

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский  
технологический университет»

# **ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И БИОТЕХНОЛОГИИ**

**XVII Всероссийская конференция молодых  
ученых, аспирантов и студентов  
с международным участием,**

*посвященная Году науки и технологий  
в Российской Федерации*

20–23 апреля 2021 г.

**Материалы конференции**

УДК 664  
ББК 34.7  
П36

Издается по решению Ученого совета  
Казанского национального исследовательского технологического университета

**П36** Пищевые технологии и биотехнологии. XVII Всероссийская конференция молодых ученых, аспирантов и студентов с международным участием (г. Казань, 20–23 апреля 2021 г.) : материалы конференции / под ред. А. С. Сироткина; Минобрнауки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. — Казань : Изд-во КНИТУ, 2021.

ISBN 978-5-7882-3024-5

В сборнике представлены научные статьи, посвященные вопросам биотехнологии и пищевых технологий. Приведены результаты теоретических и прикладных изысканий молодых ученых, аспирантов, студентов по следующим направлениям: «Технологии продуктов из растительного сырья», «Технологическое оборудование, процессы и аппараты пищевых производств», «Биотехнология пищевых продуктов и биологически активных веществ», «Промышленная биотехнология переработки сырья и отходов», «Технология продуктов лечебно-профилактического и функционального питания», «Технология продуктов питания животного происхождения», «Тара и упаковка продовольственных товаров», «Качество и безопасность пищевых продуктов», «Технология продукции общественного питания».

Предназначен для широкого круга читателей.

*Все материалы печатаются в авторской редакции.*

**УДК 664  
ББК 34.7**

## **Текстовое электронное издание**

Минимальные системные требования:

- Windows: процессор Intel 1,3 Гц или аналогичный; Microsoft Windows XP Service Pack 2
- MacOS: процессор PowerPC G4 или Intel MacOS X 10.5 128 МБ оперативной памяти
- Linux: 32-разрядный процессор Intel Pentium или аналогичный SUSE Linux Enterprise Desktop10 или Ubuntu 7.10; GNOME или KDE Desktop Environment

Ответственный за выпуск Л. Ю. Кошкина  
Компьютерная верстка — А. Н. Егоров

Подписано к использованию 30.04.2021

Объем издания 23,5 Мб Заказ 27/21

Издательство Казанского национального исследовательского технологического университета  
420015, Казань, К. Маркса, 68

# ФРАКЦИОНИРОВАНИЕ МЕЛКОДИСПЕРСНЫХ ЧАСТИЦ НА ОСНОВЕ СИЛИКАГЕЛЯ В КЛАССИФИКАТОРЕ С СООСНО РАСПОЛОЖЕННЫМИ ТРУБАМИ

<sup>1</sup>В. Э. Зинуров, <sup>2</sup>А. А. Никитина, <sup>1</sup>И. Г. Кулай

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань, Россия

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, Россия  
vadd\_93@mail.ru

**Аннотация.** В работе предложена конструкция классификатора с соосно расположенными трубами для фракционирования мелкодисперсных частиц на основе силикагеля с границей разделения фракций равной 30 мкм. Показано, что существующие аппараты, в частности, циклонные сепараторы обладают низкой селективностью. Описан принцип действия устройства. В докладе представлены результаты численных исследований в программном комплексе ANSYS Fluent. В ходе численных расчетов применялась модель турбулентности Transition SST.

**Ключевые слова:** мелкодисперсные частицы, классификация, классификатор, разделение порошка, фракционирование.

## FRACTIONATION OF FINE PARTICLES BASED ON SILICA GEL IN CLASSIFIER WITH COAXIAL PIPES

<sup>1</sup>V. E. Zinurov, <sup>2</sup>A. A. Nikitina, <sup>1</sup>I. G. Kulai

<sup>1</sup>Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia

<sup>2</sup>Kazan national research technological university, Kazan, Russia

**Abstract.** The work proposes the construction of a classifier with coaxial pipes for fractionation of fine particles based on silica gel with a fraction separation boundary of 30  $\mu\text{m}$ . It is shown that existing devices, in particular, cyclone separators have low selectivity. The principle of operation of the device is described. The report presents the results of numerical research in the ANSYS Fluent software complex. In the course of numerical calculations, the Transition SST turbulence model was used.

**Keywords:** fine particles, classification, classifier, powder separation, fractionation.

Обеспечение высокой селективности фракционирования мелкодисперсного сыпучего материала является важной задачей на многих промышленных предприятиях. В случае низкой селективности данного процесса увеличиваются энергетические затраты, так как частицы, неподходящего размера необходимо повторно прогонять в технологической линии, и происходит потеря материала. На настоящий момент времени наиболее распространенными аппаратами для классификации сыпучего материала являются циклоны. Принцип действия их основан на возникновении центробежных сил при вращении газового потока. Вследствие действия центробежных сил на частицы, они отбрасываются к корпусу аппарата и постепенно оседают в бункере [1–3]. Как правило, циклоны применяются преимущественно при улавливании частиц из газов размером более 10–20 мкм [4–7]. Следует отметить, что эффективность улавливания мелкодисперсных частиц циклонами увеличивается по мере роста диаметра частиц. Поэтому достичь требуемой селективности фракционирования мелкодисперсных частиц при использовании циклонных сепараторов практически невозможно. Целью данной работы является разработка классификатора для классификации мелкодисперсных частиц на основе силикагеля с границей разделения фракций равной 30 мкм.

Для решения поставленной задачи был разработан классификатор, представленный на рис. 1. Принцип действия классификатора заключается в следующем: газовый поток с частицами входит в устройстве через входное отверстие 1, затем опускается вниз по внутренней цилиндрической трубе и далее распределяется по прямоугольным отверстиям 3, при выходе из них каждая струя газа разделяется на два потока – каждый из которых образует завихрение. Таким образом, количество завихрений вдвое больше прямоугольных щелей [8].

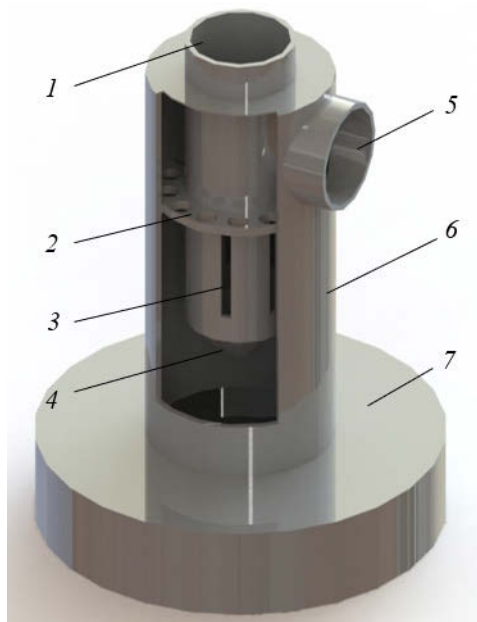


Рис. 1 – Классификатор с соосно расположенными трубами:  
1 – входной патрубок, 2 – решетка с круглыми отверстиями, 3 – прямоугольные отверстия, 4 – отверстие, 5 – выходной патрубок, 6 – корпус устройства, 7 – бункер

При вращении возникают центробежные силы, действующие на частицы, подобно процессу в циклонных сепараторах. В результате частицы отбрасываются к стенкам корпуса и падают в бункер 7. Очищенный газовый поток от частиц размером более 30 мкм проходит через решетку с круглыми отверстиями и покидает классификатор через выходное отверстие 5. Следует отметить, что часть потока из внутренней цилиндрической трубы движется не в прямоугольные отверстия 3, а в нижнее отверстие 4.

В докладе представлены исследования, которые проводились в программном комплексе ANSYS Fluent. Трехмерная геометрия классификатора была выполнена в AutoDesk Inventor. В ходе выполнения расчетов применялась модель турбулентности Transition SST.

*Исследования выполнены при финансовой поддержке гранта Президента РФ № МК-2710.2021.4.*

### **Список литературы**

1. Зинуров, В.Э. Оценка времени работы пылеуловителя со скругленными сепарационными элементами / В. Э. Зинуров, А. В. Дмитриев, Т. С. Петрова, О. С. Дмитриева // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2020. – Т. 24. – № 3. – С. 606-615.
2. Зинуров, В. Э. Повышение эффективности аспирационных систем при обработке крахмалистого сырья / В. Э. Зинуров, А. В. Дмитриев, Р. Р. Мубаракшина // Ползуновский вестник. – 2020. – № 2. – С. 18-22.
3. Зинуров, В. Э. Улавливание мелкодисперсных капель из газового потока в сепарационном устройстве с двутавровыми элементами / В. Э. Зинуров, А. В. Дмитриев, О. С. Дмитриева // Промышленная энергетика. – 2020. – № 12. – С. 47-53.
4. Зинуров, В.Э. Оценка экономической эффективности внедрения сепарационных устройств на предприятиях с покрасочными камерами / В. Э. Зинуров, А. Р. Галимова // Вестник Самарского государственного экономического университета. – 2020. – № 12 (194). С. 50-59.
5. Дмитриев, А. В. Очистка газовых выбросов котельных установок от твердых частиц / А. В. Дмитриев, В. Э. Зинуров, О. С. Дмитриева, Ву Линь Нгуен // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2020. – Т. 22. – № 1. – С. 3-9.
6. Дмитриев, А.В. Исследование влияния конструктивных и физических параметров на структуру движения газового потока в прямоугольном сепараторе / А. В. Дмитриев, В. Э. Зинуров, О. С. Дмитриева, В. В. Харьков // Вестник технологического университета. – 2020. – Т. 23. – № 3. – С. 85-88.
7. Зинуров, В.Э. Оценка энергетических затрат на улавливание мелкодисперсных частиц в сепараторе с дугообразными элементами / В. Э. Зинуров, А. В. Дмитриев, В. В. Харьков, Т. С. Петрова // Вестник технологического университета. – 2020. – Т. 23. – № 2. – С. 82-85.
8. Zinurov, V. E. Classification of bulk material from the gas flow in a device with coaxially arranged pipes / V. E. Zinurov, A. V. Dmitriev, M. A. Ruzanova, O. S. Dmitrieva // MATEC Web of Conferences. – 2020. – V. 193. – P. 01056.