

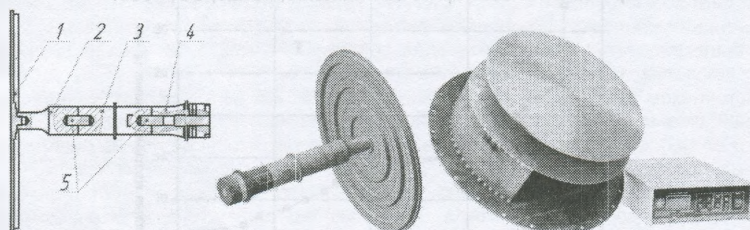
## УЛЬТРАЗВУКОВАЯ КОАГУЛЯЦИЯ В СИСТЕМАХ ГАЗООЧИСТКИ

Хмелев В.Н., Шалунов А.В., Доровских Р.С., Нестеров В.А., Голых Р.Н.

ООО «Центр ультразвуковых технологий»

г. Бийск, Россия, E-mail: nva@bti.secna.ru

В настоящее время для улавливания частиц высокодисперсной (1–10 мкм) фазы из промышленных выбросов разработаны и применяются различные аппараты, отличающиеся друг от друга как по конструкции, так и по способу осаждения взвешенных в газе частиц. Эффективность промышленных газоочистных установок, использующих сухой или мокрый способы улавливания, достигает 95–98% при улавливании высокодисперсных частиц. Однако, такая эффективность пылеулавливания является недостаточной по современным экологическим требованиям. При этом, увеличение эффективности используемых пылеуловителей за счет конструктивных модернизаций и изменения режимов движения газодисперсной и жидкой фаз не приносит желаемых результатов. Возможный путь повышения эффективности газоочистного оборудования – укрупнение частиц за счет использования эффекта акустической коагуляции высокоинтенсивными ультразвуковыми (УЗ) колебаниями [1]. Наиболее перспективным устройством для формирования акустических колебаний ультразвуковой частоты в газодисперсной среде является УЗ пьезоэлектрическая колебательная система с излучателем в виде диска ступенчато–переменного сечения [1–2]. На рисунке 1 показан эскиз, трехмерная модель и внешний вид ультразвуковой колебательной системы (УЗКС) с дисковым излучателем [2].

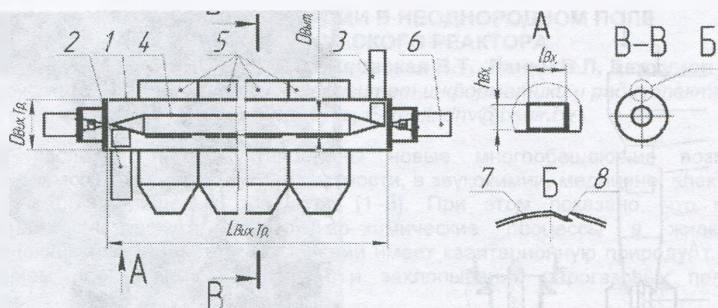


1 – источник ультразвуковых колебаний в виде диска; 2 – концентратор;  
3 – волновод; 4 – пьезоэлектрический преобразователь; 5 – шпильки  
а – эскиз ультразвукового дискового излучателя; б – трехмерная модель

Рисунок 1 – Конструкция ультразвуковой колебательной системы с дисковым излучателем

Для реализации УЗ коагуляция высокодисперсных частиц с целью увеличения эффективности газоочистного оборудования, основанного на сухом способе очистки был разработан двухступенчатый комплекс газоочистительного оборудования. Основное назначение первой ступени – обеспечение эффективной коагуляция частиц за счет их пребывания в УЗ поле, а также частичное разделение пылегазовой смеси и повышение концентрации в периферийном слое за счет центробежной силы, действующей на поток [3]. Первая ступень выполнена в виде горизонтального прямооточного циклона с двумя УЗ дисковыми излучателями, излучающими на частоте 20–24 кГц (рис. 2). Такая конструкция позволяет производить высокоэффективную сепарацию с одновременной УЗ коагуляцией. Вторая ступень очистки при этом обеспечивает высокоэффективное улавливание агломератов частиц, поступающих с газовым потоком из первой ступени.

Принцип работы агломератора (рис. 2) заключается в следующем. Газовый поток, содержащий дисперсные частицы, поступает в камеру агломератора (1) через входной закручиватель потока (2), где в результате движения по спиральной траектории, под действием центробежных сил происходит его разделение на концентрированный периферийный слой и внутренний слой потока с меньшей концентрацией частиц.



- 1 – коагуляционно-сепарационная камера; 2 – закручиватель; 3 – раскручиватель;  
 4 – обтекатель (выгеснитель); 5 – бункеры; 6 – дисковые излучатели;  
 7 – фронтальная кромка; 8 – щелевой зазор

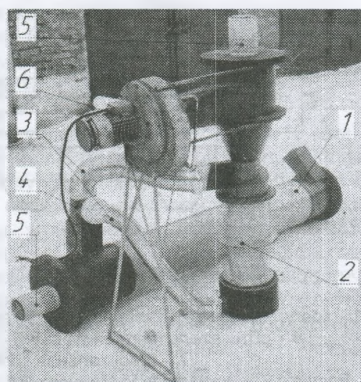
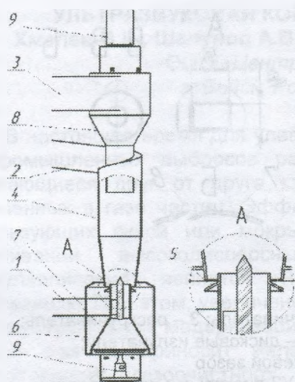
Рисунок 2 – Эскиз разработанного агломератора с УЗ дисковыми излучателями

Внутри камеры агломератора частицы попадают под действие акустического поля, сформированного УЗ излучателями (6), установленными с торцов рабочего объема камеры агломератора. Воздействие акустического поля приводит к коагуляции дисперсных частиц и, как следствие, дальнейшему разделению потока.

На внутренней поверхности камеры агломератора с интервалом  $120^\circ$  расположены три продольных щелевых зазора 8. Щелевые зазоры сообщаются с изолированными бункерами 5, образующими внешний корпус агломератора. Наталкиваясь на фронтальные кромки щелевых зазоров 7, дисперсные частицы отбрасываются в изолированные бункеры 5. УЗ излучатели 6 устанавливаются на торцах агломератора, под некоторым углом к оси симметрии агломератора, обеспечивающим резонансное усиление и наиболее равномерное распределение колебаний в объеме камеры агломератора. При концентрации частиц ниже  $50 \text{ г/м}^3$  нет необходимости в выполнении продольных щелевых зазоров и установки внешних бункеров.

В качестве второй ступени очистки может использоваться инерционное или центробежное газоочистное оборудование, (например противочные циклоны, аппараты со встречно-закрученными потоками (ВЗП)), позволяющее с высокой эффективностью улавливать агломераты частиц. Выбор оборудования, использующегося в качестве второй ступени очистки, основывается на различных характеристиках частиц по стандартным методикам. Однако основной характеристикой, от которой зависит эффективность второй ступени и комплекса в целом является размер агломератов частиц выходящих после первой ступени очистки. При разработке газоочистного комплекса за основу второй ступени очистки был взят серийно выпускаемый пылеуловитель ВЗП-М, для которого существует ряд типоразмеров, с расходом газа от  $1000 \text{ м}^3/\text{час}$  до  $17000 \text{ м}^3/\text{час}$ . Выбор аппарата обусловлен его самой высокой эффективностью улавливания высокодисперсных частиц среди сухих пылеуловителей. Для повышения эффективности работы аппарата ВЗП путем совместного воздействия УЗ колебаниями и центробежными силами серийная конструкция выбранного аппарата ВЗП-М была доработана путем установки УЗ дисковых излучателей для окончательной коагуляции дисперсных частиц (рис. 3). На рисунке 4 показан разработанный комплекс газоочистного оборудования с производительностью по газу  $1000 \text{ м}^3/\text{час}$ .





- 1 – патрубок первичного потока;  
 2 – патрубок вторичного потока;  
 3 – выходной патрубок;  
 4 – сепарационная часть; 5 – отбойная шайба;  
 6 – бункер; 7 – верхний усеченный конус;  
 8 – нижний усеченный конус;  
 9 – ультразвуковые излучатели

- 1 – агломератор; 2 – аппарат ВЗП;  
 3 – воздуховоды;  
 4 – делитель потоков; 5 – УЗ дисковые излучатели; 6 – центробежный вентилятор

Рисунок 3 – Эскиз пылеуловителя со встречными закрученными потоками

Рисунок 4 – Центробежно-акустический пылеуловитель в сборе с центробежным вентилятором

Вторая ступень очистки работает следующим образом. Пылегазовый поток входит через патрубок закручивателя вторичного потока 2 (рис. 3) и движется вниз в камере сепарации 4. Через патрубок закручивателя первичного потока 1 подается запыленный газ, который закручивается в ту же сторону, что и вторичный поток, встречаясь в камере сепарации и взаимодействуя с ним, формирует общий поток. При этом первичный восходящий поток увеличивает скорость нисходящего вторичного потока и расширяет зону высоких скоростей в сепарационной камере 4. Этим достигается большая эффективность сепарации высокодисперсных частиц. Общий поток выходит через раскручиватель 3. Воздействие УЗ колебаний приводит к коагуляции частиц и дополнительному повышению эффективности газоочистки.

Таким образом, реализация центробежно-акустического воздействия обеспечивает повышение эффективности газоочистного оборудования.

#### Список литературы:

1. Хмелёв, В.Н. Применение ультразвуковых колебаний высокой интенсивности для интенсификации процессов в газовых средах [Текст] / В.Н. Хмелев, А.В. Шалунов, С.Н. Цыганок, Р.В. Барсуков, К.В. Шалунова // Химическая техника. – 2010. – № 1. – С. 23–28.
2. Хмелев, В.Н. Ультразвуковые многофункциональные и специализированные аппараты для интенсификации технологических процессов в промышленности, сельском и домашнем хозяйстве [Текст] / В.Н. Хмелев, Г.В. Леонов, Р.В. Барсуков, С.Н. Цыганок, А.В. Шалунов. Алт. гос. техн. ун-т, БТИ. – Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2007. – 400 с.
3. Хмелев, В.Н. Моделирование процессов коагуляции газодисперсных систем для определения оптимальных режимов акустического воздействия [Текст] / В.Н. Хмелев, А.В. Шалунов, Р.Н. Голых, К.В. Шалунова // Вести высших учебных заведений Черноземья. – 2010. – № 2 (20). – С. 48–52.