

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОСАЖДЕНИЯ ТВЕРДЫХ ДИСПЕРСНЫХ ЧАСТИЦ В
АППАРАТАХ С ПРЯМОУГОЛЬНЫМИ СЕПАРАТОРАМИ**

И.Н. Мадышев¹, О.С. Дмитриева¹

Научный руководитель: доцент, д.т.н. А.В. Дмитриев²

¹ Казанский национальный исследовательский технологический университет,

Россия, г. Казань, ул. К. Маркса, 68, 420015

² Казанский государственный энергетический университет,

Россия, г. Казань, ул. Красносельская, 51, 420066

E-mail: ilnyr_91@mail.ru

**DETERMINATION OF EFFICIENCY OF DEPOSITION OF DISPERSED PARTICLES IN THE
APPARATUS WITH A RECTANGULAR SEPARATORS**

I.N. Madyshev¹, O.S. Dmitrieva¹

Scientific Supervisor: Associate Professor, Doctor of Engineering Sciences A.V. Dmitriev²

¹ Kazan National Research Technological University, Russia, Kazan, Karl Marx str., 68, 420015

² Kazan State Power Engineering University, Russia, Kazan, Krasnoselskaya str., 51, 420066

E-mail: ilnyr_91@mail.ru

***Abstract.** The developed design of dust removal apparatus, characterized by low hydraulic resistance and high removal efficiency of fine particulate matter. The influence of structural and process parameters on the deposition efficiency is investigated.*

Введение. Интенсификация технологических процессов и создание высокопроизводительных аппаратов в химической, нефтехимической, энергетической, металлургической и пищевой отраслях промышленности приводит к неизбежному росту выбросов в атмосферу значительного количества токсичной пыли и вредных газообразных примесей [1].

В настоящее время для улавливания аэрозолей из отходящих газов используется широкий класс газоочистного оборудования (циклоны, фильтры, пылеуловители, осадительные камеры и др.). Однако из-за низкой эффективности этого оборудования при улавливании средне- и мелкодисперсной пыли, необходимости частой замены или чистки фильтрующих элементов, область его применения ограничена. Кроме того, гидравлическое сопротивление таких аппаратов может достигать 3000 Па, что приводит к увеличению энергетических затрат на проведение процессов пылегазоочистки. Решением проблемы энергоэффективного удаления средне- и мелкодисперсной пыли (менее 10 мкм) из запыленных газовых потоков может быть использование разработанного авторами аппарата, основанного на гравитационном и инерционном осаждении системы твердых частиц при их динамическом взаимодействии с неподвижными элементами различной формы.

Материалы и методы исследования. Предлагаемый аппарат [2] (рис. 1) состоит из n -ого числа рядов неподвижных пылеулавливающих элементов, расположенных в шахматном порядке. Сепараторы представляют собой пластины, на краях которого установлены уголковые отражающие элементы. Такое конструктивное оформление позволяет уменьшить зону циркуляционных токов, снижающих

эффективность процессов осаждения дисперсных частиц. Принцип работы пылеулавливающего аппарата заключается в том, что при движении запыленного потока газа между сепараторами создается поле центробежных сил, обеспечивающее коагуляцию тонкодисперсных частиц, способствуя их равномерному осаждению на всей поверхности улавливающих элементов. Наличие нескольких рядов сепараторов приводит к повышению эффективности осаждения твердых дисперсных частиц за счет более упорядоченной структуры движения газового потока.

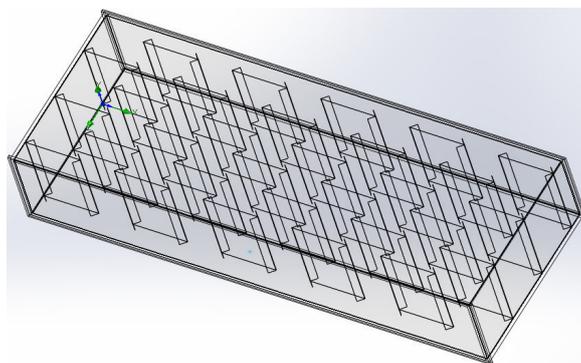


Рис. 1. Пылеосадительный аппарат

Целью проводимых численных исследований является определение эффективности осаждения твердых дисперсных частиц на поверхности сепараторов предлагаемого аппарата. Исследования проводились в программном комплексе ANSYS Fluent, в котором моделировалось взаимодействие дисперсных частиц, несущих потоком воздуха, с элементами пылеулавливающего аппарата. Исследуемый аппарат высотой 100 мм состоял из 2, 4 и 6 рядов сепараторов, причем в каждом ряду было выполнено по 5 осадительных элементов. В ходе исследований изменялись геометрические размеры устройства в масштабе, пропорциональном характерным его размерам, а именно ширине сепаратора (без учета уголкового элемента) равной 50 мм и зазору между соседними рядами сепараторов равной 19 мм. Кроме того, среднерасходная скорость воздуха изменялась от 3 до 7 м/с, а размеры твердых дисперсных частиц в пределах 1–20 мкм.

Для моделирования турбулентных течений использовалась модификация двухпараметрической модели турбулентности $k-\omega$ SST-модель, показывающая удовлетворительное согласование с экспериментальными данными, полученными в более ранних исследованиях [3]. Граничные условия: полагалось, что все поверхности осадительных элементов обладают абсолютной упругостью, т.е. не учитывалась доля поглощенной инерции от ударяющихся частиц.

Эффективность осаждения твердых дисперсных частиц можно оценить по выражению:

$$E = 1 - \frac{N}{N_0},$$

где N_0 – общее число частиц; N – количество частиц, унесенных газовым потоком.

Результаты. Результаты исследований показали, что эффективность осаждения твердых дисперсных частиц возрастает с увеличением среднерасходной скорости газового потока и количества рядов сепараторов (рис. 2). Так, например, при количестве рядов равное 4 и среднерасходной скорости газа 5 м/с эффективность осаждения частиц диаметром 10 мкм достигает 100%. Исследования влияния

ширины сепараторов на эффективность осаждения показывают, что при улавливании частиц небольших размеров (до 7–8 мкм) увеличение геометрических параметров осадительных элементов приводит к снижению эффективности (рис. 3). При улавливании дисперсных частиц диаметром 10 мкм наиболее оптимальным является ширина сепаратора равная 25 мм.

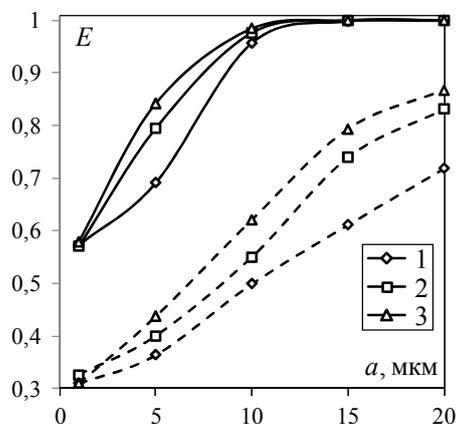


Рис. 2. Зависимость эффективности осаждения от диаметра частиц при различных среднерасходных скоростях газа W_{cp} , м/с: 1 – 3,0; 2 – 5,0; 3 – 7,0; сплошная линия – 4 ряда сепараторов, штриховая линия – 2 ряда

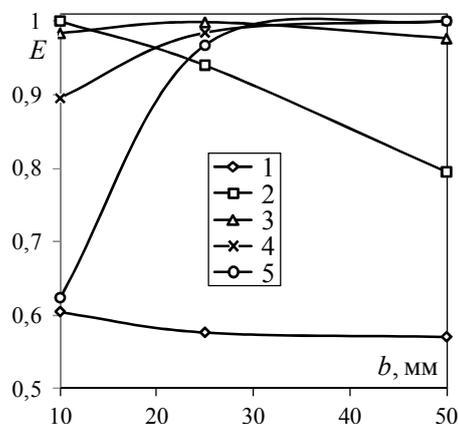


Рис. 3. Зависимость эффективности осаждения от ширины сепараторов при различных диаметрах дисперсных частиц a , мкм: 1 – 1; 2 – 5; 3 – 10; 4 – 15; 5 – 20; $W_{cp} = 5$ м/с; количество рядов сепараторов $n = 4$

Заключение. Проведенные численные исследования показывают, что для повышения эффективности осаждения в предлагаемых аппаратах следует правильно выбирать ширину сепараторов в зависимости от дисперсного состава улавливаемых частиц. Так, например, при осаждении крупных частиц диаметром более 15 мкм рекомендуется выбирать сепараторы с шириной не менее 25 мм. Однако, на практике вследствие полидисперсного состава распыляемых частиц следует проектировать аппараты, состоящие из последовательных рядов с различной шириной осадительных элементов, предопределяя тем самым самую грубую и тонкую очистку газов.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ № МК-4522.2018.8.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kudrov, A. I. Effective fuel temperature of WWER-1000 / A. I. Kudrov, A. V. Kuz'min, Yu. Ya. Rakov // MATEC Web of Conferences. – 2017. – V. 141. – P. 01030.
2. Пат. 171615 РФ. МПК В01D 45/06, В01D 45/08. Устройство для тонкой пылегазоочистки / А.В. Дмитриев, О.С. Дмитриева, И.Н. Мадышев, А.Н. Николаев. Заявлено 09.01.2017; Опубли. 07.06.2017, Бюл. № 16. – 6 с.
3. Zaripov, S.K. Inertial Deposition of Aerosol Particles in a Periodic Row of Porous Cylinders / S.K. Zaripov, O.V. Solov'eva, S.A. Solov'ev // Aerosol Science and Technology. – 2015. – Vol. 49 (6). – P. 400-408.