ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу и автореферата Рафизоды Саидбега Сами на тему «Исследование теплофизических, термодинамических и реологических свойств теплоносителей внедренных нанопорошка гидразина», представляемой на соискание ученой степени кандидата технический наук по специальности 2.2. Астрофизика, физика, электроника, фотоника, приборостроение и связь (2.2.32. Теплофизика и теоретическая теплотехника)

Актуальность темы исследования. систематические исследования физико-химических и реологических свойств материалов, включая динамическую и кинематическую вязкость, дают важные сведения об их природе и определяют области их практического применения. Развитие физики жидкого состояния во многом опирается на данные о теплофизических и термодинамических свойствах жидкостей и растворов. Эти сведения вносят весомый вклад в изучение механизмов переноса тепла, межчастичного взаимодействия, моделирование структуры веществ, а также в исследование процессов образования и разрушения молекулярных комплексов. Особый технический интерес представляют водно-этиленгликолевые смеси с добавлением наноразмерного порошка гидразина. Они востребованы в строительной индустрии, машиностроении и смежных отраслях в качестве эффективных поглотителей, растворяющих агентов и связующих компонентов, что диктует необходимость всестороннего изучения их характеристик для внедрения в производство.

В данной работе предпринято комплексное экспериментальное и теоретическое исследование физико-химических (удельная плотность, коэффициент теплопередачи), реологических (вязкость) и кинетических свойств этиленгликоля и его водных растворов с нанопорошком гидразина в широком диапазоне температур и давлений. Полученные результаты позволяют научно обосновать условия применения таких систем в качестве эффективных охлаждающих жидкостей или рабочих тел в процессах массо- и

теплопередачи. Кроме того, собранные авторами массивы экспериментальных данных послужили основой для разработки точных математических моделей и вывода корреляционных уравнений, описывающих теплофизическое поведение исследуемых растворов.

Диссертационная работа по своей тематике, методам исследований и научным положениям соответствует паспорту специальности 2.2.32. Теплофизика и теоретическая теплотехника (отрасль 2.2. Астрофизика, физика, электроника, фотоника, приборостроение и связь).

Научная новизна: в этом разделе соискателем впервые получены комплексные экспериментальные данные о теплофизических, термодинамических, кинетических и реологических свойствах (включая динамическую и кинематическую вязкость, удельный вес и коэффициент теплопередачи) бинарных водно-этиленгликолевых смесей с добавлением наноразмерного порошка гидразина в широком диапазоне температур и давлений. Установлены закономерности влияния концентрации наноразмерного порошка гидразина и параметров состояния (температуры и давления) на механизмы переноса тепла, процессы молекулярного комплексообразования и фазовую стабильность исследуемых многокомпонентных систем. Разработаны новые математические модели и получены обобщающие корреляционные уравнения, адекватно описывающие теплофизическое и реологическое поведение исследуемых нанофлюидов, что позволяет с высокой точностью прогнозировать их свойства в процессах массо- и теплопередачи. Дано теоретическое и экспериментальное обоснование эффективности использования водно-этиленгликолевых смесей, модифицированных нанопорошком гидразина, в качестве высокоэффективных теплоносителей, рабочих тел или связующих компонентов для нужд машиностроения и строительной индустрии.

Основные положения, выносимые на защиту:

- комплекс экспериментальных данных по теплофизическим, термодинамическим и реологическим свойствам (плотность, кинематическая и динамическая вязкость, коэффициент теплопередачи) этиленгликоля и водно-этиленгликолевых смесей с добавлением наноразмерного порошка гидразина в широком диапазоне температур и давлений.

- установленные закономерности и физико-химические механизмы влияния концентрации наночастиц гидразина, температуры и давления на процессы тепло- и массопереноса, межчастичные взаимодействия и стабильность структуры исследуемых нанофлюидов.

- математические модели и обобщающие корреляционные уравнения, описывающие и прогнозирующие зависимость вязкости и теплофизических характеристик водно-этиленгликолевых наносистем от параметров состояния.

- научно-методическое обоснование эффективности применения исследованных модифицированных смесей в качестве рабочих тел и высокоэффективных охлаждающих жидкостей (теплоносителей) для систем теплообмена в машиностроении и строительной индустрии.

Вопросами исследования основных теплофизических, термодинамических и реологических свойств химически чистых жидкостей и растворов, а также с различным массовым содержанием нанодобавок в условиях разных параметров состояния занимаются на отечественные, так и зарубежные ученые. Зарубежными учеными: Штехер М.С., Ахундов Т.С., Гусейнов К.Д., Голубев И.Ф., Лабинов М. С., Тернер Д. И., Голик А. З., Амирханов Г. И. и др. Также отечественными учеными: Давлатова Р. Дж., Зарипова М.А., Сафарова М.М. и др. Механизм переноса исследован частично, однако вопросы о причинах и механизмах этих свойств для отдельных групп чистых органических жидкостей и жидкостей с добавлением наночастиц не решены. Поэтому соискатель направил работа

посвящал анализу и изучению теплофизических, термодинамических и реологических свойств теплоносителей с нанопорошком гидразина.

В первой главе диссертации дано краткий обзор литературы, посвященной изучению теплофизических, реологических и кинетических характеристик технических растворов, а также представлены результаты по изучению практического применения результатов исследования различных авторов и соответствующий обзор литературы, посвященной исследованию гидразина и этиленгликоля.

Вторая глава посвящена детальному описанию экспериментальных установок, использованных в процессе выполнения исследовательской работе. В этой главе представлено полное описание схем, характеристик, предназначение и порядок выполнения работ на них. С помощью серии проведенных экспериментов на данных установках с учетом изменения параметров состояния была установлена степень влияния концентрации нанопорошка гидразина на теплофизические и термодинамические свойства исследованных растворов.

В третьей главе приводится способ гидразинная обработка питательные воды электрических станции. Гидразинная обработка вместе с термической деаэрацией питательных вод котлоагрегата является основным мероприятием для предохранения металла пароконденсатного тракта от коррозии, возникающей из-за присутствия кислорода и удаления окислов железа в питательной и котловой воде и кислорода в конденсаторе турбин. обычно обработка гидразином рекомендована всем ТЭС, работающих на прямоточных котлах высокого давления.

Глава 4 посвящена результатам опытного исследования кинетических термодинамических и теплофизических свойств растворов нанопорошка гидразина, а также степень их влияния на физико-химические свойств изученных веществ. С помощью экспериментально полученных данных динамической вязкости и плотности исследованных растворов рассчитаны

коэффициент кинематической вязкости жидких растворов при различных параметрах состояния и концентрации, внедренных в теплоносителях нанопорошка гидразина. Кроме того, зная расчетные данные по динамической и кинематической вязкости рассчитаны критерии Прандтля.

Пятая глава посвящена анализу и соответствующим методикам обработки и обобщения полученных экспериментально данных. Представлены расчетные способы таких параметров как плотность, теплопроводности адсорбирующие свойства образцов исследования в зависимости от концентрации нанопорошка гидразина.

Диссертант акцентирует внимание на важности формирования физико-химические, теплофизические, термодинамические, реологические и кинетические закономерности, а также молекулярно-структурные изменения и процессы тепло- и массопереноса, протекающие в базовых теплоносителях (этиленгликоле и его водных растворах) при введении в них наноразмерного порошка гидразина в различных концентрациях и при варьировании параметров состояния (температуры и давления).

При решении указанных задач автор использует комплексный подход, предусматривающий полноценный физико-химический, термодинамический и гидродинамический анализ исследуемых систем.

Методология работы включает глубокий теоретический анализ существующих подходов в физике жидкого состояния, проведение прецизионных экспериментальных измерений, а также математическое моделирование процессов тепло- и массопереноса. Это подчеркивает высокий уровень научной новизны исследования и его фундаментальную и практическую значимость для теплофизики, теплоэнергетики и промышленного машиностроения.

Многочисленные публикации и автореферат диссертации адекватно отражают ее содержание.

Замечания к диссертации

1. В первой главе автор уделяет значительное внимание теоретическому анализу существующих подходов к исследованию переносных и термодинамических свойств жидкостей. Однако для более глубокого понимания проблемы было бы целесообразно дополнить обзор работами других авторов, исследующих влияние наноразмерных модификаторов на реологические характеристики базовых теплоносителей. Это позволило бы расширить контекст исследования и более четко подчеркнуть специфику водно-этиленгликолевых смесей как сложных многокомпонентных систем.

2. Во второй главе автору рекомендуется расширить описание практического применения предложенных экспериментальных методов и измерительных комплексов (в частности, метода нагретой нити). Представление конкретных примеров калибровки и использования данных установок для различных типов наножидкостей позволит усилить практическую и методическую значимость главы.

3. В третьей главе детально проработана технология применения гидразина в конденсатно-питательном тракте для предотвращения кислородной коррозии. Для повышения убедительности стоит акцентировать внимание на специфике внедрения данной технологии на различных типах теплоэнергетических объектов (например, на ТЭЦ разной мощности или промышленных котельных). Это поможет продемонстрировать гибкость предложенного водно-химического режима и его универсальность в различных эксплуатационных контекстах.

4. По оформлению: Оформление работы в целом выполнено корректно, однако в некоторых местах библиографический список (в частности, описания патентов и нормативно-технической документации ТЭС) требует уточнения в соответствии с действующими стандартами.

5. В работе имеются незначительные орфографические недочёты.

Отмеченные замечания носят частный характер, касаются отдельных аспектов работы и не оказывают существенного влияния на общую научно-практическую ценность исследования. В целом диссертация представляет собой самостоятельное, завершенное и оригинальное научное исследование, вносящее значительный вклад в физику жидкого состояния и теплофизику. Все ключевые положения работы глубоко аргументированы и достоверно обоснованы, что подчеркивает ее высокую научную значимость.

В заключении диссертационного исследования автор подводит итоги проделанной работы, акцентируя внимание на значимости разработанного комплекса моделей и уравнений для прогнозирования теплофизических и реологических свойств модифицированных теплоносителей. Подчеркивается важность инновационного подхода к созданию наноструктурированных жидких систем, обладающих повышенной эффективностью в процессах тепло- и массопереноса, что полностью соответствует современным запросам теплоэнергетики и промышленного машиностроения. Автор также предлагает конкретные рекомендации по практическому применению полученных результатов для проектирования высокоэффективных систем охлаждения и теплообменных аппаратов нового поколения.

Представленная диссертационная работа является глубоким и своевременным научно-исследовательским трудом, который существенно расширяет теоретическую базу теплофизики и физики жидкого состояния. Ее высокая научная ценность обусловлена успешным сочетанием фундаментального физико-химического анализа с решением прикладных задач по оптимизации современных систем теплообмена. Автору удалось преодолеть разрыв между теоретическими моделями и реальным инженерным применением, предложив научно верифицированную методику прогнозирования свойств наноструктурированных теплоносителей в условиях динамически меняющихся температурных и барических режимов.

Особого внимания заслуживает безупречно выстроенный методологический аппарат исследования. Внедрение наноразмерного порошка гидразина в базовые водно-этиленгликолевые растворы детально обосновано с позиций термодинамики и гидродинамики. Разработанные полуэмпирические модели и полученные массивы прецизионных экспериментальных данных выгодно отличают эту работу от существующих аналогов в данной предметной области. Исследование задает новый вектор в проектировании и расчете высокоэффективных охлаждающих жидкостей нового поколения, что имеет стратегическое значение для промышленного машиностроения и энергетики.

Заключение

Диссертационная работа Рафизоды Саидбега Сами на тему «Исследование теплофизических, термодинамических и реологических свойств теплоносителей внедренных нанопорошка гидразина», представляет собой завершённое и логически стройное научное исследование, направленное на решение важной и актуальной проблемы в области теплофизики и теоретической теплотехники. Работа имеет высокую научную ценность как для теоретического, так и для практического аспектов теплофизики и теоретической теплотехники, поскольку затрагивает ключевые вопросы совершенствования методов экспериментального и аналитического исследования переносных и термодинамических свойств рабочих сред в условиях интенсивного развития нанотехнологий.

В выводах и рекомендациях, представленных автором, чётко прослеживаются научная обоснованность и соответствие современным физико-химическим парадигмам, ориентированным на разработку и внедрение высокоэффективных теплоносителей с регулируемыми свойствами. Результаты работы оказывают значительное влияние на дальнейшее развитие отечественной теплофизической науки и инженерной практики в сфере промышленной теплоэнергетики, а также имеют

непосредственную практическую ценность для усовершенствования водно-химических режимов, предотвращения коррозии и оптимизации процессов тепломассообмена в конденсатно-питательных трактах теплоэлектростанций.

Диссертационное исследование полностью соответствует требованиям пунктов 8-10 «Порядка присуждения ученых степеней» (Постановление Правительства Республики Таджикистан от 28.08.2026 г. №591), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук. На основании представленных результатов, научной новизны, обоснованных выводов и практической значимости работы, автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности специальности 2.2. Астрофизика, физика, электроника, фотоника, приборостроение и связь (2.2.32. Теплофизика и теоретическая теплотехника)

Официальный оппонент:
заместитель директора по науке и
учебной работе Института водных проблем,
гидроэнергетики и экологии НАНТ
кандидата технических наук Алиев Ф.А.

Адрес: 734025, г. Душанбе, ул. Бофанда, 5/2.
Тел.: +992 906-34-24-24
E-mail: firdavs.aliev.2016@mail.ru

Подпись к.т.н. Алиева Ф.А. удостоверяю:
Начальник отдела кадров
и делопроизводства
Института водных проблем,
гидроэнергетики и экологии НАНТ Адамкулова С.С.

Адрес: 734025, Республика Таджикистан,
г. Душанбе, ул. Бофанда, 5/2.
Тел.: +992 93 474 88 66; +992 93 440 65 04.
E-mail: info@imoge.tj
«30» 10. 2026 г.