

УДК 66.01: 66.011

С.И. КУЗНЕЦОВ

Херсонский национальный технический университет

ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЙ ТРИБОЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИЙ ПЫЛЕУЛОВИТЕЛЬ

Многие производственные процессы связаны с образованием пыли. Основную опасность для организма человека представляют мелкие твердые частицы, которые не задерживаются верхними дыхательными путями и беспрепятственно проникают в легкие. Поэтому проблеме улавливания мелкодисперсной пыли уделяется особое внимание. Для высокоэффективной очистки воздуха разработана конструкция трибоэлектростатического пылеуловителя, способного улавливать мелкодисперсную (аэрозольную) пыль любого происхождения.

Определены математические зависимости для оптимальных геометрических размеров и соотношений аппарата.

Ключевые слова: трибоэлектростатический пылеуловитель, мелкодисперсная пыль.

С.І. КУЗНЕЦОВ

Херсонський національний технічний університет

ВИСОКОЕФФЕКТИВНИЙ ТРИБОЕЛЕКТРОСТАТИЧНИЙ ПИЛОВЛОВЛЮВАЧ

Велика кількість виробничих процесів в промисловості пов'язано з утворенням пилу. Основну небезпеку для організму людини представляють тверді частинки, які не затримуються у верхніх дихальних шляхах і безперешкодно проникають в легені. Тому проблемі уловлювання дрібного пилу приділяється особлива увага. Для високоефективного очищення повітря розроблено конструкцію трибоелектростатичного пиловловлювача, здатного вловлювати дрібнодисперсний (аерозольний) пил будь-якого походження.

Визначено математичні залежності для оптимальних геометричних розмірів і співвідношень апарату.

Ключові слова: трибоелектростатичний пиловловлювач, дрібнодисперсний пил.

S.I. KUZNYETSOV

Kherson National Technical University

HIGHLY EFFECTIVE TRIBOELECTRIC DUST COLLECTOR

Many production processes are associated with the formation of dust. The main danger to the human body is small solid particles, which are not retained by the upper respiratory tract and freely penetrate into the lungs. Therefore, the problem of trapping fine dust is given special attention. For highly efficient air purification, a triboelectrostatic dust collector design has been developed that is capable of capturing finely dispersed (aerosol) dust of any origin.

The mathematical dependences for the optimal geometric dimensions and the ratios of the apparatus are determined.

Keywords: triboelectrostatic dust collector, very fine dust.

Постановка проблемы

Вся жизнь человека проходит в воздушной среде. Атмосферный воздух является жизненно важным компонентом окружающей природной среды, неотъемлемой частью среды обитания человека.

Большое количество производственных процессов в промышленности связано с образованием пыли, которая загрязняет воздух рабочей зоны и далеко за пределами пылеобразующих предприятий.

Частички пыли размерами более 8 - 10 мкм при вдыхании в легкие не попадают благодаря естественной самозащите дыхательных органов человека. Основную опасность для организма человека представляют твердые частицы размеры, которых менее 8 мкм. Поэтому проблеме улавливания мелкой пыли уделяется особое внимание.

Очистка отходящих газов от взвешенных в них твердых частиц перед поступлением в атмосферу предотвращает загрязнение атмосферного воздуха, позволяет вернуть в производство полезные вещества и утилизировать без ущерба для окружающей среды вредную и опасную пыль.

Разработанное оборудование может быть использовано в химической, текстильной, металлургической и других отраслях промышленности, выбрасывающих в воздушный бассейн отходящие газы, содержащие мелкую пыль.

Анализ последних исследований и публикаций

Известны конструкции электрофильтров для улавливания твердых или жидких частиц. Конструкция электрофильтра достаточно сложна, он состоит из ряда коронирующих и осадительных электродов, расположенных в изолированном корпусе. Для питания электрофильтра используется высоковольтный источник постоянного тока. Как показывает практика, КПД электрофильтров составляет 92-96%, причем не улавливаются в нем в основном ультрамелкие частицы. К недостаткам электрофильтров следует отнести также их высокую стоимость, громоздкость, сложность изготовления, а также необходимость периодического восстановления их фильтрующих свойств. Кроме того в электрофильтрах не представляется возможным улавливать частицы легковоспламеняющихся материалов, из-за опасности их возгорания. Известны конструкции электростатических фильтров, принцип работы которых основан на улавливании твердых частиц поверхностью электродов, носящих электростатический заряд. Недостатком этих электростатических фильтров является необходимость установки источника питания высокого напряжения, сложность изготовления.

Формулировка цели исследования

Целью исследований является разработка конструкции трибоэлектростатического пылеуловителя способного эффективно улавливать тонкодисперсную (аэрозольную) пыль любого происхождения.

Изложение основного материала исследования

Разработанная конструкция многодискового трибоэлектростатического пылеуловителя [1], (рис1), обладает большой производительностью, высоким КПД и низкой себестоимостью. Для создания электрического поля в фильтре используется трибоэффект, возникающий вследствие трения диэлектриков, что исключает необходимость использовать высоковольтный источник питания.

Предлагаемая конструкция трибоэлектростатического фильтра состоит из ряда параллельных дисков - электродов 2, закрепленных на общем валу 3. Вал с закрепленными на нем дисками приводится во вращение от электродвигателя 7 через редуктор 6. Диски находятся в контакте с неподвижными щетками 4. Система вращающихся дисков со щетками может иметь открытое исполнение, когда подвергаемый очистке газ подается в электростатический фильтр принудительно. В любом случае в нижней части фильтра устанавливается бункер 5 для сбора улавливаемых частиц.

Материалом для изготовления дисков могут служить любые диэлектрики. Наиболее пригодными для этой цели являются полистирол, органическое стекло, поливинилхлорид, стеклопластики, фтор-пласт и другие материалы, обладающие высокой способностью наэлектризовываться от трения. Щетки могут быть изготовлены из войлока, капроновой пряжи, стекловолокна, щетины, сукна, меха и других материалов.

При вращении дисков и трении их о неподвижные щетки на поверхности дисков возникает статическое электричество, а между дисками - электростатическое поле. Принудительно направляемые или свободно поступающие в аппарат частицы пыли попадают в электрическое поле, вследствие эффекта поляризации и наведения зарядов, притягиваются поверхностью противоположно заряженных дисков, осаждаются на них и с помощью щеток 4 счищаются в пылесборочный бункер 5.

Электростатическое поле создается неподвижными в пространстве и неизменными во времени электрическими зарядами, при этом электрический ток отсутствует. Оно представляет собой особый вид материи, передающий действия зарядов друг на друга [2].

Электростатический разряд происходит при очень высоком напряжении и очень низком токе. Напряжение в десятки тысяч вольт и ток измеряемый тысячными долями ампера настолько мал, что его невозможно почувствовать. Именно низкие значения тока не дают статическому заряду нанести человеку вред, что является большим преимуществом трибоэлектрофильтра.

Для предотвращения стекания наведенных зарядов с поверхности дисков вал должен быть выполнен из диэлектрика либо иметь изолирующие устройства.

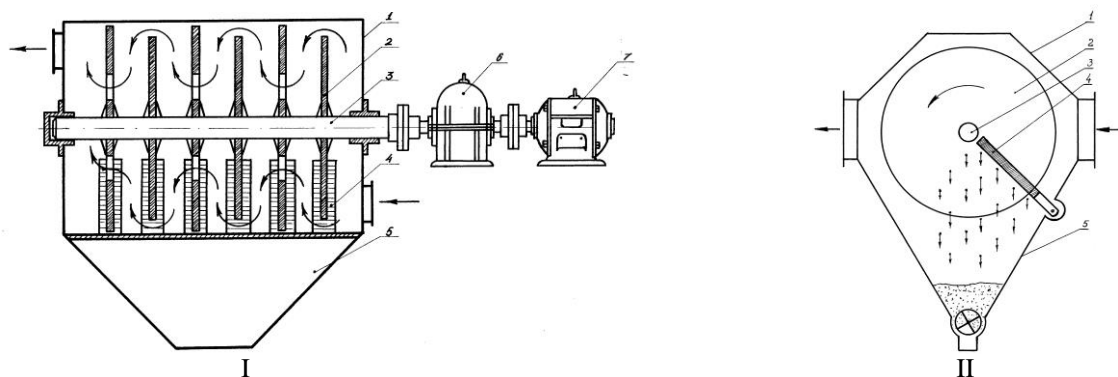


Рис. 1. Многодисковый трибоэлектростатический пылеуловитель
 1 - корпус, 2 - диски-электроды, 3 - вал, 4 - щетки, 5 - бункер для пыли, 6 - редуктор,
 7- электродвигатель

Аппарат может быть подсоединен к газопроводу двумя способами. Поток запыленного газа может проходить: I – перпендикулярно и II – вдоль оси вращения дисков. Во втором случае подача запыленного газа осуществляется через боковой штуцер. Газ проходит через радиальный зазор между первым (по ходу газа) диском и кожухом, затем движется от периферии к центру между первым и вторым диском. Далее газ проходит через центральные отверстия во втором диске и устремляется от центра к периферии между вторым и третьим диском. Таким способом газ проходит последовательно зазоры между всеми дисками и через боковой штуцер выводится с противоположного конца фильтра. Для обеспечения движения газа через пылеуловитель во всех четных дисках, в центральной их части делают отверстия для прохода газа, а зазор между этими дисками и кожухом фильтра должен быть минимальным. Нечетные диски выполняются сплошными, а зазор между диском и кожухом должен обеспечить беспрепятственный проход газа.

При снятом кожухе (рис. 2) пылеуловитель может быть установлен в открытом запыленном помещении или у источника выделения пыли. В этом случае частицы притягиваются к дискам с расстояния до 3-5 м.

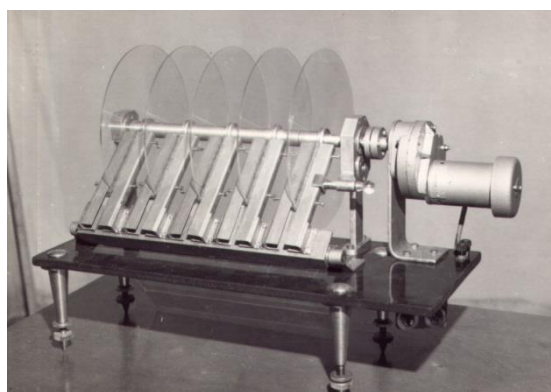


Рис. 2. Трибоэлектростатический пылеуловитель открытого типа

Проведенные испытания показали, что аппарат описанной конструкции интенсивно улавливает пыль различных веществ органического и неорганического происхождения: угольную пыль, золу, цемент, сажу, хлористый натрий, хлористый калий, сульфит и сульфат натрия, кварц, фосфориты, суперфосфат, гипс, фосмуку, аммиачную селитру, сульфат аммония, мел, известняк, щелочь и многие другие вещества. Из органических веществ хорошо улавливаются хлопковая, пеньковая и джутовая пыль, частицы других текстильных волокнистых материалов, муки, сахара, щавелевой кислоты, мочевины, сульфосоли и др.

Математические зависимости для определения оптимальных геометрических размеров и соотношений пылеуловителя.

1. Диаметр дисков зависит от производительности пылеуловителя и может быть определен по эмпирической формуле:

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

где: Q - количество очищаемого воздуха, м³/час;

V - скорость воздуха при прохождении через рабочие органы аппарата, м/с; V = 0,5 - 2,0 м/с.

2. Расстояние между дисками составляет:

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

3. Количество дисков рассчитывается по формуле:

$$K = \frac{D}{l} \text{ шт,}$$

4. Скорость вращения дисков определяют по формуле:

$$n = \frac{60 \cdot \omega}{\pi \cdot D}, \text{ мин}^{-1}$$

где: ω - окружная скорость диска (по опытным данным) $\omega = 1-5$ м/с.

При установке пылеуловителя в открытых помещениях количество дисков не ограничивается.

На основании выведенных формул, найдены оптимальные геометрические размеры аппарата. Для очистки 100 м³/час газа, содержащего различные примеси сконструирован лабораторный прототип, который имеет следующие размеры:

Диаметр дисков:

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

Принимаем D = 0,25 м.

Расстояние между дисками:

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

Количество дисков:

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

Скорость вращения дисков:

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

Электростатический фильтр, состоит из 5 дисков, изготовленных из органического стекла толщиной 5мм и диаметром 250 мм. Расстояние между дисками на валу 50 мм. Скорость вращения дисков 77 мин⁻¹. Материал щеток - войлок. Для вращения ротора установлен двигатель 30 ватт. Результаты испытаний фильтра для очистки 100 м³ воздуха приведены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты испытаний фильтра при очистке воздуха от некоторых примесей

	Наименование пыли	Запыленность воздуха, г/м ³		Степень очистки воздуха
		вход	выход	
1	Цемент	1,5	0,013	99,8
2	Поваренная соль	2,3	0,01	99,6
3	Мочевина	3,2	0,01	99,8
4	Хлопковая пыль	0,8	0,00	100,0
5	Суперфосфат	1,4	0,006	99,6
6	Аммиачная селитра	2,8	0,006	96,8

Выводы

Трибоэлектростатический пылеуловитель способен эффективно очищать газы от чрезвычайно легких и мелких частиц, размер которых может быть менее 0,01 мкм, безопасно улавливать легковоспламеняющуюся, взрывоопасную, токопроводящую пыль при низком давлении газа.

Рабочие части трибоэлектростатического пылеуловителя не подвержены воздействию кислот, щелочей и других агрессивных сред, так как изготовлены из материалов, устойчивых к коррозии, в нем не возникают опасные для здоровья человека электромагнитные поля.

Себестоимость и эксплуатация трибоэлектростатического пылеуловителя ниже, чем у электрофильтра, конструкция аппарата проста в изготовлении, долговечна, надежна, безопасна в работе,

не требует установки высоковольтного источника питания, применения дефицитных материалов, легко поддается ремонту, обслуживанию и автоматизации.

Список использованной литературы

1. 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.
2. Энциклопедический словарь физика. – М: Педагогика, 1984. – 352 с.
3. Родионов А. И. Технологические процессы экологической безопасности (Основы энвайронменталистики) / А.И. Родионов, В.Н. Клушин, В.Г. Систер. – Калуга: Изд-во Н. Бочкаревой, 2000. – 236 с.
4. Шнеерсон Б.А. «Электрическая очистка газов» Metallurgizdat 1950
5. Тимонин А. С. Инженерно-экологический справочник: в 3 т., т. 1 / А.С. Тимонин. – Калуга: Изд-во Н. Бочкаревой, 2003. – 917 с.
6. Поддоник П.А. Борьба со статическим электричеством в текстильной и лёгкой промышленности, изд-во «Лёгкая индустрия», Москва 1966.
7. Зильберман Г.Е. «Электричество и магнетизм», изд-во «Наука» М: 1970.