

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по науке

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

Д-р физ.-мат. наук, профессор
Германенко Александр Викторович

2023 г.



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» на диссертационную работу Миськив Николая Богдановича «Экспериментальное исследование генерации тепла в многоцелевой системе Куэтта-Тейлора», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.3.14 – «Теплофизика и теоретическая теплотехника».

1. Актуальность темы выполненной работы

Тема диссертационной работы, посвященной исследованию метода прямого преобразования энергии ветра в тепловую, является актуальной в связи с потребностью в эффективных технологиях использования возобновляемых источников энергии. Возрастающая стоимость энергоресурсов, используемых для теплоснабжения, диктует необходимость поиска более дешёвых источников тепла. Задача экономически эффективного нагрева жидкости, которая используется в качестве теплоносителя в

технологических процессах, системах водяного отопления и горячего водоснабжения, была и остаётся актуальной независимо от способа осуществления этих процессов, конструкции теплообменных устройств, систем отопления и источников возобновляемой энергии для получения тепла. Анализ ветровых ресурсов России показывает огромный потенциал для использования энергии ветра в теплоэнергетике. Освоение и использование этих ресурсов имеет большие перспективы для развития новой области альтернативной энергетики – ветровой теплогенерации. Ветрогенераторы в настоящее время в основном используются для получения электроэнергии. Анализ энергопотребления на различных объектах, в частности в домашнем хозяйстве, показывает, что энергопотребление в странах с холодным климатом в виде электроэнергии составляет около 25% от общей потребности в энергии. Основная часть энергии потребляется в виде теплоты на отопление и горячее водоснабжение зданий и сооружений. Таким образом, в практическом плане достаточно актуальной является возможность прямого преобразования кинетической энергии ветра в тепловую. Среди всех существующих методов прямого преобразования механической энергии ветра в тепло наиболее эффективным и доступным является использование диссипативных свойств вязкой жидкости, характеризующих ее способность превращать энергию упорядоченного движения в тепловую энергию. В данной работе автор рассматривает в качестве такого генератора тепла устройство, в котором тепло выделяется в объеме жидкости, находящейся в системе узких кольцевых зазоров между коаксиальными, вращающимися навстречу друг другу цилиндрами (круговое течение Куэтта-Тэйлора).

2. Цель работы

Основной целью является решение научно-технической задачи: обосновать и экспериментально подтвердить возможность использования класса оппозитных течений Куэтта-Тэйлора для эффективного прямого преобразования механической энергии вращения низкооборотного привода (ветродвигатель) в тепло.

3. Практическая значимость результатов работы

Результаты данной работы вносят вклад в создание энергоэффективных и экологически чистых методов получения тепла. Экспериментальные данные, полученные в ходе исследования, имеют практическую значимость, поскольку могут быть положены в основу проектирования и разработки

крупномасштабных ветровых теплогенераторов. На базе проведенных исследований представляется возможным выполнить опытно-конструкторские работы и организовать производство эффективных ветротеплогенераторов для нужд горячего водоснабжения отопления зданий.

4. Степень достоверности результатов проведенных исследований обеспечивалась сопоставлением с опубликованными результатами работ других авторов, использованием современных измерительных систем, предварительной настройкой и калибровкой оборудования, а также воспроизводимостью результатов с учетом рассчитанных погрешностей, сопоставлением результатов, полученных различными методами и анализом неопределенностей измерений.

5. Содержание выполненной работы

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка условных обозначений и списка используемой литературы из 118 наименований. Текст диссертации изложен на 118 страницах печатного текста, содержит 42 рисунка, 8 таблиц, 1 приложение.

Во введении описывается актуальность представляемой работы, научная новизна, личный вклад соискателя, практическая значимость проделанной работы, перечисляются ее основные цели и задачи, приведены положения, выносимые на защиту.

В первой главе представлен достаточно подробный анализ литературных источников по теме диссертационного исследования. Автором проанализировано современное состояние в области ветровой теплоэнергетики, обоснована актуальность и новизна проведенной работы. Показано, что в литературе практически отсутствуют сведения об использовании многощелевых конструкций на основе течения Куэтта-Тейлора в качестве теплогенераторов.

Во второй главе приводится детальное описание экспериментальной установки, описаны методы, используемые для изучения тепловыделения и характера течения в закрытой многощелевой системе, описана измерительная аппаратура с ее основными характеристиками, даны рекомендации по обработке и интерпретации экспериментальных данных с оценкой погрешностей измерений, для решения поставленных в диссертации задач.

В третьей главе описываются результаты экспериментальных исследований характеристик тепловыделения в многощелевой системе

Куэтта-Тейлора. Исследовано влияние скорости вращения роторов на величину момента сопротивления с рабочими жидкостями различной вязкости. Показано, что с ростом скоростей вращения роторов момент сопротивления увеличивается. При оппозитном вращении роторов с равными скоростями наблюдается удвоение мощности тепловыделения. Автором проведены эксперименты с варьированием основных параметров системы: исследование тепловыделения при различных скоростях вращения роторов и постоянной вязкости рабочей жидкости, а также исследование тепловыделения при постоянной скорости вращения и переменной вязкости. В результате получен обширный массив данных о величине момента сопротивления вращению роторов теплогенератора. На основании этих данных рассчитана выделяемая тепловая мощность и проанализировано ее изменение в зависимости от параметров системы. Установлено, что при малых значениях вязкости наблюдается слабая зависимость тепловыделения от вязкости, а затем тепловыделение резко возрастает с увеличением вязкости. Для обобщения результатов предложен подход, позволяющий представить многощелевую систему в виде эквивалентного однощелевого канала с течением Куэтта-Тейлора. На основе предложенной модели эквивалентного канала проведено сравнение полученных данных с результатами из работ по классическим одиночным каналам, показано хорошее соответствие.

В четвертой главе приводятся результаты исследования особенностей течения жидкости в многоцилиндровой системе теплогенератора с оппозитным вращением роторов. Это исследование проводилось с целью получения дополнительных данных о механизмах тепловыделения в такой системе и влиянии структуры потока на эффективность теплогенерации. Для анализа особенностей течения использовался предложенный в работе оригинальный метод регистрации и исследования спектров пульсаций момента сопротивления вращению роторов теплогенератора. В главе приведены результаты регистрации временных осциллограмм мгновенного момента сопротивления, на которых фиксируются случайные пульсации значительной амплитуды, связанные с возникновением крупномасштабных структур течения. Основные результаты получены в виде амплитудно-частотных спектров пульсаций момента сопротивления для различных значений вязкости рабочей жидкости. В спектрах выделены характерные низко- и высокочастотные составляющие. Показано, что основная часть тепловой энергии пульсаций (до 90%) выделяется в низкочастотных областях спектра. Частота энергонесущих образований определяется геометрией

конструкции и угловой скоростью вращения роторов теплогенератора, а амплитуда гармоник в низкочастотной области зависит от вязкости рабочей жидкости: чем больше вязкость, тем больше амплитуда. Проведено сопоставление полученных спектров пульсаций с литературными данными о режимах течения в классической однощелевой системе Куэтта-Тейлора. Предложенный в работе метод анализа спектров пульсаций момента сопротивления вращению роторов позволяет исследовать особенности течения непрозрачной многощелевой жидкости и дает важную информацию о характере течения в таких системах.

В пятой главе предложена методика обобщения экспериментальных данных и алгоритм расчета конструктивных параметров мультицилиндрового теплогенератора произвольной мощности. Представление конструкции многоцилиндровой системы теплогенератора, в котором используется кольцевое течение Куэтта-Тэйлора в виде эквивалентного одиночного кольцевого зазора, позволило обобщить результаты исследований таких генераторов, проведенных с различными рабочими жидкостями при различных условиях, в виде единой зависимости безразмерной мощности теплогенератора от числа Рейнольдса. На основе предложенного обобщения разработан алгоритм расчета геометрических конструктивных параметров многоцилиндровой кольцевой системы теплогенератора, в том числе и габаритных размеров системы для выбранных заранее значений мощности теплогенератора и вязкости его рабочей жидкости. Приведены расчеты конструктивных размеров девяти вариантов теплогенераторов для трех значений мощности. Предложена конструкция, заключающаяся в преобразовании механической энергии ветра в теплогенераторе с двумя оппозитно вращающимися многоцилиндровыми роторами с помощью одного ветродвигателя за счет применения раздаточного механизма, который от вала ветродвигателя получает вращательный момент силы, разделяет его на два встречных направления и передаёт на оба ротора, которые вращаются при этом навстречу друг другу.

Автореферат диссертации изложен на 20 страницах, содержит 6 рисунков, одну таблицу и список опубликованных работ соискателя из 8 наименований. Автореферат в полной мере соответствует основному содержанию диссертации. В нем последовательно раскрыты цели, задачи и методы исследования, представлены основные результаты работы, сформулированы положения, выносимые на защиту.

6. Научная новизна результатов работы

- Предложена оригинальная конструкция многощелевого теплогенератора на основе системы Куэтта-Тейлора с оппозитным вращением роторов и впервые проведено экспериментальное обоснование ее эффективности для целей ветротермальной генерации. Автором впервые получен комплекс экспериментальных данных по выделению тепла в многощелевой оппозитной кольцевой системе Куэтта-Тэйлора при вариации оборотов скорости вращения роторов и вязкости рабочей жидкости.
- Разработана методика косвенного определения тепловой мощности теплогенератора на основе измерения момента сопротивления вращению роторов, что позволило получить новые данные о тепловыделении в многощелевых системах.
- Впервые применен метод анализа спектров пульсаций момента сопротивления для выявления особенностей течения в многощелевых системах Куэтта-Тейлора. Это дало принципиально новую информацию о характере течения в таких системах.
- Предложен новый подход к обобщению экспериментальных данных на основе модели эквивалентного одиночного кольцевого канала, позволивший получить универсальную зависимость безразмерной мощности теплогенератора от числа Рейнольдса.
- На базе обобщенной зависимости безразмерной мощности от числа Рейнольдса разработана оригинальная методика инженерного расчета геометрических параметров многощелевого теплогенератора заданной мощности.

7. Полнота опубликованных результатов и апробация работы

Основные результаты диссертации были представлены на 11 конференциях всероссийского и международного уровней. Результаты опубликованы в 17 научных работах, из них, опубликованных согласно перечню, российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук (перечень ВАК) – 3, а также работ в научных изданиях, индексируемых базами Scopus и/или Web of Science – 2, патент РФ на изобретение – 1.

8. Замечания по работе

При прочтении и обсуждении диссертации остается ряд вопросов, по которым следует сделать следующие замечания:

1. Не ясно, какова эффективность диссипации для оппозитного вращения по сравнению с однонаправленным при равных числах Рейнольдса.
2. Учитывалось ли изменение вязкости жидкостей с ростом температуры при её нагреве вследствие диссипации?
3. Как определялось число Рейнольдса в формуле (4) при различных ширинах щелевых зазоров?
4. Влияет ли состояние поверхностей на эффективность преобразователя.
5. Учитывались ли при оценке эффективности преобразователя краевые эффекты торцевых частей?
6. Оценивалась ли энергетическая эффективность преобразования механической энергии вращения в тепловую энергию. Производилось ли сравнение с обычной системой нагрева –электрогенератор- ТЭН?
7. Возможна ли работа преобразователя при отрицательных температурах окружающей среды?
8. Учитывались ли при оценке эффективности преобразования расходы энергии на обеспечение циркуляции по контуру теплоснабжения с учетом необходимости преодоления гидравлического сопротивления самого преобразователя?

9. В тексте диссертации имеются опечатки и шероховатости стилистического и оформительского плана, не влияющие в целом на понимание и восприятие работы.

Указанные замечания не снижают общей положительной оценки представленной работы. Автором экспериментально подтверждена эффективность использования многощелевых систем Куэтта-Тейлора с оппозитным вращением роторов для ветротермальной генерации. Разработан оригинальный метод исследования тепловыделения на основе измерения момента сопротивления вращению роторов многощелевой системы. Предложен метод анализа спектров пульсаций момента для исследования особенностей течения в многощелевой системе. Разработана методика расчета параметров теплогенератора заданной мощности. Показана принципиальная возможность создания эффективного оппозитного теплогенератора на базе одного ветродвигателя.

9. Заключение

Диссертационная работа Миськив Н. Б. «Экспериментальное исследование генерации тепла в многощелевой системе Куэтта-Тейлора» представляет собой завершённую научно-исследовательскую работу, выполненную на актуальную тему. Данная работа, представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук, полностью удовлетворяет критериям п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ №842 от 24.09.2013 г. (ред. от 18.03.2023), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Миськив Николай Богданович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.3.14 – «Теплофизика и теоретическая теплотехника».

Диссертационная работа доложена и обсуждена на расширенном заседании кафедры «Атомных станций и возобновляемых источников энергии» ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» «03» октября 2023 г. (протокол № 1). Работа получила положительную оценку, рекомендована к защите и по результатам обсуждения составлен настоящий отзыв.

Заведующий кафедрой

«Атомных станций и возобновляемых источников энергии»,

докт. техн. наук, профессор

Щеклеин

Сергей Евгеньевич

Профессор кафедры

«Атомных станций и возобновляемых источников энергии»

д-р техн. наук, доцент

Велькин

Владимир Иванович

Подписи Щеклеина С.Е. и Велькина В.И. заверяю:

Сведения о ведущей организации: Федеральное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»
Адрес: 620002, Свердловская область, г. Екатеринбург
Телефон: 8-800-100-50-44

Веб-сайт: <https://urfu.ru/ru/>

E-mail: contact@urfu.ru

Поступил в совет 12.10.2023г.
уч. секретарь ДС Оу / Борщук О.В. /
с отзывом ознакомлен 13.10.2023г. АД / Миськив Н.Б. /