

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Министерство образования и науки Республики Татарстан
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Казанский государственный энергетический университет»

**ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ**

II ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

Казань, 18–19 марта 2020 года

Материалы конференции

В двух томах

Том I

Казань
2020

УДК 621.3

ББК 31.2

П78

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО «КГЭУ» И.В. Ившин

доктор технических наук, профессор филиала ФГБОУ ВО «УГНТУ»

в г. Салавате Р.Г. Вильданов

Редакционная коллегия:

Э.Ю. Абдуллазянов (гл. редактор), И.Г. Ахметова, Н.В. Роженцова, В.Р. Иванова

П78 **Проблемы и перспективы развития электроэнергетики и электротехники:** матер. II Всерос. науч.-практ. конф. (Казань, 18–19 марта 2020 г.): в 2 т. / редкол.: Э.Ю. Абдуллазянов (гл. редактор) и др. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2020. – Т. 1. – 295 с.

ISBN 978-5-89873-561-6 (т. 1)

ISBN 978-5-89873-560-9

Опубликованы материалы II Всероссийской научно-практической конференции «Проблемы и перспективы развития электроэнергетики и электротехники» по следующим научным направлениям:

1. Проектирование и эксплуатация объектов электроэнергетики.
2. Энерго- и ресурсосбережение промышленных и коммунальных предприятий.
3. Энергосиловое оборудование, электропривод и автоматизация.
4. Энергоэффективная промышленная светотехника.
5. Малая энергетика, возобновляемые источники энергии.

Предназначены для научных работников, аспирантов и специалистов, работающих в сфере энергетики, а также для студентов вузов энергетического профиля.

Как правило, сохранена авторская редакция. Ответственность за содержание материалов докладов возлагается на авторов.

УДК 621.3

ББК 31.2

ISBN 978-5-89873-561-6 (т. 1)

ISBN 978-5-89873-560-9

© Казанский государственный
энергетический университет, 2020

3. Зинуров В. Э., Дмитриев А. В., Дмитриева О. С., Данг С. В., Салахова Э. И. Удаление влаги из загрязненного трансформаторного масла в прямоугольных сепараторах // Вестник технологического университета. 2018. Т. 21. № 11. С. 75–79.

УДК 66.074.2

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССОВ ГАЗООЧИСТКИ ОТ ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ

¹Зинуров Вадим Эдуардович, ²Мубаракшина Рузиля Радиковна,
³Антонов Максим Александрович

^{1, 2}ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

³Нижекамский химико-технологический институт, г. Нижнекамск

¹vadd_93@mail.ru, ³antonovnh@mail.ru

В работе рассмотрен вопрос о продлении эксплуатационного срока службы аппаратов тонкой очистки. Предложен прямоугольный сепаратор, позволяющий увеличить эффективность очистки мелкодисперсных частиц размером менее 10 мкм. Показано, что данное устройство можно интегрировать практически в любую технологическую систему очистки газовых потоков от частиц пыли вследствие того, что внутренние элементы можно заключить в корпус любой формы. Достоинства устройства: простота в использовании и легкость в использовании.

Ключевые слова: сепаратор, улавливание частиц, аппараты тонкой очистки, тонкая очистка, грубая очистка, остаточный ресурс, эксплуатационный срок службы.

IMPROVING EFFICIENCY OF GAS CLEANING PROCESSES FROM SOLID PARTICLES

¹Zinurov Vadim Eduardovich, ²Mubarakshina Ruzilya Radikovna,
³Antonov Maksim Aleksandrovich

^{1, 2}FSBEI HE «KSPEU», Kazan

³Nizhnekamsk Institute of Chemistry and Technology, Nizhnekamsk

¹vadd_93@mail.ru, ³antonovnh@mail.ru

The issue of extending the operational life of fine cleaners is considered. Rectangular separator is proposed to increase efficiency of fine particles cleaning with size less than 10 μm. It is shown that this device can be integrated into practically any process system for cleaning gas streams from dust particles due to the fact that internal elements can be enclosed in a housing of any shape. The advantages of the device are easy to use and easy to use.

Keywords: separator, particle recovery, fine cleaners, fine cleaning, coarse cleaning, residual life, service life.

Одной из наиболее важных задач промышленных предприятий является увеличение эксплуатационного срока работы аппаратов тонкой очистки. При забивании аппаратов тонкой очистки пылью их эффективность существенно снижается, что приводит к уносу улавливаемого материала. Поэтому возникает необходимость в восстановлении аппаратов, что приводит к остановке технологического очистного процесса вследствие снятия данных аппаратов с линий очистки газовых потоков (например, электрофильтров или рукавных аппаратов, эффективность которых, по мере забивки их пылью, снижается, при этом увеличивается гидравлическое сопротивление). Вследствие этого возникает необходимость разработки новых технологических аппаратов, продлевающих срок службы фильтров тонкой очистки.

Авторами данной статьи было разработано устройство, позволяющее производить сепарацию мелкодисперсных частиц из газовых потоков размером менее 10 мкм с эффективностью не ниже 50 %, которое предлагается устанавливать до фильтра тонкой очистки. При этом эффективность сепарации частиц размером более 10 мкм из газа составляет более 99 %. Устройство представляет собой несколько рядов сепарационных элементов, которые заключаются в корпус прямоугольной формы (рис. 1). Следует отметить, что геометрическая форма корпуса может быть изменена на другую (круглую, квадратную, овальную и др.) в зависимости от формы воздуховода с сохранением показателей эффективности сепарации газа. Принцип работы устройства основан на действии центробежных сил на запыленный газовый поток при огибании им сепарационных элементов, расположенных в шахматном порядке [1–4].

Особый интерес представляют другие различные способы повышения эффективности процесса сепарации мелкодисперсных частиц из газового потока в устройстве. Одним из таких способов является использование наиболее эффективной сепарационной формы элементов (рис. 1). Целью данной работы является исследование влияния формы сепарационных элементов на эффективность устройства.

В работе исследовались следующие формы сепарационных элементов: двутавровые, П-образные и дугообразные (рис. 1). Исследование проводилось путем численного моделирования в программном комплексе *ANSYS Fluent*. Как известно, численные расчеты требуют большой вычислительной

мощности компьютеров, поэтому для упрощения расчетов трехмерная модель устройства была заменена на двухмерную вследствие того, что форма сепарационных элементов по высоте не изменяется. Также принимались следующие допущения: толщины дугообразных элементов и стенок корпуса задавались бесконечно малыми величинами, процесс течения газового потока стационарен, концентрация пыли исключает взаимодействие между частицами, влияние частиц на движение несущей среды не учитывается.

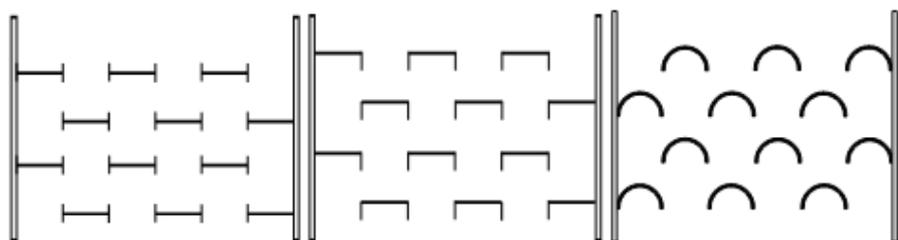


Рис. 1. Упрощенные двухмерные модели устройства для сепарации мелкодисперсных частиц из газовых потоков с различной формой сепарационных элементов (вид сверху):
1 – двутавровые; 2 – П-образные; 3 – дугообразные

В ходе исследований на входе в устройство задавалась скорость газового потока, которая варьировалась от 5 до 8 м/с. Для определения эффективности в газовом потоке задавалось количество частиц $n = 1000$ и фиксировалось количество частиц n_k на выходе из устройства.

Эффективность работы устройства оценивалась по следующей формуле:

$$E = \frac{n - n_k}{n}. \quad (1)$$

Особый интерес представляет изменение эффективности сепарации мелкодисперсных частиц из газового потока при их различной плотности, так как в газовом потоке практически нет однородных частиц, их плотность различна.

Результаты показали, что эффективность сепарации газа увеличивается по мере роста плотности мелкодисперсных частиц ρ_d . В среднем эффективность сепарации составляет 82, 78 и 75 % для двутавровых, дугообразных и П-образных элементов, соответственно, при плотности частиц до 3000 кг/м^3 . При сепарации мелкодисперсных частиц плотностью более 3000 кг/м^3 от газа эффективность для любой формы сепарационных элементов составляет не менее 99 % (рис. 2).

Потери давления в устройстве при использовании двутавровых, дугообразных и П-образных элементов при скорости газового потока 5 м/с составили 963, 928 и 1065 Па, соответственно. Стоит отметить, что разница потери давления в устройстве при двутавровых и дугообразных элементах составляет не более 5 %.

Таким образом, установка сепаратора в технологическую систему очистки газовых потоков перед фильтром тонкой очистки позволит повысить эффективность улавливания мелкодисперсных частиц и продлить эксплуатационный срок службы.

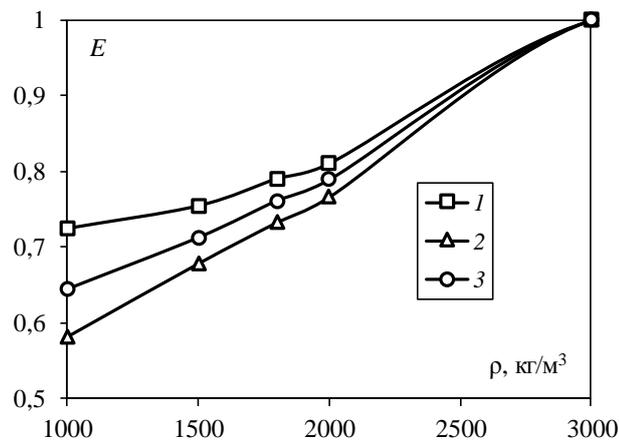


Рис. 2. Зависимость эффективности сепарации газового потока от плотности мелкодисперсных частиц при различных формах сепарационных элементов: 1 – двутавровые; 2 – П-образные; 3 – дугообразные. Входная скорость газового потока $W = 8$ м/с; размер мелкодисперсных частиц $a = 4$ мкм

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ № МК – 616.2020.8

Литература

1. Дмитриев А. В., Зинуров В. Э., Дмитриева О. С., Нгуен Ву Л. Улавливание мелкодисперсных твердых частиц из газовых потоков в прямоугольных сепараторах // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2018. № 22(3). С. 138–144.
2. 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.
3. 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.

4. Дмитриев А. В., Зинуров В. Э., Дмитриева О. С., Нгуен В. Л. Эффективность прямоугольного сепаратора в зависимости от оформления элементов внутри аппарата // Вестник КГЭУ. 2018. № 1(37). С. 74–81.

УДК 621.3.06

ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ПОДСТАНЦИЙ

¹Иванова Вилия Равильевна, ²Каримуллин Самат Мавлютович
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань
¹vr-10@mail.ru, ²karimullin1996@gmail.com

В статье рассматривается внедрения цифровых подстанций в энергосистему, которые способны повысить надежность и сократить расходы на обслуживание оборудования.

Ключевые слова: цифровая подстанция, стандарт МЭК 61850, оптоволоконный кабель, АСУ ТП, РЗА.

PROSPECTS FOR THE INTRODUCTION OF DIGITAL SUBSTATIONS

¹Ivanova Viliya Ravilievna, ²Karimullin Samat Mavlutovich
FSEI HE «KSPEU», Kazan
¹vr-10@mail.ru, ²karimullin1996@gmail.com

The article discusses the introduction of digital substations in the power system, which can increase reliability and reduce equipment maintenance costs.

Key words: digital substation, IEC 61850 standard, fiber optic cable, process control systems, relay protection and automation devices.

Современный мир невозможно представить без использования электрической энергии. Самый удобный вид энергии для использования и транспортировки занимает значительное место в жизни нашего общества. За последние 10 лет нагрузки на энергетические сети увеличились в 1,5 раза. С увеличением потребления выросла и нагрузка на подстанции, которые достались от наследия советской истории. Старение электрического оборудования и выработка расчетных мощностей – одна из главных проблем системы энергоснабжения России.