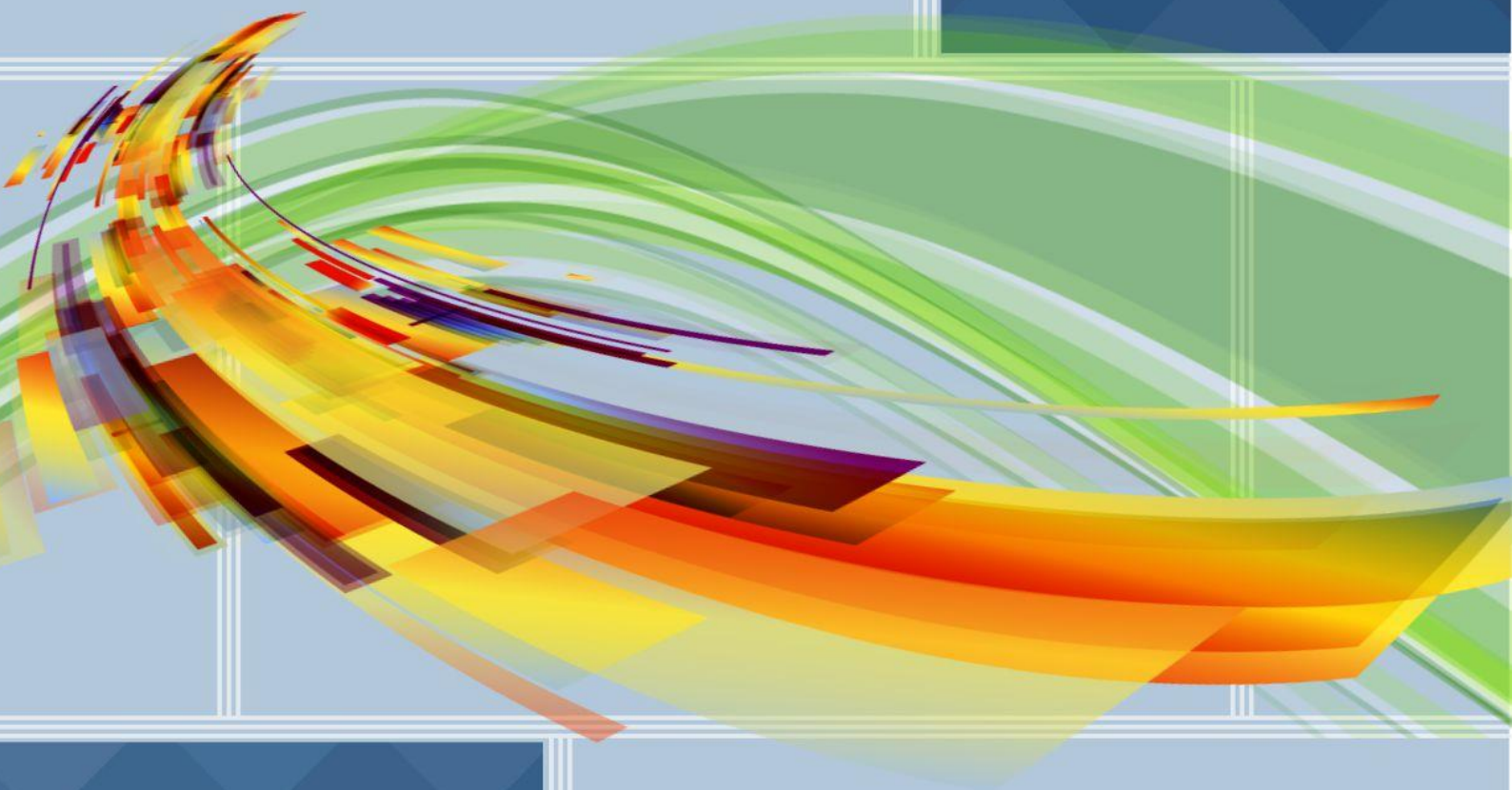


16+



XXIV Всероссийская студенческая научно-практическая конференция Нижневартовского государственного университета



Часть 2

Математика. Физика.
Энергетика. Электротехника.
Нефтегазовое дело

Нижневартовск, 5-6 апреля 2022

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Нижневартовский государственный университет»

**XXIV Всероссийская студенческая
научно-практическая конференция
Нижневартовского
государственного университета**

Часть 2

*Математика. Физика.
Энергетика. Электротехника. Нефтегазовое дело*

*г. Нижневартонск,
5-6 апреля 2022 г*

Печатается по решению Ученого совета
ФГБОУ ВО «Нижневартковский государственный университет»
(протокол № 1 от 18.01.2022 г.)
Приказ № 043-О от 05.03.2022

**В 85 XXIV Всероссийская студенческая научно-практическая конференция
Нижневартковского государственного университета (г. Нижневартковск, 5-6
апреля 2022 г) / Под общей ред. Д.А. Погоньшева. Ч. 2. Математика. Физика.
Энергетика. Электротехника. Нефтегазовое дело. Нижневартковск: изд-во НВГУ, 2022.
242 с.**

ISBN 978-5-00047-645-1

ББК 72я43



Тип лицензии CC, поддерживаемый журналом: Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).

© НВГУ, 2022

ISBN 978-5-00047-645-1



9 785000 476451 >

УДК 621.928.93

Васина А.Ю., Зинуров В.Э.

Казанский государственный энергетический университет
г. Казань, Россия

СЕПАРАЦИЯ МЕЛКОДИСПЕРСНЫХ ЧАСТИЦ ДИОКСИДА КРЕМНИЯ ИЗ ГАЗОВОГО ПОТОКА В СЕПАРАЦИОННОМ УСТРОЙСТВЕ

Уменьшение энергетических затрат и обеспечение эффективности при улавливании частиц диоксида кремния, получаемых с применением плазменных технологий, является актуальной задачей [1-4]. В настоящее время существует несколько способов улавливания частиц различной дисперсности. Процесс осаждения в центробежном поле можно организовать с помощью циклона или с применением вихревого пылеуловителя (ВПУ). В циклонных аппаратах взвешенные частицы при вращении тангенциально введенного газопылевого потока, отбрасываются к стенкам корпуса при действии центробежных сил и под действием сил тяжести осаждаются в бункере. Наибольшая эффективность удаления достигается при улавливании частиц размером >20 мкм. Степень очистки в таком случае достигает 96-99%, однако, при наличии частиц размером 10 мкм или 5 мкм результативность снижается до 70-95% и 30-85% соответственно.

Циклоны примечательны отсутствием движущихся частей в конструкции, надежностью работы в условиях высоких температур и давлений, стабильностью фракционной эффективности, но их применение сопряжено с большими потерями давления (до 1,5 кПа). Также они не пригодны для улавливания слипающейся пыли и абразивных материалов. Вихревые пылеуловители также относятся к прямоточным аппаратам центробежного действия и отличаются наличием вспомогательного закручивающего газового потока, позволяющего регулировать процесс сепарации. Эффективность удаления мелкодисперсных частиц диаметром 3-5 мкм составляет порядка 99%, внутренние поверхности не подвергаются абразивному износу. К недостаткам можно отнести необходимость в дополнительном дутьевом устройстве и сложность конструкции [5-8].

В рукавных фильтрах запыленные потоки пропускаются через пористые перегородки, вид которых подбирается в соответствии со свойствами и концентрацией пыли. Работа осуществляется путем забора запыленного воздуха в очищающий канал, после чего частицы оседают на ткани рукавов, а очищенный газ отводится с помощью выхлопной трубы. Эффективность очистки газа в рукавных фильтрах от пылевых частиц диаметром 0,5 мкм и менее составляет от 90 до 99,99%. Изменение давления и свойств улавливаемой пыли не оказывает влияние на работу установки, однако часть перегородок нуждается в периодической замене, поскольку регенерация фильтроматериала происходит не во всех участках. Регенерация требует значительных энергозатрат, а сами рукавные установки имеют значительные габариты.

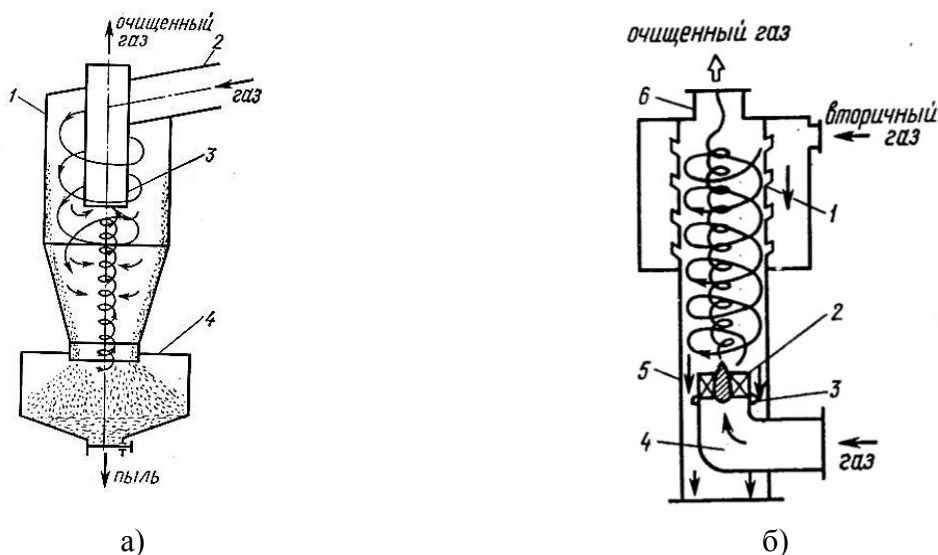


Рис. 1. Схема работы: а) циклона: 1-корпус, 2-патрубок, 3-выходная труба, 4-бункер; б) вихревого пылеуловителя соплового типа: 1-завихритель, 2-лопаточный завихритель типа «розетка», 3-подпорная шайба, 4-изогнутый патрубок, 5-камера, 6-выхлопной патрубок

Очистка в электрофильтрах происходит в результате действия электростатических сил: при подаче высокого напряжения возникает коронный разряд, начинается процесс ионизации пылевых частиц. Они приобретают способность к движению, и оседают на электродах при воздействии на них электрического поля. Электрофильтры отличаются высокой эффективностью очистки (99,9%, размер частиц при этом может быть менее 1 мкм) и могут быть выполнены из материалов, устойчивых к агрессивным средам. Они универсальны и могут использоваться в условиях повышенных температур, однако установка имеет высокую стоимость и не предполагает очистку взрывоопасных газов.

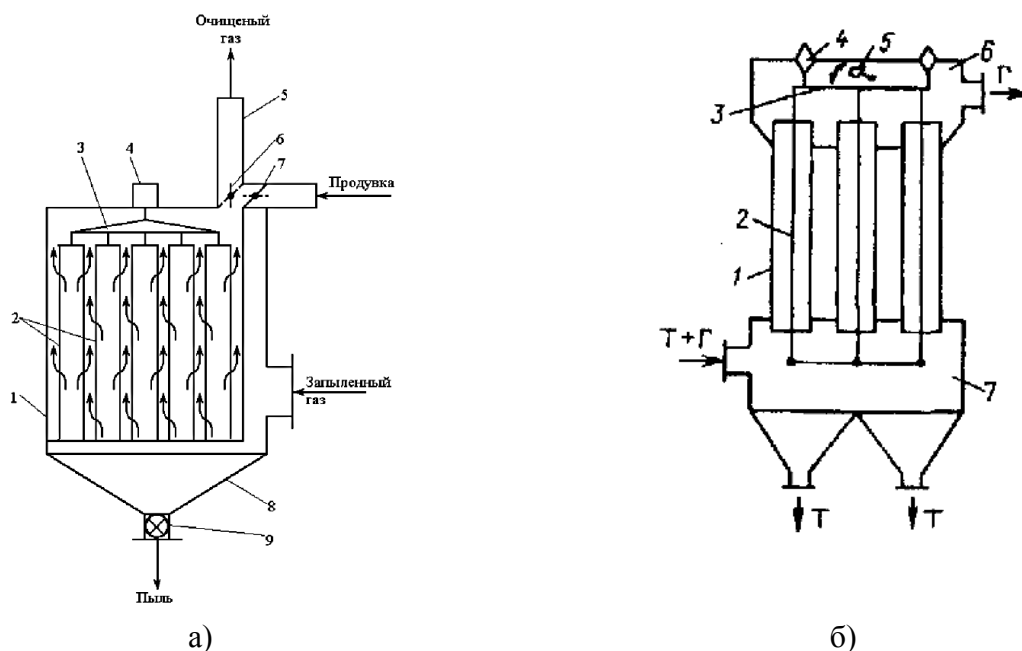


Рис. 2. Схема работы: а) рукавного фильтра: 1-корпус; 2-рукава; 3-рама; 4-встряхивающий механизм; 5-коллектор очищенного газа; 6,7-клапаны; 8-бункер; б) электрофильтра: 1 – осадительный электрод; 2 - коронирующий электрод; 3 – рама; 4 – высоковольтный изолятор; 5 – встряхивающее устройство; 6 – верхняя камера; 7 – сборник пыли

Однако, недостатком вышеперечисленных аппаратов является высокое гидравлическое сопротивление, что недопустимо в данном случае из-за ограничения давления в вакуумных линиях. По этой причине необходима разработка сепаратора с высокой эффективностью улавливания мелкодисперсных частиц и низким гидравлическим сопротивлением.

Для решения данной проблемы предлагается сепарационное устройство с соосно расположенными трубами (рис. 3).

Принцип действия устройства заключается в следующем: поток запыленного газа поступает через входное отверстие 1 в устройство, после чего движется в его нижнюю часть. С достижением газовым потоком уровня газ распределяется равномерно в осесимметричном направлении и образованными струйками проходит через прямоугольные щели 4. При выходе из прямоугольного отверстия каждая струйка распределяется на два равных потока, которые движутся в стороны, противоположные относительно друг друга [9-14]. Образовавшиеся потоки при выходе из прямоугольных щелей начинают вращаться и движутся вверх к выходным отверстиям в крышке 3 за счет особенности конструктивного оформления сепаратора: внешняя и внутренняя трубы представлены в форме цилиндров, крышка приварена и имеет круглые отверстия. Процесс сепарации частиц в большей степени обусловлен возникающими центробежными силами при завихрении газопылевого потока в межтрубном пространстве. Выбившиеся из потока частицы постепенно оседают в бункере.

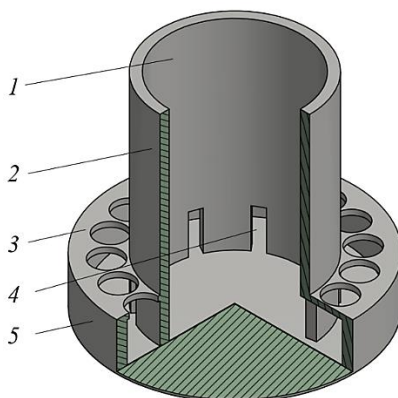


Рис. 3. Упрощенная трехмерная модель сепаратора с соосно расположенными трубами (вид с разрезом): 1 - входное отверстие; 2 – внутренняя цилиндрическая труба; 3 – приваренная крышка с отверстиями круглой формы; 4 – прямоугольные щели; 5 – внешняя цилиндрическая труба

В данной работе были проведены численные исследования газодинамики в сепарационном устройстве. При получении данных массива варьировались некоторые конструктивные размеры: ширина прямоугольной щели b_s (2,18-8,72 мм) и высота прямоугольной щели h_s (10-20 мм). В газовом потоке представлены частицы диоксида кремния размером от 1 до 20 мкм и плотностью 2560 кг/м³. На выходе из сепаратора с соосно расположенными трубами задавалось атмосферное давление величиной 101325 Па. Входная скорость газа W была принята за 7,5 м/с. Для имитации бункера на дне устройства при моделировании задавалось условие прилипания частиц.

Вихревая структура, образующаяся в межтрубном пространстве, представлена на рисунке 4.

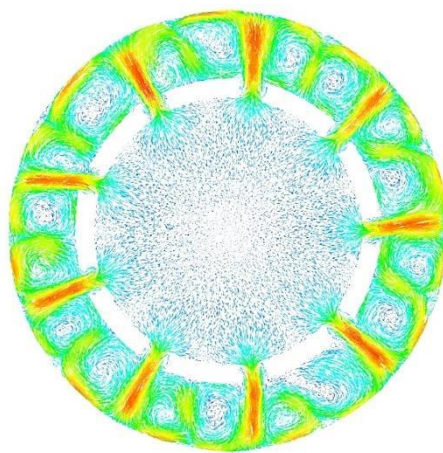


Рис. 4. образование завихрений
в межцилиндрическом пространстве (вид сверху)

Согласно результатам исследований, эффективность улавливания мелкодисперсных частиц диоксида кремния сепаратором с соосно расположенными трубами составляет 61,4 %, величина энергетических затрат в устройстве составляют от 1,9 до 31,2 Вт при входной скорости газового потока со скоростью 7,5 м/с, размере мелкодисперсных частиц от 1 до 20 мкм, высоте прямоугольной щели h_s от 10 до 20 мм, ширине прямоугольных щелей b_s от 2,18 до 8,72 мм. Представлено наглядное образование завихрений в межтрубном пространстве в результате работы сепаратора. Также следует отметить, что на образование устойчивой вихревой структуры влияет комплекс конструктивных параметров. В данном случае это ширина b_s и высота h_s прямоугольной щели. Изменение значений данных параметров в некоторых случаях может стать причиной неустойчивой структуры движения газового потока. В результате, при выходе струек газа из щелей, завихрения могут стать нестабильными из-за неравномерного распределения потока в разные стороны.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ № МК-2710.2021.4.

Литература

1. Постнов В.Н., Мельникова Н.А., Свистунова О.С., Постнов Д.В., Мурин И.В. Нанокompозиты на основе нафiona, содержащие модифицированный аэросил // Журнал общей химии. 2016. Т. 86. №10. С. 1756-1758.
2. Козлов Г.В., Яновский Ю.Г., Буря А.И., Афашагова З.Х. Структура и свойства дисперсно-наполненных нанокompозитов фенилон/аэросил // Механика композиционных материалов и конструкций. 2007. Т. 13. №4. С. 479-492.
3. Еропов О.Л., Христофоров А.И. Определение оптимального соотношения модификаторов в бетонной смеси среди трех компонентов (олеат натрия, тэос и аэросил) // Современные тенденции развития науки и технологий. 2015. №9-3. С. 91-95.

4. Митерева Д.Е., Агафонов В.Е. Использование аэросила в качестве носителя специфического аллергена в хемилюминисцентном анализе // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. 2003. №6. С. 67-69.
5. Dmitriev A.V., Dmitrieva O.S., Zinurov V.E. Influence of elements thickness of separation devices on the finely dispersed particles collection efficiency // MATEC Web of Conferences, 2018. P. 02073.
6. Зинуров В.Э., Дмитриев А.В., Мубаракшина Р.Р. Повышение эффективности аспирационных систем при обработке крахмалистого сырья // Ползуновский вестник. 2020. №2. С. 18-22.
7. Dmitriev A.V., Zinurov V.E., Dmitrieva O.S. Intensification of gas flow purification from finely dispersed particles by means of rectangular separator. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2018. P. 012211.
8. Зинуров В.Э., Дмитриев А.В., Соловьева О.В., Латыпов Д.Н. Влияние загрязнения пылеочистительного сепаратора мелкодисперсной пылью на энергетические затраты в ходе его эксплуатации // Вестник технологического университета. 2019. Т. 22. №8. С. 33-37.
9. Зинуров В.Э., Дмитриев А.В., Дмитриева О.С. Улавливание мелкодисперсных капель из газового потока в сепарационном устройстве с двутавровыми элементами // Промышленная энергетика. 2020. №12. С. 47-53.
10. Зинуров В.Э., Дмитриев А.В., Соловьева О.В., Латыпов Д.Н. Исследование изменения эффективности очистки газового потока от мелкодисперсных частиц прямоугольным сепаратором при разной степени забивки дугообразных элементов пылью // Вестник технологического университета. 2019. Т. 22. №8. С. 42-46.
11. Зинуров В.Э., Дмитриев А.В., Бадретдинова Г.Р., Биккулов Р.Я., Мадышев И.Н. Оценка энергетических затрат при улавливании мелкодисперсных частиц в сепараторе с соосно расположенными трубами // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2021. Т. 25. №2. С. 196-206.
12. Галимова А.Р., Зинуров В.Э., Дмитриев А.В., Харьков В.В. Сепарационное устройство с соосно расположенными трубами для разделения водонефтяных эмульсий // Вестник технологического университета. 2021. Т. 24. №3. С. 50-54.
13. Зинуров В.Э., Дмитриев А.В., Сахибгареев Н.Ф., Латыпов Д.Н., Гарипов М.Г. Численное моделирование газодинамики в центробежном классификаторе // Вестник технологического университета. 2021. Т. 24. №12. С. 128-132.
14. Зинуров В.Э., Мадышев И.Н., Ивахненко А.Р., Петрова И.В. Разработка классификатора с соосно расположенными трубами для разделения сыпучего материала на основе силикагеля // Ползуновский вестник. 2021. №2. С. 205-211.

© Васина А.Ю., Зинуров В.Э., 2022