

## ОТЗЫВ

официального оппонента на автореферат и диссертационную работу Рафиева Саидбега Самиевича на тему «Исследование теплофизических и термодинамических свойств теплоносителей внедренных нанопорошка гидразина», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника

**Актуальность.** В настоящее время существенное внимание уделяется мерам по повышению энергоэффективности и надежности различных энергетических систем. Важным компонентом любой энергетической установки являются теплообменные установки (паровые котлы, паровые конденсаторы и т.д.), использующие разного рода теплоносители. Физико-химические свойства промежуточных теплоносителей оказывают существенное влияние на работоспособность и теплопередающие характеристики составных частей теплообменных аппаратов. Для ослабления или исключения влияния коррозионных процессов в энергомашиностроении активно применяют гидразинную обработку теплоносителя. Соединения гидразина, обладая сильными восстановительными свойствами, обуславливают восстановление кислорода, нитритов, окислов железа и меди, создание на поверхности металла теплоэнергетического оборудования устойчивой защитной пленки как при рабочих параметрах, так и при низких температурах, обеспечивая надежную и экономичную эксплуатацию энергетического оборудования. Включение дополнительных компонентов в основной теплоноситель приводит к изменению его физических свойств, что требуется учитывать при проектировании и эксплуатации энергетического оборудования. В связи с этим, применение подобных веществ требует комплексного исследования их теплофизических и термодинамических свойств, которые позволят определить наиболее рациональную область их эксплуатации, что несомненно является актуальной проблемой.

**Целью диссертационной работы** является экспериментально исследование физико-химических свойств (эффективной теплопроводности, плотности, вязкости) растворов этиленгликоля при различных параметрах состояния и концентрациях нанопорошка гидразина.

Для достижения поставленной цели соискателем успешно решены **следующие задачи**: 1) выбор методов и средств измерений теплофизических и реологических характеристик объектов исследований; 2) проведение экспериментальных исследований теплофизических и реологических свойств объектов исследования при различных параметрах состояния и концентрации нанопорошка гидразина; 3) обработка экспериментальных данных и получение аналитических уравнений, устанавливающих зависимости теплофизических и реологических свойств объектов исследования от параметров состояния и концентрации нанопорошка гидразина.

**Научная новизна**, представленной диссертационной работы, заключается в следующем: 1) получены экспериментальные данные о теплофизических (теплопроводность), физических (плотность) и реологических (динамической и кинематической вязкостей) свойств водных растворов этиленгликоля с различными концентрациями нанопорошка гидразина в интервале температур 273...363 К и для диапазона давлений 0,101...14,42 МПа; 2) получены эмпирические уравнения для расчёта теплопроводности, плотности, коэффициентов динамической и кинематической вязкостей водных растворов этиленгликоля с различной концентрацией нанопорошка гидразина в интервале температур 273...363 К и для диапазона давлений 0,101...14,42 МПа.

В качестве **практической значимости** представленной работы следует отметить следующее: 1) проведено усовершенствование измерительной аппаратуры, используемой для измерений теплопроводности наножидкостей (малый патент № ТЖ 923, 2017) и адсорбционных свойств наноматериалов (малый патент № ТЖ 1279, 2021); 2) результаты исследований теплофизических и реологических свойств этиленгликоля и его водных растворов с различными концентрациями нанопорошка гидразина, полученные в интервалах температур

273...363 К и давлений 0,101...14,42 МПа, внедрены в Институте промышленности Министерства промышленности и новых технологий РТ, а также используются в учебном процессе в Таджикском государственном педагогическом университете им. Садриддина Айни и в Таджикском техническом университете им. академика М. С. Осими.

**Достоверность** полученных результатов подтверждается применением апробированных методов теплофизических и реологических измерений, применением фундаментальных термодинамических законов, учетом опыта работы с исследуемыми объектами.

**Общая характеристика.** Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка используемой литературы и приложений. Основной список используемой литературы включает 158 наименований. Основная часть диссертации изложена на 202 страницах. Текст диссертации содержит 46 рисунков и 42 таблицы.

**Во введении** соискателем обоснована актуальность темы диссертационной работы, поставлена цель и определены задачи исследований, сформулированы научная новизна и положения, выносимые на защиту, приведены теоретическая и практическая значимости работы, отмечены личный вклад автора и степень достоверности полученных результатов.

**В первой главе** дан обзор литературы, посвященной изучению теплофизических и реологических характеристик разной категории технических растворов, в том числе твердых смесей.

**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 реологические свойства исследованных растворов.

**В третьей главе** приводятся сведения о схемах и способах гидразинной обработки технической воды, используемой в парогенераторах ТЭЦ.

**В четвертой главе** представлены результаты экспериментальных исследований теплофизических и реологических свойств водных растворов этиленгликоля с добавлением нанопорошка гидразина.

**Пятая глава** посвящена анализу и соответствующим методикам обработки и обобщения экспериментальных данных. Представлены расчетные соотношения для теплофизических и реологических свойств образцов исследования в зависимости от концентрации нанопорошка гидразина.

**В приложении** представлены таблицы с итогами сравнительного анализа экспериментальных и расчетных данных. Приводятся акты о внедрении результатов исследовательской работы.

В целом диссертационная работа представляет собой законченный труд, написанный в соответствии с существующими требованиями к содержанию и оформлению научных публикаций. Автором выполнено актуальное, научное исследование, связанное с исследованием теплофизических и реологических свойств исследуемых объектов. Полученные результаты имеют научное и практическое значение.

Автореферат полностью отражает содержание диссертационной работы, основные материалы которой представлены в цитированных работах. Основные научные результаты диссертационной работы опубликованы в 30 научных работ. Из них 6 изданы в журналах, рекомендуемых ВАК при Президенте Республики Таджикистан, включая одну единоличную (без соавторов) и 19 тезисов докладов на научно-технических конференциях. Получено 5 малых патента Республики Таджикистан. Основные положения рассматриваемой работы обсуждались на 14 международных научно-технических конференциях.

По тексту диссертации и автореферата имеются следующие замечания и вопросы:

1. Из текста автореферата и диссертации непонятно по какой причине автором выбраны верхние пределы значений для температуры 363 К и давления 14,42 МПа?

2. При формулировке задач автором указана одна из задач: «обосновать необходимость использования методов нагретой нити, гидростатического взвешивания, капиллярного вискозиметра при экспериментальном исследовании теплофизических, реологических и кинетических свойств объектов исследования». В основном тексте диссертации и автореферата автор не делает обоснования выбранных методов, а сразу приводит их описание в главе 2.

3. В табл. 1.1 указана прочность при растяжении и изгибе и вписан диапазон значений «35-50». Непонятно каким образом трактовать данную запись.

4. На стр. 17 диссертации автор пишет «...в качестве теплоносителя (антифриз, хладагент) в автономных системах...». На практике не принято теплоноситель называть хладагентом. В холодильной технике термин “хладагент” применяется к веществам, с помощью которых реализуется холодильный цикл.

5. Таблица 1.5. называется «Основные характеристики и свойства гидразина при температуре 298 К», однако в таблице приведены температуры плавления, кипения, вспышки, критическая и самовоспламенения.

6. На стр. 25 диссертации указана формула (2.4), в тексте отсутствуют пояснения к её назначению. Требуется пояснения по данному выражению.

7. Весьма странно выглядит параграф 2.6. Он содержит только рисунок и один абзац текста. Нет описания методики измерений.

8. В выводах к главе 2 в п.3 указано, что «Путем соответствующего анализа были предложены уравнения для расчета теплопроводной способности коллоидных наножидкостей...». В главе 2, да и в работе в целом теплотворная способность не рассматривалась.

9. К сожалению, глава 3 не содержит информации, соответствующей специальности 01.04.14 «Теплофизика и теоретическая теплотехника», и не отражает результатов работы автора. Данный материал стоило бы сократить и поместить в первой главе работы.

10. Автором в параграфе 4.1 на стр. 53 указано, что теплопроводность водного раствора этиленгликоля была численно определена с помощью модели Максвелла. В диссертации автор не приводит использованную модель.

11. В тексте диссертации на стр. 58 представлен рис. 4.6. Данный рисунок весьма перегружен информацией, очень много точек, сложно проводить какой-то анализ.

12. Из текста автореферата и диссертации неясно почему для приготовления растворов этиленгликоля требуется 2 недели?

13. На стр. 109 диссертации автор пишет, что «Однако, наличие гидразина в растворе заметно влияет на характер  $\lambda(T)$ . Появление аномалий на кривых  $\lambda(T)$  является одним из подобных примеров...». Требуются пояснения о каких аномалиях идёт речь, выше по тексту автором показано, что  $\lambda(T)$  имеет линейный характер для исследуемых растворов.

14. На стр. 111 диссертации представлена таблица с теплофизическими свойствами раствора этиленгликоля с добавлением нанопорошка гидразина. В таблице приведена температуропроводность данного раствора, которую автор определял по тождеству (4.4) с использованием данных об изобарной удельной теплоемкости раствора. Каким образом определялась данная физическая величина? По данному поводу сведений в диссертационной работе не представлено.

15. По тексту автореферата и диссертации имеется очень много грамматических ошибок, неточностей и опечаток, что существенно затрудняет изучение представленного материала.

Следует отметить, что сформулированные замечания не влияют на общую положительную оценку данной работы.

**Заключение.** Новизна научных положений и научных результатов, представленных на защиту, не вызывает сомнений. Диссертационная работа соответствует паспорту специальности 01.04.14 “Теплофизика и теоретическая теплотехника” и отрасли наук – технические. Считаю, что диссертационная работа Рафиева Саидбега Самиевича на тему «Исследование теплофизических и термодинамических свойств теплоносителей внедренных нанопорошка гидразина» полностью соответствует требованиям «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого Постановлением Правительства Республики Таджикистан от 30.06.2022 г. № 267, а её автор достоин присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 01.04.14 “Теплофизика и теоретическая теплотехника”.

Официальный оппонент,  
Руководитель образовательного центра  
«Энергоэффективные инженерные системы» Университета ИТМО,  
доктор технических наук, профессор



Баранов Игорь Владимирович

27 марта 2024 г.

**Контактные данные:**

191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, д. 9.  
тел.: +79112333432, e-mail: ivbaranov@itmo.ru

Подпись официального оппонента И.В. Баранова заверяю



## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Рафиева Саидбега Самиевича на тему «Исследование теплофизических и термодинамических свойств теплоносителей внедренных нанопорошка гидразина», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.14 - теплофизика и теоретическая теплотехника

### **Актуальность избранной темы диссертации**

В настоящее время изучение механизмов переноса тепла, межчастичного взаимодействия, моделирования структуры жидких веществ, изучения процессов образования молекулярных комплексов и их разрушения, решения проблем смешиваемости и растворимости, а также определения наиболее рациональной области их эксплуатации, несомненно является актуальной проблемой, требующая научно-обоснованный подход к ее решению.

Диссертационная работа Рафиева С.С. посвящена экспериментально-теоретическому решению данного вопроса. Тематика которого охватывает изучение теплофизических и термодинамических свойств теплоносителей внедренных нанопорошка гидразина при различных температурах и давлениях, способствующие их эффективному применению в качестве теплоносителя, либо рабочего вещества в процессах массо- и теплопереноса.

### **Общие принципы построения и структуры работы**

**Структура диссертационной работы.** Диссертационная работа состоит из введения, пять глав, выводы, перечня использованной литературы (158 наименований) и приложения. Работа объемом в 202 страницы содержит 42 таблицы и 46 рисунков, а приложение представлено на 42 страницах.

**Во введении** обоснуется актуальность выбранной темы исследования, ее научное и практическое значение.

**В первой главе** дан 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.

**Во второй главе** диссертационной работы представлено полное описание экспериментальных установок, использованных в процессе выполнения исследовательской работе, 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 гидразинной обработки питательной воды электрических станций. Гидразинная обработка вместе с термической деаэрацией питательной воды 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.

**В заключении автором** сформулированы основные выводы по работе, которые достаточно полно отражают результаты выполненного исследования. Выводы адекватны использованным методам, следуют из полученного экспериментального материала, достаточно аргументированы и хорошо отражают научную и практическую значимость диссертации, что даёт основание говорить об обоснованности защищаемых диссертантом положений.

**Степень достоверности результатов исследования.** Достоверность результатов работы обеспечена применением апробированных методик, полным метрологическим обеспечением измерительных установок, а также правильным использованием теории эксперимента и погрешностей измерения и удовлетворительным соответствием расчетных и экспериментальных данных по исследованным параметрам.

Результаты работы изложены в статьях, которые прошли экспертизу перед опубликованием в рецензируемых научных журналах.

**Научная новизна** работы заключается в создании экспериментальной установки для определения теплопроводности наножидкостей (малый патент №ТJ 923, 2017. 5 с.) и коэффициента адсорбции наноматериалов (малый патент №ТJ 1279, 2021. 9 с.).

Получены данные по коэффициенту эффективной теплопроводности, плотности, коэффициентов динамической и кинематической вязкости этиленгликоля и его водных растворов с различными концентрациями нанопорошка гидразина в интервале температуры (273-363) К и давления (0,101-14,42) МПа.

Путем обработки и соответствующего обобщения результатов экспериментальных измерений автором, был получен ряд аппроксимационных уравнений.

**Теоретическая и практическая значимость работы:** заключается в составлении подробных таблиц теплопроводности, плотности, коэффициентов динамической и кинематической вязкости этиленгликоля и его водных

растворов с различными концентрациями нанопорошка гидразина в интервале температуры (273-363)К и давления (0,101-14,42)МПа, которые можно рекомендовать проектным организациям для их реализации в различных химических процессах в теплоэнергетике и машиностроении.

Результаты исследований по теплопроводности, плотности, коэффициентов динамической и кинематической вязкости этиленгликоля и его водных растворов с различными концентрациями нанопорошка гидразина в интервале температуры (273-363)К и давления (0,101-14,42)МПа внедрены в Институте промышленности Министерства промышленности и новых технологий РТ при расчетах модельных реакторов и технологических процессов, а экспериментальные данные используются как справочные (акт внедрения прилагается).

Полученные экспериментальные данные в виде справочного материала для исследованных двух- и трёхкомпонентных систем технических растворов можно использовать при создании математических и физических моделей при инженерных и конструкторских расчетах для установления и выбора оптимальных режимов работы различных механизмов и устройств.

Диссертантом впервые для исследованной группы наножидкостей были применены уравнения типа Тейта, Мамедова и Ахундова, а также численным способом были получены коэффициенты для их расчетов.

Созданная аппаратура для измерения плотности, теплопроводности (метод нагретой нити, монотонного разогрева, метод гидростатического взвешивание) водных растворов гидразина используется в Таджикском государственном педагогическом университете им. Садриддина Айни, в Таджикском техническом университете им. академика М. С. Осими, а также в Институте промышленности и новых технологий Республики Таджикистан (акты о внедрении прилагаются).

**Основные положения, выносимые на защиту:**

1. Созданные экспериментальные установки для определения теплопроводности наножидкостей и коэффициента адсорбции наноматериалов;

2. Полученные данные по коэффициенту эффективной теплопроводности, плотности, коэффициентов динамической и кинематической вязкости этиленгликоля и его водных растворов с различными концентрациями нанопорошка гидразина в интервале температуры (273-363)К и давления (0,101-14,42)МПа;

3. Расчетные данные теплопроводности, вязкости, плотности и критерия Прандтля для этиленгликоля и его водных растворов с различными концентрациями нанопорошка гидразина;

4. Полученные эмпирические уравнения для расчета коэффициента эффективной теплопроводности, плотности, коэффициентов динамической и кинематической вязкости этиленгликоля и его водных растворов с различными концентрациями нанопорошка гидразина в интервале температуры (273-363)К и давления (0,101-14,42)МПа.

**Личный вклад автора** заключается в анализе литературных данных, в постановке и решении задач исследований, подготовке и проведении экспериментальных исследований в лабораторных условиях, анализе полученных результатов, в формулировке основных положений и выводов диссертации.

**По результатам исследований опубликовано** 30 научных публикаций, 6 из которых опубликованы в журналах, рекомендуемых ВАК при Президенте Республики Таджикистан в том числе одна единоличная (без соавторов) и 19 тезисов докладов. Получено 5 малых патентов Республики Таджикистан.

Диссертационная работа Рафиева С.С. на тему «Исследование теплофизических и термодинамических свойств теплоносителей внедренных нанопорошка гидразина», соответствует паспорту специальности 01.04.14 «Теплофизика и теоретическая теплотехника» в части п.5. «экспериментальные и теоретические исследования однофазной, свободной и вынужденной конвекции в широком диапазоне свойств теплоносителей, режимных и геометрических параметров теплопередающих поверхностей», в части п.7. «Экспериментальные и теоретические исследования процессов совместного переноса тепла и массы в бинарных и многокомпонентных растворах с добавкой твердых наночастиц, включая химически реагирующие наножидкости».

### **Замечания по диссертационной работе**

Несмотря на указанные достижения, работа не лишена некоторых недостатков, к числу которых можно отнести:

1. Из текста автореферата и диссертации не понятно, в чем научная новизна созданных экспериментальных установок для определения теплопроводности наножидкостей и коэффициента адсорбции наноматериалов.

2. Чем обосновано выбор пределов температуры и давления.

3. Хотя автором утверждается, что «с помощью гидразина можно защищать от коррозии конденсаторы турбины, подогреватели низкого давления, конденсатный тракт, линии регенеративных отборов пара и т.д.», однако было бы лучше реализовать данное утверждение на практике. Это способствовало бы установить связь науки с производством, что является велением времени.

4. В автореферате и диссертации имеются некоторые грамматические и технические ошибки.

Однако, указанные замечания не умаляют достоинства диссертационной работы.

### Заключение

Диссертационная работа Рафиева Саидбега Самиевича на тему «Исследование теплофизических и термодинамических свойств теплоносителей внедренных нанопорошка гидразина» является законченной научно-исследовательской работой, автореферат и опубликованные работы соискателя полностью отражают результаты исследования, представленные в диссертационной работе.

Диссертационная работа Рафиева Саидбега Самиевича соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Республики Таджикистан от 30 июня соли 2021, № 267, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук.

Автор диссертационной работы, Рафиева Саидбега Самиевича, за полученные новые данные и объем выполненных исследований заслуживает присуждения искомой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника (технические науки).

#### Официальный оппонент,

доктор технических наук, профессор,

директор Филиала Агентства по химической, биологической, радиационной и ядерной безопасности НАН Таджикистан в Согдийской области

*X. M. Nazarov*



X.M. Назаров

**Адрес:** Таджикистан, 735730, Согдийская область, г. Бустон, ул. Б. Гафуров, 1 А

Телефон: (+992)918-67-64-44;

E-mail: [holmurod18@mail.ru](mailto:holmurod18@mail.ru)

Подпись официального оппонента д.т.н., профессора Назарова Х.М. **заверяю:**

Инспектор кадров Филиала Агентства по химической, биологической, радиационной и ядерной безопасности НАН Таджикистана в Согдийской области



*A. Adhamov*

А. Адхамов

Дата: «12» марта 2024 г.