

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН**  
**Таджикский государственный педагогический университет**  
**имени Садриддина Айни**

*На правах рукописи*  
**УДК.519.72.66.022.6**



**МИРЗОЕВА Кутос**

**ВЛИЯНИЕ НАНОЧАСТИЦ С ЭФФЕКТАМИ “ПАМЯТИ ФОРМ”  
РАЗЛИЧНОЙ ФРАКЦИИ НА ИЗМЕНЕНИЕ ТЕПЛОПРОВОДНО-  
СТИ И ПЛОТНОСТИ ТОЛУОЛА ПРИ ФАЗОВОМ ПЕРЕХОДЕ**

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук по специальности  
**01.04.14 –Теплофизика и теоретическая теплотехника**

**Душанбе – 2022**

*Работа выполнена на кафедре “Общей физики” Таджикского государственного педагогического университета имени Садриддина Айни*

**Научный руководитель:** **Сафаров Махмадали Махмадиевич** Заслуженный деятель науки и техники Таджикистана, академик Международной инженерной академии (МИА), академик Инженерной академии (ИА) Республики Таджикистан, доктор технических наук, профессор

**Официальные оппоненты:** **Назарзода Хайрулло Холназар**, доктор технических наук, доцент, ректор Государственный университет комерции Таджикистана, г.Душанбе

**Джураев Дадахон Собирджонович**, кандидат технических наук, и.о. доцента кафедры электроснабжения и автоматики Политехнического Института Таджикского Технического университета имени академика М.С.Осими, г.Худжанд.

**Ведущая организация:** Бохтарский государственный университет имени Насыра Хусрава, кафедра общая физика, г.Бохтар

Защита диссертации состоится « 9 » января 2022г в 16<sup>00</sup> часов на заседании диссертационного совета 6D.KOA-041 при Таджикском техническом университете имени академика М.С.Осими, по адресу: 734042, г. Душанбе, проспект акад. Раджабовых 10а, e-mail: [d.s6d.koa.041@yandex.ru](mailto:d.s6d.koa.041@yandex.ru)

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Таджикского технического университета имени академика М.С.Осими и на официальном сайте университета <http://ttu.tj/>

Автореферат разослан « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 года.

**Ученый секретарь**  
**диссертационного совета 6D.KOA-041,**  
**кандидат технических наук, доцент**

**Тагоев С.А.**

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность работы.** Для того, чтобы получить наиболее универсальные и усовершенствованные технологические процессы, которые опираются на инженерные расчеты, требующие научно-обоснованную информацию по теплофизическим свойствам, применяемых в них используемых в этих процессах рабочих веществ в широкой области изменения параметров состояния, включая и их переход фазового равновесия. Для численных расчетов и решения дифференциальных уравнений первого и второго порядка, описывающих процесс теплообмена необходимы данные по теплофизическим свойствам, в частности коэффициенту эффективной теплопроводности в зависимости от температуры, давления и изменения фазового перехода. Применение неточных, либо приближенных данных касательно свойств веществ может стать результатом превышения габаритных размеров установок, тем самым и технико-экономических характеристик. Эффективная теплопроводность является одним из важных контролируемых параметров в таких технологических процессах. Исследование этих величин выполняются в таких отраслях экономики и промышленности, как горнодобывающая, сельское хозяйство и медицина. Методы измерений коэффициента теплопроводности могут быть разделены на теоретические и экспериментальные.

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

В данном случае при добавке в толуол наноразмерного диоксида титана ( $\text{TiO}_2$ ) различной фракции (30нм, 50нм и 70нм), меняются его физико-химические свойства. Исследования эффективной теплопроводности 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 одними из главных параметров уравнения гидродинамики, а также теплообмена. Изучение вышеперечисленных свойств изучаемых наножидкостей, главным образом, способствует развитию и совершенствованию современной теории наножидкостей, установлению механизма межмолекулярного взаимодействия в жидкостях и растворах. Таким образом, исследования эффективной теплопроводности веществ является основополагающей современной молекулярно-кинетической теории газов и жидкостей.

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

**Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:**

- выбор и разработка метода исследования эффективной теплопроводности и плотности растворов (толуол + наноразмерный диоксид титана различной фракции (30нм, 50нм и 70нм) (до 0,5%)) с учетом перехода системы из одного состояния в другое (на линии насыщения, в жидкой или паровой фазе);
- определение механизма переноса тепла в изучаемых образцах (наножидкостях);
- разработка и создание опытного устройства для исследования эффективной теплопроводности (реализация метода нагретой нити. Патент РТ №ТJ 923, 2017г., авторов Сафарова М.М. и др.) с возможностью изменения температуры и давления опыта;

- получение экспериментальных значений эффективной теплопроводности и плотности в диапазоне изменения температуры (293-433) К и давления (0,101-14,42) МПа;
- определение температурной зависимости теплопроводности и плотности изучаемых растворов в пределах (293-433)К, а также зависимости этих свойств от давления (0,101-14,42) МПа, концентрации (от 0 до 0,5%) наноразмерного диоксида титана с различной фракцией (30нм, 50нм и 70нм) с учетом фазового перехода и получение соответствующей аппроксимационной зависимости;
- установление взаимосвязи 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;
- получение соответствующего уравнения состояния (уравнение типа Тейта) для численного определения теплопроводности изучаемых систем.

***Научная новизна работы заключается в следующем:***

1. Разработано устройство, предназначенное для измерения теплопроводности, которое запатентовано (метод нагретой нити, Патент РТ №ТJ 923, 2017г.). В последствии оно было адаптировано для исследования теплопроводности твердых тел на основе толуола их механических смесей с твердофазным полистиролом при различных температурах.
2. Предложена методика численного определения ТФС для анализа процессов теплопереноса, а также численный способ определения размеров частиц в исследуемых веществах.
3. Получены эмпирические уравнения, уравнение состояния (УС) для расчёта ТФС, исследуемых веществ при температурах (293-443)К, давлениях (0,101-14,42)МПа, а также установлена корреляция между этими свойствами.
- 4.Разработаны методы расчета коэффициента эффективной теплопроводности, плотности наножидкостей (толуол+наночастицы с эффектами памяти форм различной фракции (30нм, 50нм и 70нм)) и коэффициентов уравнения состояния типа Тейта для исследуемых коллоидных растворов и статическая обработка полученных данных.
- 5.Использованы экспериментальные установки для измерения теплопроводности исследуемых наножидкостей системы (жидкий и газообразный толуол + наноразмерный диоксид титана).
- 6.Получены экспериментальные данные по коэффициенту эффективной теплопроводности и плотности исследуемых растворов (до 0,5% наноразмерного диоксида титана различной фракции (30нм, 50нм и 70нм)) в интервале температур (293-433) К и давлений (0,101-14,42) МПа.
- 7.Получены аппроксимационные зависимости, описывающие  $\lambda - P - T - m$  с помощью уравнения состояния типа Тейта и статической обработки экспериментальных данных.
- 8.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 жидких и газообразных фаз теплоносителя.
9. Применен способ определения коэффициента активности нанонаполнителя (способ Алтунина В.А. и др.).

***На защиту выносятся:***

- методика численного определения эффективной теплопроводности и плотности изучаемых веществ при изменении температуры и давления (уравнения состояния типа Тейта и модель Максвелла), а также и анализ процесса теплопереноса в изучаемых образцах;

- аппроксимационные зависимости (в виде уравнения типа Тейта) для численного определения теплопроводности и плотности системы толуола + наноразмерного диоксида титана с различными фракциями (30нм, 50нм и 70нм) при различных  $T = (293-433)K$ ,  $P = (0,101-14,42) MPa$ , включая жидких и газообразную фазу теплоносителя;
- модернизированные измерительные устройства для экспериментального исследования теплопроводности наножидкостей с указанием их применимости при исследовании образцов при условии изменения температуры, давления, концентрации наночастиц различной фракции;
- способ определения коэффициента активности нанонаполнителя (способ Алтунина В. А. и др.);
- применение данных по теплопроводности и плотности исследуемых растворов в диапазоне ( $T=293-433$ ) К,  $P=(0,101-14,42)MPa$ ) и концентрации до 0,5г. наноразмерного диоксида титана с различными фракциями (30нм, 50 нм и 70нм) при жидком и газообразном состоянии теплоносителя.

**Объект исследования.** Жидкий и газообразных толуол, наноразмерный диоксид титана (материал с эффектом “памяти форм”) и наножидкость с наночастицами различной фракции (30нм, 50нм и 70нм).

**Отрасли исследования.** Работа выполнялась по научным направлениям теплофизика и теоретическое основы теплотехники.

**Этапы исследования.** Работа выполнена в период 2018-2022гг.

**Теоретическая и практическая значимость работы:**

1. Составлены подробные таблицы ТФС технически важных веществ толуол в широком интервале температур ((293 – 433) К) и давлений ((0,101 – 14,42) МПа), которые представляют практическую значимость для проектных организаций, в свою очередь использующие эти данные в разного рода процессах (химических, энергетических, технологических и т.д).

2. Полученные результаты экспериментально-расчетного исследования плотности и теплопроводности растворов (толуол + наночастицы с эффектами “памяти форм”) при высоких параметрах состояния ( $T = (293 - 443) K$ ) и ( $P = (0,101-14,42)MPa$ ) приняты к внедрению в Институте промышленности Министерства промышленности и новых технологий РТ в инженерных расчетах модельных реакторов, технологических и химических процессов получения дизельных топлив, а результаты опытных исследований применяются в виде справочного материала (прилагается акт внедрения).

3. Полученные результаты опытных исследований по теплофизическим, термодинамическим свойствам двух- и трёхкомпонентных систем технических жидкостей и растворов в качестве справочных можно применить при построении физическо-математических моделей, а также для выбора тепловых режимов работы различных механизмов и устройств.

4. Применяв способ установления активности наночастиц (способ М.М. Сафарова, М.А. Зариповой, В.А. Алтунина и др.) была выявлена степень влияния наночастиц в эффективную проводимость наножидкостей в условиях изменения давления, температуры ((0,101 – 14,42)МПа, (293 – 443)К), а также их концентрации.

5. Используя опытные данные по итогам исследования теплопроводности и плотности при разных значениях температуры (линия насыщения) и атмосферном давлении для группы исследованных жидкостей нами был построен ряд аппроксимационных выражений и уравнение состояния. Впервые для данной категории веществ применены уравнение типа Тейта, Мамедова и Ахундова, для которых численным способом были выведены коэффициенты.

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

**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 других известных физико-химических методов анализа;

– полным метрологическим обеспечением измерительных установок; 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 теплопередачи модели Максвелла (теплопроводность), Дульнева (теплопроводность), Ленарда–Джонса (теплопроводность), Тейта (плотность), уравнения Мамедова–Ахундова (плотность), а также применением компьютерного моделирования;

– вычислением влияния добавок наночастиц в исследуемые теплоносители при различных температурах, давлениях и концентрации наночастиц.

***Практическая ценность работы:***

- разработана методика обобщения уравнения типа Тейта (расчет теплопроводности и плотности) для группы данной категории растворов, а также показана вероятность ее использования и к другим видам полуэмпирических уравнений;

- теоретически закреплено предварительное определение эффективной теплопроводности и плотности наножидкостей на основе их молекулярных структур;

- предложена модель структуры растворов, на основе которых выполнен комплексный анализ теплопередачи и численным способом определены критерии Фурье и Прандтля данных растворов;

- предложенные варианты установок могут применяться для скоростного определения теплопроводности и плотности материалов в лабораторных условиях;

- дополнен банк данных новыми величинами для ряда физико-химических соединений.

- применен способ определения коэффициента активности нанонаполнителя (способ Алтунина В.А. и др.)

***Результаты исследования внедрены:***

- результаты проведенных исследований по теплопроводности и плотности исследуемых наножидкостей системы (толуол + наноразмерных диоксид титана с различными фракциями (30нм, 50нм и 70нм) внедрены в Институте промышленности Министерства промышленности и новых технологий Республики Таджикистан при расчетах технологических процессов, а экспериментальные данные используются как справочные;

- составлены детальные таблицы по эффективной теплопроводности и плотности технически важных растворов в интервале температур (293-433)К и давлений  $P=(0,101-14,42)$ МПа) и концентрации до 0,5% наноразмерного диоксида титана различной фракции (30нм, 50нм и 70нм)

при разных агрегатных состояниях (газ, жидкость), которые могут применяться проектными организациями в различных технологических процессах;

- созданные опытные устройства применяются в научных и учебных лабораториях кафедры “Теплотехники и теплоэнергетики“ Таджикского технического университета им. академика М.С. Осими и кафедры “Общая физика” ТГПУ имени Садриддина Айни преподавателями, студентами и магистрантами при выполнении своих квалификационных работ (акт внедрения прилагается).

**Личный вклад автора** заключается в постановлении и выборе задач, методов, путей решения этих задач, выявлении основных закономерностей процессов и явлений при получении теплоносителей, лакокрасочных материалов, 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.

**Основные методы научных исследований:** При выполнении диссертационной работы для получения данных использованы метод цилиндрического бикалориметра, метод нагретой нити (теплопроводность), метод гидростатического взвешивания (установка К.Д. Гусейнова и его учеников), теория подобия (критерии Прандтля, Грасгофа, Рейнольдса, Пекли, Био и модель Ленарда–Джонса и др.), пакет программы SigmaPlot, Excele и др. Предложен способ получения коэффициентов для составления уравнения состояния, а также применен закон соответственных состояний.

В работе выполнен литературный анализ, синтез и классификация измерений теплопроводности и плотности веществ в жидком и газообразном состоянии. Для измерения теплопроводности коллоидных наножидкостей использован метод нагретой нити (установка разработана профессором М.М. Сафаровым Патент РТ №ТJ 923, 2017г.). Общая относительная погрешность измерения теплопроводности при доверительной вероятности  $\alpha=0,95$  составляет 3,5%. Также, для численных расчетов эффективной теплопроводности наножидкостей применена модель Максвелла.

**Степень научной разработки проблемы.** Понятие критической точки известно еще с 19 века, а точки фазового перехода еще раньше, но работы, посвященные практическому использованию явлений, происходящих в области выше критической точки и фазового перехода начали появляться во второй половине 20 века.

Тероетическим основам явлений происходящих в околокритической и сверхкритической областях посвящены работы Ландау Л.Д., Лившица Е. М., Анисимова М.А., Стенли Г.Е., Ма Ш., Покровского В.Л., Алтунина В.В., Жузе Т.П., Абдулагатова И.М., Усманова А.Г., Амирханова Д.Г., Гумерова Ф. М., Собирзянова А.Н., Кислева С.Б. и др.

По теплопроводности и плотности толуола в жидкой фазе и при фазовом переходе посвящен ряд работ, в том числе Габулова Д.М., Нагашима, Ахундова, Мустафаева Р.А., Гусейнова К.Д., Сафарова М.М., Зариповой М.А., Родель Дж.Н., Таузена Р.П., Россини Ф.Д. и др.

**Апробация работы.** Основные положения диссертационной работы было рассмотрены и обсуждались на международных и республиканской научно-технической конференциях: Международной научно-практической конференции “Энергетика Таджикистана. Проблемы энергосбережения, энергоэффективности и использования возобновляемых источников энергии” посвященной 30-летию Государственный Независимости Республики Таджикистана, 90-летию МЭИ и 100-летию плана ГОЭЛРО. Филиал МЭИ в г. Душанбе, (2021); VI – Международная научно-техническая конференция «Современные методы и средства исследований теплофизических свойств веществ» г. Санкт-Петербург, (2021), Республиканской научно-практической конференции «Теплоэнергетика и теплофизические свойства веществ» (с международным участием), посвященной 30-летию Государственной Независимости Республики

Таджикистан, 65-летию Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими и 50-летию МТФШ, Душанбе, (2021); 12 Международная теплофизическая школа (МТФШ-12) “Теплофизика и информационные технологии”, Тамбов, (2021); Косигинские чтения, (ФГБОУ ВО “РГУ им. А.Н. Косыгина”) Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования “Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)”, Москва, (2021); Республиканская научно-практическая конференции посвященной 30-летию Государственной Независимости Республики Таджикистан с международным участием, Институт химия НАНТ, Душанбе, (2021); Республиканская научно-практическая конференции посвященной 30-летию Государственной Независимости Республики Таджикистан и “Двадцатилетию изучения и развития естественных, точных и математических наук в сфере науки и образования” (с участием СНГ), БГУ имени Носира Хусрава, Бохтар, (2021); Международная научно-практическая конференция, посвященной памяти докторов химических наук, профессоров Якубова Хаида Мухсиновича и Юсуфова Зухуриддина Нуриддиновича “Вопросы физической и координационной химий”, Душанбе-(2021); Международная конференция «GDP NANO 2021» посвящена 90-летию «КАИ» и 90-летию профессора кафедры общей физики КАИ, заслуженного деятеля науки и техники РСФСР и ТАССР Гали Юнусовича Даутова «КНИТУ-КАИ» (2021); Международная научно-практическая конференция, посвященной 90 -летию Таджикского государственного педагогического университета имени С.Айни, (2021), XIII-Международная теплофизическая школа «Теплофизика и информационные технологии», посвященной 60-летию профессор, член.корр.НАНТ Кобулиева З.В. и 70-летию Заслуженного деятеля науки и техники Таджикистана, д.т.н., профессора Сафарова М.М.-Душанбе-Тамбов, (2022).

*Публикации.* По результатам исследований опубликовано 16-работ, в том числе 4-статьи в журналах, рекомендованных ВАК при Президенте Республики Таджикистан (один единичное автор и один Scopus), получен 1 малых патента Республики Таджикистан и 10 материалов в республиканской и международной конференции.

#### ***Соответствие паспорту специальности.***

По тематике, выбранным методикам исследования, 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».

***Структура и объем работы.*** Диссертация состоит из введения, обзора литературы, четырех глав, выводов, списка используемой литературы и приложения. Работа изложена на **172** страницах машинного текста **46**-таблиц, **64**-рисунков, списка литературы из **156** наименований библиографических ссылок (отечественных и зарубежных авторов) и 21 страниц приложения.

#### ***Основное содержание работы***

***Во введении*** изложены актуальность работы, постановка задач, цель, научная новизна, практическая значимость работы и личный вклад автора.

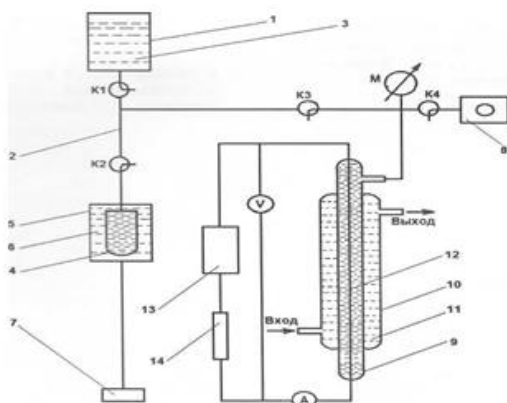
***В первой главе*** представлен обзор литературных данных касательно свойств исследуемых веществ, т.е. толуола и диоксида титана (наноразмерный), а также изложена основная постановка задач исследования.



**Вторая глава** посвящена описанию опытных установок и детальному разбору их схем, предназначенных для исследования температурной зависимости теплопроводности и при высоких параметрах состояния. В данной главе также выполнена соответствующая оценка погрешности полученных экспериментальных данных.

**Экспериментальная установка для измерения теплопроводности в зависимости от температуры и давления методом нагретой нити (Патент Республики Таджикистан № ТЖ 923, 2017г.)**

В данном устройстве предусмотрена стальная емкость 1, которая служит для размещения в ней исследуемого вещества 2 (наножидкость). Емкость 1 с полиэтиленовой камерой 4 (мешочек) соединены с помощью трубок 3 и краников  $K_1$  и  $K_2$ , которая расположена в пережимном сосуде 3 с глицерином 6, а пережимной сосуд 5 трубкой соединен к грузопоршневому манометру 7 (МП-2500 или МП-600). К данной трубке посредством краников  $K_3$  и  $K_4$  с помощью трубки соединены вакуумный насос 8 и манометр М, соединенный в свою очередь с внутренним сосудом 9 измерительной трубки, включающей также и наружный сосуд 10, в котором залита термостатирующая жидкость (воздух, вода или масло). Ось внутреннего сосуда 9 снабжена нагревателем 12 в виде натянутой никелевой проволоки, замыкающая электроцепь: присоединена к последовательно соединенным источнику постоянного питания 13, постоянному резистору 14, амперметру А и вольтметру V, параллельно присоединенному к источнику питания 12 и резистору 13.



**Рисунок 1.** Схемы экспериментальная установка для исследование теплопроводности наножидкостей (метод нагретой нити).

**Третья глава** посвящена экспериментальному исследованию теплопроводности и плотности исследуемых системы (толуол-наноразмерные частицы с эффектом "памяти форм") при температурах (293-473)К и давлений  $P=(0,101-14,42)$  МПа, концентрации до 0,5% наноразмерных диоксид титана с различными фракциями (30нм, 50нм и 70нм) в жидком и газообразном состоянии теплоносителя, которые могут быть использованы проектными организациями в различных технологических процессах

На экспериментальной установка нами исследована плотности исследуемых коллоидных жидкостей системы толуола разбавленных в их составе наноразмерных и диоксид титана (0,5%) с эффектами "памяти форм" фракциях (30нм, 50нм и 70нм) в интервале температуры от (293-433)К и атмосферном давлении (0,101)МПа. Плотность коллоидных растворов использован метод гидростатического взвешивания. Результаты расчета и эксперимент в пределе погрешности опыта совпадают до 0,13% между собой.

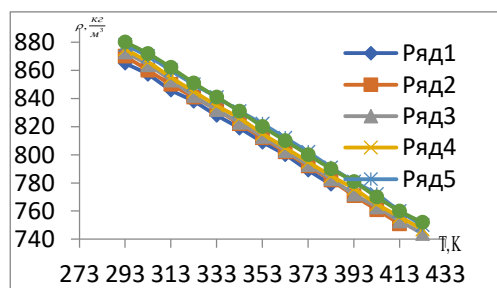
В таблице 1 и на рисунках 2-3 показана результаты экспериментального исследования плотности коллоидных растворов. Характер изменение плотности исследуемых коллоидных растворов системы (толуол+  $TiO_2$ нм) различных фракциях представлена, в виде графиков. На рисунках 2-3, представлены результаты экспериментальные определение плотности системы

толуола и диоксида титана в интервале температуры (293-433)К и атмосферном давлении (0,101)МПа. Результаты определение плотности показало, что с повышением температуры плотность исследуемых растворов уменьшается по закону первой степени. Для х.ч. толуола изменения температуры от 293 до 384К плотность уменьшается на 11,25%. Добавки наноразмерных частиц с эффектами памяти при различного фракции приводит также к росту плотности коллоидных растворов. Раствор добавленных до 0,1% диоксида титана фракция 70нм в толуоле при температуры 293К плотность растет на 1,39%, а при температуры 384К это разница доходит до 0,96%. При добавление в чистом толуоле до 0,5% диоксида титана при 293К, плотность 2,94%, а при 384К- этот изменеие доходит до 15,39%.

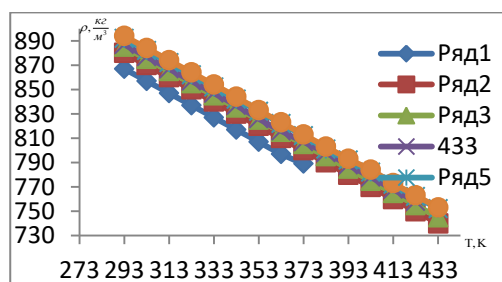
**Таблица 1.**-Плотность ( $\rho$ ,кг/м<sup>3</sup>) системы жидкого толуола и наноразмерного диоксида титана (TiO<sub>2</sub>, ( $\phi$ =30нм)) с эффектом “ памяти форм” различной фракции в зависимости от температуры при атмосферном давлении (0,101) МПа.

Образец Т,К	№1[136]	№2	№3	№4	№5	№6
293,2	867,5	870,6	872,8	875,3	878,3	881,5
303,6	858,2	861,5	864,4	867,6	870,3	873,6
313,2	848,3	851,4	854,5	857,4	860,4	862,5
323,0	838,8	841,2	844,3	847,5	850,3	853,8
333,6	829,3	832,1	835,2	838,3	841,5	844,7
343,7	819,7	821,0	824,3	827,5	830,3	833,6
353,4	809,9	811,8	814,0	817,3	820,4	823,8
363,5	800,0	801,5	804,3	807,3	810,5	813,9
373,4	790,0	790,4	793,2	796,3	799,4	802,5
383,7	779,8	780,3	782,8	785,4	788,6	791,8
393,0	-	770,0	773,6	776,2	779,5	781,7
403,8	-	760,2	763,4	767,1	770,6	773,0
413,5	-	750,3	753,1	756,3	759,4	762,3
423,4	-	740,3	743,3	746,4	749,5	752,6
433,2	-	730,4	733,6	736,6	739,0	742,5

Объекты исследования: №1-(толуол х.ч.); №2-(толуол х.ч.+0,1%TiO<sub>2</sub>); №3-(толуол х.ч.+0,2%TiO<sub>2</sub>); №4-(толуол х.ч.+0,3% TiO<sub>2</sub>); №5-(толуол х.ч.+0,4%TiO<sub>2</sub>); №6-(толуол х.ч.+0,5% TiO<sub>2</sub>).



**Рисунок 2.** График зависимости плотности химический чистый толуола при атмосферном давлении, и различных температурах, и фракции диоксид титана (TiO<sub>2</sub>, ( $\phi$ =30нм)):Ряд1-(толуол х.ч.);Ряд 2-(толуол х.ч.+ 0,1%TiO<sub>2</sub>);Ряд 3-(толуол х.ч.+ 0,2%TiO<sub>2</sub>); ряд 4-(толуол х.ч.+0,3%TiO<sub>2</sub>); ряд 5-(толуол х.ч.+0,4%TiO<sub>2</sub>);Ряд 6-(толуол х.ч.+ 0,5%TiO<sub>2</sub>).



**Рисунок 3.** График зависимости плотности химический чистый толуола при атмосферном давлении, и различных температурах, и фракции диоксид титана (TiO<sub>2</sub>, ( $\phi$ =70нм)): ряд1-(толуол х.ч.);Ряд2-(толуол х.ч.+0,1% TiO<sub>2</sub>); Ряд 3-(толуол х.ч.+0,2%TiO<sub>2</sub>); №4-(толуол х.ч.+0,3% TiO<sub>2</sub>); Ряд 5-(толуол х.ч.+0,4%TiO<sub>2</sub>); ряд6-(толуол х.ч.+ 0,5% TiO<sub>2</sub>).

Таким образом, используя значение плотности исследуемых растворов приведенные в таблице 1, можно, выявить вклад концентрации введенного в химическом чистом жидкой толуоле и температуры, разного фракции нанонаполнителя.

### **Влияние температуры, концентрации наночастиц с эффектами “памяти форм” с разными фракциями на изменение теплопроводности толуола и их растворов при атмосферном давлении.**

Коэффициент эффективной теплопроводности коллоидных растворов системы толуола в интервале температуры (293-383)К и атмосферном давлении (0,101)МПа, концентрации от наноразмерный фракции (от 0 до 0,5%TiO<sub>2</sub> нм) также нами было измерено методом цилиндрического бикалориметра. Результаты исследование приведена в таблицах 2-3.

В таблицах 2-3 и на рисунках 4-5 представлены результаты экспериментально-теоретического исследования теплопроводности толуола при различных температурах, атмосферном давлении и концентрации наночастиц с эффектом “памяти форм” различной фракции (30нм, 50нм, 70 нм), которые были исследованы с помощью установки профессора И.Ф. Голубева и модели Максвелла.

**Таблица 2.-**Расчетно-экспериментальное значение коэффициента эффективной теплопроводности ( $\lambda \cdot 10^3, \text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ ) системы (жидкого толуола и наночастиц) фракции ( $\phi=30\text{нм}$ ) в зависимости от температуры при атмосферном давлении ( $p= 0,101 \text{ МПа}$ )

Т,К	№1	№2	№3	№4	№5	№6
293,4	134,4	139,7	144,8	148,7	152,7	158,8
303,7	131,1	136,6	141,7	146,8	151,6	156,9
313,4	129,8	134,5	139,6	144,8	149,7	152,6
323,5	126,4	131,5	136,6	141,7	146,6	150,8
333,4	125,2	130,4	135,5	140,6	144,8	149,7
343,3	121,6	126,3	131,4	136,5	141,7	146,6
363,5	116,6	121,3	126,3	131,5	136,6	142,7
383,7	111,5	116,0	121,2	126,3	131,4	136,5

*Объекты исследование: №1-(толуол жидкий х.ч.); №2- (толуол жидкий х.ч.+ 0,1% TiO<sub>2</sub>); №3- (толуол жидкий х.ч.+0,2% TiO<sub>2</sub>); № 4-(толуол жидкий х.ч.+0,3% TiO<sub>2</sub>); №5-(толуол жидкий х.ч.+0,4% TiO<sub>2</sub>); №6- (толуол жидкий х.ч.+0,5% TiO<sub>2</sub>).*

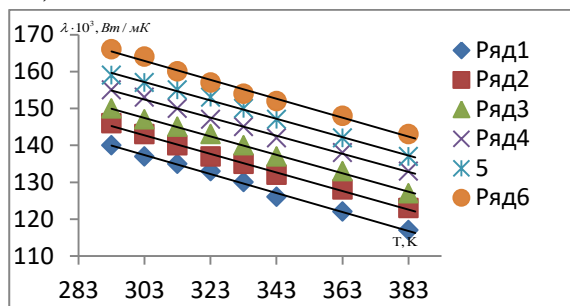
**Таблица 3.-**Расчетно-экспериментальное значение коэффициента эффективной теплопроводности ( $\lambda \cdot 10^3, \text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ ) системы (жидкого толуола и наночастиц) фракции ( $\phi=50\text{нм}$ ) в зависимости от температуры при атмосферном давлении ( $p= 0,101 \text{ МПа}$ )

Т,К	№1	№2	№3	№4	№5	№6
293,4	140,2	145,7	150,8	154,7	158,7	166,3
303,7	137,1	142,6	147,7	153,8	157,6	163,9
313,4	135,8	140,5	145,6	150,8	155,7	158,6
323,5	132,4	137,5	142,6	147,7	152,6	157,8
333,4	131,2	136,4	141,5	146,6	150,8	154,7
343,3	127,6	132,3	137,4	142,5	147,7	152,6
363,5	122,6	127,3	132,3	137,5	142,6	148,7
383,7	117,5	122,0	127,2	132,3	137,4	142,5

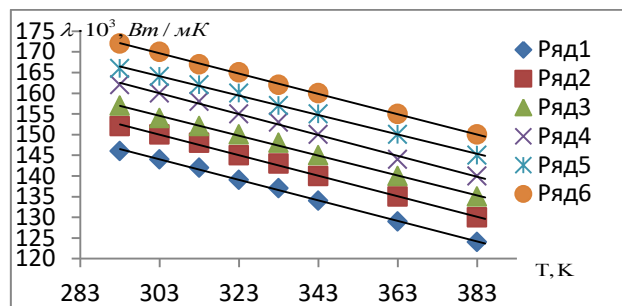
*Объекты исследование: №1-(толуол жидкий х.ч.); №2- (толуол жидкий х.ч.+ 0,1% TiO<sub>2</sub>); №3- (толуол жидкий х.ч.+0,2% TiO<sub>2</sub>); № 4-(толуол жидкий х.ч.+0,3% TiO<sub>2</sub>); №5 -(толуол жидкий х.ч.+0,4% TiO<sub>2</sub>); №6- (толуол жидкий х.ч.+0,5% TiO<sub>2</sub>).*

Результаты измерения теплопроводности коллоидных растворов на основе толуола, показали, что концентрация введенных наночастиц с эффектом “памяти форм” повышает теплопроводность растворов, а повышение температуры будет способствовать падению коэффициента теплопроводности исследуемых растворов. Увеличение фракционных показателей добавляемых наночастиц с эффектом “памяти форм”, также способствует росту коэффициента эффективной теплопроводности приготовленных образцов во всем рассматриваемом интервале температуры. Например, при 293К и атмосферном давлении введение наночастиц с фрак-

цией ( $\phi=70\text{nm}$ ) приводит к росту теплопроводности на 9,04%, а при 383К на 12,16%. Для данного образца повышение концентрации наночастиц с эффектом “памяти форм” при 293К способствует росту теплопроводности на 17,73%, а при 383К теплопроводность повышается на 19,84%.



**Рисунок 4.**-Зависимость эффективной теплопроводности коллоидного раствора системы толуол и наночастицы с эффектами “памяти форм” с фракцией ( $\phi=50\text{nm}$ ) при различных температурах и концентрации нанонаполнителя. *Объекты исследования: №1-(толуол жидкий х.ч.); №2-(толуол жидкий х.ч.+ 0,1 % TiO<sub>2</sub>); №3-(толуол жидкий х.ч.+0,2%TiO<sub>2</sub>); №4-(толуол жидкий х.ч.+0,3% TiO<sub>2</sub>); №5-(толуол жидкий х.ч.+0,4%TiO<sub>2</sub>); №6-(толуол жидкий х.ч.+0,5%TiO<sub>2</sub>).*



**Рисунок 5.**-Зависимость эффективной теплопроводности коллоидного раствора системы толуол и наночастицы с эффектом “памяти форм” с фракцией ( $\phi=70\text{nm}$ ) при различных температурах и концентрации нанонаполнителя. *Объекты исследования: №1-(толуол жидкий х.ч.); №2-(толуол жидкий х.ч.+ 0,1 % TiO<sub>2</sub>); №3-(толуол жидкий х.ч.+0,2%TiO<sub>2</sub>); №4-(толуол жидкий х.ч.+0,3% TiO<sub>2</sub>); №5-(толуол жидкий х.ч.+0,4%TiO<sub>2</sub>); №6-(толуол жидкий х.ч.+0,5%TiO<sub>2</sub>).*

**Четвертая глава** посвящена анализу, обработке и соответствующему обобщению полученных в ходе экспериментов данных по теплопроводности и плотности исследуемых наножидкостей. Применено уравнение типа Тейта в широком интервале температур  $T=(293-473)\text{K}$ , и давлений  $P=(0,101-14,42)\text{МПа}$  и концентрации до 0,5% наноразмерного диоксида титана с различными фракциями (30 нм, 50нм и 70нм) в жидком и газообразном состоянии теплоносителя.

Обобщенные зависимости эмпирические уравнения, разработанные для какой-либо группы наножидкостей или растворов, малопригодны для широкого их применения к растворам за пределами этой группы. Трудности статистических теорий растворов быстро растут с увеличением сложности вещества (растворителя и растворенных в жидкости или наночастиц), что делает в настоящее время весьма затруднительным этот путь для прикладных расчетов свойств реальных растворов. В связи с этим возникает большой интерес к методам прогноза, основанным на едином подходе к описанию теплофизические свойства, в том числе плотности и теплопроводности, использующим минимум исходной информации об исследуемом веществе. В данной главе приведены аппроксимационные зависимости, устанавливающие взаимосвязь:  $\lambda = f(\rho)$ ;  $\lambda = f(T, m)$ ;  $\rho = f(T, m)$ , позволяющие провести расчет указанных величин. На основе экспериментальных данных по плотности и коэффициента эффективной теплопроводности двухкомпонентных растворов системы углеводородов (толуола и наноразмерный диоксид титана) получен ряд корреляционные соотношения.

### **Обобщение экспериментальных данных по плотности и теплопроводности исследуемых растворов системы (толуола+наночастиц TiO<sub>2</sub>) при различных температурах и атмосферном давлении**

Для обобщения экспериментальных данных по плотности и теплопроводности исследуемых растворов на основе толуола при атмосферном давлении (0,101) МПа в зависимости от температуры (293-433)К (пункт 4.1, таблиц 4.1-4.3 диссертации), нами использованы следующие функциональные зависимости

$$\frac{\rho}{\rho_1} = f\left(\frac{T}{T_1}\right), \quad (1)$$

$$\frac{\lambda}{\lambda_1} = f\left(\frac{T}{T_1}\right), \quad (2)$$

где  $\rho, \lambda, \rho_1, \lambda_1$  - плотность, коэффициент теплопроводности исследуемых растворов при температурах  $T$  и  $T_1$ :  $T_1 = 353\text{K}$ .

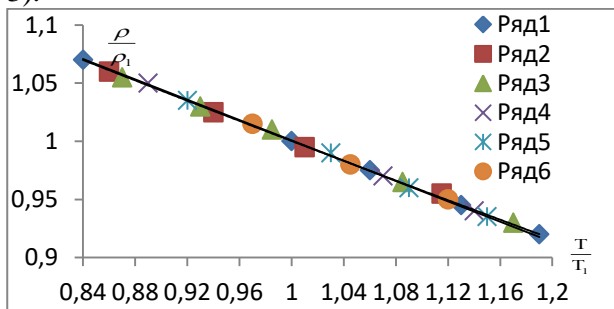
Выполняемость зависимостей (1), (2) для исследуемых растворов показана на рисунках 4 и 5, из которых видно, что экспериментальные точки хорошо укладываются вдоль общих прямых.

Используя пакет программы Matlab и график приведенный на рисунках 4 и 5, находим аппроксимационные зависимости:

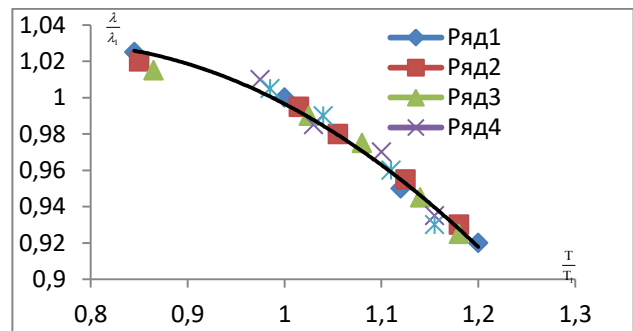
$$\frac{\rho}{\rho_1} = 1,4389 - 0,4381\left(\frac{T}{T_1}\right) \quad (3)$$

$$\frac{\lambda}{\lambda_1} = -0,5781\left(\frac{T}{T_1}\right)^2 + 0,8778\left(\frac{T}{T_1}\right) + 0,6969 \quad (4)$$

В уравнение (3) и (4) оказалось, что значение  $\rho_1, \lambda_1$  являются функциями концентрации наночастиц диоксид титана с эффектами памяти “форм” и их фракции (рисунки 6, 7 и таблица 3).



**Рисунок 6.** Зависимость относительной плотности ( $\rho/\rho_1$ ) от относительной температуры ( $T/T_1$ ) для растворов системы жидкого толуола + диоксид титана. №1-(толуол х.ч.); №2-(толуол х.ч.+0,1%TiO<sub>2</sub>); №3-(толуол х.ч.+ 0,2% TiO<sub>2</sub>); №4-(толуол х.ч.+0,3% TiO<sub>2</sub>); №5-(толуол х.ч.+ 0,4% TiO<sub>2</sub>); №6-(толуол х.ч.+ 0,5%TiO<sub>2</sub>).



**Рисунок 7.** Зависимость относительной теплопроводности ( $\lambda/\lambda_1$ ) от относительной температуры ( $T/T_1$ ) для растворов системы жидкого толуола+ диоксид титана: №1-(толуол х.ч.); №2-(толуол х.ч.+0,1%TiO<sub>2</sub>); №3-(толуол х.ч.+ 0,2% TiO<sub>2</sub>); №4-(толуол х.ч.+0,3% TiO<sub>2</sub>); №5-(толуол х.ч.+ 0,4% TiO<sub>2</sub>); №6-(толуол х.ч.+ 0,5%TiO<sub>2</sub>).

**Таблица 3.** Значение ( $\rho_1, \lambda_1$ ) от концентрации наночастиц с эффектами “памяти форм” и их фракции

Значение $\rho_1, \text{кг/м}^3$						
Образцы	№1	№2	№3	№4	№5	№6
Фракция						
30нм	807	811	813	817	820	824
50нм	809	813	818	822	827	831
70нм	812	817	823	827	832	837
Значение ( $\lambda_1 \cdot 10^3, \text{Вт/(м*К)}$ )						
30нм	125,2	130,4	135,5	140,6	144,8	149,7
50нм	131,2	136,4	141,5	146,6	150,8	155,7
70нм	138,2	143,0	148,5	153,6	157,8	162,7

Объекты исследования: №1-(толуол х.ч.); №2-(толуол х.ч.+0,1%TiO<sub>2</sub>); №3-(толуол х.ч.+0,2% TiO<sub>2</sub>); №4-(толуол х.ч.+0,3% TiO<sub>2</sub>); №5-(толуол х.ч.+0,4% TiO<sub>2</sub>); №6-(толуол х.ч.+0,5%TiO<sub>2</sub>).

Из уравнение (3) и (4) находим:

$$\rho = [1,4389 - 0,4381(T/T_1)]\rho_1^* \quad (5)$$

$$\lambda = [-0,5781(T/T_1)^2 + 0,8778(T/T_1) + 0,6969]\lambda_1^* \quad (6)$$

Как видно, из графики приведенные на рисунках 6, 7 и таблица 3 значение  $(\rho_1, \lambda_1)$  с повышением концентрации диоксида титана  $(n_{TiO_2})$  монотонно растут.

Для обобщение или объединение графики приведенные на рисунках 6, 7 и таблица 3 значение  $(\rho_1, \lambda_1)$  использовали следующие функциональные зависимости:

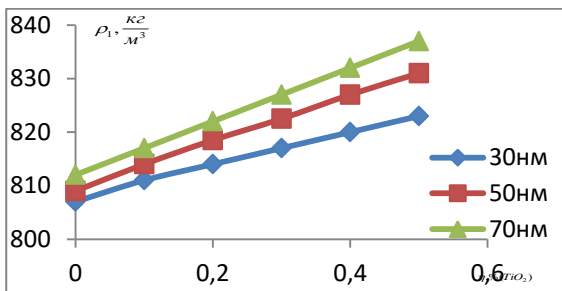
$$\rho_1/\rho_1^* = f(n_{(TiO_2)}/n_{TiO_2}^*) \quad (7)$$

$$\lambda_1/\lambda_1^* = f(n_{(TiO_2)}/n_{TiO_2}^*) \quad (8)$$

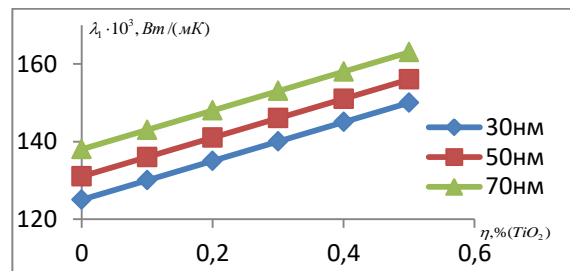
В выражениях все параметры по плотности, коэффициент эффективной теплопроводности использованы при  $T_1=353K$  и  $n_{TiO_2}=0,3\%$ . Формула для расчета относительной плотности и относительной теплопроводности следующие функциональные зависимостей:

$$\rho_1/\rho_1^* = 0,012(n_{(TiO_2)}/n_{TiO_2}^*) + 0,9879 \quad (9)$$

$$\lambda_1/\lambda_1^* = 0,0108(n_{(TiO_2)}/n_{TiO_2}^*) + 0,9888 \quad (10)$$



**Рисунок 8.** Зависимость плотности при температуре  $T_1=353K$  ( $\rho_1$ ) от концентрации диоксид титана ( $n_{TiO_2}$ ). Объекты исследования: №1-(толуол х.ч. +  $TiO_2$ ),  $d=30$  нм; №2-(толуол х.ч. +  $TiO_2$ ),  $d=50$  нм; №3-(толуол х.ч. +  $TiO_2$ )  $d=70$  нм.



**Рисунок 9.** Зависимость коэффициент эффективной теплопроводности при температуре  $T_1=353K$  ( $\lambda_1$ ) от концентрации диоксид титана ( $n_{TiO_2}$ ). Объекты исследования: №1-(толуол х.ч. +  $TiO_2$ ),  $d=30$  нм; №2-(толуол х.ч. +  $TiO_2$ ),  $d=50$  нм; №3-(толуол х.ч. +  $TiO_2$ ),  $d=70$  нм.

Из уравнение (9) и (10) получим следующее выражение:

$$\rho_1 = \{0,012(n_{(TiO_2)}/n_{TiO_2}^*) + 0,988\}\rho_1^* \quad (11)$$

$$\lambda_1 = \{0,0108(n_{(TiO_2)}/n_{TiO_2}^*) + 0,9888\}\lambda_1^* \quad (12)$$

В уравнениях (11) и (12) значение  $(\rho_1^*, \lambda_1^*)$  являются функциями размеров наночастиц введенных в жидком толуоле, которые описываются следующими выражениями:

$$(\rho_1^*) = (0,25d + 809,83), \text{ кг/м}^3 \quad (13)$$

$$(\lambda_1^*) = (0,3375d + 129,88) \cdot 10^{-3}, \text{ Вт/(м·К)} \quad (14)$$

Уравнение (3) и (4) с учетом выражение (11) - (14) принимают вид:

$$\rho = [1,4375 - 0,4375 \left( \frac{T}{T_1} \right)] * \left\{ 0,012 \left( \frac{n_{(TiO_2)}}{n_{TiO_2}^*} \right) + 0,988 \right\} \cdot (0,25d + 809,83), \text{кг/м}^3 \quad (15)$$

$$\lambda = [1,44 - 0,44 \left( \frac{T}{T_1} \right)] \cdot \left\{ 0,111 \left( \frac{n_{(TiO_2)}}{n_{TiO_2}^*} \right) + 0,899 \right\} (0,3375d + 129,88) 10^{-3}, \text{Вт/(м*К)} \quad (16)$$

С помощью выражение (15) и (16) можно численно определить плотность и теплопроводность наножидкостей на основе толуола, как в чистом виде, так и внедренным в них наночастиц с эффектами памяти “форм” с различными фракциями (30нм, 50 нм и 70нм), температуры (273-343)К и давления (0,101) МПа. Для данного расчета по формуле (15) и (16) необходимо значение Т,К и концентрации диоксида титана внедренных в толуоле ( $n_{TiO_2}$ ) в процентном соотношения.

### Обобщение экспериментальных данных по теплопроводности исследуемых растворов системы (толуола+наночастиц $TiO_2$ ) при различных температурах на линии насыщения

Для обобщения экспериментальных данных по теплопроводности исследуемых растворов на основе толуола на линии насыщения в зависимости от температуры (180-550)К при атмосферном давлении (0,101)МПа, нами использованы следующие функциональные зависимости:

$$\frac{\lambda}{\lambda_1} = f \left( \frac{T}{T_1} \right) \quad (17)$$

где  $\lambda, \lambda_1$  - коэффициент теплопроводности исследуемых растворов при температурах Т и  $T_1$ :  $T_1 = 400$ К.

Выполнимость зависимости (17), для исследуемых растворов показана на рисунке 10, из которых видно, что экспериментальные точки хорошо укладываются вдоль общих прямых. Используя пакет программы Matlab или Exsel и график приведенный на рисунках 10, находим аппроксимационные зависимости:

$$\lambda/\lambda_1 = 1,6978 - 0,6765(T/T_1) \quad (18)$$

В уравнение (17) и (18) оказалось, что значение  $\lambda_1$  являются функциями концентрации наночастиц диоксид титана с эффектами “памяти форм” и их фракции (рисунки 10 и таблиц 4). Из уравнение (18) находим:

$$\lambda = [1,6978 - 0,6765(T/T_1)]\lambda_1^*, \text{Вт/(м*К)} \quad (19)$$

Как видно, из графики приведенные на рисунке 11 и таблица 4 значение ( $\lambda_1$ ) с повышением концентрации диоксида титана ( $n_{TiO_2}$ ) монотонно растет.

**Таблица 4.** Значение ( $\lambda_1$ ) от концентрации наночастиц с эффектами памяти “форм” и с различными фракциями на линии насыщения.

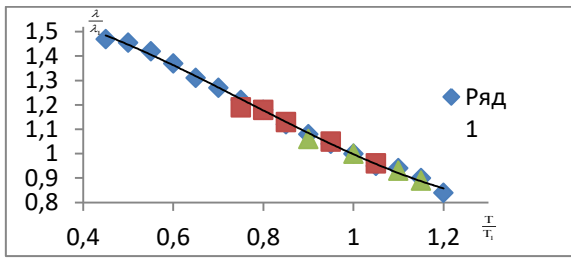
Значение ( $\lambda_1 10^3, \text{Вт/(м*К)}$ )						
30нм	108	110	112	114	116	118
50нм	108	113	115	117	119	121
70нм	108	117	119	121	123	125

Объекты исследования: №1-(толуол х.ч.); №2-(толуол х.ч.+0,1%  $TiO_2$ ); №3-(толуол х.ч.+0,2%  $TiO_2$ ); №4-(толуол х.ч.+0,3%  $TiO_2$ ); №5-(толуол х.ч.+0,4%  $TiO_2$ ); №6-(толуол х.ч.+0,5%  $TiO_2$ ).

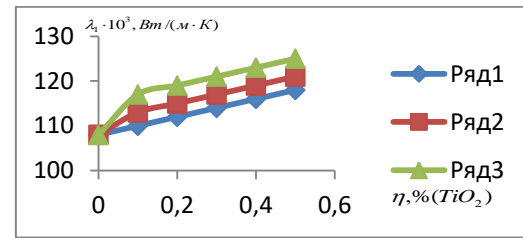
Для обобщение или объединение графики приведенные на рисунке 11 значение ( $\lambda_1$ ) использовали следующие функциональные зависимости:

$$\lambda_1/\lambda_1^* = f(n_{(TiO_2)}/n_{TiO_2}^*) \quad (20)$$





**Рисунок 10.** Зависимость относительной теплопроводности ( $\lambda/\lambda_1$ ) от относительной температуры ( $T/T_1$ ) для растворов системы жидкого толуола + диоксид титана на линии насыщения. №1-(толуол х.ч.); №2-(толуол х.ч. + 0,1% TiO<sub>2</sub>); №3-(толуол х.ч. + 0,2% TiO<sub>2</sub>); №4-(толуол х.ч. + 0,3% TiO<sub>2</sub>); №5-(толуол х.ч. + 0,4 %TiO<sub>2</sub>); №6-(толуол х.ч. + 0,5%TiO<sub>2</sub>).



**Рисунок 11.** Зависимость коэффициент эффективной теплопроводности при температуре  $T_1=353K$  ( $\lambda_1$ ) от концентрации диоксид титана ( $n_{TiO_2}$ ). №1-(толуол х.ч.); №2-(толуол х.ч. + 0,1%TiO<sub>2</sub>); №3-(толуол х.ч. + 0,2%TiO<sub>2</sub>); №4-(толуол х.ч. + 0,3% TiO<sub>2</sub>); №5-(толуол х.ч. + 0,4%TiO<sub>2</sub>); №6-(толуол х.ч. + 0,5% TiO<sub>2</sub>).

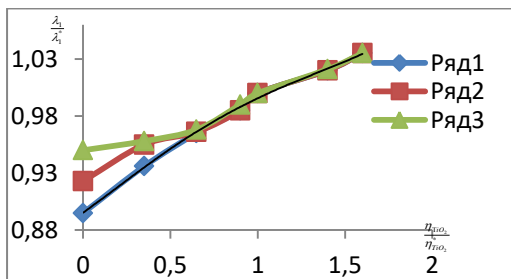
В выражениях все параметры по коэффициенту эффективной теплопроводности использованы при  $T_1=353K$  и  $n_{TiO_2}=0,3\%$ .

Формула для расчета графики, приведенные на рисунках 12 таблица 4 имеет следующие функциональные зависимости:

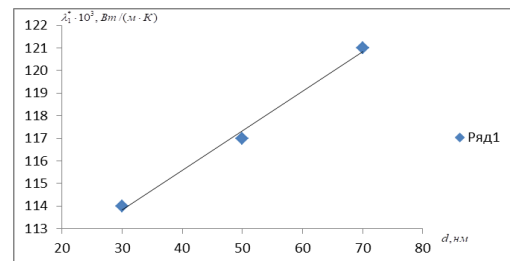
$$\frac{\lambda_1}{\lambda_1^*} = 0,0157 \left( \frac{n_{TiO_2}}{n_{TiO_2}^*} \right)^4 - 0,0475 \left( \frac{n_{TiO_2}}{n_{TiO_2}^*} \right)^3 + 0,0205 \left( \frac{n_{TiO_2}}{n_{TiO_2}^*} \right)^2 + 0,1118 \left( \frac{n_{TiO_2}}{n_{TiO_2}^*} \right) + 0,8952 \quad (21)$$

Из уравнение (21) получим следующее выражение:

$$\lambda_1 = \left\{ 0,0157 \left( \frac{n_{TiO_2}}{n_{TiO_2}^*} \right)^4 - 0,0475 \left( \frac{n_{TiO_2}}{n_{TiO_2}^*} \right)^3 + 0,0205 \left( \frac{n_{TiO_2}}{n_{TiO_2}^*} \right)^2 + 0,1118 \left( \frac{n_{TiO_2}}{n_{TiO_2}^*} \right) \right\} \lambda_1^* \quad (22)$$



**Рисми 12.** Зависимость относительной коэффициент теплопроводности  $\left( \frac{\lambda_1}{\lambda_1^*} \right)$  от относительной температуры  $\left( \frac{n_{TiO_2}}{n_{TiO_2}^*} \right)$  для исследуемых растворов.



**Рисунок 13.** Зависимость ( $\lambda_1^*$ ) от размеров наночастиц с внедрением в теплоноситель (толуола) ( $d$ ).

Графики прямых линии показанный на рисунке (13) описывается выражениями:

$$\lambda_1^* = (0,175d + 108,6) \cdot 10^3 \text{ Bm}/(\text{m} \cdot \text{K}) \quad (23)$$

Уравнение (19) с учетом выражение (21)-(23) принимает вид:

$$\lambda = [1,6978 - 0,6765(T/T_1)] * \left\{ 0,0157 \left( \frac{n_{TiO_2}}{n_{TiO_2}^*} \right)^4 - 0,0475 \left( \frac{n_{TiO_2}}{n_{TiO_2}^*} \right)^3 + 0,0205 \left( \frac{n_{TiO_2}}{n_{TiO_2}^*} \right)^2 + 0,1118 \left( \frac{n_{TiO_2}}{n_{TiO_2}^*} \right) \right\} (0,175d + 108,6) 10^{-3} \text{ Bm}/(\text{m} \cdot \text{K}) \quad (24)$$

С помощью выражение (24) можно численно определит теплопроводность наножидкостей на основе толуола, как в чистом виде, так и внедренным в них наночастиц с эффектами “памяты форм” с различными фракциями (30нм, 50нм и 70нм), температуры (273-343)К и давления



(0,101) МПа. Для данного расчета по формулам (24), необходимо значение  $T, K$  и концентрации диоксида титана ( $n_{TiO_2}$ ) внедренных в толуоле в процентном соотношения. Результаты численных расчетов по уравнениями (24) для некоторых коллоидных наножидкостей на основе толуола, как в чистом виде, так добавленным наночастиц с эффектами “памяты форм” приведены в таблице 4.3(диссертации).

### **Обработка экспериментальных данных по теплопроводности жидкого толуола внедренным наночастиц с эффектами “памяты форм” при высоких параметрах состояния.**

Для получения расчетного уравнения по теплопроводности растворов (коллоидных) при различных температурах (300-440)K и давлениях  $P=0.101$  МПа,  $P=2.94$ МПа,  $P= 4.94$  МПа,  $P=9.81$ МПа и  $P=14,42$ МПа нами обобщены экспериментальные данные в виде следующих функциональных зависимости (25), (26). Кроме того плотности двухкомпонентных растворов системы некоторых углеродосодержащих растворов и наноразмерных фракции (30нм,50нм и 70нм) диоксид титана нами использован эмпирические уравнения типа Тейта, которые мы не сочли их подробно здесь раскрывать их сущность:

$$\frac{\rho_{P,T}}{\rho_{P_1,T_1}} = f\left(\frac{T}{T_1}\right), \quad (25)$$

$$\frac{\lambda_{P,T}}{\lambda_{P_1,T_1}} = f\left(\frac{T}{T_1}\right), \quad (26)$$

где  $\rho_{P,T}, \lambda_{P,T}$  - плотность и теплопроводность при давлении  $P$  и температуре  $T$ ;  $\rho_{P_1,T_1}, \lambda_{P_1,T_1}$  - плотность, теплопроводность при давлении  $P_1$  и температуре  $T_1 = 360K$ ;  $P_1 = 2,94; 4,91; 9.81$  и  $P=14,52$  МПа.

Выполнимость функциональных зависимостей (25) и (26) для исследуемых растворов показана на рисунках 14 и 15, из которых видно, что экспериментальные данные хорошо укладываются вдоль общей кривой и прямой линии:

Линия показанный на рисунках 14 и 15 можно рассчитать следующими ражениями:

- для расчета плотности двухкомпонентных коллоидных растворов на основе толуола при высоких параметрах состояния:

$$\frac{\rho_{P,T}}{\rho_{P_1,T_1}} = 1,4389 - 0,4381\left(\frac{T}{T_1}\right) \quad (27)$$

- для расчета коэффициента теплопроводности двухкомпонентных растворов на основе толуола при высоких параметрах состояния:

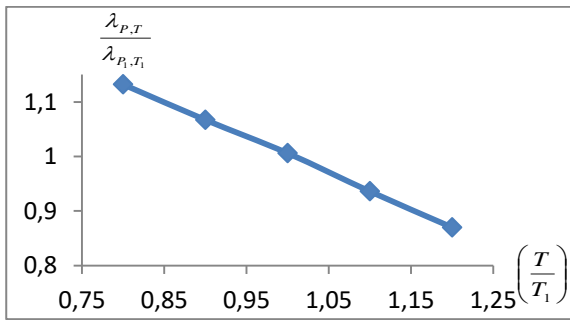
$$\frac{\lambda_{P,T}}{\lambda_{P_1,T_1}} = 1,636 - 0,63\left(\frac{T}{T_1}\right) \quad (28)$$

Анализ значение  $\rho_{P_1,T_1}, \lambda_{P_1,T_1}$  показала, что они являются функциями фракции наночастиц и давления. Значение коэффициент эффективной теплопроводности исследуемых наножидкостей показало, что они являются функциями концентрации наночастиц и давления  $\lambda_{P_1,T_1}$  (таблица 5):

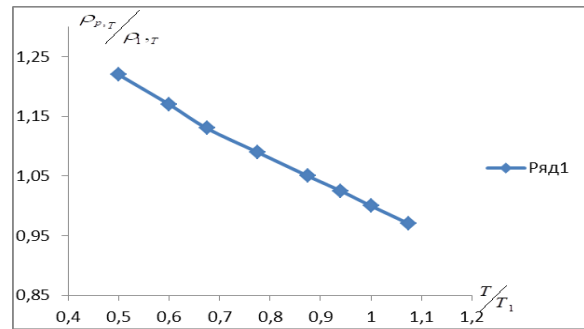
$$\lambda_{P_1,T_1} = f(n_{TiO_2}, d, p) \quad (29)$$

$$\lambda_{P_1,T_1} = \left( A(n_{TiO_2})^2 + B(n_{TiO_2}) + C \right) \cdot 10^{-3}, \text{ Вт/(м} \cdot \text{K)} \quad (30)$$

Способ определения коэффициентов эмперических уравнении (30) и (31) используем для других давления которые измерены коэффициент эффективной теплопроводности наножидкостей на основе толуола и наночастиц с эффектами “памяты форм”.



**Рисунок 14.** Зависимость относительной ко-  
эффициент теплопроводности  $\left(\frac{\lambda_{p,T}}{\lambda_{p,T_1}}\right)$  от от-  
носительной температуры  $\left(\frac{T}{T_1}\right)$  растворов си-  
стемы углеродсодержащих жидкостей, в том  
числе и наночастиц с эффектами «памяти  
форм» на основе диоксид титана.



**Рисунок 15** Зависимость относительной  
плотности  $\left(\frac{\rho_{p,T}}{\rho_{p,T_1}}\right)$  от относительной темпера-  
туры  $\left(\frac{T}{T_1}\right)$  растворов системы толуола с наноча-  
стицами с эффектом «памяти форм» на основе  
диоксида титана.

**Таблица 5.** Значение коэффициентов уравнения прямых и кривых линии приведенных на ри-  
сунке 14, для давления  $p=2,94$ МПа выражения (30).

Образцы	Фракция, нм	Массовая концентрации нанонаполнителя, % $TiO_2$	A, Вт/(м.К)(%) <sup>2</sup>	B, Вт/(м.К)(%)	C, Вт/(м.К)
№1	30	0-0,5	-	61,11	19,8
№2	50	0-0,5	-65.1	49,81	120,5
№3	70	0-0,5	-111,6	130,5	124,3

Из уравнение (28) и (30) получим следующие аппроксимационные зависимости:

$$\lambda_{p,T_1} = \left[1,636 - 0,63 \left(\frac{T}{T_1}\right)\right] \left(A(n_{TiO_2})^2 + B(n_{TiO_2}) + C\right) \cdot 10^{-3}, \frac{Вт}{(м.К)} \quad (31)$$

Аналогично получаем и для других давления (таблица 6-8).

**Таблица 6.** Значение коэффициентов уравнения прямых и кривых линии приведенных на  
рисунке 14, для давления  $p=4,91$ МПа выражения (30) и (31).

Образцы	Фракция, нм	Массовая концентрации нанонаполнителя, % $TiO_2$	A, Вт/(м.К)(%) <sup>2</sup>	B, Вт/(м.К)(%)	C, Вт/(м.К)
№1	30	0-0,5	-14,46	82,684	120,3
№2	50	0-0,5	-19,64	98,6	120,8
№3	70	0-0,5	-155,3	185,2	121,2

**Таблица 7.** Значение коэффициентов уравнения прямых и кривых линии приведенных на ри-  
сунке 14, для давления  $p=9,81$ МПа выражения (30) и (31).

Образцы	Фракция, нм	Массовая концентрации нанонаполнителя, % $TiO_2$	A, Вт/(м.К)(%) <sup>2</sup>	B, Вт/(м.К)(%)	C, Вт/(м.К)
№1	30	0-0,5	-123,2	168,2	122,0
№2	50	0-0,5	-204,6	216,0	122,6
№3	70	0-0,5	-235,7	240,2	123,8

**Таблица 8.** Значение коэффициентов уравнения прямых и кривых линии приведенных на ри-  
сунке 14, для давления  $p=14,42$ МПа выражения (30) и (31).

Образцы	Фракция, нм	Массовая концент рации нанонаполнителя, % $TiO_2$	A, Вт/(м.К)(%) <sup>2</sup>	B, Вт/(м.К)(%)	C, Вт/(м.К)
№1	30	0-0,5	-263.9	263,7	124,9
№2	50	0-0,5	-333.2	308,4	120,8
№3	70	0-0,5	-407,6	301,6	126,7

По уравнениям (31), зная концентрации наночастиц с эффектами “памяти форм” и различных фракции (30нм, 50нм и 70нм) наночастиц, можно вычислить плотность, теплопроводность ( $\rho$ ,  $\lambda$ ) экспериментально неисследованных систем углеводородных жидкостей толуол+наночастиц диоксид титана с различными фракциями (30нм, 50нм и 70нм) в зависимости от температуры (300-440)К, и давлениях (до 14,42МПа), с погрешностью в среднем до 2,3%. По уравнениям (31), зная концентрации наночастиц с эффектами “памяти форм” и различных фракции наночастиц, можно вычислить термодинамические и теплофизические характеристики ( $\rho$ ,  $\lambda$ ) и экспериментально неисследованных жидкостей (толуола+диоксид титана с различными фракциями) в зависимости от температуры (300-440)К, при атмосферном давлении  $P_1 = 2,94; 4,91; 9,81$ ;  $P = 14,52$  МПа и  $T_1 = 360$ К с погрешностью 3,13%.

**В приложении** представлены таблицы, которые содержат подробное сравнение численных значений, полученных по полученным эмпирическим зависимостям по теплопроводности и плотности изученных в работе наножидкостей при изменении температуры и давления, а также приведены исходные данные для количественной оценки погрешности измерения данных величин.

## ВЫВОДЫ

1. Изучен коэффициент эффективной теплопроводности и плотности, жидкого, газообразного толуола и на линии его насыщения с внедрением наночастиц с эффектом “памяти форм” различной фракции (30нм, 50нм и 70нм) в зависимости от температуры и давления [1-А, 3-А, 4-А, 5-А, 6-А, 9-А, 10-А, 11-А, 12-А, 13-А, 14-А, 15-А].

2. Впервые получены экспериментальные значения плотности, коэффициента эффективной теплопроводности системы толуол (в жидкой и газовой фазах) + наночастицы с эффектом “памяти форм”) при температуре ( $T=293-433$ К) и давлении ( $P=0,101-14,42$ МПа), которые используются проектными организациями для выполнения надлежащих инженерных расчетов [1-А, 3-А, 4-А, 5-А, 6-А, 9-А, 10-А, 11-А, 12-А, 13-А, 14-А, 15-А].

3. Показано, что плотность, коэффициент эффективной теплопроводности исследуемых растворов, при заданной температуре увеличиваются с ростом давления, а с ростом температуры при постоянном давлении уменьшаются. Также выявлена закономерность изменения вышеперечисленных параметров в газовом состоянии базовой жидкости и на линии насыщения [1-А, 3-А, 4-А, 5-А, 6-А, 9-А, 10-А, 11-А, 12-А, 13-А, 14-А, 15-А].

4. При обработке и обобщении экспериментальных данных по плотности, коэффициенту эффективной теплопроводности исследуемых систем (толуол + наночастицы с эффектом “памяти форм”), получены аппроксимационные и корреляционные выражения, устанавливающие взаимосвязь между этими характеристиками [1-А, 3-А, 4-А, 5-А, 6-А, 9-А, 10-А, 11-А, 12-А, 13-А, 14-А, 15-А].

5. Полученную аппроксимационную зависимость и уравнение состояния, можно использовать для расчета и прогнозирования перечисленных параметров экспериментально неисследованных растворов на основе толуола с внедрением наночастиц  $TiO_2$  (с различными фракциями 30, 50 и 70нм) в широком интервале изменения параметров состояния (температуры, давления и массовой концентрации наноразмерного диоксида титана с эффектом “памяти форм”) [1-А, 3-А, 4-А, 5-А, 6-А, 9-А, 10-А, 11-А, 12-А, 13-А, 14-А, 15-А].

6. Полученные аппроксимационные зависимости и уравнение состояния для наножидкостей используются студентами, магистрантами и аспирантами кафедры “Общая физика” ТГПУ имени С.Айни, БГУ имени Носири Хусрава и кафедры “Теплотехника и теплоэнергетика” ТГУ имени акад. М.С. Осими, для расчета калорических свойств исследуемых растворов [1-А, 3-А, 4-А, 5-А, 6-А, 9-А, 10-А, 11-А, 12-А, 13-А, 14-А, 15-А].

7. Составлены подробные таблицы плотности и коэффициента теплопроводности исследуемых наножидкостей в широком интервале температур (293-433)К, давлений (0.101-14,42)МПа и массовой концентрации наночастиц с эффектом “памяти форм”, которые могут быть использованы для соответствующего расчета различных технологических процессов и теплообменных устройств [1-А, 3-А,4-А,5-А,6-А,9-А,10-А,11-А,12-А,13-А,14-А,15-А].

### **Рекомендации, перспективы дальнейшей разработки темы исследования диссертационной работы**

1. Сформированы подробные таблицы данных о плотности и коэффициенте теплопроводности образцов исследования в интервале изменения температуры (300-440)К и давления (0,101-14,42)МПа, а также в зависимости от изменения массовой концентрации наночастиц с эффектом “памяти форм”, которые могут быть использованы для расчета различных технологических процессов и теплообменных аппаратов.

2. Полученные аппроксимационные зависимости и уравнение состояния для наножидкостей используются студентами, магистрантами и аспирантами кафедры “Общая физика” ТГПУ имени С.Айни, БГУ имени Носира Хусрава и кафедры “Теплотехника и теплоэнергетика” ТТУ имени академика М.С. Осими для расчета калорических свойств наножидкостей.

3. Полученные значения плотности и уравнение состояния исследуемых образцов могут быть использованы для расчета разности теплоемкости ее растворов с другими растворителями.

4. Получены экспериментальные и расчетные данные по коэффициенту эффективной теплопроводности и плотности жидких растворов с наночастицами (с эффектом “памяти форм”), которые могут служить основанием для развития микроскопической теории явления переноса тепла и массы в исследуемых материалах.

5. Полученные эмпирические уравнения и уравнение состояния рекомендуются для расчета и соответствующего прогнозирования упомянутых выше характеристик опытно неизученных растворов системы толуола и наночастиц диоксида титана различной фракции (30,50 и 70нм) в широком интервале изменения параметров состояния, включая температуру, давление, а также массовую концентрацию нанонаполнителя (наноразмерный диоксид титана).

### **СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

Статьи, опубликованные в научных журналах, рекомендуемых ВАК при Президенте Республики Таджикистан:

[1-А]. **Мирзоева, К.** Влияние температуры, концентрации наночастиц с эффектами памяти “форм” и с разными фракциями на изменение теплопроводности жидкого толуола при различных температурах и давлениях/ К. Мирзоева //Вестник технологического университета Таджикистана, 4 (47) 2021 -С.67-74.

[2-А]. **Мирзоева, К.,** Сафаров М.М., Зарипова М.А., Раджабова Д.Ш., Умарализода М.У., Матлаби Джабборзода, Раджабова С.М. Влияние нанопорошка с эффектами памяти на поведение динамической вязкости теплоносителей при различных температурах и атмосферном давлении. //Теоретический и научно-практический журнал Кишоварз.ТАУ имени Ш. Шотемур, 2 (91), 2021.-С.85-88. ISSN 2074-5435.

[3-А].**Мирзоева, К.** Теплопроводность коллоидных наножидкостей на основе толуола при высоких параметрах состояния./Сафаров М.М., Мирзоева К.// /Вестник филиала Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова в г. Душанбе. Серия естественных наук, 1(21). - 2022.-С.83-90.

[4-A]. **Mirzoeva, K.** Density of Toluene-Based Nanofluids/Journal of Physics: Conference Series Volume 2270 2022 /K.Mirzoeva,M.M.Safarov,M.Abdujabor//Previous issue Next issue II International Conference "Gas Discharge Plasma and Synthesis of Nanostructures" (GDP-NANO 2021) 01/12/2021-05/12/2021 Online Accepted papers received:\26 April 2022.Published online: 31 May 2022 GDP-NANO 2021. Journal of Physics: Conference Series 2270 (2022) 012026 IOP Publishing,7p. doi:10.1088/1742-6596/2270/1/012026 (*Scopuse*)

#### Статьи, опубликованные в материалах конференции:

[5-A]. **Мирзоева, К.** Сафаров М.М.,Зарипова М.А.,Тиллоева Т.Р. Влияние температуры, давления, концентрации наночастиц с различными фракциями на изменение плотности некоторых жидких углеводородов// Материалы международной научно-практической конференции “Роль Таджикского государственного педагогического университета имени С. Айни в подготовке педагогических кадров и развитии системы образования”, посвященной 30-летию Государственной независимости Республики Таджикистан и 90-летию ТГПУ имени С.Айни, 24-25 декабря 2021г.- С.113-119.

[6-A]. **Мирзоева, К.,** Матлаби Джабборзода, Сафаров М.М. Плотность наножидкостей на основе толуола.//Сборник статей 2 Международная конференция “Газоразрядная плазма и синтез наноструктур”,Россия, г.Казань, КНИТУ-КАИ, (1-4декабря 2021г.)-С.332-333.

[7-A]. **Мирзоева, К.,** Матлаби Джабборзода, Сафаров М.М. Влияние температуры, концентрации наночастиц с эффектами памяти на изменение плотности жидкого толуола. // Сборник статей 5 Международной научной конференции “Вопросы физической и координационной химии” посвященной памяти докторов химических наук, профессоров Якубова Хамида Мухсиновича и Юсуфова Зухуриддина Нуриддиновича (15-16 ноября 2021г.), Душанбе, - С.72-77

[8-A]. **Мирзоева, К.,** Матлаби Джабборзода, Тиллоева Т.Р.,Зарипова М.А., Сафаров М.М. Влияние наночастиц с эффектами памяти на поведение поверхностные характеристики ксилола при (293-473) К, 0,101МПа.// Сборник статей 5 Международной научной конференции “Вопросы физической и координационной химии” посвященной памяти докторов химических наук, профессоров Якубова Хамида Мухсиновича и Юсуфова Зухуриддина Нуриддиновича (15-16 ноября 2021г.), Душанбе,- С.48-54

[9-A]. **Мирзоева, К.,** Джабборзода М.,Сафаров М.М. Влияние наночастиц с эффектами памяти на изменение коэффициента теплопроводности толуола при атмосферном давлении.// Материалы республиканской научно-практической конференции “Фундаментальная наука-основа совершенствования технологии и материалов ”посвященной 30-летию Государственной Независимости Республики Таджикистан, Институт химия, НАНТ -3 ноября 2021- С.83-86

[10-A]. **Мирзоева, К.,** Джабборзода М.,Сафаров М.М. Влияние наночастиц с эффектами памяти “форм ” на изменение плотности толуола в зависимости от температуры при атмосферном давлении. // Материалы республиканской научно-практической конференции (с международным участием)«Теплоэнергетика и теплофизические свойства веществ», посвященной 30-летию государственной независимости Республики Таджикистан, 65-летию ТТУ имени акад. М.С. Осими и 50-летию МТФШ, 2021,- С.171-173.

[11-A]. **Мирзоева, К.,** Джабборзода М., Сафаров М.М. Изменение теплопроводности толуола с учетом влияния наночастиц с эффектами памяти на линии насыщения. //Материалы республиканской научно-практической конференции (с международным участием) «Теплоэнергетика и теплофизические свойства веществ», посвященной 30-летию государственной независимости Республики Таджикистан, 65-летию ТТУ имени акад. М.С. Осими и 50-летию МТФШ, 2021,-С.160-163.

[12-A]. **Мирзоева, К.,** Джабборзода М., Сафаров М.М. Влияние нано-частиц с эффектами памяти “форм” на изменение теплофизических и поверхностных характеристик жидкого толуола. //Материалы республиканской научно-практической конференции (с меж-

дународным участием) «Теплоэнергетика и теплофизические свойства веществ», посвященной 30-летию государственной независимости Республики Таджикистан, 65-летию ТТУ имени акад. М.С. Осими и 50-летию МТФШ, 2021,-С.163-167.

**[13-А]. Мирзоева, К.,** Сафаров М.М., Матлаби Джабборзода. Влияние наночастиц на поведение плотности жидкого толуола. //Материалы международной научно-практической конференции “Энергетика Таджикистана. Проблемы энергосбережения, энергоэффективности и использования возобновляемых источников энергии” посвященной 30-летию независимости РТ,90-летию МЭИ и 100-летию плана ГОЭЛРО. Филиал МЭИ в г. Душанбе-2021.-С. 191-194.

**[14-А]. Мирзоева, К.,** Сафаров М.М.,Матлаби Джабборзода. Влияние наноразмерный диоксид титана на изменение плотности толуола в зависимости от температуры и давления. // научных трудов Третий международный Косыгинский форум «Современные задачи инженерных наук» международный научно-технический симпозиум «повышение энерго-ресурсоэффективности и экологической безопасности процессов и аппаратов химической и смежных отраслей промышленности», посвященный 110-летию А.Н. Плановского (Т.2) М.(20-21 октября 2021г.)-С.233-235. DOI. 10/37816/eeste-2021.-2-233-235.

**[15-А].Мирзоева К.** Кореляция между теплопроводностью и плотностью некоторых коллоидных наножидкостей на основе толуола и диоксида титана. /К. Мирзоева, М.М. Сафарова, М.А. Абдуллоева // Материалы XIII-Международная теплофизическая школа «Теплофизика и информационные технологии», посвященной 60-летию профессор, член.корр.НАНТ Кобулиева З.В. и 70-летию Заслуженного деятеля науки и техники Таджикистана, д.т.н., профессора Сафарова М.М.-Душанбе-Тамбов, 17-20 октября 2022г.-С.116-119.

#### **Малый патент Республики Таджикистан**

**[16-А]. Мирзоева, К.** Саидзода К.Б.,Сафаров М.М., Гуломов М.М., Сафаров Ш.Р., Ойматова Х.Х.,Собиров Дж.Ф.,Тиллоева Т.Р.,Мирзоева К., Джумаев С.С., Умарзода Ш.У., Абдуназаров С.С., Хакимов Д.Ш. Способ определения теплопроводности твердых тел. Малый патент Республики Таджикистан № 2101553 аз 03.05.2021,№ТJ 1185 от 27 сентября 2021г. 7с.

ВАЗОРАТИ МАОРИФ ВА ИЛМИ ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН  
Донишгоҳи давлатии омӯзгории Тоҷикистон ба номи Садриддин Айни

*Да асоси дастнавис*

УДК.519.72.66.022.6



**МИРЗОЕВА Кутос**

**ТАЪСИРИ НАНОЗАРРАЧАҲО БО ЭФФЕКТИ “ХОТИРАИ ШАКЛ”  
ДОШТАИ АНДОЗАҲОЯШОН ГУНОГУН БА ТАҒЙИРӢБИИ  
ГАРМИГУЗАРОНӢ ВА ЗИЧИИ ТОЛУОЛ  
ҲАНГОМИ ГУЗАРИШИ ФАЗАВӢ**

**АВТОРЕФЕРАТ**

рисола барои дарёфти дараҷаи илмии номзади илмҳои техникӣ  
аз рӯйи ихтисоси

01.04.14 –Физикаи ҳарорат ва назарияи техникаи гармо

**Душанбе – 2022**

*Рисола дар кафедраи “Физикаи умумӣ”-и Донишгоҳи давлатии омӯзгори Тоҷикистон ба номи С.Айнӣ иҷро карда шудааст.*

**Роҳбари илмӣ:** Сафаров Махмадалӣ Маҳмадиевич, Арбоби илм ва техникаи Тоҷикистон, академики байналмиллалии муҳандисӣ (АБМ), академики Академияи муҳандисӣ (АМ) ҚТ, доктори илмҳои техникӣ, профессор

**Муқарризони расмӣ:** Назарзода Хайрулло Холназар, доктори илмҳои техникӣ, дотсент, ректори Донишгоҳи давлатии тиҷорати Тоҷикистон, ш.Душанбе

Қўраев Дадахон Собирҷонович, номзади илмҳои техникӣ, и.в. дотсенти кафедраи Барқтаъминкунӣ ва автоматикаи Институти политехникии Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ, ш.Хучанд.

**Ташкилоти пешбар:** Донишгоҳи давлатии Бохтар ба номи Носири Хусрав, кафедраи физикаи умумӣ, ш.Бохтар

Ҳимояи диссертатсия рӯзи “\_9\_”\_января\_ соли 2023, соат 16<sup>00</sup> дар ҷаласаи Шӯрои диссертатсионии 6D.KOA-041 назди Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи акад.М.С.Осимӣ, хиёбони академикҳо Раҷабовҳо 10а баргузор мегардад, e-mail: [d.s6d.koa.041@yandex.ru](mailto:d.s6d.koa.041@yandex.ru)

Бо матни пурраи диссертатсия метавонед дар китобхонаи илмӣ ва сомонаи интернетии Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи акад.М.С.Осимӣ <http://ttu.tj> шинос шавед

Автореферат санаи « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ соли 2022 ирсол шудааст.

**Котиби илмӣ**  
**шӯрои диссертатсионӣ 6D.KOA-041,**  
**номзади илмҳои техникӣ, дотсент**

**Тағоев С.А.**



## ТАВСИФОТИ УМУМИИ РИСОЛА

**Мубрамияти мавзӯ.** Барои такмил ва инкишоф додани равандҳои технологӣ ҳисоби аз ҷиҳати илмӣ асосноки муҳандисӣ тавсифҳои гармофизикии маводҳои коркунанда дар ҳудудҳои васеи тағйироти параметрҳои ҳолат заруранд, аз ҷумла гузариши мувозинатии фазаҳои онҳо низ маълумот талаб мекунад. Барои ҳисобкуниҳои ададӣ ва ҳалли муодилаҳои дифференсиалии дараҷаҳои якум ва дуҷуми ҷараёни гармимубодилакунӣ маълумот оид ба хосиятҳои гармофизикӣ, аз ҷумла, коэффитсиенти гармигузаронии эффективнок вобаста ба Тадқиқи гармигузаронии эффективноки маҳлулҳои системаи моеъҳои органикӣ (толуол) ва диоксиди титан вобаста аз ҳарорат ва фишор, концентратсияҳои пуркунандаҳо арзиши бузурги илмӣ ва амалӣ дошта хосиятҳои асосии бузургҳои физика-химиявии тавсифдиҳандаи маҳлулҳо ба ҳисоб рафта, хосиятҳои моеъҳо, маҳлулҳоро тавсиф дода, ба сифати параметрҳои асосӣ дар муодилаҳои гидродинамикӣ ва гармимубодилакунӣ ҳангоми ҳисобкуниҳо ва лоиҳакашии равандҳо ва таҷҳизотҳо истифода бурда мешаванд. Ҳарорат, фишор ва тағйирёбии гузариши фаза зарур аст. Истифодабарии маълумотҳои тахминӣ ва ҳатто наздик оид ба хосиятҳои маводҳо дар ҳисобкуниҳои муҳандисӣ боиси кам шудани сарфи металл дар дастгоҳҳо ва паст шудани нишондиҳандаҳои техникӣ-иқтисодии онҳо мегардад. Гармигузаронии эффективнок яке аз параметрҳои муҳими идорашаванда дар чунин равандҳои технологӣ мебошад. Тадқиқи ин гуна бузургҳо дар самтҳои иқтисодӣ ва саноат, ба монанди коркарди маъдан, хочагии халқ ва тиб иҷро карда мешавад. Усулҳои ҷен карани коэффитсиенти гармигузаронӣ метавонад ба назарявӣ ва усули таҷрибавӣ ҷудо шавад. Вобаста ба ин таҷқиқи гармигузаронии наномоеъҳо, аз ҷумла ба онҳо дохиш кардашудаҳо (толуоли моеъ ва газмонанд) захираҳои калони такмил додани равандҳои технологӣ мебошанд. Дар ҳолати додашуда ҳангоми илова намудан дар система (толуол-диоксиди титани ( $\text{TiO}_2$ ) наноандоза) андозаҳои гуногун (30нм, 50нм ва 70нм) хосиятҳои физика-химиявии моеъҳои органикӣ, аз ҷумла толуол тағйир меёбад. Омӯзиши хосиятҳои дар боло зикршудаи наномоеъҳои коллоидӣ ва кластерӣ ба таҳия ва тақмили назарияи муосири наномоеъҳо, равшан кардани механизми таъсири байнимолекулавӣ дар моеъҳо ва маҳлулҳо мусоидат мекунад. Бинобар ҳамин ҳам таҷқиқи гармигузаронии эффективӣ асоси назарияи молекуляр-кинетикӣ газҳо ва моеъҳо ро ташкил доданд.

**Мақсади рисола чунин мебошад:** таҷқиқи гармигузаронии эффективӣ ва зичии системаҳои дукомпонентаи диоксиди титан (андозаҳои гуногуни наноандоза (30нм, 50нм ва 70нм)) (то 0,5%)+(толуол) дар ҳудуди ҳароратҳои (293-433) К ва фишорҳои (0,101-14,42) МПа.

**Барои амалӣ кардани мақсади ғузошташуда** ҳаллӣ масъалаҳои мазкур талаб карда шуд:

- интиҳоб ва коркарди усули таҷқиқоти гармигузаронии эффективӣ ва зичии маҳлулҳо (толуол+диоксиди титани наноандоза бо андозаҳои гуногун (30нм, 50нм ва 70нм), (то 0,5%)) бо назардошти гузариши ҳолати система (ҳатти сершавӣ, моеъ ва фазаи бугӣ);
- муайян намудани механизми гузариши гармӣ дар наномоеъҳои таҷқиқотӣ (маҳлулҳои коллоидӣ);
- коркард ва сохтани дастгоҳи таҷрибавӣ барои ҷен кардани гармигузаронии эффективӣ (амалигардонии усули ноқили тафсон Патент ҚТ №ТJ 923,с.2017, муаллифон Сафаров М.М. и ғ.) вобаста аз ҳарорат ва фишор;
- ба даст овардани маълумотҳои таҷрибавӣ оид ба гармигузаронии эффективӣ ва зичӣ дар ҳароратҳои (293-433) К ва фишори (0,101-14,42) МПа;
- муайян намудани вобастагии ҳароратии гармигузаронӣ ва зичии маҳлулҳои коллоидии таҷқиқотӣ дар ҳароратҳои (293-433)К, фишорҳои (0,101-14,42) МПа ва диоксиди титани андозаҳои гуногун (30нм, 50нм ва 70нм)) ва концентратсияҳои (от 0 до 0,5%)) дар фазаҳои гузариш;

- ба даст овардани вобастагиҳои аппроксиматсионии алоқамандкунандаи гармигузаронӣ ва зичӣ бо ҳарорат, фишор, консентратсияи нанопуркунадаҳо ва сохти махсуси объектҳои тадқиқотӣ (толуол, инчунин тозагии онҳо);
- муайян намудани алоқамандии гармигузаронии эффективӣ ва зичии толуоли моеъ ва газмонанд дар ҳудуди ҳароратҳои (293-433) К ва фишорҳои (0,101-14,42) МПа;
- ба даст овардани муодилаи ҳолат (муодилаи намуди Тейта) барои ҳисоб намудани гармигузаронии системаҳои тадқиқотӣ.

#### ***Навгониҳои илмӣ:***

1. Дастгоҳ барои ченкунии коэффитсиенти гармигузаронӣ (усули нокили тафсон, Патент ҚТ № ТҶ 923) коркард, сохта ва патент гирифта шуд, ки барои мутобиқгардонии тадқиқи гармигузаронии ҷисмҳои саҳт дар асоси толуол ва омехтаи механикии онҳо бо полистирол дар фазаи саҳт хангоми ҳароратҳои гуногун имкон медиҳад.
2. Дар асоси таҳлили гармиинтиқолдиҳӣ усули ҳисобкунии хосиятҳои гармофизикӣ ва роҳҳои ҳисобкунии рақамии андозаҳои заррачаҳо дар маҳлулҳои тадқиқотӣ коркард карда шуд.
3. Муодилаҳои эмпирикӣ, ифодаҳои коррелятсионӣ, муодилаи ҳолат (МХ) барои ҳисоб намудани хосиятҳои гармофизикии намунаҳои тадқиқотӣ дар ҳароратҳои гуногуни (293-443) К, фишорҳои (0,101-14,42) МПа ба даст оварда шуда ва коррелятсияи байни ин хосиятҳо муайян карда шуд.
4. Усулҳои ҳисобкунии коэффитсиенти гармигузаронии эффективӣ ва зичии наномоеъҳои (толуол+нанозаррачаҳо бо эффекти “хотираи шакл” ва андозаҳои гуногуни (30нм, 50нм ва 70нм)) ва коэффитсиентҳои муодилаи ҳолати намуди Тейта барои маҳлулҳои коллоидии тадқиқотӣ ва коркарди омории маълумотҳои ба дастмада иҷро карда шуд.
5. Дастгоҳҳои таҷрибавӣ барои чен кардани гармигузаронии наномоеъҳои тадқиқотии системаи (толуоли газмонанд ва моеъ+диоксидаи титани наноандоза) истифода бурда шуд.
6. Маълумотҳои таҷрибавӣ оид ба коэффитсиенти гармигузаронии эффективнок ва зичии маҳлулҳои тадқиқотии (то 0,5% диоксидаи титани наноандоза бо андозаҳои гуногуни (30нм, 50нм ва 70нм)) дар ҳудуди ҳароратҳои (209-433) К ва фишорҳои (0,101-14,42) МПа ба даст оварда шуд.
7. Вобастагиҳои аппроксиматсионии  $\lambda - P - T - m$  ба даст оварда шуда, бо ёрии муодилаи ҳолати намуди Тейта коркарди оморӣ ва таҳлили маълумотҳои таҷрибавӣ гузаронида шуд.
8. Вобастагии коэффитсиенти гармигузаронии эффективӣ ва зичии маҳлулҳои коллоидии системаҳои толуол ва нанозаррачаҳо бо эффекти “хотираи шакл” дар ҳудуди параметрҳои васеи ҳолати  $T=(293-433)К$ ,  $P = (0,101-14,42)$  МПа, аз он ҷумла фазаҳои моеъгӣ ва газмонанди гармиинтиқолдиҳандаҳо муқаррар карда шудааст.
9. Усули муайян кардани коэффитсиенти фаълнокии нанопуркунанда (усули Алтунин В.А. ва ғ.) истифода бурда шуд.

#### ***Ба ҳимоя пешниҳд карда мешаванд:***

- усулҳои ҳисоб кардани гармигузаронии эффективӣ ва зичӣ дар ҳарорат ва фишорҳои гуногун (муодилаи ҳолати намуди Тейта ва модели Максвелл) ва таҳлили гармиинтиқолдиҳӣ дар объектҳои тадқиқотӣ;
- вобастагиҳои аппроксиматсионӣ (дар намуди муодилаи намуди Тейта) барои ҳисоб намудани гармигузаронӣ ва зичии системаи толуол+диоксидаи титани наноандоза бо андозаҳои гуногуни (30нм, 50нм ва 70нм) дар ҳарорат ва фишорҳои гуногуни  $T= (293-433)К$ ,  $P = (0,101-14,42)$  МПа аз он ҷумла, фазаҳои моеъгӣ ва газиҳои гамиинтиқолдиҳанда;
- истифодаи вариантҳои нави таҷҳизотҳои ченкунанда барои муайян намудани гармигузаронии наномоеъҳо ва асосноккунии имкониятҳои истифодабарии онҳо барои

тадқиқи гармигузаронии маҳлулҳои суспензионӣ вобаста аз ҳарорат, фишор, концентратсияи нанозарраҷаҳо бо андозаҳои гуногун;

- усули муайян намудани коэффитсиенти фаъолнокии нанопуркуандаҳо (усули Алтунин В.А. ва ғ.)
- истифодабарии маълумотҳо оид ба гармигузаронӣ ва зичии маҳлулҳои тадқиқотӣ дар ҳудудҳои ( $T=293-433$ )К,  $P=(0,101-14,42)$ МПа) ва концентратсияҳои то 0,5г. диоксиди титани наноандоза бо андозаҳои гуногуни (30нм, 50нм ва 70нм) дар ҳолатҳои моеъгӣ ва газиӣ гармиинтиқолдиҳанда.

**Маводҳои тадқиқотӣ.** Толулоли моеъ ва газмонанд, диоксиди титани наноандоза (мавод бо эффекти “хотира шакл”) ва наномоеъ бо нанозарраҷаҳои андозаҳои гуногуни (30нм, 50нм ва 70нм).

**Соҳаи тадқиқот.** Рисола аз рӯи самти илмии гармофизика ва назарияи техникаи гармо иҷро карда шудааст.

**Марҳилаи тадқиқот.** Рисола дар давоми солҳои 2018-2022 иҷро гардидааст.

**Аҳамияти назариявӣ ва амалии кор:**

1. Ҷадвалҳои муфассали хосиятҳои гармофизикӣ ва маводҳои аз ҷиҳати техникаи муҳим (маҳлулҳои толуоли моеи аз ҷиҳати химиявӣ тоза) дар ҳудудҳои васеи ҳарорат ((293 – 433) К) ва фишор ((0,101 – 14,42) МПа), ки метавонанд дар ташкилотҳои лоихакашӣ, дар равандҳои гуногун (химиявӣ, энергетикӣ, технологӣ ва ғ.) истифода баранд, тартиб дода шуд.

2. Натиҷаҳои таҷрибаҳои гузаронидашуда оид ба зичӣ, гармигузаронии маҳлулҳо “толуоли моеъ+нанозарраҷаҳо бо эффекти “хотира шакл” дар параметрҳои васеи ҳолат ( $T = (293-443)$  К) и ( $P = (0,101-14,42)$ МПа) дар Институти саноати Вазорати саноат ва технологияи нави ҚТ ҳангоми ҳисобкуниҳои моделҳои реактор ва равандҳои технологияи ҳосил намудани сӯзворихҳои дизелӣ ва маълумотҳои таҷрибавӣ ҳамчун, маълумотнома истифода бурда шуда татбиқ шудаанд (санади татбиқ оварда шудааст).

3. Маълумотҳои таҷрибавӣ оид ба хосиятҳои гармофизикӣ ва термодинамикии системаҳои ду- ва секомпонентаи маҳлулҳои аз ҷиҳати техникӣ муҳим, ки имкони истифодабариро дар ҳисобкуниҳои муҳандисӣ, тартиб додани моделҳои физикӣ ва математикӣ, инчунин барои интиҳоби речаҳои гармии кори механизмҳо ва таҷҳизотҳоро доранд ба даст оварда шуд.

4. Усули муайян намудани фаъолнокии нанозарраҷаҳо (усули В.А.Алтунин ва ғ.) истифода бурда саҳми нанозарраҷаҳо дар гузаронандагии самараноки наномоеъҳо дар ҳарорат, фишор ва концентратсияҳои нанопуркуандаҳо бо эффекти хотира вобаста аз ҳароратҳои гуногуни ((293 – 443)К) ва фишорҳои ((0,101 – 14,42) МПа) муайян карда истифода бурда шуд.

5. Дар асоси маълумотҳои таҷрибавӣ оид ба зичӣ ва гармигузаронии наномоеъҳои тадқиқотӣ дар фишори атмосферӣ ва ҳароратҳои гуногун (яъне, дар ҳаати сершавӣ) муодилаи эмпирикӣ ва муодилаи ҳолат ҳосил карда шуд. Аввалин маротиба барои гурӯҳи мазкури наномоеъҳо муодилаи намуди Тейта, муодилаи Мамедов ва Ахундов истифода бурда шуда коэффитсиентҳои адабии ин муодилаҳо ба даст оварда шуд.

6. Таҷҳизоти сохташуда барои ҷен кардани зичӣ, гармигузаронии (усули ноқили тафсон, диламометрӣ) маҳлулҳои толуоли тоза ва ҳам бо иловаи нанозарраҷаҳо бо эффекти хотира дар Донишгоҳи давлатии омӯзгорӣи Тоҷикистон ба номи Садриддин Айнӣ, дар Донишгоҳи техникаи Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ барои ихтисосҳои “Энергетикаи ҳароратӣ”, инчунин дар Институти саноат ва технологияи навини ҚТ ва ғайраҳо истифода бурда мешавад (санадҳои татбиқи натиҷаҳо замима гардидааст).

**Дараҷаи эътимоднокӣ ва интишори натиҷаҳо.** Эътимоднокии натиҷаҳои тадқиқот таъмин карда мешавад:

–бо истифодабарии таҷҳизотҳои ҷенкуандаи озмудашуда ва санҷидашуда бо натиҷаҳои ҷенкунии саҳеҳи баланд;

–бо мувофиқии натиҷаҳои ҳақиқӣ бо маълумотҳои маълуми дар натиҷаи тадқиқи новобастаи физика-химиявӣ бо истифодабарии дигар усулҳои таҳлил ба даст омада;

– бо таъмини пурраи метрологии дастгоҳҳои ченкунанда: истифодаи мувофиқи назарияи ченкунӣ ва назарияи хатогиҳо; бо истифода аз асбобҳо ва дастгоҳҳои стандартии санҷидашуда; мувофиқати натиҷаҳои таҷрибаҳо; мувофиқати қаноатбахши натиҷаҳои ҳисобуниҳои гармигузаронӣ ва зичии маҳлулҳо ва мувофиқаткунонӣ бо маълумотҳои ҳисобкуниҳо;

– бо истифодаи дурусти моделҳои математикии равандҳои физикӣ ва бо таҷҳизотҳои математикӣ санҷидашудаи ҳалли рақамии муодилаи дифференсиалии гармимассадиҳии модели Максвелл (гармигузаронӣ), Дульнев (гармигузаронӣ), Ленард–Ҷонс (гармигузаронӣ), Тейта (зичӣ), муодилаи Мамедов–Ахундов (зичӣ) (моделсозии компютерӣ);

– бо ҳисобкунии таъсири нанопуркунандаҳо дар гармибарандаҳои тадқиқотӣ ҳангоми ҳарорат, фишор ва консентратсияҳои нанозаррачаҳои гуногун.

#### ***Арзиши амалии кор:***

- усули таҳлили муодилаи намуди Тейта (ҳисобкунии гармигузаронӣ ва зичӣ) барои гурӯҳи маҳлулҳои монанд коркард карда шуда имкони истифодабарии ин усул барои дигар намуди муодилаҳои нимэмпирикӣ нишон дода шудааст;
- назарявӣ гармигузаронии эффективнок ва зичии наномоеъҳои тадқиқотӣ дар асоси сохти молекулавӣ онҳо пешгӯӣ кардашуда асоснок карда шудааст;
- модели структураи маҳлулҳо сохта шуда таҳлили раванди гармиинтиқолдиҳӣ ва дар ин асос критерияҳои Фуре ва Прандтли маҳлулҳои тадқиқотӣ ҳисоб карда шудааст;
- дастгоҳҳои таҷрибавӣ пешниҳодшуда метавонанд барои ченкунии босуръати гармигузаронӣ ва зичӣ маводҳо дар шароити озмоишгоҳ истифода бурда шаванд;
- бонки маълумотҳои нави физика-химиявӣ бузургҳои пайвастагиҳо бо маълумотҳои нав пурра карда шуд;
- усули муайян намудани коэффитсиенти фаъолнокии нанопурунандаҳо (усули Алтунин В. А. ва ғ.) истифода бурда шуд.

#### ***Татбиқи натиҷаҳои тадқиқот:***

- натиҷаҳои таҷрибаҳои гузаронидашуда оид ба гармигузаронӣ ва зичии наномоеъҳои тадқиқотии системаи (толуол+диоксидаи титани наноандоза бо андозаҳои гуногун (30нм, 50нм ва 70нм) дар Институти саноат ва технологияи навини Ҷумҳурии Тоҷикистон) ҳангоми ҳисобкуниҳои равандҳои технологӣ ва маълумотҳои таҷрибавӣ бошад, ҳамчун маълумотнома истифода бурда мешавад, татбиқ карда шудааст;
- вобастагиҳои ашпроксиматсионии ба даст омада оид ба гармигузаронӣ ва зичӣ дар параметрҳои васеи ҳолат ва муодилаи намуди Тейта барои ҳисобкуниҳои муҳандисӣ дар Институти саноати Вазорати саноат ва технологияи навини Ҷумҳурии Тоҷикистон истифода бурда мешавад;
- ҷадвалҳои муфассали тартибдодашудаи гармигузаронии эффективнок ва зичии маҳлулҳои аз ҷиҳати техникӣ муҳим дар ҳудуди ҳароратҳои (293-433)К, фишорҳои  $P=(0,101-14,42)$ МПа) ва консентратсияҳои то 0,5% диоксидаи титани наноандоза бо андозаҳои (30нм, 50нм ва 70нм) дар ҳолати моеъгӣ ва газмонанд, метавонанд ташкилотҳои лоиҳакашӣ дар равандҳои гуногуни технологӣ истифода баранд;
- таҷҳизотҳои сохташуда барои чен кардани гармигузаронӣ ва зичии наномоеъҳо (бо диоксидаи титани наноандоза бо андозаҳои гуногуни (30нм, 50нм ва 70нм)) дар озмоишгоҳҳои илмӣ ва таълимии кафедраи “Техника ва энергетикаи гармо”-и Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ ва кафедраи ”Физикаи умумӣ”-и ДДОТ ба номи Садриддин Айнӣ, омӯзгорон ҳангоми иҷро намудани рисолаҳои илмӣ ва донишҷӯён, магистрантҳо ҳангоми иҷро намудани корҳои дипломӣ, курсӣ ва озмоишӣ истифода мебаранд (санадҳои татбиқи натиҷаҳои замима гардидааст).

**Саҳми шахсии муаллиф** дар интихоби усулҳо ва коркарди алгоритмҳои ҳалли масъалаҳои гузошташда ҳангоми иҷрокунии масъалаҳо, муайян кардани қонуниятҳои асосии дар равандҳои физика-химиявӣ гузаранда ҳангоми ҳосил намудани гармибарандаҳо, маводҳои рангкунанда, гузаронидани тадқиқотҳои таҷрибавӣ оид ба гармигузаронӣ, зичӣ, коэффитсиентҳои муодилаи модификатсикардашудаи намуди Тейта дар шароитҳои истеҳсолот ва инчунин коркард ва таҳлили натиҷаҳои ба даст омада, таснифоти ҳулосаҳои асосии оид ба иҷроиши ҳаҷми кори рисола мебошад.

**Усулҳои асосии тадқиқотҳои илмӣ.** Ҳангоми иҷро кардани рисола барои ба даст овардани маълумотҳо усули бикалориметри силиндриқӣ, усули ноқили тафсон (гармигузаронӣ) ва усули баркашқунии гидростатикӣ (дастгоҳи К.Д.Гусейнов ва шогирдонаш), назарияи монандӣ, пакети барномаҳои SigmaPlot, Excele ва ғайраҳо истифода бурда шудааст. Усулҳои ба даст овардани коэффитсиентҳои муодилаҳои ҳолат ва қонуни мувофиқоварии ҳолат, критерияҳои Прандтл, Грассгоф, Рейнолдс, Пекли, Био ва модели Ленард-Чонс ва ғайраҳо пешниҳод карда шуд.

Дар қор таҳлили адабиёт, синтез ва классификатсияи ченқунии гармигузаронӣ ва зичии маҳлулҳои моеъ ва газмонанд иҷро карда шудааст. Барои чен кардани гармигузаронии наномоеъҳои коллоидӣ усули ноқили тафсон (дастгоҳи ихтироъкардаи профессор М.М.Сафаров, Патенти ҚТ №ТҶ 923, с.2017) истифода бурда шудааст. Хатогии умумии нисбии ченқунии гармигузаронӣ ҳудуди эътимодноки  $\alpha=0,95$ , 3,5%-ро ташкил медиҳад. Инчунин барои ҳисобқуниҳои рақамии гармигузаронии эффективноки наномоеъҳо модели Максвелл истифода бурда шуд.

**Дарҷаи омӯхтаиавии самти рисола.** Фаҳмиши нуктаи критикӣ аллақай аз асри 19 ва нуктаи фазаи гузариш боз барвақттар маълум буд, вале қорҳое, ки ба истифодабарии амалии ҳодисаҳои аз ҳудуди нуктаи критикӣ баланд ва фазаи гузариш дар нимаи дуҷуми асри 20 пайдо шудан гирифтанд.

Асоси назариявии ҳодисаҳои ба амал омада, дар ҳудудҳои наздикритикӣ ва фавқлқритикӣ қорҳои Ландау Л.Д., Лившиц Е.М., Анисимов М.А., Стенли Г.Е., Покровский В.Л., Алтунин В.В., Жузе Т.П., Абдулагатов И.М., Усманов А.Г., Амирханов Д.Г., Гумеров Ф. М., Собирзянов А.Н., Кислева С.Б. ва ғайраҳо бахшида шудаанд.

Ба гармигузаронӣ ва зичии толуол дар фазаи моеъ ва дар фазаи гузариш як қатор қорҳо, аз он ҷумла Габулов Д.М., Нағашима, Ахундов, Мустафаев Р.А., Гусейнов К.Д., Сафаров М.М., Зарипова М.А., Родель Дж.Н., Таузен Р.П., Россини Ф.Д. ва ғайраҳо бахшида шудааст.

**Баррасии натиҷаҳои қор.** Натиҷаҳои асосии рисола дар конференсияҳои илмӣ-техникии Байналмиллалӣ ва ҷумҳуриявии зерин баромад намуда ва муҳокима карда шудааст: Конференсияи байналмилалӣ илмӣ-амалии “Энергетикаи Тоҷикистон. Масъалаҳои энергиятаъминкунӣ, энергоэффективӣ ва истифодабарии манбаъҳои энергияи маъмул”, бахшида ба 30-солагии истиқлолияти Ҷумҳурии Тоҷикистон, 90-солагии МЭИ ва 100-солагии плани ГОЭРЛО. Филиали МЭИ дар ш. Душанбе, (2021); VI –конференсияи байналмиллалӣ “Усулҳои муосири маводҳои тадқиқотӣ ҳосиятҳои гармофизикии маводҳо”, ш. Санкт-Петербург, (2021); конференсияи ҷумҳуриявии илмӣ-амалии “Энегетикаи гармо ва ҳосиятҳои гармофизикии маводҳо” (бо иштироки байналмиллалӣ), бахшида ба 30-солагии истиқлолияти Ҷумҳурии Тоҷикистон, 65-солагии Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи акад. М. С. Осимӣ ва 50-солагии МТФШ, Душанбе. (2021); 12- Мактаби байналмилалӣ гармофизикон (МТФШ-12), “Гармофизика ва технологияи иттилоотӣ”, Тамбов, (2021); Хониши Косигинӣ, Москва, (ТТБДФ МО "ДДР ба номи А.Н. Косыгин") Ташкилоти таълимии бучавии давлатии федералӣ маълумоти олий донишгоҳи давлатии Россия ба номи А.Н. Косыгин (Технология. Дизайн. Санъат)", Москва, (2021); Конференсияи ҷумҳуриявии илмӣ-амалӣ бахшида ба 30-солагии Истиқлолияти Ҷумҳурии Тоҷикистон бо иштироки байналмилалӣ, Институти химия АМИТ, Душанбе, (2021); Конференсияи ҷумҳуриявии илмӣ-амалӣ бахшида ба 30-солагии Истиқлолияти Ҷумҳурии Тоҷикистон ва “Бистсолагии омӯзиш ва инкишофи илмҳои табиӣ, дақиқ ва риёзӣ дар соҳаи илм ва маориф” (бо иштироки ИДМ), ДДБ ба номи Носира Хусрав,

Бохтар, (2021); Конференсияи байналмиллалии илмӣ-амалӣ бахшида ба хотираи докторҳои илми химия профессорон Якубов Ҳамид Муҳсинович ва Юсуфов Зухуриддин Нуриддиновича “Маъалаҳои физикӣ ва химияи координатсионӣ”, Душанбе, (2021); Конференсияи байналмиллалии «GDP NANO 2021», бахшида ба 90-солагии «КАИ» ва 90-солагии профессори кафедраи физикаи умумии КАИ, Арбоби илм ва техникаи РСФСР ва Ҷумҳурии Татаристон Гали Юнусович Даутов «ИИТДТ-ИАК» (2021); Конференсияи байналмиллалии илмӣ-амалӣ, бахшида ба 90-солагии Донишгоҳи давлатии омӯзгории Тоҷикистон ба номи С.Айнӣ, (2021); XIII-Мақтаби байналмиллии гармофизикон “Гармофизика ва технологияи иттилоотӣ” бахшида ба 60-солагии профессор, аъзо корр. АМИТ Кобиулиев З.В., 70- солагии Арбоби илм ва техникаи Тоҷикистон, д.и.т., профессор Сафарова М.М.-Душанбе-Тамбов, (2022).

**Интишорот.** Тибқи натиҷаҳои тадқиқот 16 мақолаҳои илмӣ расидааст, ки аз ҷумла 4 мақола дар маҷаллаҳои тавсияшудаи Комиссияи олии аттестатсионӣ назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон (муаллифи ягона ва як Scopus), 1 патенти хурди Ҷумҳурии Тоҷикистон ва 10 маводҳои конференсияҳои ҷумҳуриявӣ ва байналмилалӣ.

**Мутобиқатӣ бо шиносномаи ихтисос.** Оид ба мавзӯ, усулҳои тадқиқот муқаррароти нав рисола ба шиносномаи ихтисоси кормандони илмии 01.04014- «Физикаи ҳарорат ва назарияи техникаи гармо», қисми 5 “Тадқиқоти таҷрибавӣ ва назариявии якфазагӣ, дуфазагӣ, конвексияҳои озод ва маҷбурӣ дар ҳудудҳои васеи гармибарандаҳо, речавӣ ва параметрҳои геометрии сатҳҳои гармиинтиқолдиҳӣ”, ба қисми 7 “Тадқиқи таҷрибавӣ ва назариявии равандҳои гузаронандагии ҳамҷоягии гармӣ ва масса дар маҳлулҳои бинарӣ ва бисёркомпонента бо иловаи микро-, нанозаррачаҳо бо эффекти хотира, аз ҷумла наномоеъҳои аз ҷиҳати химиявӣ ҳассос”, ба қисми 9 “Қоркарди асосҳои илмӣ ва ташкили усулҳои самараноки равандҳои гармӣ ва массамубодилакунӣ” мутобиқат мекунад.

**Сохтор ва ҳаҷми қор.** Рисола аз муқаддима, шарҳи адабиёт, чор боб, хулосаҳо, рӯйхати адабиёт ва замима иборат мебошад. Рисола дар 172 саҳифаи компютерӣ, ки аз 46-ҷадвал, 64-расм ва рӯйхати адабиёт иборат аз 156 номгӯй (бо муаллифони ватанӣ ва хориҷӣ) ва 21 саҳифа замима иборат мебошад.

#### **Мундариҷаи асосии рисола**

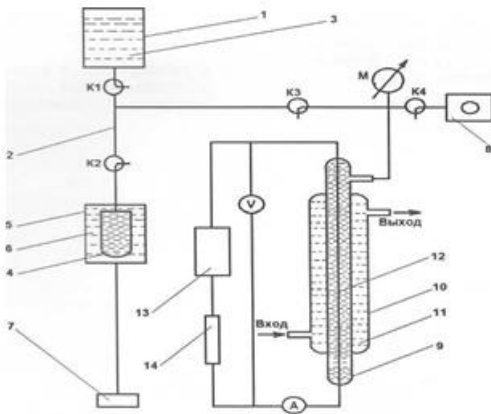
Дар **муқаддима** мубрамият, масъалагузорӣ, мақсади қор, навгониҳои илмӣ, татбиқи амалии натиҷаҳои тадқиқот, инчунин саҳми шахсии муаллиф нишон дода шудааст.

**Дар боби якум** шарҳи маълумотҳои адабиёти хосиятҳои маводҳои тадқиқотӣ дахлдошта, яъне толуол ва диоксидаи титан (наноандоза), инчунин масъалагузории асосии тадқиқот оварда шудааст.

**Дар боби дуюм** тавсифи дастгоҳҳои таҷрибавӣ ва таҳлили муфассали схемаҳои онҳо оварда шудааст, ки барои омӯختани вобастагии ҳарорати гармигузаронӣ дар параметрҳои баланди ҳолат оварда шудааст. Дар ин боб инчунин, баҳодихии мувофиқи ҳатогии маълумоти таҷрибавии ба даст овардашуда гузаронида мешавад.

#### **Дастгоҳи таҷрибавӣ барои чен кардани гармигузаронӣ вобаста аз ҳарорат ва фишор бо усули ноқили тафсон (Патенти Ҷумҳурии Тоҷикистон № ТҶ 923, 2017).**

Дастгоҳ аз зарфи 1, ки аз пӯлоди зангнозан сохта шуда, ва дар он объекти тадқиқотӣ 2 наномоеъ ҷойгир карда шудааст. Зарфи 1 бавосита найчаи 3 ба воситаи ҷумакҳои  $K_1$  ва  $K_2$  ба ҳалтачаи полиэтиленӣ 4 дар зарфи фишуранда 5, ки глитсерин 6 дорад, пайваست карда шуда, зарфи фишуранда 5 бо ёрии найчаҳо ба манометри бордори 7 (МП-2500 ё МП-600) пайваст карда шудааст. Ба найчае, ки зарфи 1 ва зарфи фишурандаи 5 ба воситаи ҷумакҳои  $K_3$  ва  $K_4$  ба воситаи найчаи насоси вакуумӣ 8 ва манометри М пайваст мебошанд, инчунин бо зарфи дарунии 9 найчаи ченкунандаи дорои зарфи берунаи 10, ки ба сифати руйпӯш ва дохил, ки маводи гарминигӯҳдорандаи 11 (ҳаво, об ё рағван) пайваст карда шудааст. Аз рӯи меҳвари зарфи дохилӣ 8 элементи гармкунанда 12 – ноқили никелӣ кашида шудааст, ки занҷири электрикиро мебандад: ба манбаи доимии қувва 13, резистори доимӣ 14, амперметр А ва вольтметр V ба манбаи барқ 12 ва резистор 13 параллел пайваст карда шудаанд.



**Расми 1.** Тарҳи дастгоҳи таҷрибавӣ барои тадқиқи гармигузарониҳои наномоеъҳо (усули ноқили тафсон).

**Боби сеюм** ба тадқиқи таҷрибавии гармигузаронӣ ва зичии системаҳои тадқиқотӣ (толуол-заррачаҳои наноандоза бо эффекти “хотираи шакл”) дар ҳароратҳои (293-473)К ва фишорҳои  $P = (0,101-14,42)$  МПа, консентратсияҳои то 0,5% диоксида титани наноандоза бо андозаҳои гуногуни (30нм, 50нм ва 70нм) дар ҳолати моеъ ва газмонанди гармибаранда, ки ташкилотҳои лоиҳакашӣ дар равандҳои гуногуни технологӣ истифода мебаранд, бахшида шудааст. Дар дастгоҳи таҷрибавӣ мо зичии моеъҳои коллоидии системаҳои толуол дар таркиби он диоксида титани (0,5%) бо эффекти “хотираи шакл” бо андозаҳои (30нм, 50нм ва 70 нм) илова карда шудааст. Дар ҳудуди ҳароратҳои аз (293-433)К ва фишори атмосферӣ (0,101)МПа тадқиқ намудем. Зичии маҳлулҳои коллоидӣ усули баркашқунии гидростатикӣ истифода бурда шудааст. Натиҷаи ҳисобқуниҳо ва таҷриба дар ҳудуди ҳатогии таҷриба то 0,13% байни ҳадигар мувофиқ мебошанд.

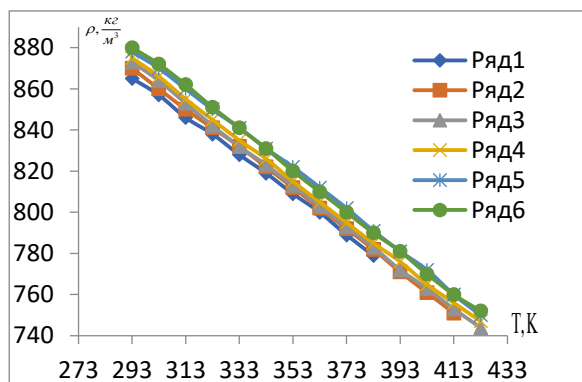
Дар ҷадвали 1 ва дар расмҳои 2-3 натиҷаҳои тадқиқи таҷрибавии зичии маҳлулҳои коллоидӣ нишон дода шудааст. Тавсифи тағйирёбии зичии маҳлулҳои коллоидии системаҳои (толуол+  $TiO_2$ нм) бо андозаҳои гуногун ба таври графикӣ оварда шудааст.

**Ҷадвали 1.-**Зичии ( $\rho, \text{кг/м}^3$ ) системам толуоли моеъ ва диоксида титани наноандоза  $TiO_2$ , ( $\phi=30\text{нм}$ ) бо эффекти “хотираи шакл” ва андозаҳои гуногун вобаста аз ҳарорат дар фишори атмосферӣ (0,101) МПа.

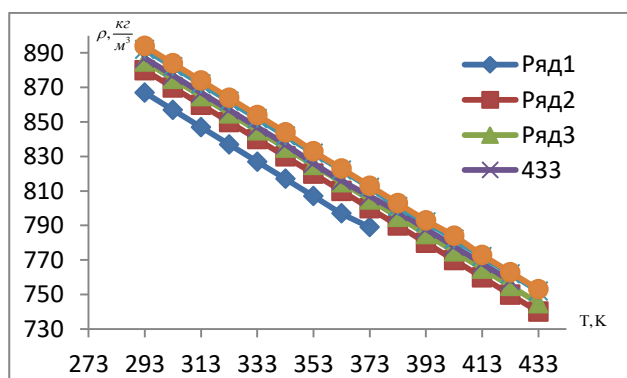
Намуна Т,К	№1[136]	№2	№3	№4	№5	№6
293,2	867,5	870,6	872,8	875,3	878,3	881,5
303,6	858,2	861,5	864,4	867,6	870,3	873,6
313,2	848,3	851,4	854,5	857,4	860,4	862,5
323,0	838,8	841,2	844,3	847,5	850,3	853,8
333,6	829,3	832,1	835,2	838,3	841,5	844,7
343,7	819,7	821,0	824,3	827,5	830,3	833,6
353,4	809,9	811,8	814,0	817,3	820,4	823,8
363,5	800,0	801,5	804,3	807,3	810,5	813,9
373,4	790,0	790,4	793,2	796,3	799,4	802,5
383,7	779,8	780,3	782,8	785,4	788,6	791,8
393,0	-	770,0	773,6	776,2	779,5	781,7
403,8	-	760,2	763,4	767,1	770,6	773,0
413,5	-	750,3	753,1	756,3	759,4	762,3
423,4	-	740,3	743,3	746,4	749,5	752,6
433,2	-	730,4	733,6	736,6	739,0	742,5

Объектҳои тадқиқотӣ: №1-(толуоли аз ҷиҳати х.т.); №2-( толуоли аз ҷиҳати х.т.+0,1%  $TiO_2$ ); №3-(толуоли аз ҷиҳати х.т.+0,2%  $TiO_2$ ); №4-( толуоли аз ҷиҳати х.т.+0,3%  $TiO_2$ ); №5-( толуоли аз ҷиҳати х.т.+0,4%  $TiO_2$ ); №6-( толуоли аз ҷиҳати х.т.+0,5%  $TiO_2$ ).

Дар расмҳои 2-3 натиҷаҳои таҷрибавии муайян кардани зичии системаҳои толуола- диоксида титан дар ҳудуди ҳароратҳои (293-433)К ва фишори атмосферӣ (0,101)МПа нишон дода шудааст. Натиҷаҳои муайянкунии зичӣ нишон дод, ки бо афзоиши ҳарорат зичии маҳлулҳои тадқиқотӣ аз рӯи қонуни дараҷаи як кам мешавад. Барои толуоли аз ҷиҳати химиявӣ тоза тағйирёбии ҳарорат аз 293 то 384К зичӣ ба 11,25% кам мешавад. Илова намудани заррачаҳои наноандоза бо эффеќти хотира ва фраксияҳои гуногун, инчунин ба зиёдшавии зичии маҳлулҳои коллоидӣ меорад. Маҳлули то 0,1% иловашудаи диоксида титан бо андозаи 70нм дар толуол дар ҳарорати 293К зичӣ ба 1,39% афзуда, ва дар ҳарорати 384К и фарқият то 0,96% мешавад. Ҳангоми илова намудан дар толуоли тоза то 0,5% диоксида титан дар 293К, зичии 2,94%, ва дар 384К – ин тағйирот то 15,39% мешавад.



**Расми 2.** Графики вобастагии зичии толуоли аз ҷиҳати химиявӣ тоза дар фишори атмосферӣ ва ҳароратҳои гуногун ва андозаҳои диоксида титан ( $TiO_2$ ,  $\phi=30$ нм): Қатори 1-(толуоли аз ч.х.т.); Қатори 2-(толуоли аз ч.х.т. + 0,1%  $TiO_2$ ); Қатори 3-(толуоли аз ч.х.т. + 0,2%  $TiO_2$ ); Қатори 4-(толуоли аз ч.х.т. + 0,3%  $TiO_2$ ); Қатори 5-(толуоли аз ч.х.т. + 0,4%  $TiO_2$ ); Қатори 6-(толуоли аз ч.х.т. + 0,5%  $TiO_2$ ).



**Расми 3.** Графики вобастагии зичии толуоли аз ҷиҳати химиявӣ тоза дар фишори атмосферӣ ва ҳароратҳои гуногун ва андозаҳои диоксида титан ( $TiO_2$ ,  $\phi=70$ нм): Қатори 1-( толуоли аз ч.х.т.); Қатори 2-( толуоли аз ч.х.т. + 0,1%  $TiO_2$ ); Қатори 3-( толуоли аз ч.х.т. + 0,2%  $TiO_2$ ); Қатори 4-( толуоли аз ч.х.т. + 0,3%  $TiO_2$ ); Қатори 5-( толуоли аз ч.х.т. + 0,4%  $TiO_2$ ); Қатори 6-( толуоли аз ч.х.т. + 0,5%  $TiO_2$ ).

Ҳамин тавр, бузургиҳои зичии маҳлулҳои тадқиқотии дар чадвали 1 овардашударо истифода бурда саҳми концентратсияҳои илованабударо ба толуоли аз ҷиҳати химиявӣ тоза ва ҳарорат, андозаҳои гуногуни нанопуркунандаҳо муайян кардан мумкин аст.

### Таъсири ҳарорат, концентратсияи нанозаррачаҳо бо эффеќти “хотираи шакл” бо андозаҳои гуногун ба тағйирёбии гармигузаронии толуол ва маҳлулҳои он дар фишори атмосферӣ.

Коэффитсиенти гармигузаронии эффеќтивноки системаи маҳлулҳои коллоидии толуол дар ҳудуди ҳароратҳои (293-383)К ва фишори атмосферии (0,101)МПа, концентратсияи аз наноандозаи (аз 0 то 0,5%  $TiO_2$ нм), инчунин мо бо усули бикалориметри силиндриқӣ чен намудем. Натиҷаи тадқиқотҳо дар чадвалҳои 2-3 оварда шудааст.

Дар чадвалҳои 2-3 ва расмҳои 4-5 натиҷаҳои тадқиқи таҷрибавӣ-назариявии гармигузаронии толуол дар ҳароратҳои гуногун, фишори атмосферӣ ва концентратсияҳои нанозаррачаҳо бо эффеќти “хотираи шакл” андозаҳои гуногун (30нм, 50нм, 70нм), бо ёрии дастгоҳи профессор, И.Ф.Голубев ва модели Максвелл татқиқ карда шудааст.



**Ҷадвали 2.-**Бузургиҳои ҳисобӣ-таҷрибавии коэффитсиенти гармигузаронии эффективноки ( $\lambda \cdot 10^3, \text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ ) системаи (толуоли моеъ ва нанозаррачаҳо) андозаи ( $\phi=30\text{нм}$ ) вобаста аз ҳарорат дар фишори атмосферӣ ( $p= 0,101 \text{ МПа}$ )

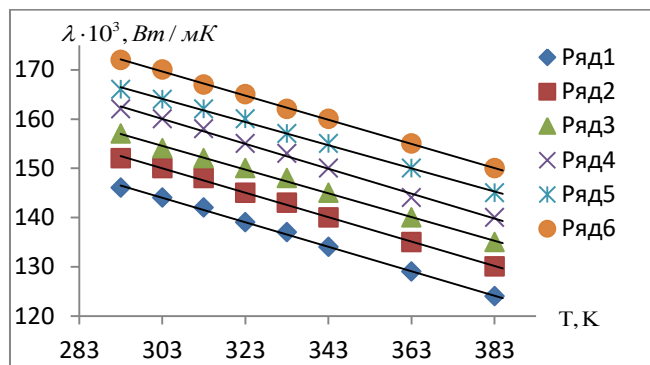
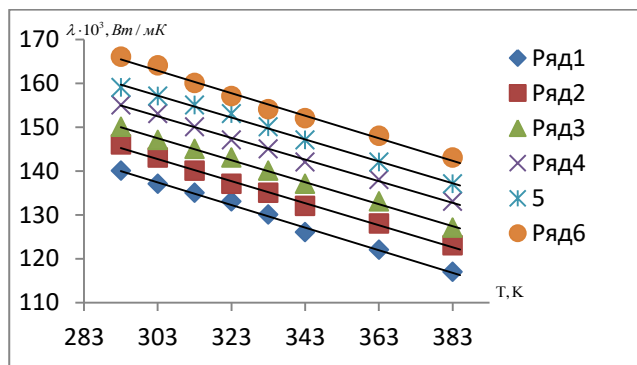
T, K	№1	№2	№3	№4	№5	№6
293,4	134,4	139,7	144,8	148,7	152,7	158,8
303,7	131,1	136,6	141,7	146,8	151,6	156,9
313,4	129,8	134,5	139,6	144,8	149,7	152,6
323,5	126,4	131,5	136,6	141,7	146,6	150,8
333,4	125,2	130,4	135,5	140,6	144,8	149,7
343,3	121,6	126,3	131,4	136,5	141,7	146,6
363,5	116,6	121,3	126,3	131,5	136,6	142,7
383,7	111,5	116,0	121,2	126,3	131,4	136,5

Объекти тадқиқотӣ: №1-(толуоли моеъи х.т.); №2- (толуоли моеъи х.т.+ 0,1%  $\text{TiO}_2$ ); №3- (толуоли моеъи х.т.+0,2%  $\text{TiO}_2$ ); № 4-( толуоли моеъи х.т.+0,3%  $\text{TiO}_2$ ); №5-( толуоли моеъи х.т.+0,4%  $\text{TiO}_2$ ); №6- (толуоли моеъи х.т.+0,5%  $\text{TiO}_2$ ).

**Таблица 3.-** Бузургиҳои ҳисобӣ-таҷрибавии коэффитсиенти гармигузаронии эффективноки ( $\lambda \cdot 10^3, \text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ ) системаи (толуоли моеъ ва нанозаррачаҳо) андозаи ( $\phi=50\text{нм}$ ) вобаста аз ҳарорат дар фишори атмосферӣ ( $p= 0,101 \text{ МПа}$ )

T, K	№1	№2	№3	№4	№5	№6
293,4	140,2	145,7	150,8	154,7	158,7	166,3
303,7	137,1	142,6	147,7	153,8	157,6	163,9
313,4	135,8	140,5	145,6	150,8	155,7	158,6
323,5	132,4	137,5	142,6	147,7	152,6	157,8
333,4	131,2	136,4	141,5	146,6	150,8	154,7
343,3	127,6	132,3	137,4	142,5	147,7	152,6
363,5	122,6	127,3	132,3	137,5	142,6	148,7
383,7	117,5	122,0	127,2	132,3	137,4	142,5

Объекти тадқиқотӣ: №1-( толуоли моеъи х.т.); №2- (толуоли моеъи х.т.+ 0,1%  $\text{TiO}_2$ ); №3- (толуоли моеъи х.т.+0,2%  $\text{TiO}_2$ ); № 4-( толуоли моеъи х.т.+0,3%  $\text{TiO}_2$ ); №5 -( толуоли моеъи х.т.+0,4%  $\text{TiO}_2$ ); №6- (толуоли моеъи х.т.+0,5%  $\text{TiO}_2$ ).



**Расми 4. -** Вобастагии гармигузаронии эффективноки системаи маҳлули коллоидии толуол ва нанозаррачаҳо бо эффекти “хотираи шакл” бо андозаи ( $\phi=50\text{нм}$ ) дар ҳароратҳои гуногун ва консентратсияи нанопуркунандаҳо. *Объекти тадқиқотӣ:* №1-( толуоли моеъи х.т.); №2- (толуоли моеъи х.т.+ 0,1%  $\text{TiO}_2$ ); №3- (толуоли моеъи х.т.+0,2%  $\text{TiO}_2$ ); № 4-( толуоли моеъи х.т.+0,3%  $\text{TiO}_2$ ); №5 -( толуоли моеъи х.т.+0,4%  $\text{TiO}_2$ ); №6- (толуоли моеъи х.т.+0,5%  $\text{TiO}_2$ ).

**Расми 5.-** Вобастагии гармигузаронии эффективноки системаи маҳлули коллоидии толуол ва нанозаррачаҳо бо эффекти “хотираи шакл” бо андозаи ( $\phi=70\text{нм}$ ) дар ҳароратҳои гуногун ва консентратсияи нанопуркунандаҳо. *Объекти тадқиқотӣ:* №1-( толуоли моеъи х.т.); №2- (толуоли моеъи х.т.+ 0,1%  $\text{TiO}_2$ ); №3- (толуоли моеъи х.т.+0,2%  $\text{TiO}_2$ ); № 4-( толуоли моеъи х.т.+0,3%  $\text{TiO}_2$ ); №5 -( толуоли моеъи х.т.+0,4%  $\text{TiO}_2$ ); №6- (толуоли моеъи х.т.+0,5%  $\text{TiO}_2$ ).

Натиҷаҳои ҷенкунии гармигузаронии маҳлулҳо дар асоси толуол, нишон доданд, ки консентратсияҳои дохилнамудаи нанозаррачаҳо бо эффекти “хотираи шакл” гармигузаронии маҳлулҳоро зиёд намуда ва бо афзоиши ҳарорат сабаби афтиши коэффитсиенти

гармигузаронии маводҳои тадқиқотӣ мешавад. Афзоиши нишондиҳандаҳои андозанокии нанозаррачаҳои иловашуда бо эффекти “хотираи шакл” инчунин, сабаби зиёдшавии коэффитсиенти гармигузаронии эффективноки намунаҳои тайёркардашуда дар тамоми ҳудуди ҳароратҳои дида баромадашаванда мегардад. Масалан, дар 293К ва фишори атмосферӣ иловакунии нанозаррачаҳо бо андозаи ( $\phi=70\text{нм}$ ) ба зиёдшавии гармигузаронӣ ба 9,04%, ва дар 383К ба 12,16% оварда мерасонад. Барои намунаи додашуда, афзоиши концентратсияи нанозаррачаҳо бо эффекти “хотираи шакл” ҳангоми 293К сабаби афзоиши гармигузаронӣ ба 17,73% гардида ва дар 383К зиёдшавӣ гармигузаронӣ ба 19,84% баробар мешавад.

**Боби чорум** ба таҳлил, коркард ва ба таври мувофиқ чамъбаст намудани маълумотҳои дар рафти таҷрибаҳо оид ба гармигузаронӣ ва зичии наномоеъҳои тадқиқотӣ бахшида шудааст. Муодилаи намуди Тейта дар ҳудуди васеи ҳароратҳо  $T=(293-473)\text{К}$  ва фишорҳои  $P=(0,101-14,42)\text{МПа}$  ва концентратсияи то 0,5% диоксида титани наноандоза бо фраксияҳои гуногуни (30нм, 50нм, ва 70нм) дар ҳолати моеъгӣ ва газии гармиинтиқолдиҳанда истифода бурда шудааст.

Вобастагиҳои таҳлилшудаи муодилаҳои эмпирикӣ, ки барои ҳар як гурӯҳи наномоеъҳо ё маҳлулҳо таҳия шудаанд, барои татбиқи васеи онҳо ба ҳалли берун аз ин гурӯҳ чандон ғоида надоранд. Мушкилоти назарияҳои омории маҳлулҳо бо афзоиши мураккабии мавод (ҳалқунанда ва ҳалшавандаҳо дар моеъ ё нанозаррачаҳо) босуръат меафзояд, ки айни замон ин роҳро барои ҳисобҳои амалии хосиятҳои маҳлулҳои воқеӣ хеле душвор мегардонад. Вобаста ба ин тавачҷуҳи зиёд ба усулҳои пешгӯйикунӣ дар асоси муносибати ягонаи тавсифи хосиятҳои гармофизикӣ, аз ҷумла зичӣ ва гармигузаронӣ бо истифода аз маълумоти минималии ибтидоӣ дар бораи маводи тадқиқотӣ мароқи калон зоҳир карда мешавад. Дар боби мазкур вобастагиҳои аппроксиматсионии алоқамандқунандаи вобастагиҳои  $\lambda = f(\rho)$ ;  $\lambda = f(T, m)$ ;  $\rho = f(T, m)$  имкони ҳисобкунии бузургҳои додашударо меҳанд, оварда шудааст. Дар асоси маълумотҳои таҷрибавӣ оид ба зичӣ ва коэффитсиенти гармигузаронии эффективноки маҳлулҳои дукомпонентаи системаҳои карбогидридҳо (толуол ва диоксида титани наноандоза) як қатор таносубҳои коррелясионӣ ба даст оварда шудааст.

### **Таҳлили маълумотҳои таҷрибавӣ оид ба зичӣ ва гармигузаронии маҳлулҳои тадқиқотии системаҳои (толуол+нанозаррачаҳои $\text{TiO}_2$ ) дар ҳароратҳои гуногун ва фишори атмосферӣ.**

Барои таҳлили маълумотҳои таҷрибавӣ оид ба зичӣ ва гармигузаронии маҳлулҳои тадқиқотӣ дар асоси толуол дар фишори атмосферӣ (0,101)МПа вобаста аз ҳароратҳои (293-433)К (пункти 4.1, ҷадвалҳои 4.1-4-3 рисола) мо вобастагиҳои функционалии зеринро истифода бурдем:

$$\frac{\rho}{\rho_1} = f\left(\frac{T}{T_1}\right), \quad (1)$$

$$\frac{\lambda}{\lambda_1} = f\left(\frac{T}{T_1}\right), \quad (2)$$

ин ҷо  $\rho$ ,  $\lambda$ ,  $\rho_1$ ,  $\lambda_1$  – зичӣ, коэффитсиенти гармигузаронии маводҳои тадқиқотӣ дар ҳарорати  $T$  ва  $T_1$ :  $T_1 = 353\text{К}$ .

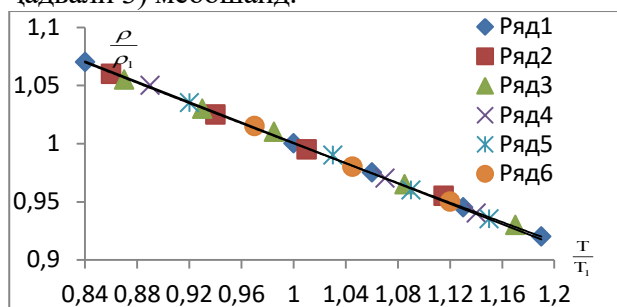
Иҷрошавии вобастагиҳои (1), (2) барои маҳлулҳои тадқиқотӣ дар расмҳои 6 ва 7 нишон дода шудааст, аз ин расмҳо дида мешавад, ки нуқтаҳои таҷрибавӣ дар атрофи хати рости умумӣ хуб мувофиқат мекунанд.

Бо истифода аз бастаи барномаи Matlab ва графики дар расмҳои 6 ва 7 нишондодашуда, мо вобастагии аппроксиматсиониро пайдо мекунем:

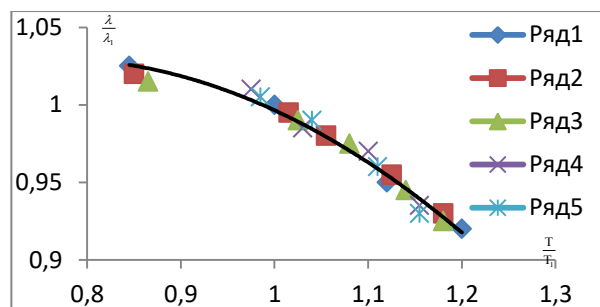
$$\frac{\rho}{\rho_1} = 1,4389 - 0,4381\left(\frac{T}{T_1}\right) \quad (3)$$

$$\frac{\lambda}{\lambda_1} = -0,5781\left(\frac{T}{T_1}\right)^2 + 0,8778\left(\frac{T}{T_1}\right) + 0,6969 \quad (4)$$

Дар муодилаҳои (3) ва (4) маълум шуд, ки бузургҳои  $\rho_1, \lambda_1$  андозаи консентратсияи нанозарраҳои диоксидаи титан бо эффекти “хотираи намуд” ва андозаҳои онҳо (расмҳои 6, 7 ва ҷадвали 3) мебошанд.



**Расми 6.** Вобастагии нисбати зичӣ ( $\rho/\rho_1$ ) аз нисбати ҳарорат ( $T/T_1$ ) барои маҳлулҳои системаҳои толуоли моеъ + диоксидаи титан: №1-(толуоли аз ҷиҳати х.т.); №2-( толуоли аз ҷиҳати х.т.+0,1%TiO<sub>2</sub>); №3-( толуоли аз ҷиҳати х.т.+ 0,2% TiO<sub>2</sub>); №4-( толуоли аз ҷиҳати х.т.+0,3% TiO<sub>2</sub>); №5-( толуоли аз ҷиҳати х.т.+ 0,4% TiO<sub>2</sub>); №6-( толуоли аз ҷиҳати х.т.+ 0,5%TiO<sub>2</sub>).



**Расми 7.** Вобастагии нисбати гармигузаронӣ ( $\lambda/\lambda_1$ ) аз нисбати ҳарорат ( $T/T_1$ ) барои маҳлулҳои системаҳои толуоли моеъ+диоксидаи титан: №1-( толуоли аз ҷиҳати х.т.); №2-( толуоли аз ҷиҳати х.т.+0,1%TiO<sub>2</sub>); №3-( толуоли аз ҷиҳати х.т.+ 0,2% TiO<sub>2</sub>); №4-( толуоли аз ҷиҳати х.т.+0,3% TiO<sub>2</sub>); №5-( толуоли аз ҷиҳати х.т.+ 0,4% TiO<sub>2</sub>); №6-( толуоли аз ҷиҳати х.т.+ 0,5%TiO<sub>2</sub>).

**Ҷадвали 3.** Бузургҳои ( $\rho_1, \lambda_1$ ) аз консентратсияҳои нанозарраҳо бо эффекти “хотираи шакл” ва андозаҳои онҳо.

Бузургӣ $\rho_1, \text{кг/м}^3$						
Намунаҳо	№1	№2	№3	№4	№5	№6
Андоза						
30нм	807	811	813	817	820	824
50нм	809	813	818	822	827	831
70нм	812	817	823	827	832	837
Бузургӣ ( $\lambda_1 10^7, \text{Вт/(м·К)}$ )						
30нм	125,2	130,4	135,5	140,6	144,8	149,7
50нм	131,2	136,4	141,5	146,6	150,8	155,7
70нм	138,2	143,0	148,5	153,6	157,8	162,7

Объектҳои тадқиқотӣ: №1-( толуоли аз ҷиҳати х.т.); №2-( толуоли аз ҷиҳати х.т.+0,1%TiO<sub>2</sub>); №3-( толуоли аз ҷиҳати х.т.+0,2% TiO<sub>2</sub>); №4-( толуоли аз ҷиҳати х.т.+0,3% TiO<sub>2</sub>); №5-( толуоли аз ҷиҳати х.т.+0,4%TiO<sub>2</sub>); №6-( толуоли аз ҷиҳати х.т.+0,5%TiO<sub>2</sub>).

Аз муодилаҳои (3) ва (4) меёбем:

$$\rho = [1,4389 - 0,4381(T/T_1)]\rho_1^* \quad (5)$$

$$\lambda = [-0,5781(T/T_1)^2 + 0,8778(T/T_1) + 0,6969]\lambda_1^* \quad (6)$$

Чӣ тавре, ки аз графикҳои дар расмҳои 8, 9 овардашуда ва ҷадвали 3 дида мешавад, бузургҳои ( $\rho_1, \lambda_1$ ) бо зиёдшавии консентратсияи диоксидаи титан ( $n_{\text{TiO}_2}$ ) ба таври монотонӣ меафзояд.

Барои таҳлил ё яқоясозии графикҳои дар расмҳои 8, 9 ва ҷадвали 3 овардашудаи бузургҳои ( $\rho_1, \lambda_1$ ) вобастагиҳои функционалии зеринро истифода бурдем:

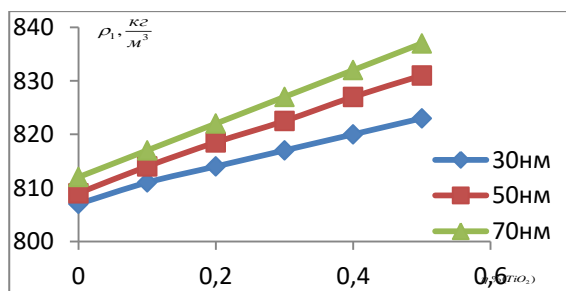
$$\rho_1/\rho_1^* = f(n_{(TiO_2)}/n_{TiO_2}^*) \quad (7)$$

$$\lambda_1/\lambda_1^* = f(n_{(TiO_2)}/n_{TiO_2}^*) \quad (8)$$

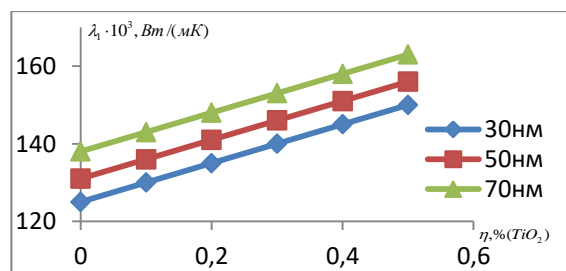
Дар ифодаҳо ҳамаи параметрҳо оид ба зичӣ, коэффициентҳои эффективноки гармигузаронӣ дар ҳарорати  $T_1=353K$  ва  $n_{TiO_2}=0,3\%$  истифода шудаанд. Формула барои ҳисобунии коэффициентҳои зичии нисбӣ ва гармигузаронии нисбӣ дар намуди вобастагии функционалии зерин мебошад:

$$\rho_1/\rho_1^* = 0,012(n_{(TiO_2)}/n_{TiO_2}^*) + 0,9879 \quad (9)$$

$$\lambda_1/\lambda_1^* = 0,0108(n_{(TiO_2)}/n_{TiO_2}^*) + 0,9888 \quad (10)$$



**Расми 8.** Вобастагии зичӣ дар ҳарорати  $T_1=353K$  ( $\rho_1$ ) аз консентратсияи диоксиди титан ( $n_{TiO_2}$ ). Объектҳои тадқиқотӣ: №1-(толуоли аз ҷиҳати х.т.+ $TiO_2$ ),  $d=30$ нм; №2-( толуоли аз ҷиҳати х.т.+  $TiO_2$ ),  $d=50$ нм; №3-( толуоли аз ҷиҳати х.т + $TiO_2$ )  $d=70$ нм.



**Расми 9.** Вобастагии коэффициентҳои эффективноки гармигузаронӣ дар ҳарорати  $T_1=353K$  ( $\lambda_1$ ) аз консентратсияи диоксид титан ( $n_{TiO_2}$ ). Объектҳои тадқиқотӣ: №1-(толуоли аз ҷиҳати х.т.+ $TiO_2$ ),  $d=30$ нм; №2-( толуоли аз ҷиҳати х.т.+  $TiO_2$ ),  $d=50$ нм; №3-( толуоли аз ҷиҳати х.т + $TiO_2$ )  $d=70$ нм.

Аз муодилаҳои (9) ва (10) ифодаҳои зеринро ҳосил мекунем:

$$\rho_1 = \{0,012(n_{(TiO_2)}/n_{TiO_2}^*) + 0,988\} \rho_1^* \quad (11)$$

$$\lambda_1 = \{0,0108(n_{(TiO_2)}/n_{TiO_2}^*) + 0,9888\} \lambda_1^* \quad (12)$$

Дар муодилаҳои (11) ва (12) бузургҳои ( $\rho_1^*$ ,  $\lambda_1^*$ ) функсияи андозаҳои нанозаррачаҳои ба толуоли моеъ дохилкарда шуда мебошанд, ки бо ифодаҳои зерин навишта мешаванд:

$$(\rho_1^*) = (0,25d + 809,83), \text{ кг/м}^3 \quad (13)$$

$$(\lambda_1^*) = (0,3375d + 129,88) \cdot 10^{-3}, \text{ Вт/(м*К)} \quad (14)$$

Муодилаҳои (3) ва (4) бо назардошти ифодаҳои (11)-(14) намуди зеринро мегиранд:

$$\rho = [1,4375 - 0,4375 \left(\frac{T}{T_1}\right)]^* \{0,012 \left(\frac{n_{(TiO_2)}}{n_{TiO_2}^*}\right) + 0,988\} \cdot (0,25d + 809,83), \text{ кг/м}^3 \quad (15)$$

$$\lambda = [1,44 - 0,44 \left(\frac{T}{T_1}\right)] \cdot \{0,111 \left(\frac{n_{(TiO_2)}}{n_{TiO_2}^*}\right) + 0,899\} (0,3375d + 129,88) \cdot 10^{-3}, \text{ Вт/(м*К)} \quad (16)$$

Бо ёрии муодилаҳои (15) ва (16) зичӣ ва гармигузаронии наномоеъҳоро дар асоси толуол ҳам дар намуди тоза ва ҳам дар намуди бо иловаи нанозаррачаҳо бо эффекти “хотираи шакл” ва андозаҳои (30нм, 50 нм ва 70нм), ҳароратҳои (273-343)К ва фишори (0,101) МПа ададӣ муайян

намудан мумкин аст. Барои ҳисобкуниҳои мазкур бо формулаҳои (15) ва (16) бузургиҳои  $T, K$  ва консентратсияҳои диоксида титани дар толуол илова кардашуда бо фоиз ( $n_{TiO_2}$ ) муҳим мебошад.

### Таҳлили маълумотҳои таҷрибавӣ оид ба гармигузаронии маҳлулҳои тадқиқотии системаҳои (толуол+нанозаррачаҳои $TiO_2$ ) ҳангоми ҳароратҳои гуногун дар ҳати сершавӣ

Барои таҳлили маълумотҳои таҷрибавӣ оид ба гармигузаронии маҳлулҳои тадқиқотӣ дар асоси толуол дар ҳати сершавӣ вобаста аз ҳароратҳои (180-550)К дар фишори атмосферӣ (0,101)МПа, мо вобастагии функционалии зеринро истифода бурдем:

$$\frac{\lambda}{\lambda_1} = f\left(\frac{T}{T_1}\right) \quad (17)$$

ин ҷо  $\lambda, \lambda_1$  – коэффитсиенти гармигузаронии маҳлулҳои тадқиқотӣ дар ҳароратҳои  $T$  ва  $T_1$ :  $T_1 = 400K$ .

Иҷрошавии ифодаи (17) барои маҳлулҳои тадқиқотӣ дар расми 10 нишон дода шудааст ва аз расм дида мешавад, ки нуқтаҳои таҷрибавӣ дар ҳудуди ҳати рости умумӣ мувофиқат мекунад. Бо истифода аз баъсаи барномаҳои Matlab ё Excel ва графикаи дар расми 10 нишондодашуда, мо вобастагии аппроксиматсиониро пайдо мекунем:

$$\lambda/\lambda_1 = 1,6978 - 0,6765(T/T_1) \quad (18)$$

Дар муодилаҳои (17) ва (18) маълум мешавад, ки бузургии  $\lambda_1$  функцияи консентратсияҳои нанозаррачаҳои диоксида титан бо эффекти “хотираи шакл” ва андозаҳои онҳо (расми 10 ва ҷадвали 4) мебошанд. Аз муодила (18) меёбем:

$$\lambda = [1,6978 - 0,6765(T/T_1)]\lambda_1^*, \text{ Bm}/(m \cdot K) \quad (19)$$

Чӣ тавре, ки аз графикаи дар расми 11 оварда шуда ва ҷадвали 4 дида мешавад, бузургии ( $\lambda_1$ ) бо зиёдшавии консентратсияи диоксида титан ( $n_{TiO_2}$ ) ба таври монотонӣ меафзояд.

**Ҷадвали 4. Базаргии ( $\lambda_1$ ) аз консентратсияи нанозаррачаҳо бо эффекти “хотираи шакл” ва бо андозаҳои гуногун дар ҳати сершавӣ .**

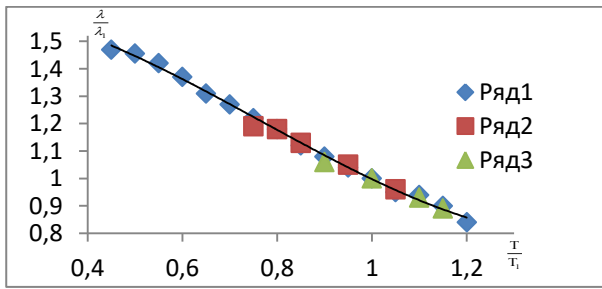
Бузургӣ ( $\lambda_1 10^3, \text{Bm}/(m \cdot K)$ )						
30нм	108	110	112	114	116	118
50нм	108	113	115	117	119	121
70нм	108	117	119	121	123	125

Объектҳои тадқиқотӣ: №1-(толуоли аз ҷиҳати х.т.); №2-( толуоли аз ҷиҳати х.т. + 0,1% $TiO_2$ ); №3-(толуоли аз ҷиҳати х.т. + 0,2% $TiO_2$ ); №4-( толуоли аз ҷиҳати х.т. + 0,3% $TiO_2$ ); №5-( толуоли аз ҷиҳати х.т. + 0,4% $TiO_2$ ); №6-( толуоли аз ҷиҳати х.т. + 0,5%  $TiO_2$ ).

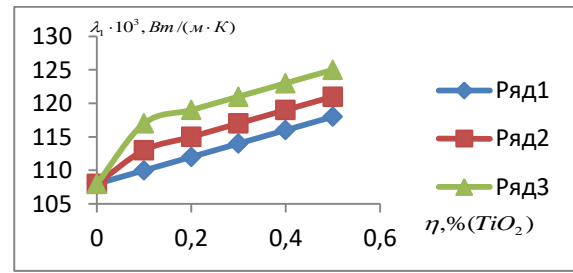
Барои таҳлил ва ё яқоясозии графикаи дар расми 11 овардашудаи бузургии ( $\lambda_1$ ) вобастагии функционалии зеринро истифода бурдем:

$$\lambda_1/\lambda_1^* = f(n_{TiO_2}/n_{TiO_2}^*) \quad (20)$$

Дар ифодаҳо ҳамаи параметрҳо оид ба коэффитсиенти гармигузаронии эффективнок дар ҳарорати  $T_1=353K$  ва  $n_{TiO_2}=0,3\%$  истифода бурда шудааст.



**Расми 10.** Вобастагии нисбати гармигузаронӣ ( $\lambda/\lambda_1$ ) аз нисбати ҳароратҳо ( $T/T_1$ ) барои маҳлулҳои системаҳои толуоли моеъ + диоксиди титан дар хати серишавӣ. №1-(толуоли аз ҷиҳати х.т.); №2-(толуоли аз ҷиҳати х.т. + 0,1%TiO<sub>2</sub>); №3-(толуоли аз ҷиҳати х.т.+0,2%TiO<sub>2</sub>); №4-(толуоли аз ҷиҳати х.т.+0,3%TiO<sub>2</sub>); №5-(толуоли аз ҷиҳати х.т.+ 0,4 %TiO<sub>2</sub>); №6-(толуоли аз ҷиҳати х.т.+0,5%TiO<sub>2</sub>).



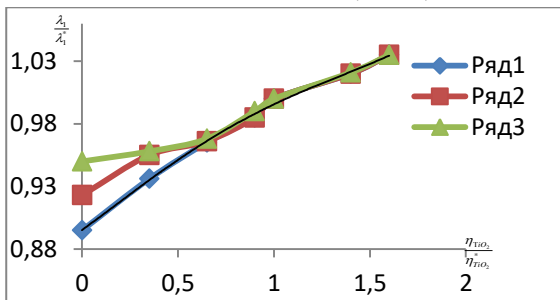
**Расми 11.** Вобастагии коэффициентҳои гармигузаронии эффективнок дар ҳарорати  $T_1=353K$  ( $\lambda_1$ ) аз консентратсияи диоксиди титан ( $n_{TiO_2}$ ). №1-(толуоли аз ҷиҳати х.т.); №2-(толуоли аз ҷиҳати х.т.+0,1%TiO<sub>2</sub>); №3-(толуоли аз ҷиҳати х.т.+0,2%TiO<sub>2</sub>); №4-(толуоли аз ҷиҳати х.т.+0,3%TiO<sub>2</sub>); №5-(толуоли аз ҷиҳати х.т.+0,4%TiO<sub>2</sub>); №6-(толуоли аз ҷиҳати х.т.+ 0,5%TiO<sub>2</sub>).

Формула барои ҳисоб кардани графикҳои дар расми 12 ва ҷадвали 4 овардашуда намуди вобастагии функционалии зеринро дорад:

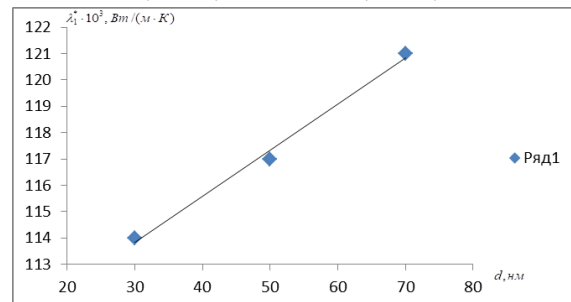
$$\frac{\lambda_1}{\lambda_1^*} = 0,0157 \left( \frac{n_{TiO_2}}{n_{TiO_2}^*} \right)^4 - 0,0475 \left( \frac{n_{TiO_2}}{n_{TiO_2}^*} \right)^3 + 0,0205 \left( \frac{n_{TiO_2}}{n_{TiO_2}^*} \right)^2 + 0,1118 \left( \frac{n_{TiO_2}}{n_{TiO_2}^*} \right) + 0,8952 \quad (21)$$

Аз муодилаи (21) ифодаи зеринро ҳосил мекунем:

$$\lambda_1 = \left\{ 0,0157 \left( \frac{n_{TiO_2}}{n_{TiO_2}^*} \right)^4 - 0,0475 \left( \frac{n_{TiO_2}}{n_{TiO_2}^*} \right)^3 + 0,0205 \left( \frac{n_{TiO_2}}{n_{TiO_2}^*} \right)^2 + 0,1118 \left( \frac{n_{TiO_2}}{n_{TiO_2}^*} \right) \right\} \lambda_1^* \quad (22)$$



**Расми 12.** Вобастагии нисбати коэффициентҳои гармигузаронии  $\left( \frac{\lambda_1}{\lambda_1^*} \right)$  аз нисбати ҳароратҳо  $\left( \frac{n_{TiO_2}}{n_{TiO_2}^*} \right)$  барои маҳлулҳои тадқиқотӣ.



**Расми 13.** Вобастагии ( $\lambda_1^*$ ) аз андозаи нанозаррачаҳои ба гармибаранда (толуол илова карда шуда ( $d$ )).

Графики хатҳои рости дар расми (13) нишон додашуда бо муодилаи зерин ифода карда мешавад:

$$\lambda_1^* = (0,175d + 108,6) \cdot 10^3 \text{ Wm}/(\text{m} \cdot \text{K}) \quad (23)$$

Муодилаи (19) бо назардошти ифодаҳои (21)-(23) намуди зеринро мегирад:

$$\lambda = [1,6978 - 0,6765(T/T_1)] * \left\{ 0,0157 \left( \frac{n_{TiO_2}}{n_{TiO_2}^*} \right)^4 - 0,0475 \left( \frac{n_{TiO_2}}{n_{TiO_2}^*} \right)^3 + 0,0205 \left( \frac{n_{TiO_2}}{n_{TiO_2}^*} \right)^2 + 0,1118 \left( \frac{n_{TiO_2}}{n_{TiO_2}^*} \right) \right\} (0,175d+108,6) \cdot 10^3, \text{ Wm}/(\text{m} \cdot \text{K}) \quad (24)$$

Бо ёрии ифодаи (24) гармигузаронии наномоеъҳои дар асоси толуол ҳам дар намди тоза ва ҳам бо иловаи нанозаррачаҳо бо эффекти “хотираи шакл” бо андозаҳои гуногуни 30нм, 50нм ва 70нм), ҳароратҳои (273-343)К ва фишори атмосферӣ ҳисоб намудан мумкин аст. Барои чуни ҳисобкуниҳо бо формулаи (24) бузургии  $T, K$  ва консентратсияи диоксида титани ( $n_{TiO_2}$ ) бо мувофиқатии консентратсия илова намуда муҳим мебошад. Натиҷаҳои ҳисобкуниҳо бо формулаи (24) барои баъзе наномоеъҳои коллоидӣ дар асоси толуол ҳам дар намуди тоза ва ҳам бо иловаи нанозаррачаҳо бо эффекти “хотираи намуд” дар ҷадвали 4. 3 (рисола оварда шудааст.)

### Коркарди маълумотҳои таҷриба оид ба гармигузаронии толуоли моеъ бо иловаи нанозаррачаҳо бо эффекти “хотираи шакл” дар параметрҳои васеи ҳолат.

Барои ба даст овардани муодила барои ҳисобкунии гармигузаронии маҳлулҳо (коллоидӣ) дар ҳароратҳои гуногуни (300-440)К ва фишорҳои  $P=0.101$  МПа,  $P=2.94$ МПа,  $P=4.94$  МПа,  $P=9.81$ МПа ва  $P=14.42$ МПа мо натиҷаҳои таҷрибаро дар намуди вобастагҳои функционалии (25), (26) коркард намудем. Ғайр аз ин зичии маҳлулҳои дукомпонентаи системаи баъзе маҳлулҳои карбондор ва фраксияҳои наноандозадори (30нм, 50нм ва 70нм) диоксида титан мо муодилаи эмпирикии намуди Тейтаро истифода бурдем, ки дар ин ҷо мо моҳияти онро дар ин ҷо ба таври муфассал дида набаромадаем:

$$\frac{\rho_{p,T}}{\rho_{p_1,T_1}} = f\left(\frac{T}{T_1}\right), \quad (25)$$

$$\frac{\lambda_{p,T}}{\lambda_{p_1,T_1}} = f\left(\frac{T}{T_1}\right), \quad (26)$$

ин ҷо  $\rho_{p,T}, \lambda_{p,T}$  - зичӣ ва гармигузаронӣ дар фишори  $P$  ва ҳарорати  $T$ ;  $\rho_{p_1,T_1}, \lambda_{p_1,T_1}$  - зичӣ ва гармигузаронӣ дар фишори  $P_1$  ва ҳарорати  $T_1=360$ К;  $P_1=2,94; 4,91; 9.81$  ва  $P=14,52$  МПа.

Иҷрошавии вобастагҳои функционалии (25) ва (26) барои маҳлулҳои тадқиқотӣ дар расмҳои 14 ва 15 нишон дода шудааст ва дида мешавад, ки маълумотҳои таҷрибавӣ дар ҳудудҳои хатҳои рост мувофиқат мекунад.

Хати дар расми 14 ва 14 нишондодашударо бо ифодаи зерин ҳисоб кардан мумкин аст:

- барои ҳисоб кардани зичии маҳлулҳои коллоидии дукомпонентаи дар асоси толуол ҳангоми параметрҳои васеи ҳолат:

$$\frac{\rho_{p,T}}{\rho_{p_1,T_1}} = 1,4389 - 0,4381\left(\frac{T}{T_1}\right) \quad (27)$$

- барои ҳисоб кардани коэффитсиенти гармигузаронии маҳлулҳои дукомпонента дар асоси толуол ҳангоми параметрҳои васеи ҳолат:

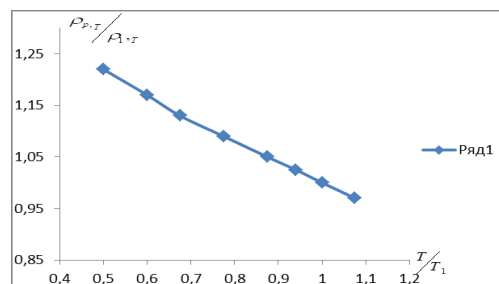
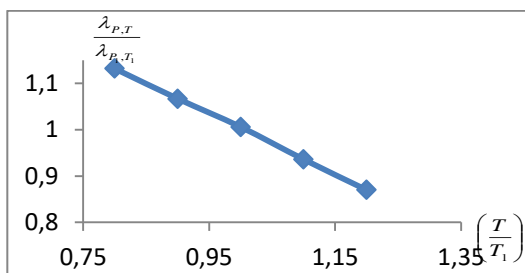
$$\frac{\lambda_{p,T}}{\lambda_{p_1,T_1}} = 1,636 - 0,63\left(\frac{T}{T_1}\right) \quad (28)$$

Таҳлили бузургиҳои  $\rho_{p_1,T_1}, \lambda_{p_1,T_1}$  нишон доданд, ки он функсияҳои андозаҳои нанозаррачаҳо ва фишор мебошанд. Бузургии коэффитсиенти гармигузаронии эффективноки наномоеъҳои тадқиқотӣ нишон доданд, ки он функсияҳои консентратсияи нанозаррачаҳо ва фишор (ҷадвали 5) мебошанд:

$$\lambda_{p_1,T_1} = f(n_{TiO_2}, d, p) \quad (29)$$

$$\lambda_{p_1,T_1} = \left(A(n_{TiO_2})^2 + B(n_{TiO_2}) + C\right) \cdot 10^{-3}, \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}) \quad (30)$$

Усули муайян намудани коэффитсиентҳои муодилаҳои эмпирикии (30) ва (31)-ро барои дигар фишорҳо, кикоэффитсиенти гармигузаронӣ наномоеъҳои дар асоси толуол бо эффекти “хотираи шакл” чен карда шудааст, истифода мебарем.



**Расми 14.** Вобастагии нисбати  $\left(\frac{\lambda_{p,T}}{\lambda_{p,T_1}}\right)$  аз коэффитсиенти гармигузаронӣ аз нисбати ҳароратҳои  $\left(\frac{T}{T_1}\right)$  маҳлӯлҳои системаи моеъҳои карбондор, аз он ҷумла нанозаррачаҳо бо эффекти “хотираи шакл” дар асоси диоксида титан.

**Расми 15** Вобастагии нисбати зичӣ  $\left(\frac{\rho_{p,T}}{\rho_{p,T_1}}\right)$  аз нисбати ҳароратҳои  $\left(\frac{T}{T_1}\right)$  маҳлӯлҳои системаи толуол бо нанозаррачаҳо бо эффекти “хотираи шакл” дар асоси диоксида титан.

**Ҷадвали 5.** Бузургиҳои коэффитсиентҳои муодилаи хати рости расми 14 барои фишори  $p=2,94\text{МПа}$ , муодилаи (30).

Намунаҳо	Андоза,нм	Концентратсияи массавии нанопуркунанда,% $\text{TiO}_2$	A, ВТ/(м.К)(%) <sup>2</sup>	B, ВТ/(м.К)(%)	C, ВТ/(м.К)
№1	30	0-0,5	-	61,11	19,8
№2	50	0-0,5	-65,1	49,81	120,5
№3	70	0-0,5	-111,6	130,5	124,3

Аз муодилаҳои (28) ва (30) вобастагии аппроксиматсионии зеринро ҳосил намудан мумкин аст:

$$\lambda_{p,T_1} = \left[1,636 - 0,63 \left(\frac{T}{T_1}\right)\right] \left(A(n_{\text{TiO}_2})^2 + B(n_{\text{TiO}_2}) + C\right) \cdot 10^{-3}, \frac{\text{Вт}}{(\text{м}\cdot\text{К})} \quad (31)$$

Бо ҳамин монанд барои дигар фишорҳо низ ҳосил намудан мумкин аст (ҷадвалҳои 6-8).

**Ҷадвали 6.** Бузургиҳои коэффитсиентҳои муодилаҳои хати рости расми 14 барои фишори  $p=4,91\text{МПа}$ , муодилаи (30) ва (31).

Намунаҳо	Андоза,нм	Концентратсияи массавии нанопуркунанда,% $\text{TiO}_2$	A, ВТ/(м.К)(%) <sup>2</sup>	B, ВТ/(м.К)(%)	C, ВТ/(м.К)
№1	30	0-0,5	-14,46	82,684	120,3
№2	50	0-0,5	-19,64	98,6	120,8
№3	70	0-0,5	-155,3	185,2	121,2

**Ҷадвали 7.** Бузургиҳои коэффитсиентҳои муодилаҳои хати рости расми 14 барои фишори  $p=9,81\text{МПа}$ , муодилаи (30) ва (31).

Намунаҳо	Андоза,нм	Концентратсияи массавии нанопуркунанда, % $\text{TiO}_2$	A, ВТ/(м.К)(%) <sup>2</sup>	B, ВТ/(м.К)(%)	C, ВТ/(м.К)
№1	30	0-0,5	-123,2	168,2	122,0
№2	50	0-0,5	-204,6	216,0	122,6
№3	70	0-0,5	-235,7	240,2	123,8

**Ҷадвали 8.** Бузургиҳои коэффитсиентҳои муодилаҳои хати рости расми 14 барои фишори  $p=14,42\text{МПа}$ , муодилаи (30) ва (31)

Намунаҳо	Андоза,нм	Концентратсияи массавии нанопуркунанда,% $\text{TiO}_2$	A, ВТ/(м.К)(%) <sup>2</sup>	B, ВТ/(м.К)(%)	C, ВТ/(м.К)
№1	30	0-0,5	-263,9	263,7	124,9
№2	50	0-0,5	-333,2	308,4	120,8
№3	70	0-0,5	-407,6	301,6	126,7



Бо ёрии муодилаи (31) консентратсияи нанозаррачаҳо бо эффекти “хотираи шакл” ва андозаҳои гуногуни (30нм, 50нм ва 70нм)-ро дониста зичӣ, гармигузаронии ( $\rho$ ,  $\lambda$ ) системаҳои карбогидридҳои толуоли моеъ+нанозаррачаҳои диоксиди титан бо андозаҳои гуногуни (30нм, 50нм ва 70нм) тадқиқ нашударо вобаста аз ҳароратҳои (300-440)К ва фишорҳои то 14,42 МПа-ро бо ҳадогии миёнаи то 2,3% ҳисоб кардан мумкин аст. Бо ёрии муодилаи (31) консентратсияи нанозаррачаҳо бо эффекти “хотираи шакл” ва андозаҳои гуногуни нанозаррачаҳо тавсифҳои термодинамикӣ ва гармофизикии ( $\rho$ ,  $\lambda$ ) ва маҳлули (толуол+диоксиди титан бо андозаҳои гуногун)-и таҷрибавӣ тадқиқнашударо вобаста аз ҳароратҳои (300-440)К, дар фишори атмосферӣ  $P_i = 2,94; 4,91; 9,81$ ;  $P = 14,52$  МПа ва  $T_1 = 360$ К бо ҳадогии 3,13% ҳисоб намудан мумкин аст.

*Дар замима* чадвалҳои муфассали муқоисаи бузургҳои ҳисобшуда бо ёрии муодилаҳои эмпирикии ҳосил намудаи гармигузаронӣ ва зичии дар қор омӯхташудаи наномоеъҳо ҳангоми тағйирёбии ҳароратҳо ва фишорҳо, инчунин маълумотҳои додашудаи баҳодихии микдории ҳадогии ченкунии бузургҳои додашуда оварда шудааст.

### ХУЛОСАҲО

1. Коэффитсиенти гармигузаронии эффективнок ва зичии толуоли газмонанд ва дар хати сершавӣ бо иловаи нанозаррачаҳо бо эффекти “хотираи шакл”, андозаҳои гуногуни (30нм, 50нм ва 70нм) вобаста аз ҳарорат ва фишор омӯхта шуд [1-М, 3-М, 4-М, 5-М, 6-М, 9-М, 10-М, 11-М, 12-М, 13-М, 14-М, 15-М].

2. Аввалин маротиба бузургҳои таҷрибавии зичӣ, коэффитсиенти гармигузаронии эффективии системаи толуол (дар фазаҳои моеъгӣ ва газӣ) дар ҳароратҳои ( $T=293-433$ К) ва фишорҳои ( $P=0,101-14,42$ Мпа), ки ташкилотҳои лоиҳакашӣ барои ҳисобкуниҳои муҳандисӣ истифода мебаранд [1-М, 3-М, 4-М, 5-М, 6-М, 9-М, 10-М, 11-М, 12-М, 13-М, 14-М, 15-М].

3. Нишон дода шуд, ки зичӣ, коэффитсиенти гармигузаронии эффективноки маҳлулҳои тадқиқотӣ дар ҳароратҳои додашуда, бо афзоиши фишор зиёд шуда, вале бо афзоиши ҳарорат ҳангоми фишор доимӣ будан кам мешаванд. Инчунин, қонуниятҳои тағйирёбии параметрҳои номбаршуда дар ҳолати газии моеи заминавӣ ва дар хати сершавӣ муайян карда шуд [1-М, 3-М, 4-М, 5-М, 6-М, 9-М, 10-М, 11-М, 12-М, 13-М, 14-М, 15-М].

4. Ҳангоми таҳлил ва коркарди маълумотҳои таҷрибавӣ оид ба зичӣ ва коэффитсиенти гармигузаронии эффективноки системаҳои тадқиқотӣ (толуол+нанозаррачаҳо бо эффекти “хотираи шакл”) ифодаҳои апроксиматсионӣ ва кореллятсионии алоқамандкунандаи миёни ин характеристикаҳо ба даст оварда шуд [1-М, 3-М, 4-М, 5-М, 6-М, 9-М, 10-М, 11-М, 12-М, 13-М, 14-М, 15-М].

5. Вобастагии апроксиматсионӣ ва муодилаи ҳолатро барои ҳисоб кардан ва маълумотҳои пешакии параметрҳои номбаршудаи маҳлулҳои тадқиқшануда дар асоси толуол бо илова кардани нанозаррачаҳои  $TiO_2$  (бо андозаҳои гуногуни 30, 50 ва 70 нм) дар ҳудудҳои васеи параметрҳои ҳолат (ҳарорат, фишор ва консентратсияи массавии диоксиди титани нанозаррачаҳои бо таъсири "хотираи шакл") истифода бурдан мумкин аст [1-М, 3-М, 4-М, 5-М, 6-М, 9-М, 10-М, 11-М, 12-М, 13-М, 14-М, 15-М].

6. Вобастагиҳои апроксиматсионӣ ва муодилаҳои ҳолатро барои наномоеъҳо донишҷӯён, магистрон ва аспирантони кафедраи “Физикаи умумӣ”-и ДДОТ ба номи С.Айнӣ, ДДБ ба номи Носири Хусрав ва кафедраи “Техника ва энергетикаи гармо”-и ДТТ ба номи академик М.С.Осимӣ барои ҳисобкунии хосиятҳои калорикии маводҳо истифода мебаранд [1-М, 3-М, 4-М, 5-М, 6-М, 9-М, 10-М, 11-М, 12-М, 13-М, 14-М, 15-М].

7. Чадвалҳои муфассал оид ба зичӣ ва коэффитсиенти гармигузаронии наномоеъҳои тадқиқотӣ дар худудҳои васеи ҳароратҳои (293-433)К, фишорҳои (0,101-14,42)МПа ва концентратсияи массавии нанозаррачаҳо бо эффекти “хотираи шакл”, ки метавонанд барои ҳисобкуниҳои мувофиқи равандҳои гуногуни технологӣ ва таҷҳизотҳои технологӣ истифода шаванд [1-М,3-М,4-М,5-М,6-М,9-М,10-М,11-М,12-М,13-М,14-М,15-М].

#### **Тавсияҳо оиди дурнамои рушди минбаъдаи мавзӯи тадқиқотии кори рисола:**

1. Чадвалҳои муфассали маълумот оид ба зичӣ ва гармигузаронии намунаҳои тадқиқотӣ дар худудҳои ҳароратҳои (300-440) К ва фишорҳои (0,101-14,42) МПа, инчунин вобаста ба тағирёбии концентратсияи массавии нанозаррачаҳо бо эффекти «хотираи шакл», ки барои ҳисоб кардани равандҳои гуногуни технологӣ ва таҷҳизотҳои гармимубодилакунандаҳо истифода бурдан мумкин аст.

2. Вобастагиҳои аппроксиматсионӣ ва муодилаҳои ҳолати барои наномоеъҳо ба даст омадари донишҷӯён, магистрон ва аспирантони кафедраи “Физиикаи умумӣ”-и ДДОТ ба номи С.Айнӣ, ДДБ ба номи Носири Хусрав ва кафедраи “Техника ва энергетикаи гармо”-и ДТТ ба номи академик М.С.Осимӣ барои ҳисобкунии хосиятҳои калорикии маводҳо истифода мебаранд.

3. Бузургиҳои ба даст омада, оид ба зичӣ ва муодилаи ҳолати намунаҳо тадқиқоти метавонанд барои ҳисоб намудани фарқи гармиғунҷоишҳои маҳлулҳои онҳо бо дигар ҳалкунандаҳо истифода баранд.

4. Маълумотҳои таҷрибавӣ ва ҳисобкуниҳоро оид ба коэффитсиенти гармигузаронии эффективнок ва зичии маҳлулҳои обӣ бо нанозаррачаҳо (бо эффекти “хотираи шакл”), ки ҳамчун асос дар инкишофи назарияи ҳодисаҳои микроскопии интиқоли гармӣ ва масса дар маводҳои тадқиқотӣ хизмат карда метавонанд.

5. Муодилаҳои эмпирикӣ ва муодилаи ҳолати бадастомада барои ҳисоб кардан ва мувофиқан пешгӯии тавсифҳои дар боло зикргардидаи маҳлулҳои тадқиқнашудаи системаи толуол ва нанозаррачаҳои диоксидаи титан бо андозаҳои гуногун (30,50 ва 70 нм) дар худудҳои васеи параметрҳои ҳолат, аз ҷумла ҳарорат, фишор, инчунин концентратсияи массавии нанопуркунанда (диоксидаи титани наноандоза) тавсия дода мешаванд.

### **НОМГҶҶҶИ КОРҶОИ ЧОПШУДА ДАР МАВЗУИ РИСОЛА**

**Мақолаҳои дар маҷаллаҳои илмӣ ҚОА-и дар назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон чоп шудаанд:**

[1-М]. **Мирзоева, К.** Влияние температуры, концентрации наночастиц с эффектами “памяти форм” и с разными фракциями на изменение теплопроводности жидкого толуола при различных температурах и давлениях/ К. Мирзоева //Вестник технологического университета Таджикистана, 4 (47) 2021 -С.67-74.

[2-М]. **Мирзоева, К., Сафаров М.М., Зарипова М.А., Раджабова Д.Ш., Умарализода М.У., Матлаби Джабборзода, Раджабова С.М.** Влияние нанопорошка с эффектами памяти на поведение динамической вязкости теплоносителей при различных температурах и атмосферном давлении. //Теоретический и научно-практический журнал Кишоварз.ТАУ имени Ш. Шотемур, 2 (91), 2021.-С.85-88. ISSN 2074-5435.

[3-М].**Мирзоева, К.** Теплопроводность коллоидных наножидкостей на основе толуола при высоких параметрах состояния./Сафаров М.М., Мирзоева К.// Вестник филиала Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова в г. Душанбе. Серия естественных наук, 1(21). - 2022.-С.83-90.

[4-М].**Mirzoeva, K.** Density of Toluene-Based Nanofluids/Journal of Physics: Conference Series Volume 2270 2022 /К.Mirzoeva,М.М.Safarov,М.Abdujabor//Previous issue Next issue II Inter-

national Conference "Gas Discharge Plasma and Synthesis of Nanostructures" (GDP-NANO 2021) 01/12/2021-05/12/2021 Online Accepted papers received:\26 April 2022.Published online: 31 May 2022 GDP-NANO 2021. Journal of Physics: Conference Series 2270 (2022) 012026 IOP Publishing, 7p. doi:10.1088/1742-6596/2270/1/012026 (*Scopuse*)

### **Мақолаҳои дар маводҳои конференсияҳо ҷопшуда:**

**[5-М]. Мирзоева, К.** Сафаров М.М.,Зарипова М.А.,Тиллоева Т.Р. Влияние температуры, давления, концентрации наночастиц с различными фракциями на изменение плотности некоторых жидких углеводородов// Материалы международной научно-практической конференции “Роль Таджикского государственного педагогического университета имени С. Айни в подготовке педагогических кадров и развитии системы образования”, посвященной 30-летию Государственного независимости Республики Таджикистан и 90-летию ТГПУ имени С.Айни, 24-25 декабря 2021г.- С.113-119.

**[6-М]. Мирзоева, К.,** Матлаби Джабборзода, Сафаров М.М. Плотность наножидкостей на основе толуола.//Сборник статей 2 Международная конференция “Газоразрядная плазма и синтез наноструктур”,Россия, г.Казань, КНИТУ-КАИ, (1-4декабря 2021г.)-С.332-333.

**[7-М]. Мирзоева, К.,** Матлаби Джабборзода,Сафаров М.М. Влияние температуры, концентрации наночастиц с эффектами памяти на изменение плотности жидкого толуола. // Сборник статей 5 Международной научной конференции “Вопросы физической и координационной химии” посвященной памяти докторов химических наук, профессоров Якубова Хамида Мухсиновича и Юсуфова Зухуриддина Нуриддиновича (15-16 ноября 2021г.), Душанбе, - С.72-77

**[8-М]. Мирзоева, К.,** Матлаби Джабборзода, Тиллоева Т.Р.,Зарипова М.А., Сафаров М.М. Влияние наночастиц с эффектами памяти на поведение поверхностные характеристики ксилола при (293-473) К, 0,101МПа.// Сборник статей 5 Международной научной конференции “Вопросы физической и координационной химии” посвященной памяти докторов химических наук, профессоров Якубова Хамида Мухсиновича и Юсуфова Зухуриддина Нуриддиновича (15-16 ноября 2021г.), Душанбе,- С.48-54

**[9-М]. Мирзоева, К.,** Джабборзода М.,Сафаров М.М. Влияние наночастиц с эффектами памяти на изменение коэффициента теплопроводности толуола при атмосферном давлении.// Материалы республиканской научно-практической конференции “Фундаментальная наука-основа совершенствования технологии и материалов”посвященной 30-летию Государственной Независимости Республики Таджикистан, Институт химия, НАНТ -3 ноября 2021- С.83-86

**[10-М]. Мирзоева, К.,** Джабборзода М.,Сафаров М.М. Влияние наночастиц с эффектами “памяти форм” на изменение плотности толуола в зависимости от температуры при атмосферном давлении. // Материалы республиканской научно-практической конференции (с международным участием)«Теплоэнергетика и теплофизические свойства веществ», посвященной 30-летию государственной независимости Республики Таджикистан, 65-летию ТТУ имени акад. М.С. Осими и 50-летию МТФШ, 2021,- С.171-173.

**[11-М]. Мирзоева, К.,** Джабборзода М., Сафаров М.М. Изменение теплопроводности толуола с учетом влияния наночастиц с эффектами памяти на линии насыщения. //Материалы республиканской научно-практической конференции (с международным участием) «Теплоэнергетика и теплофизические свойства веществ», посвященной 30-летию государственной независимости Республики Таджикистан, 65-летию ТТУ имени акад. М.С. Осими и 50-летию МТФШ, 2021,-С.160-163.

**[12-М]. Мирзоева, К.,** Джабборзода М., Сафаров М.М. Влияние наночастиц с эффектами “памяти форм” на изменение теплофизических и поверхностных характеристик жидкого толуола. //Материалы республиканской научно-практической конференции (с международным участием) «Теплоэнергетика и теплофизические свойства веществ», посвя-

щенной 30-летию государственной независимости Республики Таджикистан, 65-летию ТТУ имени акад. М.С. Осими и 50-летию МТФШ, 2021,-С.163-167.

**[13-М]. Мирзоева, К.,** Сафаров М.М., Матлаби Джабборзода. Влияние наночастиц на поведение плотности жидкого толуола. //Материалы международной научно-практической конференции “Энергетика Таджикистана. Проблемы энергосбережения, энергоэффективности и использования возобновляемых источников энергии” посвященной 30-летию независимости РТ,90-летию МЭИ и 100-летию плана ГОЭЛРО. Филиал МЭИ в г. Душанбе-2021.-С. 191-194.

**[14-М]. Мирзоева, К.,** Сафаров М.М.,Матлаби Джабборзода. Влияние наноразмерный диоксид титана на изменение плотности толуола в зависимости от температуры и давления. // научных трудов Третий международный Косыгинский форум «Современные задачи инженерных наук» международный научно-технический симпозиум «повышение энерго-ресурсоэффективности и экологической безопасности процессов и аппаратов химической и смежных отраслей промышленности», посвященный 110-летию А.Н. Плановского (Т.2) М.(20-21 октября 2021г.)-С.233-235. DOI. 10/37816/eeste-2021.-2-233-235.

**[15-М]. Мирзоева К.** Кореляция между теплопроводностью и плотностью некоторых коллоидных наножидкостей на основе толуола и диоксида титана./К.Мирзоева, М.М.Сафарова, М.А.Абдуллоева// Материалы XIII-Международная теплофизическая школа «Теплофизика и информационные технологии», посвященной 60-летию профессор, член. корр. НАНТ Кобулиева З.В. и 70-летию Заслуженного деятеля науки и техники Таджикистана, д.т.н., профессора Сафарова М.М.-Душанбе-Тамбов, 17-20 октября 2022г.-С.116-119.

#### **Патенти хурди Ҷумҳурии Тоҷикистон**

**[16-М]. Мирзоева, К.** Саидзода К.Б.,Сафаров М.М., Гуломов М.М., Сафаров Ш.Р., Ойматова Х.Х.,Собиров Дж.Ф.,Тиллоева Т.Р.,Мирзоева К., Джумаев С.С., Умарзода Ш.У., Абдуназаров С.С., Хакимов Д.Ш. Способ определения теплопроводности твердых тел. Малый патент Республики Таджикистан № 2101553 аз 03.05.2021,№ТJ 1185 от 27 сентября 2021г. 7с.

## АННОТАЦИЯ

к диссертации Мирзоевой Кутоса на тему «Влияние наночастиц с эффектами “памяти форм” различной фракции на изменение теплопроводности и плотности толуола при фазовом переходе», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности

### 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника

**Ключевые слова:** жидкий и газообразных толуол, наноразмерный диоксид титана (материал с эффектом “памяти форм”) и наножидкость с наночастицами различной фракции (30нм, 50нм и 70нм).

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

Разработано устройство, предназначенное для измерения теплопроводности, которое запатентовано (метод нагретой нити, Патент РТ №ТJ 923, 2017г.). В последствии оно было адаптировано для исследования теплопроводности твердых тел на основе толуола их механических смесей с твердофазным полистиролом при различных температурах. Предложена методика численного определения ТФС для анализа процессов теплопереноса, а также численный способ определения размеров частиц в исследуемых веществах. Получены эмпирические уравнения, уравнение состояния (УС) для расчёта ТФС, исследуемых веществ при температурах (293-443)К, давлениях (0,101-14,42)МПа, а также установлена корреляция между этими свойствами. Разработаны методы расчета коэффициента теплопроводности, плотности наножидкостей (толуол+наночастицы с эффектами памяти форм различной фракции (30нм, 50нм и 70нм)) и коэффициентов уравнения состояния типа Тейта для исследуемых коллоидных растворов и статическая обработка полученных данных. Получены экспериментальные данные по коэффициенту эффективной теплопроводности и плотности исследуемых растворов (до 0,5% наноразмерного диоксида титана различной фракции (30нм, 50нм и 70нм)) в интервале температур (293-433) К и давлений (0,101-14,42) МПа. Получены аппроксимационные зависимости, описывающие  $\lambda - P - T - m$  с помощью уравнения состояния типа Тейта. Установлена зависимость коэффициента эффективной теплопроводности и плотности коллоидных растворов системы толуола и наночастиц с эффектами “памяти форм” в широком интервале параметров состояния.

**Внедрение результатов работы:** результаты проведенных исследований по теплопроводности и плотности исследуемых наножидкостей системы (толуол + наноразмерных диоксид титана с различными фракциями (30нм, 50нм и 70нм) внедрены в Институте промышленности Министерства промышленности и новых технологий Республики Таджикистан при расчетах технологических процессов, созданные опытные устройства применяются в научных и учебных лабораториях кафедры “Теплотехники и теплоэнергетики“ Таджикского технического университета им. академика М.С. Осими и кафедры “Общая физика” ТГПУ имени Садриддина Айни преподавателями, студентами и магистрантами при выполнении своих квалификационных работ (акт внедрения прилагается).

**Область применения:** инструментарий, имплантанты и корректирующие устройства в медицине, приводы и исполнительные элементы устройств и механизмов в том числе работающих в агрессивных и радиоактивных средах, термочувствительные силовые элементы (датчики, термореле и др.), преобразователи тепла в механическую работ силовые элементы устройств герметизации, активные элементы рекламно-декоративных устройств.

## ШАРҲИ МУХТАСАР

**ба рисолаи Мирзоева Қутос дар мавзӯи « Таъсири нанозарраҷаҳо бо эффекти “хотираи шакл” доштаи андозаҳояшон гуногун ба тағйирёбии гармигузаронӣ ва зичии толуол ҳангоми гузариши фазаӣ», барои дарёфти унвони илмии номзади илмҳои техникӣ аз рӯи ихтисоси**

### **04.01.14 - Физикаи ҳароратӣ ва назарияи техникаи гармо.**

**Калидвожаҳо:** толуоли моеъ ва газӣ, диоксидаи титани наноандоза (мавод дорои таъсири “хотираи шакл”) ва наномоеъ бо нанозарраҷаҳои андозаҳои гуногун (30нм, 50нм ва 70нм).

**Мақсади кор:** омӯзиши гармигузаронӣ ва зичии системаҳои дукомпонентаи (диоксидаи титани наноандозаҳои гуногун (30нм, 50нм ва 70нм)) ва концентратсияи (то 0,5% + толуол) дар ҳудудҳои ҳароратҳои ( 293-433) К ва фишорҳои (0,101-14,42) МПа.

Барои ченкунии гармигузаронӣ дастгоҳ сохта шудааст, ки патент дорад (усули нокили тафсон, патенти ҚТ № ТҶ 923, с.2017). Минбаъд он барои омӯхтани гармигузаронии ҷисмҳои сахт дар асоси толуол ва омехтаи механикии онҳо бо полистироли сахт дар ҳароратҳои гуногун мувофиқ карда шуд. Технологияи ба таври ададӣ муайян кардани ХГФ барои таҳлили равандҳои гармӣ, инчунин усули адабии муайян кардани андозаи зарраҷаҳо дар моддаҳои омӯхташуда пешниҳод карда шудааст. Муодилаҳои эмпирикӣ ба даст оварда, муодилаи ҳолат (МХ) барои ҳисоб кардани ХГФ, моддаҳои тадқиқшуда дар ҳарорат (293-443) К, фишор (0,101-14,42) МПа ва кореллятсияи байни ин хосиятҳо муқаррар карда мешавад. Усулҳои ҳисоб кардани коэффисиенти гармигузаронӣ, зичии наномоеъҳо (толуол + нанозарраҷаҳо бо эффекти “хотираи шакл” бо андозаҳои гуногун (30нм, 50нм ва 70 нм)) ва коэффисиентҳои муодилаи ҳолати намуди Тейт барои коркарди маҳлулҳои коллоидӣ ва статикӣ, маълумотҳо ба даст овардашуда кор карда баромада шудаанд. Маълумоти таҷрибавӣ оид ба коэффисиенти гармигузарони ва зичии маҳлулҳои омӯхташуда (то 0,5% диоксидаи титани наноандозаҳои гуногун (30нм, 50нм ва 70нм)) дар ҳудуди ҳароратҳои (293-433) К ва фишор (0,101-14,42) МПа гирифта шуд. Вобастагии аппроксиматсионӣ  $\lambda - P - T - m$  ба даст оварда шуданд, ки бо ёрии муодилаи ҳолати намуди Тейт тавсиф мешаванд. Вобастагии коэффисиенти гармигузаронӣ ва зичии маҳлулҳои коллоидии системаи толуол ва нанозарраҷаҳои бо эффекти “хотираи шакл” дар ҳудудҳои васеи параметрҳои ҳолати муқаррар карда шудааст.

**Татбиқи натиҷаҳои кор:** дар Институти саноати Вазорати саноат ва технологияҳои нави Ҷумҳурии Тоҷикистон ҳангоми ҳисоб кардани равандҳои технологӣ дастгоҳҳои таҷрибавии сохташуда дар озмоишгоҳҳои илмию таълимии кафедраи «Техника ва энергетикаи гармо»-и Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ ва кафедраи «Физикаи умумӣ»-и ДДОТ ба номи Садриддин Айнӣ аз ҷониби омӯзгорон, донишҷӯён ва магистрантҳо ҳангоми иҷрои корҳои таҳассусӣ истифода мешаванд (санадҳои иҷроӣ замима карда мешавад).

**Соҳаи истифодабарӣ:** асбобҳо, имплантатсияҳо ва дастгоҳҳои ислоҳкунанда дар тиб, дискҳо ва унсурҳои фаъолкунандаи дастгоҳҳо ва механизмҳо, аз ҷумла онҳое, ки дар муҳити фаъол ва радиоактивӣ кор мекунанд, элементҳои қувваи ба гармӣ ҳассос (датчикҳо, релеҳои ҳароратӣ ва ғайра), гармӣ ба конвертерҳои кори механикии элементҳои дастгоҳҳои герметикикунӣ, элементҳои фаъоли асбобҳои ташвиқотӣ ва ороишӣ.

## ABSTRACT

**to the dissertation of Mirzoeva Kutos on the topic "The influence of nanoparticles with shape memory effects of various fractions on the change in the thermal conductivity and density of toluene during a phase transition", submitted for the degree of candidate of technical sciences in the specialty**

### **04.01.14 - Thermal physics and theoretical heat engineering**

**Keywords:** liquid and gaseous toluene, nanosized titanium dioxide (material with shape memory effect), and nanofluid with nanoparticles of various fractions (30nm, 50nm, and 70nm).

**The purpose of the work:** to study the effective thermal conductivity and density of two-component systems (nanosized titanium dioxide of various fractions (30nm, 50nm and 70nm)) and concentration (up to 0.5%) + toluene) in the temperature range (293-433) K and pressure (0.101-14.42) MPa.

A device has been developed for measuring thermal conductivity, which is patented (heated filament method, RT Patent No. TJ 923, 2017y.). Subsequently, it was adapted to study the thermal conductivity of toluene-based solids and their mechanical mixtures with solid-state polystyrene at various temperatures. A technique for the numerical determination of TFS for the analysis of heat transfer processes, as well as a numerical method for determining the particle sizes in the studied substances, is proposed. Empirical equations, the equation of state (EOS) for calculating the TFS, the studied substances at temperatures (293-443)K, pressures (0.101-14.42)MPa are obtained, and a correlation between these properties is established. Methods for calculating the coefficient of effective thermal conductivity, density of nanofluids (toluene + nanoparticles with shape memory effects of various fractions (30nm, 50nm and 70nm)) and coefficients of the Tate-type equation of state for the studied colloidal solutions and static processing of the obtained data were developed. Experimental data on the effective thermal conductivity coefficient and density of the studied solutions (up to 0.5% nanosized titanium dioxide of various fractions (30nm, 50nm and 70nm)) were obtained in the temperature range (293-433) K and pressure (0.101-14.42) MPa. Approximation dependences are obtained, which describe with the help of the equation of state of the Tate type. The dependence of the effective thermal conductivity coefficient and the density of colloidal solutions of the system of toluene and nanoparticles with shape memory effects has been established in a wide range of state parameters.

**Implementation of the results of the work:** the results of studies on the thermal conductivity and density of the studied nanofluids of the system (toluene + nanosized titanium dioxide with various fractions (30nm, 50nm and 70nm)) are implemented at the Institute of Industry of the Ministry of Industry and New Technologies of the Republic of Tajikistan in the calculation of technological processes, the created experimental devices are used in scientific and educational laboratories of the Department of "Heat Engineering and Heat Power Engineering" of the Tajik Technical University named after Academician M.S. Osimi and the Department of "General Physics" of the TSPU named after Sadridin Aini by teachers, students and undergraduates in the performance of their qualifying work (the act of implementation is attached).

**Scope:** instruments, implants and corrective devices in medicine, drives and actuating elements of devices and mechanisms, including those operating in aggressive and radioactive environments, heat-sensitive power elements (sensors, thermal relays, etc.), heat-to-mechanical work converters, power elements of sealing devices, active elements of advertising and decorative devices.