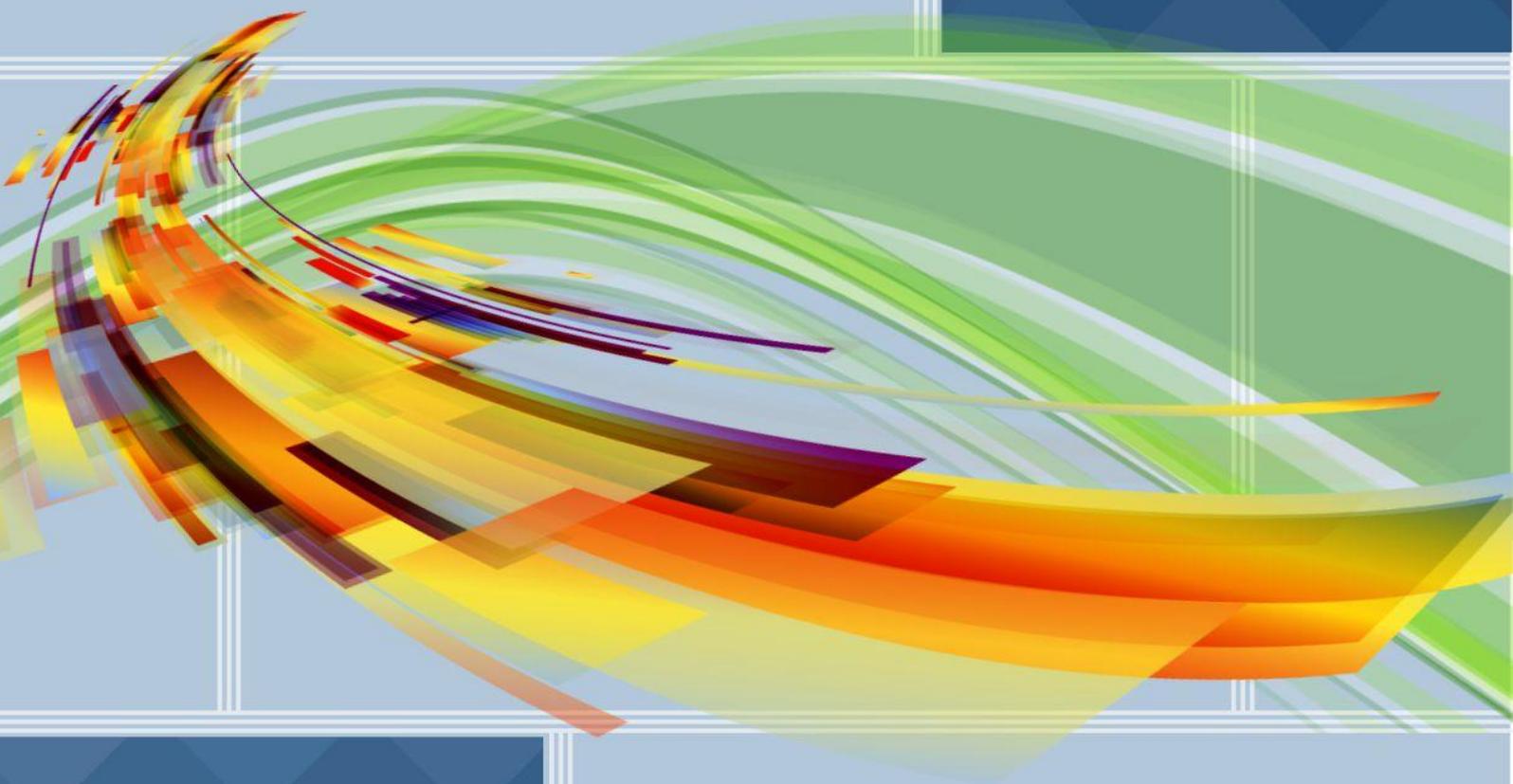


16+



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
«Нижевартовский государственный университет»

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

Часть 2

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

*г. Нижевартовск,
5-6 апреля 2022 г*

Нижевартовск
НВГУ
2022

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

В 85 **XXIV Всероссийская студенческая научно-практическая конференция
Нижевартовского государственного университета (г. Нижневартовск, 5-6
апреля 2022 г) / Под общей ред. Д.А. Погоньшева. Ч. 2. Математика. Физика.
Энергетика. Электротехника. Нефтегазовое дело. Нижневартовск: 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 621.762.04

Зинуров В.Э., Галимова А.Р.

Казанский государственный энергетический университет
г. Казань, Россия

МУЛЬТИВИХРЕВОЙ КЛАССИФИКАТОР ДЛЯ ФРАКЦИОНИРОВАНИЯ СЫПУЧЕГО МАТЕРИАЛА

На современном этапе развития химических отраслей промышленности проблема низкой эффективности фракционирования мелкодисперсных частиц, размером менее 30 мкм, является актуальной. Классификация частиц в технологических линиях предприятий является важным процессом, определяющим качество выпускаемой продукции.

В настоящий момент времени существуют различного рода классификаторы порошка: центробежные, динамические, гравитационные, ситовые и др. Классификаторы центробежного типа разделяют тонкодисперсный сыпучий материал за счет воздействия поля центробежных сил и воздушного потока. Диапазон получаемых частиц напрямую зависит от частоты вращения ротора и изменения величины воздушного потока. Преимуществом центробежного классификатора является возможность регулирования диапазона крупности разделения материала [1, с. 50]. Существенным недостатком данного типа классификатора является низкая эффективность разделения частиц и небольшая производительность устройства. Гравитационные классификаторы осуществляют разделение материала за счет взаимодействия сил сопротивления и силы тяжести. Основное преимущество гравитационного метода заключается в простоте конструкции устройства вследствие отсутствия в нем движущихся частей. Недостатком гравитационного классификатора является невозможность классификации ультрадисперсных и наночастиц, поскольку они имеют склонность к образованию агрегатов [2, с. 146]. В промышленности наиболее распространенным способом является ситовой способ классификации порошков, который непосредственно осуществляется просыпанием материала через набор различных сит, обеспечивающие их разделение с требуемыми параметрами по фракционному составу. Такой тип устройства является простым по своей конструкции, но имеет низкий эксплуатационный срок использования сит из-за их быстрого засорения вследствие слипания и прилипания частиц к их поверхности. В ходе эксплуатации данных устройств наблюдаются большие потери давления, что обуславливает относительно высокие энергетические затраты промышленных предприятий. В промышленности вследствие низкой эффективности фракционирования частиц наблюдается большое количество потерь сыпучего материала, что влечет за собой образование бракованной продукции [3, с. 50]. Целью работы является повышение эффективности фракционирования мелкодисперсных частиц за счет разработки мультिवихревого классификатора.

Также в промышленности для дробления сыпучего материала используются мельницы, которые образуют частицы с большим разбросом размеров. Однако, в большинстве случаев, требуется определенный диапазон размеров, который зависит от конкретного технологического процесса. Улавливание сыпучего материала может осуществляться с

помощью циклонов, сепаратор, пылесадительных камер и др. аппаратов. Для каждой отдельной технологической линии разрабатываются новые модели аппаратов на основе классических или конструктивно дополняются существующие аппараты [4, с. 82].

Авторами работы была разработана конструкция мультивихревого классификатора. Принцип действия классификатора можно описать следующим образом: запыленный газовый поток попадает в устройство через входной патрубок 1, после чего опускается вниз по внутренней цилиндрической трубе до прямоугольных отверстий 3, далее траектория движения газового потока резко изменяется перпендикулярно трубе, в ходе движения запыленного газа по данным траекториям часть частиц выпадает из структуры потока и падает в бункер 7 через отверстие 4 [5, с. 127]. При выходе газового потока из каждого прямоугольного отверстия 3 он разделяется на 2 струи, которые в одинаковых пропорциях двигаются в правую и левую стороны, достигая внутреннюю стенку цилиндрического корпуса 6, струи газа разворачиваются и в завихрении движутся в верхнюю часть устройства, при завихрении возникают центробежные силы, отбрасывающие частицы сыпучего материала на основе силикагеля из структурированного потока к поверхностям устройства, выбитые частицы падают в пылевой бункер 7 [6, с. 79].

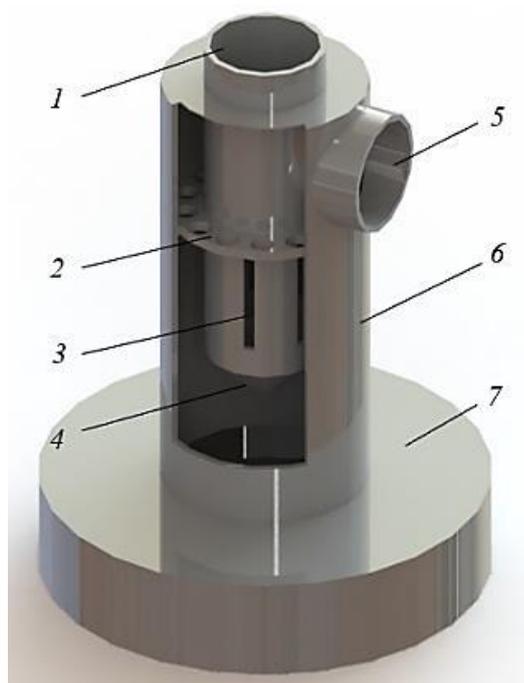


Рис. 1. Трехмерная модель мультивихревого классификатора:
1 – входной патрубок, 2 – решетка с соосно расположенными трубами,
3 – прямоугольные отверстия, 4 – отверстие, 5 – выходной патрубок,
6 – корпус устройства, 7 – бункер

Особенностью мультивихревого классификатора является то, что каждое завихрение при своем вращении дополнительно ускоряет два соседних относительно себя завихрений, что увеличивает значения центробежных сил и, как следствие повышает эффективность улавливания частиц из газового потока. В ходе исследований было установлено, что в среднем

эффективность классификатора с конусообразной внутренней трубой больше на 35,3 %, чем классификатора с цилиндрической внутренней трубой [7, с. 834].

В основе принципа действия классификатора с соосно расположенными трубами являются центробежные и инерционные силы, которые обеспечивают наибольшую чёткость разделения частиц по размерам. Конструкция экрана позволяет пройти, в основном, центральной части струи, где под действием турбулентных пульсаций воздушного потока происходит вращение мелкодисперсных частиц [8, с. 82]. При движении газового потока в верхнюю часть устройства он проходит через решетку с соосно расположенными трубами, которая является дополнительным сепарационным элементом, выбивающая частицы сыпучего материала на основе силикагеля из структуры потока, после чего они также падают в бункер 7. Очищенный газовый поток от частиц сыпучего материала на основе силикагеля размером до 30 мкм выходит из классификатора с соосно расположенными трубами через выходное отверстие 5 [9, с. 80].

Особенностью классификатора с соосно расположенными трубами является то, что каждое завихрение при своем вращении дополнительно ускоряет два соседних относительно себя завихрений, что увеличивает значения центробежных сил и, как следствие повышает эффективность улавливания частиц из газового потока (рис. 2) [10, с. 85].

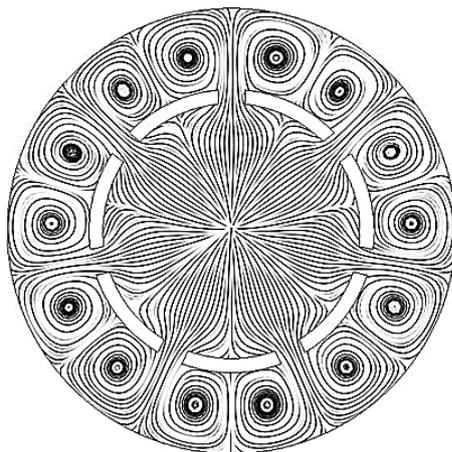


Рис. 2. Образование завихрений в мультивихревом классификаторе.
Линии тока газового потока (вид сверху)

Эффективность улавливания частиц силикагеля размером 1-100 мкм из запыленного газового потока сепаратором с соосно расположенными трубами с конусообразной внутренней трубой в среднем составляла 45,8, 31,1 и 65,1 % при значении параметра h_d равного 20, 50 и 100 мм соответственно [11, с. 64].

Эффективность фракционирования частиц силикагеля размером 1-100 мкм из запыленного газового потока классификатором с соосно расположенными трубами с цилиндрической внутренней трубой в среднем составляла 22,1, 50,3 и 5,1 % при значении параметра h_d равного 20, 30 и -10 мм соответственно, что в среднем меньше в 2 раза, чем при использовании классификатора с внутренней конусообразной трубой [12, с. 1089].

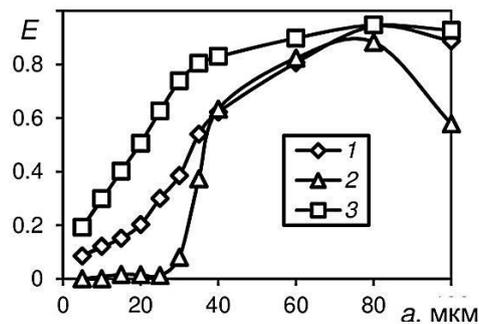


Рис. 3 Зависимость изменения эффективности фракционирования частиц сыпучего материала на основе силикагеля из газового потока от их размера в классификаторе с конусообразной внутренней трубой при различных значениях параметра hd , мм:
1 – 20, 2 – 50, 3 – 100

Таким образом, для повышения эффективности фракционирования мелкодисперсных частиц авторами работы была разработана конструкция мультивихревого классификатора. В ходе проведенных исследований было установлено, что в среднем эффективность классификатора с конусообразной внутренней трубой больше на 35,3 %, чем классификатора с цилиндрической внутренней трубой [13, с. 1056].

Работа выполнена при финансовой поддержке Стипендии Президента РФ СП-3577.2022.1.

Литература

1. Галимова А.Р., Зинуров В.Э., Дмитриев А.В., Харьков В.В. Сепарационные устройства с соосно расположенными трубами для разделения водонефтяных эмульсий // Вестник Технологического университета. 2021. Т. 24. №3. С. 50-54.
2. Галимова А.Р. Исследование процесса фракционирования мелкодисперсного сыпучего материала // Всероссийский конкурс научных работ «Лобачевский – 2021». Казань, 2021. С. 146-147.
3. Зинуров В.Э., Галимова А.Р. Оценка экономической эффективности внедрения сепарационных устройств на предприятиях с покрасочными камерами // Вестник Самарского государственного экономического университета. 2020. № 12. С. 50–59. <https://doi.org/10.46554/1993-0453-2020-12-194-50-59>
4. Зинуров В.Э., Дмитриев А.В., Харьков В.В., Петрова Т.С. Оценка энергетических затрат на улавливание мелкодисперсных частиц в сепараторе с дугообразными элементами // Вестник технологического университета. 2020. Т. 23. №2. С. 82-85.
5. Зинуров В.Э., Галимова А.Р., Никандрова М.В., Харьков В.В. Экономическая целесообразность внедрения классификатора с соосно расположенными трубами на катализаторном заводе // Сборник докладов Международной научно-практической конференции для представителей сообщества молодых инженеров ТЭК. СПб., 2021. С. 127-131.

6. Зинуров В.Э., Галимова А.Р., Валеева Ю.С. Экономическая эффективность внедрения нового сепарационного устройства на предприятии // Экономическое развитие и исследования: Международная научно-практическая конференция (Республика Молдова, Кишинёв, 18-19 марта 2021 г.). 2021. С. 79-81.

7. Зинуров В.Э., Галимова А.Р. Классификатор с кольцевым пространством для фракционирования сыпучего материала // Инновационные технологии защиты окружающей среды в современном мире: Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием (Казань, 18-19 марта 2021 г.). Казань: Изд-во КНИТУ, 2021. С. 834-836.

8. Зинуров В.Э., Дмитриев А.В., Галимова А.Р., Гумерова Г.Х. Численное моделирование процесса улавливания мелкодисперсных капель формальдегида в сепарационном устройстве с двутавровыми элементами // Вестник технологического университета. 2020. Т. 23. №11. С. 82-86.

9. Дмитриев А.В., Галимова А.Р., Гумерова Г.Х., Дмитриева О.С. Анализ динамики жидкости и газа в сепараторе с кольцевым пространством // Вестник технологического университета. 2021. Т. 24. №4. С. 80-84.

10. Дмитриев А.В., Зинуров В.Э., Дмитриева О.С., Харьков В.В. Исследование влияния конструктивных и физических параметров на структуру движения газового потока в прямоугольном сепараторе // Вестник технологического университета. 2020. Т. 23. №3. С. 85-88.

11. Харьков В.В., Дмитриев А.В., Галимова А.Р., Дмитриева О.С. Исследование влияния конструктивных параметров сепаратора вертикального типа на процесс образования устойчивых вихрей // Вестник технологического университета. 2021. Т. 24. №7. С. 64-67.

12. Zinurov V.E., Dmitriev A.V., Badretdinova G.R., Galimova A.R., Dmitrieva O.S. Analysis of various mathematical models of turbulence when calculating the gas dynamics in a classifier with coaxially arranged pipes // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2021. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1089/1/012002>

13. Zinurov V.E., Dmitriev A.V., Ruzanova M.A., Dmitrieva O.S. Classification of bulk material from the gas flow in a device with coaxially arranged pipes // MATEC Web of Conferences. 2020. V. 193. P. 01056. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202019301056>

© Зинуров В.Э., Галимова А.Р., 2022