



КАЗАНСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

**XXV ВСЕРОССИЙСКИЙ АСПИРАНТСКО-МАГИСТЕРСКИЙ  
НАУЧНЫЙ СЕМИНАР,  
ПОСВЯЩЕННЫЙ ДНЮ ЭНЕРГЕТИКА**

**Казань, 7–8 декабря 2021 г.**

**Материалы докладов**

**В трех томах**

**Том 2**

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Казанский государственный энергетический университет»**

**XXV ВСЕРОССИЙСКИЙ АСПИРАНТСКО-МАГИСТЕРСКИЙ  
НАУЧНЫЙ СЕМИНАР,  
ПОСВЯЩЕННЫЙ ДНЮ ЭНЕРГЕТИКА**

Казань, 7–8 декабря 2021 г.

Материалы конференции

В трех томах

ТОМ 2

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

Казань 2022

УДК 621.1+621.3+621.04+681.5+574

ББК 31+32.96+28.08

Д22

Рецензенты:

заведующий кафедрой ИЭ ФГБОУ ВО «КНИТУ-КХТИ»,

доктор технических наук, профессор И. Г. Шайхиев;

проректор по РиИ ФГБОУ ВО «КГЭУ»,

доктор технических наук, доцент И. Г. Ахметова

Редакционная коллегия:

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

Е. С. Дремичева

Д22 XXV Всероссийский аспирантско-магистерский научный семинар, посвященный Дню энергетика : материалы конференции : [в 3 томах] / под общей редакцией ректора КГЭУ Э. Ю. Абдуллазянова. – Казань: КГЭУ, 2022. – Т. 2. –418 с.

ISBN 978-5-89873-587-6 (т. 2)

ISBN 978-5-89873-589-0

В сборнике представлены материалы XXV Всероссийского аспирантско-магистерского научного семинара, посвященного Дню энергетика, 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 энергетике, а также для студентов вузов энергетического профиля.

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

УДК 621.1+621.3+621.04+681.5+574

ББК 31+32.96+28.08

ISBN 978-5-89873-587-6 (т. 2)

© КГЭУ, 2022

ISBN 978-5-89873-589-0

## Источники

1. Дмитриев А.В., Звягин И.П. Современные тенденции развития физики термоэлектрических материалов // УФН. 2010. Т.180. № 8. С. 821–838.
2. Бахшиев Н.Г. Фотофизика диполь-дипольных взаимодействий: Процессы сольватации и комплексообразования. СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2005. 500 с.
3. Khalitov K.F., Novikov V.F., Khalitov F.G. // Russian Journal of General Chemistry. 2016. Vol. 86. No. 10. P. 2288.
4. Халитов К.Ф. Метод оценки величин интенсивностей полос поглощения в ИК- спектрах молекул вида ЭХ<sub>3</sub> // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2017. № 9-10. С. 138-144.
5. Халитов К.Ф. Комплексный метод аналитического контроля материалов, созданных на основе элементов пятой группы периодической системы: дисс. ... канд. техн. наук: 05.11.13. Казань, 2019.

УДК 66.045.12

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОТДАЧИ ОТ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ В МУЛЬТИВИХРЕВОМ АППАРАТЕ

Нурислам Фаритович Сахибгареев<sup>1</sup>, Алсу Рузилевна Галимова<sup>2</sup>

Науч. рук. д-р техн. наук, зав. каф. А.В. Дмитриев  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

<sup>1</sup>fanat.elvisa@gmail.com, <sup>2</sup>galimovaar00@mail.ru

**Аннотация.** В статье предложена модель трубы Фильда с равномерными по окружности отверстиями на нижнем конце внутренней трубы для интенсификации теплоотдачи от текучей среды к внутренней стенке внешней трубы. Показано, что, благодаря внедрению равномерных отверстий в конструкцию, образуются вихревые структуры, которые сносят пограничный слой, тем самым увеличивая теплоотдачу от среды к стенке. Для сравнения коэффициента теплоотдачи была смоделирована аналогичная по геометрическим и физическим параметрам конструкция, отличие заключалось в наличии равномерного зазора, вместо конструкции с отверстиями. Получена зависимость коэффициента теплоотдачи от скорости по воде и по воздуху в конструкции с отверстиями и с равномерным зазором.

**Ключевые слова:** теплообмен, теплоотдача, труба Фильда, вихревой поток, межтрубное пространство.

## STUDY OF HEAT TRANSFER FROM A CYLINDRICAL SURFACE IN A MULTI-VORTEX APPARATUS

Nurislam F. Sakhibgareev<sup>1</sup>, Alsu R. Galimova<sup>2</sup>

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

<sup>1</sup>fanat.elvisa@gmail.com, <sup>2</sup>galimovaar00@mail.ru

**Abstract.** The article proposes a model of a Field tube with circularly uniform holes at the lower end of the inner tube to enhance heat transfer from the fluid to the inner wall of the outer tube. It is shown that due to the introduction of uniform holes into the structure, vortex structures are formed, which carry away the boundary layer, thereby increasing the heat transfer from the medium to the wall. To compare the heat transfer coefficient, a structure similar in geometric and physical parameters was modeled, the difference was in the presence of a uniform gap, instead of a structure with holes. The dependence of the heat transfer coefficient on the speed of water and air in a structure with holes and with a uniform gap is obtained.

**Keywords:** heat exchange, heat transfer, Field's tube, vortex flow, annular space.

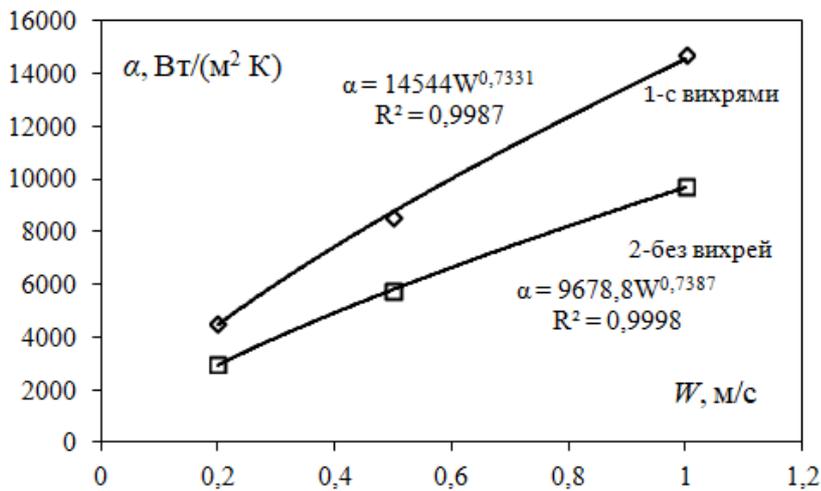
В настоящее время актуальной задачей является управление теплоотдачей [1, С. 99]. Это позволяет произвести интенсификацию в требуемых зонах теплообменных аппаратов на основе детальных исследований конвективного теплообмена [2, С. 65]. Наиболее простым и эффективным способом интенсификации является закрутка потока текучей среды в кольцевых каналах рекуперативных установок (труба Фильда) [3, С. 5]. Закрутка воздушного потока даёт существенную интенсификацию теплоотдачи. Однако коэффициент теплоотдачи уменьшается вследствие снижения интенсивности вращательного движения потока и образования у стенок гидродинамического пограничного слоя, толщина которого постепенно нарастает.

Целью данной работы является интенсификация теплоотдачи от текучей среды к внутренней стенке внешней трубы в трубе Фильда.

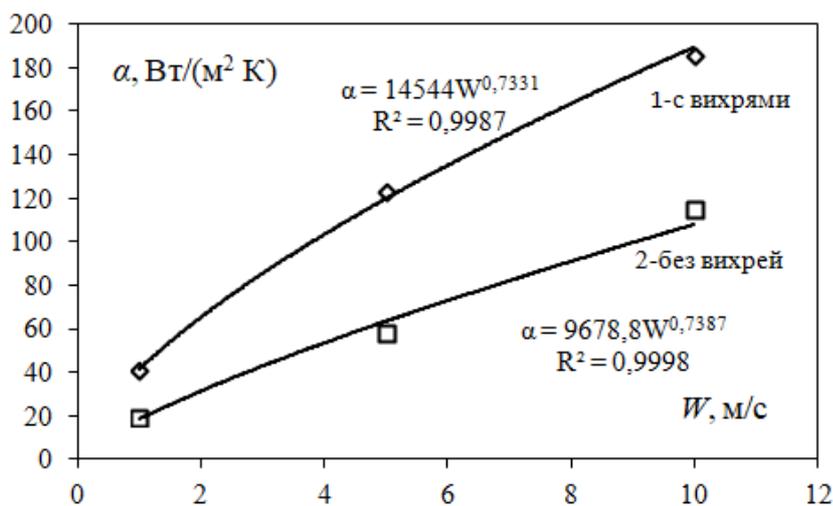
Для решения данной проблемы классическая конструкция трубы Фильда с равномерным зазором была изменена следующим образом: на нижнем конце внутренней трубы были проделаны равномерные по окружности отверстия.

Конструкция представляет собой кольцевой канал длиной 130 мм и круглый внешний канал длиной 102 мм, диаметр внешней трубы 100 мм, толщина внешней и внутренней трубы 2 мм, диаметр внутренней трубы 67 мм, высота щелей 16 мм, толщина дна 2 мм. Внизу внутренней трубы выполнено 8 щелей, равномерно расположенных по всей окружности диаметром 65 мм. Исследования производились с помощью численного моделирования [4, С. 108].

Для сравнения коэффициента теплоотдачи была смоделирована аналогичная по геометрическим и физическим параметрам конструкция, отличие заключалось в наличии равномерного зазора, вместо конструкции с отверстиями (рис. 1 и 2).



а



б

Зависимости  $\alpha/W$  в конструкции: а - по воде, б - по воздуху;  
1 - с вихрями, 2 - без вихрей

В результате численного моделирования было выявлено, что коэффициент теплоотдачи по воде в конструкции с отверстиями в среднем в 1,5 раза больше, чем в конструкции с равномерным зазором, а по воздуху коэффициент теплоотдачи оказался в 2 раза больше.

### Источники

1. Дмитриев А.В., Зинуров В.Э., Гумерова Г.Х. Оценочный расчет процесса теплообмена в камере сгорания при сжигании природного газа // Вестник технологического университета. 2018. Т. 21. № 2. С. 99-103.

2. Зинуров В.Э., Дмитриев А.В., Шарипов И.И., Галимова А.Р. Экспериментальное исследование теплообмена от парогазовой смеси при передаче тепла через ребристую поверхность // Вестник Тюменского государственного университета. Физико-математическое моделирование. Нефть, газ, энергетика. 2021. Том 7. № 2 (26). С. 60-74.

3. Митрофанова О.В. Гидродинамика и теплообмен закрученных потоков в каналах ядерно-энергетических установок. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. 288 с

4. Дмитриева О.С., Лорай С.Ф., Зинуров В.Э., Зверева Э.Р., Шагеев М.Ф. Определение оптимальных зон ввода твердых присадок в воздухопровод котла // Известия вузов. Проблемы энергетика. 2017. Т. 19. № 9–10. С. 106-111.

УДК 004.942

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРУБЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ОШИБОК МЕТОДОМ ДИКСОНА**

Михаил Валерьевич Сидоров, Румина Радиковна Бадретдинова

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Ю.Н. Зацаринная

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

sidr7907@gmail.com

**Аннотация.** В статье рассмотрено применение критерия Диксона, который предназначен для нахождения грубых ошибок. Грубые ошибки могут исказить анализ полученной экспериментальной выборки данных. Они возникают, вследствие влияния на эксперимент непредвиденных факторов: возникшей вибрации установки, перепада напряжения и др. Критерий Диксона предполагает, что все результаты измерений подчиняются обычному закону распределения. Значения первых порядковых номеров принимаются, как истинные, т.е. проверки не подлежат. В докладе показано, что среди 170 проверенных параметров были обнаружено 7 грубых ошибок.

**Ключевые слова:** грубая ошибка, критерий Диксона, проверка эксперимента, отклонение, погрешность, критерия Диксона.