

УДК 66.01: 66.011

ТРИБОЕЛЕКТРОФІЛЬТР ДЛЯ ВИСОКОЕФЕКТИВНОГО ПИЛООЧИЩЕННЯ ПОВІТРЯ

Кузнецов С. І., к.т.н.

Салєба Л. В., к.т.н.

Херсонський національний технічний університет, м. Херсон, Україна

Постановка проблеми. Велика кількість виробничих процесів в промисловості пов'язано з утворенням пилу. Частинки пилу, які знаходяться у зваженому стані у повітрі розмірами 8 - 10 мкм при диханні в легені людини не потрапляють завдяки природному самозахисту дихальних органів. Основну небезпеку для організму представляють тверді частинки, які не затримуються у верхніх дихальних шляхах і безперешкодно проникають в легені [1]. Тому проблемі уловлювання дрібного пилу приділяється особлива увага. Для високоефективного очищення повітря розроблено конструкцію трибоелектростатичного фільтра, здатного вловлювати дрібнодисперсний (аерозольний) пил будь-якого походження.

Очищення газів від зважених твердих частинок перед надходженням в атмосферу запобігає забрудненню атмосферного повітря, дозволяє повернути у виробництво корисні речовини та утилізувати без шкоди для навколишнього середовища шкідливий і небезпечний пил [2].

Розроблене обладнання може бути використане в агропромисловому комплексі та інших галузях промисловості, що викидають у повітряний басейн газу, що містять дрібний пил. Визначено математичні залежності для оптимальних геометричних розмірів і співвідношень апарату.

Основні матеріали дослідження. Існуючі конструкції електрофільтрів для уловлювання твердих або рідких частинок досить складні. Вони складаються з ряду коронуючих та осаджувальних електродів, розташованих в ізольованому корпусі. Для живлення електрофільтра використовується високовольтне джерело постійного струму. ККД електрофільтрів становить 92-96%.

До недоліків електрофільтрів слід віднести їхню високу вартість, громіздкість, складність виготовлення, а також необхідність періодичного відновлення їх фільтруючих елементів. Крім того в електрофільтрах неможливо уловлювати частинки легкозаймистих матеріалів, через небезпеку їх займання або вибуху. Є конструкції електростатичних фільтрів, принцип роботи, яких заснований на уловлюванні твердих частинок поверхнею електродів, які мають електростатичний заряд. Недоліком цих електростатичних фільтрів є необхідність встановлення джерела живлення високої напруги,

складність виготовлення.

Метою досліджень була розробка конструкції трибоелектростатичного фільтра, здатного ефективно вловлювати дрібнодисперсний (аерозольний) пи́л будь-якого походження.

Розроблена конструкція багатодискового трибоелектростатичного пиловловлювача [3], (рис1), має велику продуктивність, високий ККД і низьку собівартість. Для створення електричного поля у фільтрі використовується трибоефект, що виникає внаслідок тертя діелектриків, при цьому зникає необхідність використання високовольтного джерела живлення.

Пропонована конструкція трибоелектростатичного фільтра складається з ряду паралельних дисків - електродів 2, закріплених на загальному валу 3. Вал із закріпленими на ньому дисками приводиться в обертання від електродвигуна 7 через редуктор 6. Диски знаходяться в контакті з нерухомими щітками 4. Система обертових дисків зі щітками газ подається в електростатичний фільтр примусово. У будь-якому випадку в нижній частині фільтра встановлюється бункер 5 для збору частинок, що уловлюються.

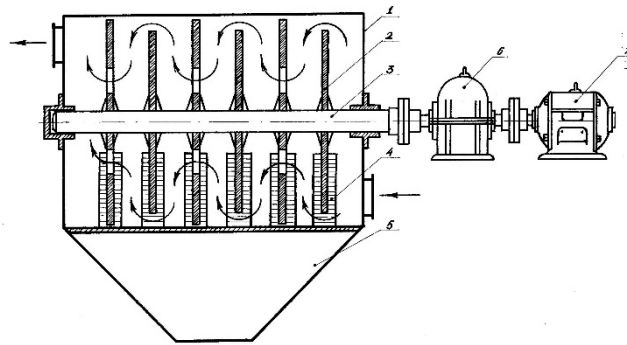
Матеріалом виготовлення дисків можуть бути будь-які діелектрики. Найбільш придатними для цієї мети є полістирол, органічне скло, полівінілхлорид, склопластики, фтор-пласт та інші матеріали, що володіють високою здатністю наелектризовуватися від тертя. Щітки можуть бути виготовлені з повсті, капронової пряжі, скловолокна, щетини, сукна, хутра та інших матеріалів.

При обертанні дисків і терті їх про нерухомі щітки на поверхні дисків виникає статична електрика, а між дисками - електростатичне поле. Примусово направляються або вільно надходять в апарат частинки пилу потрапляють в електричне поле, внаслідок ефекту поляризації та наведення зарядів, притягуються поверхнею протилежно заряджених дисків, осаджуються на них і за допомогою щіток 4 зчищаються в пи́лозбірний бункер 5.

Електростатичне поле створюється нерухомими у просторі та незмінними у часі електричними зарядами, причому електричний струм відсутня. Воно є особливий вид матерії, що передає дії зарядів один на одного [4].

Електростатичний розряд відбувається при дуже високій напрузі та дуже низькому струмі. Напруга в десятки тисяч вольт і струм, що вимірюється тисячними частками ампера, настільки малий, що його неможливо відчутти. Саме низькі значення струму не дають статичному заряду завдати людині шкоди, що є великою перевагою трибоелектрофільтра.

Для запобігання стіканню наведених зарядів з поверхні дисків вал повинен бути виконаний з діелектрика або мати ізолюючі пристрої.



1 - корпус, 2 - диски-електроди, 3 - вал, 4 - щітки, 5 - бункер для пилу, 6 - редуктор, 7- електродвигун.

Рис. 1. Багатодисковий трибоелектрофільтр

Апарат може бути приєднаний до газоходу двома способами. Потік запиленого газу може проходити: I – перпендикулярно та II – вздовж осі обертання дисків. У другому випадку подача запиленого газу здійснюється через бічний штуцер. Газ проходить через радіальний зазор між першим (по ходу газу) диском та кожухом, потім рухається від периферії до центру між першим та другим диском. Далі газ проходить через центральні отвори у другому диску і прямує від центру до периферії між другим та третім диском. Таким способом газ проходить послідовно зазори між усіма дисками і через бічний штуцер виводиться з протилежного кінця фільтра. Для забезпечення руху газу через пиловловлювач у всіх парних дисках, в центральній частині їх робляться отвори для проходу газу, а зазор між цими дисками і кожухом фільтра повинен бути мінімальним. Непарні диски виконуються суцільними, а проміжок між диском і кожухом повинен забезпечити безперешкодний прохід газу.

При зняттю кожусі (рис. 2) пиловловлювач може бути встановлений у відкритому запиленому приміщенні або біля джерела виділення пилу. У цьому випадку частки притягуються до дисків з відстані до 3-5 м.

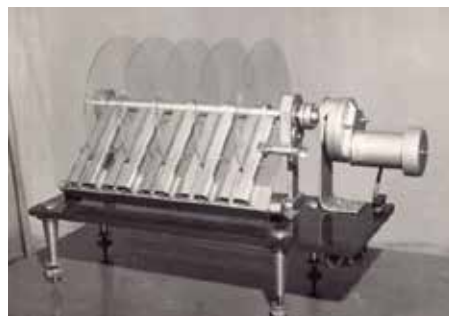


Рис. 2. Лабораторний трибоелектрофільтр відкритого типу.

Випробування показали, що апарат описаної конструкції інтенсивно вловлює пил різних речовин органічного та неорганічного походження: вугільний пил, золу, цемент, сажу, хлористий натрій, хлористий калій, сульфат натрію, кварц, фосфорити, суперфосфат, гіпс, борошно, сульфат амонію, вапняк, та багато інших

речовин. З органічних речовин добре вловлюються бавовняний, прядив'яний і джутовий пил, частинки інших текстильних волокнистих матеріалів, борошна, цукру, щавлевої кислоти, сечовини, сульфосолі та ін.

Математичні залежності для визначення оптимальних геометричних розмірів та співвідношень пиловловлювача.

1. Діаметр дисків залежить від продуктивності пиловловлювача і може бути визначений за емпіричною формулою:

$$D = \sqrt{\frac{Q}{3600 \times V}} \text{ м,}$$

де: Q - кількість повітря, що очищається, м³/год;

V - швидкість повітря при проходженні через робочі органи апарату,

м/с; V = 0,5 - 2,0 м/с.

2. Відстань між дисками складає:

$$l = 0,2 \cdot D$$

3. Кількість дисків розраховується за формулою:

$$K = \frac{D}{l} \text{ шт,}$$

4. Швидкість обертання дисків визначають за формулою:

$$n = \frac{60 \times W}{\rho \times D}, \text{ мин}^{-1}$$

де: W – окружна швидкість диска (по опитним даним) w = 1-5 м/с.

При установці пиловловлювача у відкритих приміщеннях кількість дисків не обмежується.

З виведених формул, знайдено оптимальні геометричні розміри апарату. Для очищення 100 м³/год газу, що містить різні домішки, сконструйований лабораторний прототип, який має наступні розміри:

Діаметр дисків:

$$D = \sqrt{\frac{100}{3600 \times 0,5}} = 0,246 \text{ м}$$

D = 0,25 м.

Відстань між дисками:

$$l = 0,2 \cdot 0,25 = 0,05 \text{ м.}$$

Кількість дисків:

$$K = \frac{0,25}{0,05} = 5$$

Швидкість обертання дисків:

$$n = \frac{60 \times 1}{3,14 \times 0,25} = 77 \text{ мин}^{-1}.$$

Електростатичний фільтр складається з 5 дисків, виготовлених з органічного скла товщиною 5 мм та діаметром 250 мм. Відстань між дисками на валу 50 мм. Швидкість обертання дисків 77 хв^{-1} . Матеріал щіток - повсть. Для обертання ротора встановлено двигун 30 Вт. Результати випробувань фільтра для очищення 100 м^3 повітря наведено у таблиці 1.

Таблиця 1

Результати випробувань трибоелектрофільтра.

	Найменування пилу	Запиленість повітря, $\text{г}/\text{м}^3$		Ступінь очищення повітря
		вхід	вихід	
1	Цемент	1,5	0,013	99,8
2	Поварена сіль	2,3	0,01	99,6
3	Сечовина	3,2	0,01	99,8
4	Бавовняний пил	0,8	0,00	100,0
5	Суперфосфат	1,4	0,006	99,6
6	Амонійна селітра	2,8	0,006	96,8

Висновки. Випробування з'ясували, що трибоелектрофільтр здатний ефективно очищати гази від надзвичайно легких і дрібних частинок, розмір яких може бути менше $0,01 \text{ мкм}$, безпечно вловлювати легкозаймистий, вибухонебезпечний, струмопровідний пил при низькому тиску газу.

Робочі частини трибоелектрофільтра не схильні до впливу кислот, лугів та інших агресивних середовищ, так як виготовлені з матеріалів, стійких до корозії, в ньому не виникають небезпечні для здоров'я людини електромагнітні поля.

Собівартість та експлуатація трибоелектрофільтра нижче, ніж у електрофільтра, конструкція апарату проста у виготовленні, довговічна, надійна, безпечна в роботі, не вимагає встановлення високовольтного джерела живлення, застосування дефіцитних матеріалів, легко піддається ремонту, обслуговуванню та автоматизації.

Список використаних джерел

1. Павлов С.Б. Екологічний ризик для здоров'я населення // Медичні дослідження. 2001. Т. 1, вип. 1. С. 16–19.
2. Законодавство України про екологію / О. М. Роїна. 2-е вид. К.: КНТ, 2005. 488 с.
3. Патент на корисну модель №120641 Україна, МПК А47L 9/10, (2006.01), В04С 3/04 (2006.01). Трибоелектростатичний пиловловлювач / Кузнецов С.І. (Україна); Заявл.22.04.11; Опубл. 11.11.17, Бюл. №21, 2017.
4. М. Т. Бакка, В.В. Дорощенко. Очисні споруди і пристрої: Навчальний посібник - Житомир: ЖДТУ, 2005. 178 с.