



МЕЖДУНАРОДНАЯ МОЛОДЕЖНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
«ТИНЧУРИНСКИЕ ЧТЕНИЯ – 2021  
«ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА»

Материалы конференции

2

ISBN 978-5-6046580-4-8



9 785604 658048



## ТИНЧУРИНСКИЕ ЧТЕНИЯ – 2021 «ЭНЕРГЕТИКА И ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ»

Международная молодежная научная конференция  
(Казань, 28–30 апреля 2021 г.)

Материалы конференции

В трех томах

Том 2

ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Казанский государственный энергетический университет»  
АО «Системный оператор Единой энергетической системы»  
Публичное акционерное общество «Федеральная сетевая компания  
Единой энергетической системы»  
Российский национальный комитет международного совета по большим  
электрическим системам высокого напряжения (РНК СИГРЭ)  
Благотворительный фонд «Надежная смена»

ТИНЧУРИНСКИЕ ЧТЕНИЯ – 2021  
«ЭНЕРГЕТИКА И ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ»

Международная молодежная научная конференция  
(Казань, 28–30 апреля 2021 г.)

Материалы конференции

В трех томах

Том 2

ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

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

Казань  
2021

УДК 620.9:004  
ББК 31.3  
Т42

Рецензенты:

канд. техн. наук, зав. кафедрой «Электрические станции» ФГБОУ ВО «СамГТУ»  
доц. А.С. Ведерников;  
д-р техн. наук, проректор по НР ФГБОУ ВО «КГЭУ» И.Г. Ахметова

Редакционная коллегия:

Э.Ю. Абдуллазянов (гл. редактор), И.Г. Ахметова (зам. гл. редактора),  
А.Г. Арзамасова

Т42      **Тинчуринские чтения – 2021 «Энергетика и цифровая трансформация. В 3 т. Т. 2. Теплоэнергетика: матер. Междунар. молод. науч. конф. (Казань, 28–30 апреля 2021 г.) / под общ. ред. ректора КГЭУ Э. Ю. Абдуллазянова. – Казань: ООО ПК «Астор и Я», 2021. – 455 с.**

ISBN 978-5-6046580-4-8 (т. 2)  
ISBN 978-5-6046580-3-1

Опубликованы материалы Международной молодежной научной конференции «Тинчуринские чтения – 2020 «Энергетика и цифровая трансформация», в которых изложены результаты научно-исследовательской работы молодых ученых, аспирантов и студентов по проблемам в области теплоэнергетики по следующим научным направлениям: электроэнергетические системы и сети, надежность, диагностика; электроснабжение; промышленная электроника и светотехника, электрические и электронные аппараты; перспективные материалы и направления развития физики, химии, математики и материаловедения; электротехнические комплексы и системы; энергоэффективность и энергобезопасность производства; системная автоматика, релейная защита и противоаварийное управление в электроэнергетических системах; инженерная защита окружающей среды и безопасность труда на производстве; возобновляемые источники энергии и безопасность; контроль, автоматизация и диагностика электроустановок электрических станций и подстанций.

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

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

УДК 620.9:004  
ББК 31.3

ISBN 978-5-6046580-4-8 (т. 2)  
ISBN 978-5-6046580-3-1

© КГЭУ, 2021  
Оформление ООО ПК «Астор и Я», 2021

2. Исследование процесса деэмульсации водонефтяной эмульсии в отстойнике с гофрированными пластинами / В.Э. Зинуров [и др.] // Вестник технологического университета. 2020. Т. 23, № 7. С. 61–64.
3. Интенсификация очистки сточных вод ТЭС от нефтепродуктов в отстойниках / В.Э. Зинуров [и др.] // Вестник технологического университета. 2020. Т. 23, № 6. С. 64–67.
4. Моделирование процесса разделения водонефтяной эмульсии в прямоугольном сепараторе / А.В. Дмитриев [и др.] // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2018. № 3 (39). С. 65–71.
5. Удаление влаги из загрязненного трансформаторного масла в прямоугольных сепараторах / В.Э. Зинуров [и др.] // Вестник технологического университета. 2018. Т. 21, № 11. С. 75–79.
6. Removal of moisture from contaminated transformer oil in rectangular separators / A.V. Dmitriev [et al.]. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201911001026> // E3S Web of Conferences. 2019. Vol. 110.
7. The experimental study of increasing the efficiency of emulsion separation / V.E. Zinurov [et al.]. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202015706001> // E3S Web of Conferences. 2020. Vol. 157.
8. Дмитриев А.В., Зинуров В.Э., Файзрахманов И.Д. Разработка аппарата для разделения водонефтяной эмульсии // Энергия молодежи для нефтегазовой индустрии: матер. III Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых. Альметьевск, 2018. С. 387–389.

УДК 66.074.2

## **СЕПАРАЦИЯ МЕЛКОДИСПЕРСНЫХ ЧАСТИЦ ИЗ ГАЗОВОГО ПОТОКА В СЕПАРАТОРЕ С СООСНО РАСПОЛОЖЕННЫМИ ТРУБАМИ**

Г.Р. Бадретдинова<sup>1</sup>, К.С. Моисеева<sup>2</sup>, И.В. Петрова<sup>3</sup>, А.О. Маясова<sup>4</sup>

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

<sup>4</sup>ФГБОУ ВО «КНИТУ», г. Казань

samasaka@yandex.ru

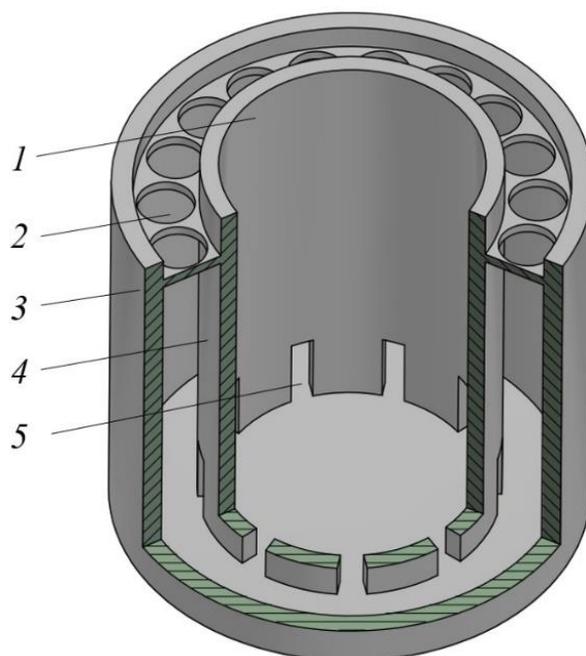
Науч. рук. О.С. Попкова

Рассмотрена проблема сепарации мелкодисперсных частиц из газового потока. Представлена конструкция сепаратора с соосно расположенными трубами. Подробно описан процесс сепарации мелкодисперсных частиц из газового потока в разработанном устройстве. В докладе будут представлены результаты численного моделирования.

**Ключевые слова:** мелкодисперсные частицы, сепаратор, сепарационное устройство, запыленный поток, газовый поток, сепарация.

Для сепарации мелкодисперсных частиц из газового потока, что является важной задачей, был разработан сепаратор с соосно расположенными трубами [1–5]. Устройство обладает простой конструкцией, которая изготавливается из 2 цилиндрических труб и пластины, привариваемой к трубам в межтрубном пространстве. Для движения газового потока в устройстве в нижней части внутренней цилиндрической трубы осесимметрично вырезаются прямоугольные щели и в пластине, располагающейся в межтрубном пространстве, осесимметрично вырезаются круглые отверстия. При этом количество круглых отверстий вдвое больше числа прямоугольных щелей.

Процесс сепарации частиц из газа осуществляется преимущественно за счет формирования устойчивой завихренной структуры газового потока с частицами в межтрубном пространстве, при которой возникают центробежные силы высоких значений, вследствие чего мелкодисперсные частицы при сильном вращении газа вылетают из структуры его движения в направлении к поверхности внутренней цилиндрической стенке внешней трубы, при контакте с которой мелкодисперсные частицы прилипают к ней за счет межмолекулярных и электростатических сил. Процесс сепарации мелкодисперсных частиц из газового потока в более общем виде можно описать следующим образом: газ с частицами подается в сепаратор с соосно расположенными трубами через входное отверстие 1 (см. рисунок), после чего он движется в нижнюю часть внутренней цилиндрической трубы 4, по мере достижения газом плоскости, на которой начинают располагаться прямоугольные щели 5, структура движения газа изменяется – она начинает равномерно распределяться в осесимметричном направлении к прямоугольным щелям 5. Таким образом, направление движения газа изменяется на  $90^\circ$ . При данном повороте относительно крупные и средние частицы, которые коагулировали между собой из мелких частиц в технологической линии после плазмотрона, выбиваются из структуры потока и сыпаются в бункер устройства. Остальная часть частиц с газом проходят через прямоугольные щели 5, и каждая струя газа при выходе из прямоугольной щели в равном соотношении распределяется в две противоположные стороны друг от друга. При разделении струи газа на два потока, каждая его часть движется под определенным углом в направлении к внутренней стенке внешней цилиндрической трубы, которая позволяет зеркально развернуть поток и придать ему вихревое движение. Далее завихренный газовый поток с частицами движется в верхнюю часть устройства в межтрубном пространстве к пластине с круглыми выходными отверстиями 2.



Упрощенная трехмерная модель с разрезом сепаратора с соосно расположенными трубами: 1 – входное отверстие; 2 – выходные отверстия; 3 – внешняя цилиндрическая труба; 4 – внутренняя цилиндрическая труба; 5 – прямоугольные щели

Каждое круглое отверстие позволяет поддерживать вихревую структуру по высоте. При вращении газа в межтрубном пространстве возникают центробежные силы высоких значений, влияющих на сепарацию мелкодисперсных частиц из газового потока, преимущественно за счет двух факторов:

1) маленький радиус вихря, позволяющий увеличить значения центробежных сил;

2) ускорение каждого вихря за счет сонаправленного движения соседних вихрей в точках контакта, что является особенностью данного устройства – прямоугольные щели проделаны таким образом, чтобы при выходе из них формировалось два завихрения, при этом каждое завихрение при своем вращении контактирует с соседними завихрениями. В точке контакта векторы скорости сонаправлены, в результате за счет сил инерции в данных точках завихрения придают друг другу дополнительный импульс к движению. Вследствие этого количество круглых отверстий в пластине, которое равно числу завихрений в устройстве, в два раза больше, чем прямоугольных щелей. Далее газовый поток выходит из устройства через выходные отверстия 2, проделанные в пластине (см. рисунок).

Исследование выполнено при поддержке гранта Президента Российской Федерации № МК-2710.2021.4.

## Источники

1. Исследование влияния конструктивных и физических параметров на структуру движения газового потока в прямоугольном сепараторе / А.В. Дмитриев [и др.] // Вестник технологического университета. 2020. Т. 23, № 3. С. 85–88.
2. Очистка газовых выбросов котельных установок от твердых частиц / А.В. Дмитриев [и др.] // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2020. Т. 22, № 1. С. 3–9.
3. Зинуров В.Э., Дмитриев А.В., Мубаракшина Р.Р. Повышение эффективности аспирационных систем при обработке крахмалистого сырья // Ползуновский вестник. 2020. № 2. С. 18–22.
4. Зинуров В.Э., Галимова А.Р. Оценка экономической эффективности внедрения сепарационных устройств на предприятиях с покрасочными камерами // Вестник Самарского государственного экономического университета. 2020. № 12 (194). С. 50–59.
5. 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.

УДК 681.11.031.1

### АНАЛИЗ ПРОЕКТА «СОЛНЕЧНОЕ ОБЩЕСТВО»

И.А. Бикташев, К.С. Моисеева  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань  
Vadd\_93@mail.ru  
Науч. рук. В.Э. Зинуров

В тезисе рассмотрена проблема накопления тепловой энергии. Рассмотрен реализованный проект «Солнечное общество» («Drake Landing»). Представлены бизнес-модель проекта, сегмент рынка, объем рынка, проблема, решение и основные выводы. В ходе анализа проекта было установлено, что в отопительном сезоне 2015-2016 гг. была достигнута 100 % потребность в отоплении жилых домов от солнечной энергии за счет тепловых накопителей.

**Ключевые слова:** тепловые накопители, солнечное общество, отопительный сезон, альтернативная энергетика, возобновляемая энергетика, накопители энергии.