

УДК 621.928.9

Батлук В. А., Сукач Р. Ю., Сукач Ю. Г., Басов М. В.

ОЧИСТКА ПОВІТРЯ ВІД ПИЛУ ПРИ РОБОТІ ГІРНИЧИХ КОМБАЙНІВ І КОМПЛЕКСІВ

У Донецькій області діють 2000 промислових підприємств, з яких 800 – великі, включаючи 177 особливо небезпечних хімічних виробництв. Міжнародні експерти відзначають, що на Землі немає такого регіону, як Донецька область, де перебувають сім коксохімзаводів із примітивною, яка давно не застосовується у світі, технологією виробництва коксу методом «мокрого гасіння» з потужним трубним викидом високотоксичних речовин і золи з важкими й радіоактивними металами (приблизно 0,5 кг на один квадратний метр території щодня). Сумарний викид в атмосферу всіх підприємств регіону становить близько 2 млн. тон токсичних речовин у рік, або більше 60 тон на один квадратний кілометр території й 321 кг на кожного жителя. Металургійні, коксохімічні виробництва й теплові електростанції у величезних обсягах «збагачують» атмосферу діоксидом і бензопиреном, що викликають рак у всього живого.

І це тільки в донецькому регіоні, а таких в Україні нараховується близько десяти. Негативний антропогенний вплив на природу і людину досяг таких грандіозних масштабів, що став загрозою існуванню людини.

При роботі гірничих машин і комплексів велике значення має якість повітря, яке вони використовують і ця проблема сьогодні перетворилась на першочергову при проектуванні систем пневмоприводу.

Для проведення процесів пиловловлення, і газоочистки широке застосування знаходять апарати із закруткою газового потоку: циклони, вихрові камери, скрубери, швидкісні газопромивачі, плівкові сепаратори тощо. Циклони прямиоточні й більше ефективні протиточні, застосовуються для індивідуальних процесів сухого пиловловлення твердих частинок з розмірами більше 10 мкм. З великої розмаїтості протиточних циклонів (ЦН-11, ЦН-15, ЦН-15У і ЦН-24), а також розроблених пізніше вискоефективних спірально-конічних циклонів типу СК-ЦН-34, СК-ЦН-34М і СК-ЦН-40 і спіральнодовгоконічних, наприклад, типу СДК-ЦН-33. Необхідно вибрати вискоефективні циклони, які можуть вловити тверді частинки з розмірами більшими за 5×10^{-6} м при температурах пилогазової суміші, що не перевищує 400–500 °С. Відцентрові циклони й скрубери з водяною плівкою застосовуються для мокрого пиловловлення, і можуть бути використані для процесів абсорбції й контактного теплообміну, однак, їхнє застосування обмежене умовою існування протиточно-гвинтової взаємодії висхідного пило-газового потоку, що очищується, із низхідним рухом плівки рідини, через що середньовитратна швидкість руху газу по порожньому перетину апарата становить 2,5–5,5 м/с.

Як інші конструкції мокрих пиловловлювачів, у яких може поєднуватись пиловловлення з теплообміном або пиловловлення з абсорбцією, застосовуються порожні газопромивачі, форсунокові скрубери й швидкісні газопромивачі (скрубери Вентурі) з відцентровими сепараторами. Застосування вихрових скруберів з різними типами зрошувальних пристроїв підвищило ефективність пиловловлення за рахунок осадження частинок пилу на краплях та їх спільному русі, під дією відцентрової сили, до стінки апарата. Тонкість розпилювання рідини на краплі з розмірами від 100 до 10×10^{-6} м визначається конструкцією форсунок і режимом витікання рідини. На великих краплях спостерігалось осадження твердих часток, а дрібні краплі з розмірами меншими за 1×10^{-6} м майже без контакту із твердими частинками неслися потоком закрученого газу з апарату.

Істотним кроком у поліпшенні сепарації рідинних плівок у закручених потоках стали нові конструкції плівкових сепараторів, розроблені для масообмінного обладнання. Застосування двоступінчастої сепарації дозволило забезпечити видалення пристінкової плівки рідини за область контакту й забезпечити середньодобові витрати швидкості руху закрученого потоку газу до 15–20 м/с.

Однак застосування апаратів мокрого типу створює проблему наступного очищення води, яка сьогодні є невирішеною, тому автори статті пішли шляхом створення принципово нової конструкції апарату сухого типу, здатного вирішити поставлену проблему.

Метою роботи є створення апарату для сухої очистки повітря від пилу в системах роботи гірничих комбайнів і комплексів принципово нового типу, в якому досягається значне підвищення ефективності пилоочистки від дрібнодисперсного пилу при зменшенні гідравлічного опору і габаритів пиловловлювача.

Існуючі в даний час апарати аналогічного призначення не можуть дати значного підвищення ефективності пиловловлення через неможливість забезпечення постійної дії відцентрових сил на частинку і неможливість підключення до процесу пиловиділення збільшених сил ваги та інерції.

В основу роботи поставлене завдання створення універсального, високоефективного, з невисоким гідравлічним опором пиловловлювача, в якому виконання жалюзійного відокремлювача таким, що дозволяє йому обертатися навколо осі апарата примусово, веде до збільшення дії відцентрових сил, запобігає проникненню дрібнодисперсних частинок пилу всередину його, захоплюючись пилоповітряним потоком, до вирівнювання тисків всередині корпусу апарата і запобігає виносу дрібнодисперсного пилу вторинним вихором у патрубках виходу очищеного повітря.

На рис. 1 представлений запропонований пиловловлювач з відокремлювачем із приводом.

Пилоповітряна суміш надходить тангенційно через вхідний патрубок 9 в корпус апарата 1. Під дією відцентрових сил частинки пилу більшої маси відкидаються до циліндричної частини корпусу 1 апарата, сповзають під дією сил тяжіння вниз спочатку вздовж циліндричної, а потім конічної частини корпусу апарата до розвантажувального пристрою виходу пилу 12 і через нього у бункер 13. Частинки пилу меншої маси, які захоплюються потоком вже очищеного від великих фракцій пилу повітря, рухаються до жалюзійного відокремлювача 2, за рахунок своєї інерції не встигають за потоком, стикаються з жалюзі відокремлювача і після декількох зіткнень відбиваються у зворот ньому напрямку до циліндричної стінки корпусу апарата 1, де захоплюються потоком більш масивних частинок пилу і разом з ними прямують до бункера 13. Число зіткнень залежить від маси, складу частинок і швидкості руху пило газового потоку.

Очищене таким чином повітря обминає жалюзі з мінімальним кутом атаки, потрапляє через щілини між жалюзі 3 в середину жалюзійного відокремлювача 2, де за рахунок обертання відокремлювача створюється розрідження.

Та частина пилоповітряного потоку, яка не встигла пройти через отвори між жалюзі 3 відокремлювача 2 в циліндричній частині корпусу 1, проходячи через завихрувач 8, набуває обертового руху, завдяки якому основна частина зважених частинок знов відкидається до стінки корпусу апарата 1 і по спіралі, яка прямує вниз, поступає через розвантажувальний пристрій 12 в бункер 13.

Очищений від великодисперсних частинок пилу, потік повітря разом із дрібнодисперсною частиною пилу огинає відокремлювач 2 і направляється по спіралі, яка направлена вгору (вторинний вихор), у відокремлювач 2, який обертається.

У внутрішню частину відокремлювача 2 через форсунку 6 поступає вода, яка відцентровою силою притискається до внутрішньої поверхні кожної жалюзі 3 відокремлювача 2 та утримується кільцевим диском 5, розприділяючись по жалюзі 3 відокремлювача 2 рівномірним шаром. Не вловлений дрібнодисперсний пил, попадаючи всередину відокремлювача 2 з вторинним потоком, також притискається до внутрішньої поверхні водяного шару на стінках жалюзі відокремлювача.

При збільшенні товщини шару води, яка поступає через форсунку 6, та його частина, що виходить за межі диску 5, разом з частинками зкоагульованого пилу викидається у кінчну частину корпусу 1, підхоплюється потоком великодисперсного пилу, який рухається по спіралі вниз до розвантажувального пристрою 12 в бункер 13, а очищене повітря, піднімаючись угору всередині відокремлювача, через щілини 7 виходить у відсмоктуючу камеру 10 і в подальшому виводяться із апарата через тангенційний патрубок виходу очищеного повітря 11, чому сприяє створене розрідження всередині жалюзійного відокремлювача 2.

Наявність жалюзійного відокремлювача 2 з кільцевим диском 5 у нижній своїй частині запобігає виносу дрібнодисперсної частини пилу з апарата разом з очищеним повітрям, що сприяє підвищенню ефективності уловлення пилу.

Для підсилення ефекту відцентрово-інерційного очищення жалюзійний відокремлювач 2 має можливість обертатися навколо осі пиловловлювача за допомогою двигуна 4 і швидкість його обертання прямо пропорційно залежить від швидкості входу пилоповітряної суміші в апарат через вхідний патрубок 9. Таким чином корегується числом обертів двигуна. За рахунок обертового руху жалюзійного відокремлювача 2 підсилюється ефект відцентрової очистки повітря від пилу і сила відбиття частинок пилу від жалюзі (скорочується кількість стикань), що в свою чергу веде до підвищення ефективності очищення.

Таким чином у запропонованому пиловловлювачі відбуваються наступні етапи очистки повітря від пилу:

- перша – відцентрова у циліндричній частині корпусу апарата зразу після входу пилоповітряної суміші в пиловловлювач;
- друга – інерційна при проходженні суміші через щілини між жалюзі відокремлювача;
- третя – знов відцентрова при проходженні через завихрувач;
- четверта – відцентрова всередині жалюзійного відокремлювача при притискуванні до внутрішньої поверхні жалюзі;
- п'ята – мокра при попаданні потоку на шар води;
- шоста – при проходженні через щілини у верхній частині відокремлювача потоку у відсмоктуючу камеру.

Для того, щоб уявити, яке місце займуть створені нами пиловловлювачі у загальному колосальному ряді існуючих сьогодні апаратів їх необхідно дослідити, звівши шляхом порівняльних випробувань до невеликого конкретного ряду за їх ефективністю, гідравлічним опором і металоємністю, при однакових енергетичних витратах і продуктивності.

З цією метою існує «Єдина методика порівняльних випробувань пиловловлювачів», яка охоплює питання приготування експериментального пилу, визначення фізико-хімічних і морфометричних його властивостей, методів запилення повітря, що подається у пиловловлювач, ступеня деагломерації пилу при штучному запиленні повітря, яка визнана обов'язковою при дослідженнях новостворених апаратів аналогічного призначення.

Досліди проводилися на стандартному стенді, який відповідає всім вимогам цієї методики у Національному університеті «Львівська політехніка».

Загальний вигляд стенду представлений на рис. 2.

Експериментальний стенд складається з піддослідного апарату 1, вентилятора 2 для деагломерації пилу, пилоподавача 3 зі змішувачем 4, ежектора 5 і колектора 6, а також вентилятора 10 для виведення очищеного в апараті 1 повітря через рукавний фільтр 7 назовні.

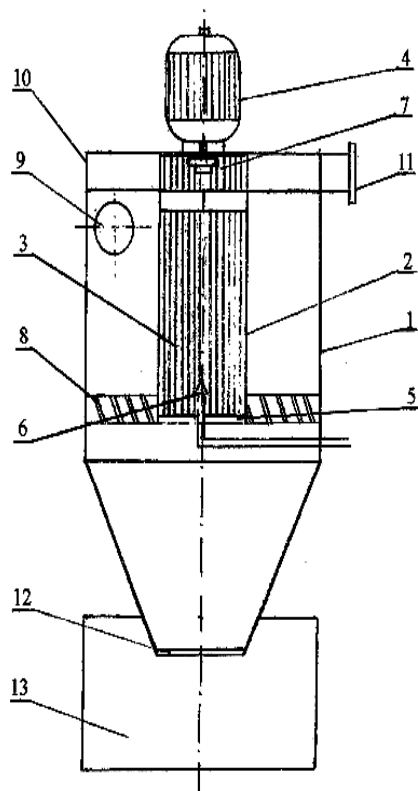


Рис. 1. Пиловловлювач

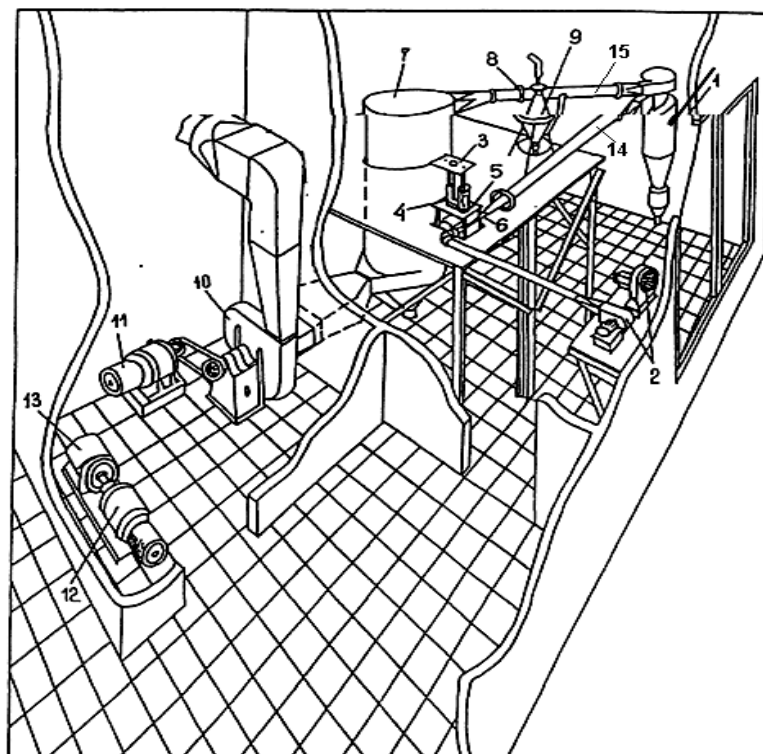


Рис. 2. Загальний вигляд експериментального стенду

Перед рукавним фільтром встановлена вимірювальна шайба 8 з приладом зовнішньої фільтрації 9.

Вентилятор 10 має клиноремінний привід від електродвигуна постійного струму 11 потужністю 3,5 кВт. Для живлення двигуна встановлений генератор постійного струму 12 з двигуном змінного струму 13 потужністю 4,0 кВт.

Така схема установки дозволяє плавно регулювати число обертів колеса вентилятора від 0 до 30 об/год. Відцентровий вентилятор, при розрідженні на вході у всмоктуючий отвір до 600 мм вод. ст., забезпечує витрати повітря до 3000 м³/год. З боку нагнітання вентилятора 10 встановлені глушники шуму.

Для живлення повітряного ежектора 5 встановлено два послідовно включених відцентрових вентилятора 2 (ЦВ – 2; ЦВ – 3) з числом обертів 50 об/год. і електродвигунами потужністю 1,8 кВт. Перед піддослідним апаратом і після нього встановлені, відповідно, малий 14 і великий 15 шибери. Запилення повітря, яке поступає в апарат 1, що досліджуємо, проводиться пилоподавачем 3.

На цьому стандартному експериментальному стенді НУ «Львівська політехніка» були проведені порівняльні дослідження запропонованого пиловловлювача з відокремлювачем із приводом і промислового пиловсмоктувача (еталона) на стандартному експериментальному пилу – кварцовому піску (табл. 1).

Таблиця 1

Результати дослідження запропонованого пиловловлювача з відокремлювачем із приводом і промислового пиловсмоктувача

Витрата повітря, м ³ /год.	Медіанний діаметр пилу, 10 ⁻⁶ м	Ефективність роботи, %	Ефективність роботи, %	Гідравлічний тиск, Па	
		Запропонованого	Еталону	Запропонованого	Еталону
1000	32	94,3	88,4	58	70
2000	32	96,2	91,5	60	74
3000	32	97,0	88,6	63	78
3500	32	97,9	93,2	65	81
1000	50	94,9	90,8	58	70
2000	50	96,7	92,9	61	74
3000	50	98,9	94,0	64	78
3500	50	98,3	93,8	65	81
1000	32	94,3	88,4	58	70

Як видно із проведених експериментальних досліджень, ефективність пиловловлювача з відокремлювачем із приводом, підвищується на 4–7 % в порівнянні з еталоном, але при цьому гідравлічний опір зменшився в 1,5–1,8 рази, на відміну від еталону, він має постійний режим роботи, не змінюючи опір, з часом, не потребує очистки через певні години роботи, і досить зручний в експлуатації і при цьому зменшилися енерго- і металоємність. Переваги запропонованої конструкції очевидні. Збільшення ефективності пиловловлення у запропонованому апараті досягається вибором оптимальних параметрів руху пило газової суміші в апараті.

ВИСНОВКИ

Таким чином, ми пропонуємо пиловловлювач, в якому жалюзійний відокремлювач виконано таким, що дозволяє йому обертатися навколо вісі апарата примусово, веде до збільшення дії відцентрових сил, запобігає проникненню дрібнодисперсних частинок пилу всередину його, захоплюючись пилоповітряним потоком, до вирівнювання тисків всередині корпусу апарата і запобігає виносу дрібнодисперсного пилу вторинним вихором у патрубок виходу очищеного повітря.

Завдяки цим вдосконаленням, нам вдалося досягти значного збільшення (на 4–7 %) ефективності вловлення дрібнодисперсного пилу у порівнянні з промисловим пиловсмоктувачем (еталоном), зменшивши при цьому гідравлічний опір (енергоємність) і витрати матеріалу (металоємність).

У даний час проводиться проектування дослідно-промислового взірця запропонованого апарата для впровадження його в системах роботи гірських комбайнів і комплексів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Принципово новий метод для очистки повітря від пилу / Батлук В. А., Сукач Р. Ю., Васи́лів Р. М., Басов М. В. // Матеріали доповідей на 7 міжнародній науково-методичній конференції Безпека життєдіяльності людини – освіта, наука, практика. – Миколаїв ; НУК, 2008 р. – С. 179–182.
2. Математические модели процессов разделения гетерогенных систем при пылеочистке / Батлук В. А., Шелюх Ю. С., Басов М. В., Васи́лів Р. М., Сукач Р. Ю. // Вестник нац. тех. университета Украины «Киевский политехнический институт». – Машиностроение. – К.: НТУУ «КПИ». – 2008. – № 52. – С. 267–272.