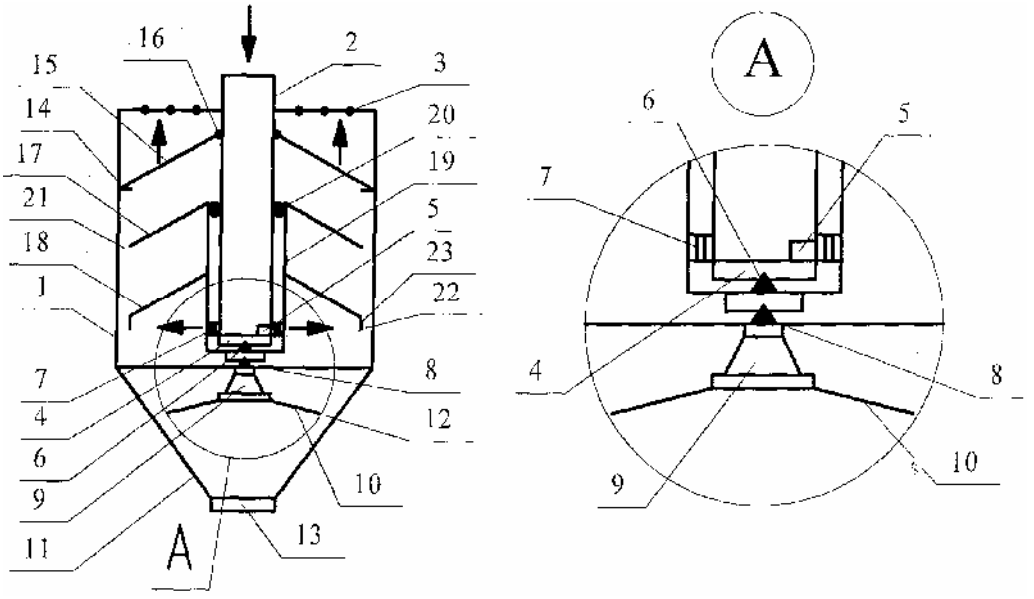

Рис. 3. Схема промислового фільтра з регенерацією робочої поверхні

Таке виконання опор сприяє вільному обертанню турбіни і запобігає запресуванню пилом конічних заглиблень, оскільки в обох випадках вони виконані вершинами догори. При цьому вхідний патрубок *2* і опорний башмак *9* залишаються нерухомими.

Опорний башмак *9* жорстко з’єднаний з відсікачем *10*, виконаним у вигляді зрізаного конусу, спрямованого вершиною догори і закріпленого

жорстко за допомогою розтяжок на внутрішній поверхні конічного днища *11*, утворюючи з ним кільцеву щілину *12* для проходу відділеного пилу. В нижній частині конічного днища *11* розташований пиловипускний пристрій *13*.

Особливістю запропонованої конструкції фільтра є те, що в його циліндричному корпусі встановлено три каркаси у вигляді зрізаних конусів, обтягнутих фільтрувальним полотном (надалі конуси), при цьому вони розташовані один над одним, і середній та нижній конуси виконані з можливістю обертання відносно вертикальної осі (див. рис. 2, 3).

На внутрішній поверхні циліндричного корпусу *1* у верхній його частині по периметру закріплена обичайка *14*, на яку спирається верхній конус *15*, жорстко з'єднаний з вхідним патрубком *2* за допомогою ущільнюючого елемента *16*.

Нижче по осі циліндричного корпусу 1 розташовані обертові середній *17* і нижній *18* конуси, жорстко з'єднані з турбіною *7* за допомогою циліндричного стакана *19*, який додатково має кульові центратори *20*, які утримують його від бокових коливань при обертанні відносно вхідного патрубка *2*. Нижній і середній конуси розташовані всередині циліндричного корпусу таким чином, що утворюють з його внутрішньою поверхнею кільцеві щілини *21* і *22* для проходження вловленого пилу. Нижній конус *18* має ущільнюючі шторки *23*, виготовлені з фільтрувального матеріалу.

Промисловий фільтр працює таким чином: запилене повітря надходить у вхідний патрубок *2* і, рухаючись по ньому, потрапляє на напрямні лопатки *5*, змінюючи при цьому напрямок потоку з вертикального на горизонтальний. Забруднене повітря, рухаючись крізь напрямні лопатки *5*, здійснює роботу по обертанню турбіни *7*, яка в свою чергу через стакан *19* передає обертання середньому і нижньому обертовим конусам.

Забруднене повітря, потрапляючи у простір під нижній конус, створює тиск, завдяки якому ущільнюючі шторки *23* притискаються до внутрішньої поверхні циліндричного корпусу, утворюючи герметичну камеру. Рухаючись крізь нижній конус, забруднене повітря проходить першу стадію очищення. Другу і третю стадії очищення забруднений потік проходить, рухаючись крізь обертовий середній і жорстко закріплений верхній конуси. Очищений повітряний потік крізь запобіжну решітку *3* надходить до атмосфери.

Обертові конуси, отримавши обертання від турбіни, постійно закручують повітряний потік. Таким чином, у просторі під усіма трьома конусами утворюється обертовий повітряний потік, який постійно очищує фільтрувальні поверхні. Крім того, у закрученому потоці утворювані відцентрові сили притискають частинки пилу до внутрішньої поверхні циліндричного корпусу.

Відділений від повітря пил крізь кільцеві щілини *21* і *22* рухається по внутрішній поверхні циліндричного корпусу до ущільнюючих шторок *23*. Відповідна кількість пилу на шторках *23* приводить до їх продавлення, і відділений пил потрапляє до конічного днища *11*. Рухаючись далі по внутрішній поверхні конічного днища *11* крізь кільцеву щілину *12*, відділений пил потрапляє в пилоприймач, де видаляється через пиловипускний пристрій

13. Відсікач 10 запобігає повторному винесенню пилу у простір під нижнім конусом *18*.

Висновки

1. Запропонована конструкція промислового фільтра дозволяє підвищити ефективність пиловловлення шляхом очищення забруднених повітряних потоків як за рахунок фільтрації крізь фільтрувальне полотно, так і завдяки дії відцентрових сил.

2. Повітряні потоки, утворені обертовими конусами, сприятимуть регенерації фільтрувальних поверхонь, внаслідок чого збільшується строк їх придатності і підвищується ефективність роботи всього фільтрувального агрегату.

1. *Пылеулавливание в металлургии* / [Алешина В. М., Вальтберг А. Ю., Гордон Г. М. и др.]; под ред. А. А. Гурвица. – М.: Металлургия, 1984. – 336 с.

2. *Гордон Г. М.* Газоочистка рукавными фильтрами в цветной металлургии / Г. М. Гордон, И. А. Аладжалов. – М.: Металлургиздат, 1956. – 250 с.

3. *Гордон Г. М.* Пылеулавливание и очистка газов / Г. М. Гордон, И. Л. Пейсахов. – М.: Металлургиздат, 1958. – С. 205–238.

4. *Кутузов Б. М.* Пылеулавливание при бурении скважин на карьерах / Б. М. Кутузов, И. П. Михеев. – М.: Недра, 1966. – С. 57–64.