

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

экспертной комиссии диссертационного совета 6D.KOA-041 в составе председателя комиссии - д.т.н., профессора Азизова Р.О., членов комиссии - к.т.н., доцента Тагоева С.А. и к.т.н., доцента Гадоева С.А., созданная решением диссертационного совета 6D.KOA-041 (протокол №6 от 03.10.2022г.), по диссертации Мирзоевой Кутос на тему «Влияние наночастиц с эффектами “памяти форм” различной фракции на изменение теплопроводности и плотности толуола при фазовом переходе», представляемая на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.14 - Теплофизика и теоретическая теплотехника.

Рассмотрев диссертационную работу Мирзоевой К. на тему «Влияние наночастиц с эффектами “памяти форм” различной фракции на изменение теплопроводности и плотности толуола при фазовом переходе», представляемую на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.14 - Теплофизика и теоретическая теплотехника, экспертная комиссия диссертационного совета 6D.KOA-041 при Таджикском техническом университете имени академика М.С. Осими сделала следующее заключение:

- диссертационная работа соискателя Мирзоевой Кутос на тему «Влияние наночастиц с эффектами “памяти форм” различной фракции на изменение теплопроводности и плотности толуола при фазовом переходе» соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения учёных степеней», утвержденным ВАК при Президенте Республики Таджикистан и предлагает допустить данную диссертационную работу к защите.

- диссертация на тему: «Влияние наночастиц с эффектами “памяти форм” различной фракции на изменение теплопроводности и плотности толуола при фазовом переходе» в полной мере соответствует специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника.

**Актуальность диссертационной работы.** Для эффективной реализации технологических процессов, связанных с теплообменом и опирающиеся на инженерные расчеты, требуется научно-обоснованная информация по теплофизическим свойствам рабочих веществ в широкой области изменения параметров состояния, включая и их фазовый переход с необходимостью получения достоверных данных по теплофизическим свойствам применяемых веществ.

Для численных расчетов и решения дифференциальных уравнений первого и второго порядка, описывающих процесс теплообмена при фазовых переходах, необходимы данные по коэффициенту эффективной теплопроводности в зависимости от температуры и давления. Применение неточных, либо приближенных данных касательно свойств веществ может стать результатом превышения габаритных размеров установок, а также технико-экономических характеристик. Эффективная теплопроводность и плотность являются важными контролируемыми параметрами в таких технологических



процессах. Исследование названных величин и их результаты необходимы для различных отраслей экономики и промышленности, таких как горнодобывающая, сельское хозяйство и медицина.

В связи с этим, уточнение значений теплопроводности и плотности наножидкостей, в том числе и с внедрением в них жидкого и газообразного толуола, представляет собой значительный резерв совершенствования технологического процесса.

В настоящее время на практике используются множество новых технологических процессов, которые сопровождаются высокими значениями температуры и давления, с использованием различных концентраций наночастиц в рабочем веществе, а также различной фракции и эффектом «памяти форм», используемые для совершенствования и интенсификации ранее существующих процессов, которые широко применяются в химической, топливной, машиностроительной промышленности, а также в электронной и других отраслях.

Исследования эффективной теплопроводности и плотности растворов системы органических жидкостей (толуол) и диоксида титана, в зависимости от температуры, давления, концентрации нанонаполнителей занимают особое научно-прикладное место и входят в состав основных физико-химических величин, описывающих свойства жидкостей, растворов и являются одним из главных параметров уравнения гидродинамики и теплообмена. Вместе с тем, изучение вышеназванных свойств исследуемых наножидкостей, главным образом, способствуют развитию и совершенствованию современной теории наножидкостей, установлению механизма межмолекулярного взаимодействия в жидкостях и растворах. Отсюда, исследования эффективной теплопроводности и плотности веществ является основополагающей современной молекулярно-кинетической теории газов и жидкостей.

**Целью работы является** исследование эффективной теплопроводности и плотности двухкомпонентных систем (наноразмерный диоксид титана различной фракции - 30, 50 и 70 нм и концентрации - до 0,5% + толуол) в интервале температур 293-433 К и давлений 0,101-14,42 МПа.

**Для реализации поставленной цели,** в работе рассмотрены и решены следующие задачи:

- осуществлен выбор и разработан метод исследования эффективной теплопроводности и плотности растворов (толуол + нано-размерный диоксид титана различной фракции (30, 50 и 70 нм) и концентрации (до 0,5%)), с учетом перехода системы из одного состояния в другое (на линии насыщения, в жидкой или паровой фазах);

- изучен и определен механизм переноса тепла в исследуемых образцах (наножидкостях);

- разработано и создано опытное устройство для определения эффективной теплопроводности (метод нагретой нити, патент РТ №ТТ) с возможностью регулирования температуры и давления в опытах;



- получены экспериментальные значения эффективной теплопроводности и плотности двухкомпонентных систем в диапазоне температур 293-433 К и давлений 0,101-14,42 МПа;

- выявлены зависимости теплопроводности и плотности изучаемых растворов от температуры (293-433 К), давления (0,101-14,42 МПа), концентрации (0 - 0,5%) наноразмерного диоксида титана различных фракций (30, 50 и 70 нм) с учетом фазового перехода и получение соответствующих аппроксимационных зависимостей;

- установлена взаимосвязь изучаемых параметров, т.е. эффективной теплопроводности и плотности жидкого и газообразного толуола при температурах от 293 до 433 К и давлениях от 0,101 до 14,42 МПа;

- получено соответствующее уравнение состояния (уравнение типа Тейта) для численного определения теплопроводности изучаемых систем.

#### **Научная новизна:**

1. Разработано устройство для измерения теплопроводности, адаптированное для исследования теплопроводности толуола и его механических смесей с твердофазным полистиролом при различных температурах (метод нагретой нити, патент РТ №ТJ 923).

2. Предложена методика численного определения теплопроводности для анализа процессов теплопереноса, а также численный способ определения размеров частиц в исследуемых веществах.

3. Получены эмпирические уравнения состояния для расчета теплопроводности и плотности исследуемых веществ при температурах 293-443 К, давлениях 0,101-14,42 МПа, а также установлена корреляция между этими свойствами.

4. Разработан метод расчета коэффициента эффективной теплопроводности, плотности наножидкостей (толуол + наночастицы с эффектом «памяти форм» различной фракции (30, 50 и 70 нм)) и коэффициентов уравнения состояния типа Тейта для исследуемых коллоидных растворов.

5. Получены экспериментальные данные по коэффициенту эффективной теплопроводности и плотности исследуемых растворов (толуол + наночастицы с эффектом «памяти форм» различной фракции (30, 50 и 70 нм)) в интервале температур 293-433 К и давлений 0,101-14,42 МПа.

6. Получены аппроксимационные зависимости, описывающие  $\lambda$ - $p$ - $T$ - $m$  с помощью уравнения состояния типа Тейта со статической обработкой экспериментальных данных.

7. Установлена зависимость коэффициента эффективной теплопроводности и плотности коллоидных растворов системы толуола и наночастиц с эффектами «памяти форм» в широком интервале параметров состояния  $T = 293$ -433 К,  $P = 0,101$ -14,42 МПа, включая жидкие и газообразные фазы вещества.

8. В работе успешно применен способ определения коэффициента активности нано-наполнителя (способ Алтунина В.А. и др.).



### **Практическая ценность работы:**

- составлены подробные таблицы ТФС технически важных веществ, в частности, для толуола в широком интервале температур (293-433 К) и давлений (0,101-14,12 Мпа), которые представляют практическую значимость и применение для проектных организаций, использующие эти данные для изучения разного рода процессов (химических, энергетических, технологических и т.д.);

- собранные экспериментальные устройства для измерения плотности, теплопроводности (метод нагретой нити, диламометрический) жидкостей и растворов приняты к использованию Таджикском техническом университете им. акад. М.С. Осими для специальности «Теплоэнергетика», а также в Институте промышленности и новых технологий РТ и др. (имеются акты о внедрении).

**Степень достоверности и апробация результатов.** Достоверность результатов исследований обеспечивается:

- использованием апробированных опытных устройств, обладающих большой точностью воспроизведения экспериментальных значений;

- соответствием полученных на них значений с другими широко известными данными, полученных в ходе применения известных физико-химических методов анализа;

- адекватным применением теории измерений и теории погрешностей, а также соответствием полученных экспериментальных с расчетными значениями;

- применением корректной математической модели физических процессов и численным решением дифференциальных уравнений, описывающих процессы тепломассопереноса модели Максвелла (теплопроводность), Дульнева (теплопроводность), Ленарда–Джонса (теплопроводность), Тейта (плотность), уравнения Мамедова–Ахундова (плотность), а также применением компьютерного моделирования;

### **По диссертационной работе имеются следующие замечания:**

- в диссертации приведены структуры рутила по результатам рентгенофазового анализа (рис. 1.2, стр. 32). По рисунку не ясно, что обозначает полученные пики?

- на рисунках 1.3 – 1.7 использован метод элементного анализа (АЭСА), с помощью которого определена структура нанопорошка диоксида титана. Непонятно, для чего проведено это исследование и где используются его результаты;

- в таблице 1.4 приведены результаты исследования теплопроводности толуола, но полученные результаты к каким фазам относятся (жидкой или газообразной) по тексту не понятны;



- в диссертации описаны две установки для измерения теплопроводности наножидкостей, но не известны пределы их измерения. Следовало бы использовать, на наш взгляд, одну из установок;

- в главе 3 приводятся результаты экспериментального измерения теплопроводности и плотности образцов, однако графически не описано влияние наноксида титана на изменение их величины;

- в 4-ой главе приведены результаты обработки экспериментальных данных, но не указаны где и как используются эти данные при математическом моделировании.

Приведенные замечания не умаляют значимость проведенных исследований и сделанных выводов.

**Личный вклад автора** заключается в постановлении и выборе задач, методов, путей решения этих задач, выявлении основных закономерностей процессов и явлений при получении теплоносителей, реализации экспериментов по исследованию теплопроводности и плотности, а также коэффициентов модифицированного варианта уравнения типа Тейта в условиях производства, а также соответствующем анализе и обработке результатов исследования, формулировке выводов по объему выполненных работ.

**Публикации.** По результатам исследований опубликовано 16-работ, в том числе 4-статей в журналах, рекомендованных ВАК при Президенте Республики Таджикистан (одна единоличная), получен 1 малый патент Республики Таджикистан и 11 материалов в республиканских и международных конференциях.

**Соответствие паспорту специальности.** По тематике, выбранным методикам исследования и предложенным новым научным положениям настоящая диссертация соответствует паспорту специальности научных работников 01.04.14 «Теплофизика и теоретическая теплотехника» части п. 5 «Экспериментальные и теоретические исследования однофазной, двухфазной, свободной и вынужденной конвекции в широком диапазоне свойств теплоносителей, режимных и геометрических параметров теплопередающих поверхностей», части п. 7 «Экспериментальные и теоретические исследования процессов совместного переноса тепла и массы в бинарных и многокомпонентных растворах с добавкой микро-, наночастиц с эффектами памяти, включая химически реагирующие наножидкости», части п. 9 «Разработка научных основ и создание методов интенсификации процессов тепло- и массообмена».

Оригинальность содержания диссертации составляет 77%.

#### **Комиссия рекомендует:**


1. Принять к защите диссертацию Мирзоевой Кутос на тему «Влияние наночастиц с эффектами “памяти форм” различной фракции на изменение теплопроводности и плотности толуола при фазовом переходе», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.14 - Теплофизика и теоретическая теплотехника.


2. Назначить официальными оппонентами:
- Назарзода Хайрулло Холназар, д.т.н., доцент, ректор Таджикского государственного университета коммерции (г. Душанбе);
  - Джураев Дадахон Собирджонович, к.т.н., и.о. доцента кафедры электроснабжения и автоматики политехнического института имени академика М.С. Осими (г. Худжанд).
3. Назначить в качестве ведущей организации:
- Бохтарский государственный университет имени Носира Хусрава (г. Бохтар).
4. Разрешить соискателю размещение объявления о защите, текста диссертации и автореферата Мирзоевой Кутос на сайтах Высшей Аттестационной Комиссии при Президенте Республики Таджикистан и Таджикском техническом университете имени академика М.С. Осими, публикацию и рассылку автореферата.

**Председатель комиссии:**

доктор технических наук, профессор  Азизов Р.О.

**Члены комиссии:**

кандидат технических наук, доцент  
кандидат технических наук, доцент  Тагоев С.А.  
Гадоев С.А.

**Подписи верны:** Ученый секретарь диссертационного совета 6D.KOA-041  
к.т.н. доцент  Тагоев С.А.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 г.

Подпись к.т.н., доцента Тагоева С.А. *заверяю.*

Начальник УК и СР ТТУ им. акад. М.С. Осими, Шарипова Д.А. 

