

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Шакирова Руслана Айваровича

**«Оптимальные теплогидравлические характеристики поверхностных интенсификаторов теплообмена»**, представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.14 – «Теплофизика и теоретическая теплотехника»

На сегодняшний день пассивная интенсификация конвективного теплообмена поверхностными генераторами вихрей различной формы остается наиболее эффективным способом обеспечения теплогидравлической эффективности поверхностных теплообменных устройств. Данное направление исследований полностью укладывается в энергетическую стратегию развития РФ. Кроме того, исследования, направленные на интенсификацию теплообменных процессов, включены в перечень приоритетных направлений развития науки, технологий и техники, а также в перечень критических технологий РФ. Полученные в диссертационной работе результаты и предложенный метод исследования однофазной вынужденной конвекции позволяют проектировать энергоэффективное теплообменное оборудование, а предложенный автором способ интенсификации теплообмена позволяет эксплуатировать поверхностные теплообменные устройства с обеспечением максимальной теплогидравлической эффективности.

Целью данной работы ставилась разработка метода исследования однофазной вынужденной конвекции в широком диапазоне свойств теплоносителей, режимных и геометрических характеристик трубчатых и пластинчатых теплообменных устройств с поверхностными интенсификаторами различной формы, а также способа интенсификации теплообмена на основе интеллектуального управления режимными характеристиками теплообменного оборудования.

Разработка нового метода исследования однофазной вынужденной конвекции вызвана получением единой компьютерной модели по характеристикам пассивных поверхностных интенсификаторов теплообмена, поскольку эмпирические математические модели разных исследователей справедливы только в диапазонах опытов при определенных граничных условиях и выполнены с использованием оборудования с различными метрологическими характеристиками. Расчет оптимальных характеристик интенсифицированных поверхностей предполагает знание обобщенной математической модели в виде функционалов оптимизации от факторов влияния. К сожалению, традиционный подход не позволяет получить корректные единые обобщенные взаимозависимости для описания процессов интенсификации. Предложенный автором метод исследования, основанный на нейросетевом моделировании поверхностной интенсификации теплообмена, позволяет установить

взаимозависимости между режимными и геометрическими характеристиками поверхностных интенсификаторов теплообмена.

Главная практическая ценность диссертации заключается в разработке комплекса прикладных программ, реализующих предложенный метод исследования. Комплекс прикладных программ, функционирующий на основе установленных взаимосвязей, позволяет проектировать энергоэффективные теплообменные поверхности, за счет нейросетевого моделирования тепловой, гидравлической или теплогидравлической эффективности по заданным пользователем геометрическим и режимным характеристикам поверхностных интенсификаторов теплообмена, а также оптимальные значения геометрических или режимных характеристик по отдельности. Кроме того, разработанная нейросетевая модель поверхностной интенсификации теплообмена и установленные взаимосвязи между режимными и геометрическими характеристиками поверхностных интенсификаторов теплообмена позволяет реализовать способ интенсификации теплообмена на основе интеллектуального управления режимными характеристиками поверхностных теплообменных устройств. Способ реализован при интенсификации устройства охлаждения природного газа на выходе компрессорного цеха линейной части магистрального газопровода.

С практической точки зрения интерес представляют следующие результаты.

1. Впервые произведено обобщение результатов экспериментальных исследований в среде искусственных нейронных сетей.

2. Разработан метод исследования однофазной вынужденной конвекции в широком диапазоне свойств теплоносителей, режимных и геометрических характеристик поверхностных интенсификаторов теплообмена, позволяющий работать с данными за пределами диапазонов экспериментальных исследований.

3. Разработан способ интенсификации теплообмена, позволяющий реализовать прескриптивное и предиктивное управление режимами работы теплообменного оборудования, обеспечивающий энергоэффективный теплообмен.

4. По результатам исследования определены наиболее эффективные типы поверхностных интенсификаторов и получены их оптимальные режимные и геометрические характеристики.

Результаты работ прошли апробацию на международных, всероссийских научно-технических конференциях и достаточно полно отражены в публикациях в ведущих российских и зарубежных научных изданиях.

Представленный в автореферате материал соответствует паспорту специальности 01.04.14 – «Теплофизика и теоретическая теплотехника».

Существенных замечаний по работе не имеется.

По своей актуальности, новизне, теоретической и практической значимости диссертация соответствует требованиям пунктов 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утверждённого Постановления Правительства

Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842, в части касающейся требований предъявляемым ВАК России к научно-квалификационным работам на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.14 – «Теплофизика и теоретическая теплотехника».

Ведущий научный сотрудник  
научно-исследовательского отдела  
метрологического обеспечения средств  
и систем измерений расхода  
и количества жидкости

ВНИИР – филиала ФГУП «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева»,  
доктор технических наук, доцент

Щелчков Алексей Валентинович

Шифр научной специальности 01.04.14 «Теплофизика и теоретическая теплотехника»

Подпись А. В. Щелчкова удостоверяю,

Заместитель директора филиала

ВНИИР – филиала ФГУП «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева»



Тайбинский Алексей Семенович

5 сентября 2022 г.

Сведения об организации: Всероссийский научно-исследовательский институт расходомерии – филиал Федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им.Д.И.Менделеева» Россия, 420088, Республика Татарстан, г. Казань, ул. 2-ая Азинская, д. 7 а, телефон: +7 (843) 272-70-62, факс: + 7 (843) 272-00-32, e-mail: office@vniir.org, официальный сайт: <http://www.vniir.org>