

ОТЗЫВ
научного консультанта
доктора технических наук, профессора
ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский
Томский политехнический университет»
Юрченко Алексея Васильевича
на диссертационную работу Бузякова Рустама Равильевича
«Исследование и разработка энергоэффективного электротехнического
нагревательного устройства в качестве альтернативного источника
тепловой энергии»,
представленную на соискание степени доктора философии (PhD)
по специальности 6D071800 – «Электроэнергетика»

Диссертационная работа Бузякова Рустама Равильевича посвящена актуальной научно-технической задаче исследования и разработки энергоэффективного электротехнического нагревательного устройства как альтернативного источника тепловой энергии. Рассматриваемая тематика находится на пересечении электроэнергетики, электротермии, теплопередачи, двухфазного тепломассопереноса и автоматизированного управления электрическими нагрузками, что определяет её междисциплинарный характер и практическую значимость.

Актуальность исследования обусловлена развитием локального, автономного, децентрализованного и гибридного электротеплоснабжения, расширением применения управляемых электротепловых нагрузок, а также необходимостью повышения эффективности конечного использования электрической энергии. В условиях роста доли низкоуглеродной и возобновляемой генерации особое значение приобретают электротехнические устройства, способные быстро изменять теплопроизводительность, обеспечивать равномерную теплоотдачу и работать в составе систем мониторинга и автоматического управления.

Во введении диссертации корректно обоснована научно-техническая проблема: применительно к паровому электрообогревателю низкого давления (ПЭНД) на основе электровакуумной тепловой трубки гравитационного типа отсутствует целостное физико-математическое, экспериментальное и электроэнергетическое обоснование. Автор убедительно показывает, что известные решения не в полной мере раскрывают взаимосвязь электрической мощности, способа теплоподвода, количества рабочего тела, начального остаточного давления, геометрии секции, устойчивости двухфазного цикла и управляемости электротепловой нагрузки.

Цель работы сформулирована как исследование и разработка энергоэффективного электротехнического нагревательного устройства, обеспечивающего функции альтернативного источника тепловой энергии для локального автономного, децентрализованного и гибридного электротеплоснабжения. Для достижения цели автором выполнены анализ современного состояния проблемы, разработка физико-математической и

численной модели, стендовые испытания опытных образцов и инженерное обоснование конструктивно-режимных параметров ПЭНД.

Научная идея диссертации состоит в использовании скрытой теплоты фазового перехода рабочего тела в вакуумированной среде для пространственного разделения зоны электрического теплоподвода и зоны распределённой теплоотдачи. По физическому принципу исследуемая электровакуумная тепловая трубка представляет собой бесфитильный двухфазный закрытый гравитационный термосифон с электрическим теплоподводом в испарительную зону. Такой подход позволяет снизить локальную тепловую напряжённость нагревательного узла и повысить равномерность температурного поля теплоотдающей поверхности.

К числу наиболее существенных научных результатов диссертационной работы следует отнести:

- разработку физико-математической и численной модели электротеплового преобразования в электровакуумной тепловой трубке ПЭНД, учитывающей подвод активной электрической мощности, двухфазный теплоперенос, возврат конденсата и внешний теплообмен;

- установление зависимостей интегральных тепловых потоков, времени выхода устройства на режим и температурного поля теплоотдающей поверхности от динамики электрического теплоподвода, электрической мощности, объёма рабочего тела, начального остаточного давления и геометрии испарительной зоны;

- экспериментальное сопоставление трубчатого и индукционного способов электрического теплоподвода, позволяющее оценить их влияние на температурные, энергетические и пусковые характеристики устройства;

- определение признаков работоспособного двухфазного режима ПЭНД, включая энергетический баланс, устойчивый возврат жидкой фазы, соответствие давления и температуры условию насыщения рабочего тела и воспроизводимость температурно-временных кривых;

- обоснование принципов секционного электропитания, температурного мониторинга и автоматического управления, благодаря которым ПЭНД может рассматриваться как управляемая электрическая нагрузка в автономных и гибридных схемах электротеплоснабжения.

Особого внимания заслуживает разработанная автором модель электровакуумной тепловой трубки. Численная реализация в COMSOL Multiphysics позволила исследовать нестационарное распределение температуры, тепловые потоки, энергетический баланс и условия устойчивого двухфазного цикла при концентрации электрической мощности в компактной испарительной зоне. Модель имеет инженерную направленность, поскольку связывает физические процессы внутри устройства с параметрами, необходимыми для проектирования секционного электронагревательного прибора.

Экспериментальная часть диссертации имеет достаточный объём и демонстрирует самостоятельность автора в решении исследовательских и инженерных задач. Созданный лабораторный стенд обеспечивает

вакуумирование внутренней полости, задание и контроль электрической мощности, регистрацию температурных рядов поверхности, контроль напряжения, тока, времени, остаточного давления и параметров окружающей среды. Основной диапазон исследований 60–100 Вт и сравнительный режим 120 Вт являются обоснованными для оценки работы отдельной секции прибора.

Сопоставление расчётных и экспериментальных данных подтверждает правильность выбранного направления моделирования и позволяет использовать полученные зависимости при проектировании опытных и перспективных образцов ПЭНД. Важно отметить, что автор рассматривает устройство не только как теплотехнический прибор, но и как электротехническую нагрузку, совместимую с системами мониторинга, секционного регулирования мощности и автоматизированного управления.

Практическая ценность диссертационной работы заключается в разработке конструктивно-технологического решения секционного парового электровакуумного нагревателя, инженерной методики выбора его параметров и определении рациональной области применения. Результаты могут быть использованы для локального электротеплоснабжения автономных и отдельно стоящих зданий, реконструируемых объектов, помещений с зонально-неравномерной тепловой нагрузкой, гибридных схем промышленных и общественных зданий, а также локального догрева рабочих зон.

Практическая апробация результатов подтверждена внедрением в учебный процесс НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», рассмотрением применения разработанных решений в ТОО «Global light LLP» и письмом о намерениях ТОО «Silumin of Qazaqstan» о возможности изготовления и выпуска радиатора на основе электровакуумной тепловой трубки. Это свидетельствует о прикладной востребованности полученных результатов и возможности их дальнейшей опытно-промышленной проработки.

Техническая новизна предложенных решений подтверждена патентом Республики Казахстан на полезную модель №10146 «Радиатор отопления с индукционным нагревателем» и свидетельством об авторском праве №63992 на компьютерную 3D-модель энергоэффективного парового электровакуумного нагревателя. Материалы диссертации отражены в 10 публикациях и охранных документах, включая 8 научных публикаций и 2 документа на объекты интеллектуальной собственности. Среди публикаций имеются 2 статьи в международных научных изданиях, входящих в базу данных Scopus, 4 статьи в изданиях, рекомендованных Комитетом по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования, и 2 публикации в материалах международных научно-практических конференций.

Достоверность полученных результатов обеспечивается сочетанием теоретического анализа, численного моделирования и экспериментальных исследований. В работе использованы апробированные положения электротехники, теплопередачи, термодинамики и теории фазовых переходов; выполнен контроль энергетического баланса; проведено сопоставление расчётных данных с экспериментальными результатами; выполнена

статистическая обработка измерений с учётом погрешностей и доверительных интервалов.

В процессе выполнения диссертационной работы Бузяков Рустам Равильевич показал способность к самостоятельному научному поиску, владение методами математического моделирования и экспериментальной верификации, умение анализировать технические ограничения и преобразовывать научные результаты в инженерные решения. Автор последовательно связал фундаментальные закономерности двухфазного теплопереноса с практической задачей создания энергоэффективного электротехнического нагревательного устройства.

Диссертация имеет логичную структуру, научную обоснованность выводов, достаточную полноту экспериментальной проверки и четкую практическую направленность. Представленные результаты могут быть полезны для дальнейших исследований и разработок в области электротеплоснабжения, технологий преобразования электрической энергии в тепловую, управляемых электрических нагрузок и тепловых устройств на основе тепловых труб и термосифонов.

Таким образом, диссертационная работа Бузякова Рустама Равильевича является законченной научно-квалификационной работой, в которой решены все поставленные задачи. Тема исследования является актуальной и соответствует принципам достоверности и академической честности. Работа имеет теоретическую и практическую ценность и соответствует установленным в Республике Казахстан требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней».

Диссертационная работа Бузякова Рустама Равильевича на тему «Исследование и разработка энергоэффективного электротехнического нагревательного устройства в качестве альтернативного источника тепловой энергии» рекомендуется к защите на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности 6D071800 – «Электроэнергетика».

Автор диссертации – Бузяков Р.Р. заслуживает присуждения ему степени доктора философии по специальности 6D071800 – «Электроэнергетика».

Научный консультант

**доктор технических наук, профессор
ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский
Томский политехнический университет»
(Российская Федерация, г. Томск)**

А.В. Юрченко

**Подпись Юрченко А.В. заверяю.
Ученый секретарь ФГАОУ ВО
«Национальный исследовательский
Томский политехнический университет»**



В.Д. Новикова