

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

**XIV МЕЖДУНАРОДНАЯ МОЛОДЕЖНАЯ НАУЧНАЯ  
КОНФЕРЕНЦИЯ «ТИНЧУРИНСКИЕ ЧТЕНИЯ»**

23–26 апреля 2019 г.

Материалы конференции

В трех томах

Том 2

ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

Часть 2

*Под общей редакцией ректора КГЭУ  
Э.Ю. Абдуллазянова*

Казань  
2019

УДК 371.334  
ББК 31.2+31.3+81.2  
Ч54

Рецензенты:

д-р техн. наук, проф., ФГБОУ ВО «КНИТУ» А.Н. Николаев;  
канд. техн. наук, ФГБОУ ВО «КГЭУ» Э.В. Шамсутдинов

Редакционная коллегия:

Э.Ю. Абдуллазянов (гл. редактор),  
Э.В. Шамсутдинов (зам. гл. редактора), А.В. Леонтьев,  
Н.Д. Чичирова, И.В. Ившин, И.Г. Ахметова, А.Г. Арзамасова

Ч54 **XIV Международная молодежная научная конференция «Тинчуринские чтения».** В 3 т. Т. 1. Электроэнергетика и электроника: матер. конф. (Казань, 23–26 апреля 2019 г.) / под общ. ред. ректора КГЭУ Э.Ю. Абдуллазянова. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2019. – Ч. 2. – 391 с.

ISBN 978-5-89873-550-0 (т. 2, ч. 2)  
ISBN 978-5-89873-546-3

Опубликованы материалы конференции, в которых изложены результаты научно-исследовательской работы молодых ученых, аспирантов и студентов по проблемам в области тепло- и электроэнергетики, ресурсосберегающих технологий в энергетике, энергомашиностроения, инженерной экологии, электромеханики и электропривода, фундаментальной физики, современной электроники и компьютерных информационных технологий, экономики, социологии, истории и философии.

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

Тексты докладов публикуются в авторской редакции. Ответственность за их содержание возлагается на авторов.

УДК 371.334  
ББК 31.2+31.3+81.2

ISBN 978-5-89873-550-0 (т. 2, ч. 2)  
ISBN 978-5-89873-546-3

© Казанский государственный  
энергетический университет, 2019

с верхней тарелки на нижнюю. Стоит отметить, что в ходе исследования тарелка работала в режиме уноса, о чем свидетельствует интенсивный перелив жидкости через борт сливного стакана. Высокая эффективность устройства достигается интенсивным контактом между фазами и относительно небольшим гидравлическим сопротивлением в контактном устройстве.

Высокая интенсивность взаимодействия между фазами и низкое гидравлическое сопротивление в контактном устройстве приводит к увеличению эффективности процесса. Преимущества контактного устройства: малая металлоемкость, высокая производительность, простота устройства, дешевизна и высокая удельная поверхность.

### Источники

1. Wei Z.J., You Z.L., Gui S.Q. Gas Pressure Drop and Mass Transfer Characteristics in a Cross-flow Rotating Packed Bed with Porous Plate Packing // *Industrial & Engineering Chemistry Research*. 2010. Vol. 49, Is. 8. Pp. 3732–3740.

2. Shagivaleev A.A., Ovchinnikov A.A., Nikolaev N.A. Calculation of the Efficiency of Contact Stages of Distillation Columns with Cocurrent Swirl Contact Devices // *Theoretical Foundations of Chemical Engineering*. 2005. vol. 39, Is. 6. Pp. 590–593.

3. Дмитриев А.В., Калимуллин И.Р., Николаев А.Н. Оценка изменения уровня жидкости на ступени массообменного аппарата с прямоточно-вихревыми контактными устройствами // *Химическое и нефтегазовое машиностроение*. 2010. № 8. С. 11–13.

УДК 66.074.2

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ГАЗООЧИСТКИ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ ГОРОДА КАЗАНИ

В.Э. Зинуров<sup>1</sup>, Ю.О. Семенова<sup>2</sup>, И.Д. Файзрахманов<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

<sup>1,2,3</sup> vadd\_93@mail.ru

Науч. рук. д-р техн. наук А.В. Дмитриев

**Аннотация.** Проблема очистки и улавливания частиц из газовых потоков особенно актуальна для г. Казани. В связи с развитой промышленностью в черте города необходимо уделять дополнительное внимание данной проблеме. Особенно это связано с работой трех ТЭЦ, работающих в период обновления топлива на резервном топливе –

мазуте, со строительством мусоросжигательного завода и др. предприятий. В работе предложено разработанное устройство – сепаратор, способный как повысить эффективность существующего очистительного аппарата, так и работать отдельно.

**Ключевые слова:** прямоугольный сепаратор, газоочистка, улавливания частиц, мелкодисперсные частицы, фильтр для очистки, циклон.

Интенсификация технологических процессов и создание высокопроизводительных аппаратов в энергетической, химической и пищевой отраслях промышленности приводит к неизбежному росту выбросов в атмосферу значительного количества токсичной пыли и вредных газообразных примесей. По данным ООН, ежегодно в атмосферу выбрасывается 2,5 млн т пыли. По прогнозам министерства природных ресурсов РФ с 2030 г. первенство в топливно-энергетическом балансе в России займут уголь и атомная энергетика, что потребует конструктивного и технологического совершенствования пылеочистного оборудования [1].

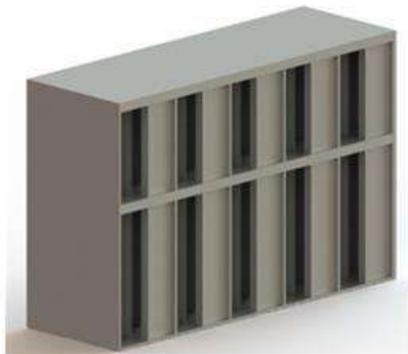
Однако к процессу газоочистки необходимо подходить рациональным путем, совмещающим высокую эффективность, надежность и оправданную стоимость. В связи с подорожанием курса доллара и сложной экономической ситуацией в стране особое внимание уделяется стоимости закупаемого оборудования для очистки газов от вредных частиц и их максимально эффективному использованию. Также следует обратить внимание на возможность повторного использования материала, который был получен при очистке газов оборудованием. Например, зола ТЭС находит широкое применение при изготовлении строительных материалов: кирпича, бетонных камней, аглопорита, керамзита и др. Стоит отметить, что город Казань, является одним из крупнейших промышленных центров России, где сильно развиты все виды промышленности: химическая, пищевая и др., в которых также имеется потребность очистки газовых потоков.

Основными устройствами для очистки газов от золы на ТЭС и от других вредных частиц на химических и пищевых производствах являются электрофильтры, инерционные пылеуловители (различные модификации циклонов), рукавные фильтры и мокрые аппараты [2]. Однако из-за низкой эффективности этого оборудования при улавливании средне- и мелкодисперсной пыли, необходимости частой замены или чистки фильтрующих элементов область их применения ограничена. Кроме того, гидравлическое сопротивление таких аппаратов может достигать 3000 Па, что приводит к увеличению энергетических затрат на реализацию процессов пылегазоочистки.

Целями данной работы являются разработка и создание энергоэффективного устройства для очистки и улавливания частиц из газового потока.

Для решения поставленной цели авторами данной работы был разработан прямоугольный сепаратор, позволяющий производить очистку газовых потоков от мелкодисперсных твердотельных частиц. Эффективность сепаратора для очистки и улавливания частиц более 10 мкм равна 99–99,9 %, для частиц менее 10 мкм в среднем равна 61,7 % [3].

Прямоугольный сепаратор состоит из входного и выходного патрубков, прямоугольного корпуса, нескольких рядов двутавровых элементов внутри корпуса (см. рисунок).



3D модель прямоугольного сепаратора

Принцип действия сепаратора заключается в том, что при движении многофазного газового потока внутри устройства между двутавровыми элементами возникает центробежная сила, отбрасывающая мелкодисперсные частицы к стенкам элементов. За счет данного процесса частицы пыли выбиваются из структурированного потока. Таким образом, увеличение рядов двутавровых элементов увеличивает эффективность очистки газового потока. Уловленные частицы прилипают к стенкам элементов или оседают на дно устройства. Через определенное время необходимо промывать устройство от уловленных частиц [4].

Сепаратор предлагается использовать в качестве дополнительной очистительной ступени. Например, при установке перед дорогими очистительными фильтрами на строящемся мусоросжигательном заводе, что позволит существенно продлить их эксплуатационный срок службы, или после циклонов на ПАО «Казаньоргсинтез», что будет способствовать улавливанию частиц менее 10 мкм и в результате существенно повысит общую эффективность очистительного цикла. В связи с резким падением эффективности у циклонов при улавливании мелкодисперсных частиц до 10 мкм сепаратор позволит устранить данный недостаток.

В работе будет представлено, что разработанный сепаратор способен эффективно очищать газовые потоки от частиц пыли. В ходе данной

научной работы было выявлено, что эффективность сепаратора при улавливании частиц более 10 мкм составляет 99–99,9 %, для этого необходимо 3–4 ряда двутавровых элементов. Для улавливания частиц размером менее 9 мкм с эффективностью 99–99,9 % необходимо около 6 рядов, эффективность одной ступени равна 17 %. Проведенная серия исследований, показала, что наиболее рациональная геометрическая форма элементов внутри сепаратора – двутавровые элементы.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ № МК-4522.2018.8.

### Источники

1. Асламова В.С. Прямоточные циклоны. Теория, расчет, практика. Ангарск: АГТА, 2008. 233 с.

2. Страус В. Промышленная очистка газов. М.: Химия, 1981. 616 с.

3. Улавливание мелкодисперсных твердых частиц из газовых потоков в прямоугольных сепараторах / А.В. Дмитриев [и др.] // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2018. Т. 22, № 3 (134). С. 138–144.

4. Эффективность прямоугольного сепаратора в зависимости от оформления элементов внутри аппарата / А.В. Дмитриев [и др.] // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2018. Т. 1, № 1 (37). С. 74–81

5. Зинуров В.Э, Дмитриев А.В. Экономичность использования прямоугольных сепараторов в респираторах // Экономика энергетики и энергосбережение: матер. междунар. науч. конф. Казань, 2018. С. 168–170.

УДК 66.045.53

## ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ОТВОДА НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОГО ТЕПЛА ОТ ОБОРОТНОЙ ВОДЫ В ВЕНТИЛЯТОРНЫХ ГРАДИРНЯХ

В.Э. Зинуров<sup>1</sup>, А.И. Хайрутдинова<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

<sup>1,2</sup>vadd\_93@mail.ru

Науч. рук. канд. техн. наук О.С. Попкова

**Аннотация.** Процесс охлаждения оборотной воды является существенно актуальным для энергетической отрасли. В работе рассмотрен способ интенсификации отвода низкопотенциального тепла от воды путем установки нескольких рядов контактных элементов по высоте устройства, способствующие увеличению площади контакта воды с поверхностью элементов. Результаты работы показали, что установка