

На правах рукописи



УДК 519.72:66.022.6

НАЗРУЛЛОЕВ Абдукодир Садуллоевич

**ВЛИЯНИЕ НАНОСТРУКТУРНЫХ АМФОТЕРНЫХ ОКСИДОВ
МЕТАЛЛОВ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА
ГИДРАЗИНГИДРАТА**

**05.02.01 – Материаловедение
(в химической промышленности)**

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Душанбе –2018

Работа выполнена на кафедре Общей физики Таджикского государственного педагогического университета им. С. Айни.

Научные руководители: доктор технических наук, профессор,
заслуженный деятель науки и
техники Республики Таджикистан
Сафаров Махмадали Махмадиевич

доктор технических наук, доцент
Зарипова Мохира Абдусаломовна

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор,
главный научный сотрудник Агентства
по ядерной и радиационной безопасности
АН Республики Таджикистан
Назаров Холмурод Марипович

кандидат химических наук, ведущий
научный сотрудник Физико-технического
института им. С.У. Умарова АН РТ
Сафаров Амиршо Гоибович

Ведущая организация: Общество с ограниченной ответственностью
«Таджикская алюминиевая компания Кемикал»

Защита состоится “16” января 2018 года в 9⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета 6D.KOA-007 при Институте химии им. В.И. Никитина АН Республики Таджикистан по адресу: 734063, г. Душанбе, ул. Айни 299/2. E-mail: z.r.obidov@rambler.ru

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке и на сайте Института химии им. В.И. Никитина АН Республики Таджикистан www.chemistry.tj

Автореферат разослан “ _____ ” _____ 2018 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета,
доктор химических наук, доцент

Обидов З.Р.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность диссертационной работы: В наномасштабном уровне процесс теплопереноса может весьма отличаться от процесса теплопереноса, протекающего в макро- и микромасштабах. Соответствующие размеры устройств или веществ в наноразмерах, в основном, сравнимы со средней длиной свободного пробега молекул или атомов, а также с длиной волны электронов, фотонов. Поэтому классические законы процессов переноса тепла в таких условиях нарушаются, в связи с чем возникает необходимость в разработке новых моделей, а также подходов для их описания. Путь изучения столь сложных процессов переноса тепла, протекающих в наноструктурах, приводит к новейшим и весьма неожиданным открытиям, а также инновационным разработкам. В силу складывающихся обстоятельств знание свойств материалов и веществ выходит на первый план.

Хотя исследования электрофизических, термодинамических и теплофизических свойств веществ имеют давнюю историю, данные исследования в последние годы приобрели качественно новый характер. А как известно, научно обоснованные инженерные расчеты необходимы, чтобы совершенствовать и оптимизировать технологические процессы и проектировать аппараты, в том числе химические, космические, энергетические, которые испытывают необходимость в информации об электрофизических, теплофизических и термодинамических свойствах рабочего вещества в широком интервале температур и давления.

Гидразингидрат в современной технике является распространенным веществом, которое используется в качестве химических реагентов, ракетных топлив, теплоносителей и рабочих тел. В связи с этим для развития и более глубокого изучения физики жидкого состояния веществ необходима информация об электрофизических, теплофизических и термодинамических свойствах гидразингидрата. Эти данные необходимы для получения четкой картины структурных моделей растворов, механизма взаимодействия между молекулами, процессов смешиваемости и растворимости, образования и разрушения молекулярных комплексов и др. Для калорического расчета аппаратов и процессов наиболее важными теплофизическими, термодинамическими и электрофизическими свойствами жидкостей и газов являются теплопроводность и плотность, которые также входят и в критериальные уравнения теплообмена и описывают термодинамическую поверхность.

Объект исследования: Гидразингидрат + наноструктурные амфотерные оксиды металлов (Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 и др. Средний размер наночастиц $d_{\text{cp}}=30, 50, 70, 90$ нм).

Цель диссертационной работы - разработка и создание экспериментальной установки для измерения температуропроводности, электропроводности и диэлектрической проницаемости системы гидразингидрат + наноструктурные амфотерные оксиды металлов (Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 , $d_{\text{cp}}=30, 50, 70, 90$ нм, 0,1; 0,15; 0,2; 0,25 и 0,3г.) под влиянием давления (метод лазерной вспышки (малый патент РТ №ТJ 316 и №ТJ210)), а также получение опытных значений физико-химических свойств исследуемых наножидкостей в интервале температур (298–673) К, давления (0,101 – 49,01) МПа.

Достижения поставленной цели возможны решением следующих задач:

- выявлен механизм переноса тепла в системе гидразингидрат+наноструктурные амфотерные оксиды металлов (Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 , $d_{\text{cp}}=30, 50, 70, 90$ нм, 0,1; 0,15; 0,2; 0,25 и 0,3г.);
- модернизирована экспериментальная установка по измерению температуропроводности, работающая методом лазерной вспышки при различных давлениях и электропроводности, работающая кондуктометрическим методом.
- получены экспериментальные данные теплопроводности, теплоемкости, рассчитаны энтальпия, энтропия, энергии Гиббса и Гельмгольца исследуемых объектов в интервале температур (298–673) К, давления (0,101 – 49,01) МПа.

- установлена зависимость физико-химических и термодинамических свойств системы гидразингидрата + 0,1; 0,15; 0,2; 0,25 и 0,3 г.; (Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 , $d_{\text{cp}}=30, 50, 70, 90$ нм) от температуры, давления и массы исследуемых объектов;
- получены аппроксимационные зависимости, устанавливающие взаимосвязь между теплопроводностью, теплоемкостью и их плотностью и температурой, давлением, а также особенностями структуры исследуемых объектов;
- установлена взаимосвязь теплофизических и термодинамических свойств исследуемых объектов в зависимости от температуры и давления.

Научная новизна работы заключается в следующем:

1. На модернизированных установках впервые получены экспериментальные данные по физико-химическим и термодинамическим свойствам системы гидразингидрат+ наноструктурные оксиды металлов (до 0,3 г. Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 , $d_{\text{cp}}=30,50,70,90$ нм) в интервале температур (298–548)К и давлений (0,101 – 49,01) МПа;
2. Впервые при помощи данных по теплоёмкости и плотности объектов исследования были рассчитаны термодинамические свойства данных веществ (энтальпия, энтропия, внутренняя энергия, энергия Гиббса, энергия Гельмгольца) системы гидразингидрата и амфотерных наноксидов металлов (в интервале температур (298–673)К и давлений (0,101 – 49,01) МПа).
3. На основе полученных данных по термодинамическим свойствам, т.е. плотности исследуемых систем составлено уравнение состояния (УС), а для теплофизических свойств (теплопроводности, теплоемкости и температуропроводности) ряд аппроксимационных зависимостей в зависимости от температуры, давления и массы наночастиц.
4. По полученным экспериментальным и расчетным данным составлены аналогичные таблицы как по физико-химическим, так и по термодинамическим свойствам исследованных наножидкостей в диапазоне давлений (0,101-49,01)МПа и температур (293-673)К с учетом изменения концентрации наночастиц от 0,1 до 0,3%, которые добавляются в эти растворы.

На защиту выносятся:

- результаты экспериментального исследования по электропроводности, теплопроводности, диэлектрической проницаемости и теплоемкости (при $T= 298–673$ К, $P=0,101–49,01$ МПа);
- новый вариант установки для измерения температуропроводности (работающая методом лазерной вспышки) веществ в зависимости от давления при комнатной температуре;
- результаты исследования теплопереноса и анализ данного процесса в исследуемых веществах;
- результаты расчета термодинамических параметров (разность энтальпии, разность энтропии, удельная энергия Гиббса и энергия Гельмгольца) исследуемых растворов в зависимости от температуры;
- эмпирические уравнения, позволяющие рассчитать теплоемкость и теплопроводность исследуемых образцов в широком интервале температуры и давления.

Практическая ценность работы:

- проведен анализ процесса теплопереноса в системах гидразингидрат+наноструктурные амфотерные оксиды металлов (Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 , $d_{\text{cp}}= 30, 50, 70, 90$ нм, 0,1; 0,15; 0,2; 0,25 и 0,3г.);
- представлен новый подход к обобщению экспериментальных данных по теплоемкости, электропроводности и теплопроводности системы гидразингидрат+наноструктурные амфотерные оксиды металлов (Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 , $d_{\text{cp}}=30, 50, 70, 90$ нм, 0,1; 0,15; 0,2; 0,25 и 0,3г.);
- разработаны экспериментальные установки для скоростного определения температуропроводности объектов в лабораторных условиях Института промышленности Министерства промышленности и новых технологий Республики Таджикистан и

Таджикского государственного педагогического университета им. С. Айни в городе Душанбе;

– дополнен банк теплофизических, термодинамических и электрофизических свойств системы гидразингидрат + наноструктурные амфотерные оксиды металлов (Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 , $d_{cp}=30, 50, 70, 90$ нм, 0,1; 0,15; 0,2; 0,25 и 0,3г.) новыми данными, необходимыми для инженерных расчетов.

Результаты исследования внедрены:

– установки, которые были модернизированы и созданы для измерения теплофизических свойств веществ, используются как преподавателями, так и аспирантами, и студентами в учебном процессе Таджикского государственного педагогического университета им. С. Айни в городе Душанбе (имеется акт внедрения).

– составление таблицы по ТФС и ТХ коллоидных жидкостей в интервале температур (298–673)К и давлений (0,101–49,01) МПа и эмпирические уравнения могут найти своё применение в проектно-производственных организациях в различных технологических процессах (имеется акт внедрения).

Диссертационная работа выполнена по плану координации научно-исследовательской работы в области естественных и общественных наук АН Республики Таджикистан на 2005-2015 годы по теме: «Теплофизические свойства веществ» (№ госрегистрации 81081175) и (№ 01.86.0103274) по проблеме 1.9.7-Теплофизика.

Достоверность полученных результатов: Обеспечение достоверности полученных результатов экспериментальных измерений достигнуто путем применения апробированных и протестированных измерительных устройств, а также воспроизводимостью и удовлетворительным согласием экспериментальных данных с расчетными данными.

Личный вклад автора заключается в выборе методов и составлении алгоритмов решения задач, установлении основных закономерностей протекающих тепло- и электрофизических процессов при получении ракетных топлив, проведении экспериментальных исследований в объективных условиях производства, получении данных по теплофизическим (теплопроводность, теплоемкость, плотность) и электрофизическим (электропроводность, удельное сопротивление и диэлектрическая проницаемость) свойствам, обработке и анализе полученных результатов, формулировке основных выводов диссертационной работы. Все результаты автора диссертационной работы получены под руководством научных руководителей.

Апробация работы: Основные условия и результаты диссертации докладывались и обсуждались на: Республиканской научно-практической конференции, Курган-Тюбе, (1991); научно-практической конференции, Душанбе, (1993); Международной научно-технической конференции «Нанотехнологии функциональных материалов (НФМ -2114)» Санкт - Петербург, (2014); Республиканской научно-практической конференции «Ломоносовские чтения», посвященной 1150-летию ученого в области химии и медицины Абубакра Закирие Рози, Филиал МГУ им. М.В. Ломоносова в г. Душанбе, Душанбе, (2014); 9-ой Международной теплофизической школе «Теплофизические исследования и измерения при контроле качества веществ, материалов и изделий», Душанбе, МТФШ-9. (2014); Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием) «Актуальные проблемы науки» Секция «Физико-математические науки», Нефтекамск-Уфа, (2014); 7^{-ой} Международной научно-практической конференции «Перспективы развития науки и образования», посвященной 20-летию Конституции Республики Таджикистан и 90 –летию г. Душанбе, (2014); 7^{-ой} Международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы развития инновационной деятельности в новом тысячелетии», Новосибирск, Россия, (2014); 5^{-ой} Международной научной Интернет-конференции «Актуальные проблемы биохимии и бионанотехнологии». Казань, (2014); первой Всероссийской (заочной) научно-практической конференции (с международным участием). Актуальные проблемы науки, М.,(2014); Международной научно-технической

конференции «Проблемы ресурсо- и энергосберегающих технологий в промышленности и АПК» ПРЭТ-2014, Иваново, (2014); Международной научно-практической конференции. Суздаль, (2014); ICSE-23, Chengdu, China) www.icse-nano.org, (2015); Международной научно - практической конференции, посвященной 115- летию персидского-таджикского ученого-энциклопедиста, врача, алхимика и философа Абу Бакри Мухаммада ибн Закария Рози, Институт химии и АН РТ, Душанбе, (2015); научной конференции «Актуальные проблемы современной науки», посвященной 70-летию Победы в Великой Отечественной войне, “МИСиС”. Душанбе, (2015); 8-ой Международной научно-технической конференции «Проблемы и перспективы развития авиации, наземного транспорта и энергетики (АНТЭ-2015)» КАИ. Казань, (2015); 10-ом Всероссийском симпозиуме с международным участием, «Термодинамика и материаловедение». Физико-техническом институте имени А.Ф. Иоффе, РАН, Санкт - Петербург, (2015); 10-ой школе-семинаре молодых ученых и специалистов академика РАН В.Е. Алемасова “Проблемы теплообмена и гидродинамики в энергомашиностроении”, Казань, (2016); 10-ой Международной теплофизической школе, «Теплофизические исследования и измерения при контроле качества веществ, материалов и изделий». Душанбе-Тамбов, (2016); 8-ой Международной научно-практической конференции «Перспективы развития науки образования», посвященной 25-летию Государственной независимости Республики Таджикистан и 60 - летию *ТТУ* имени акад. М. С. Осими, Душанбе, (2016); Rostock International Conference, Rostock, Germany, (2017); международной конференции «Фундаментальные и прикладные вопросы физики», Ташкент, Узбекистан, (2017).

По результатам работы опубликовано 43 статьи (из них 7, рекомендуемых ВАК при Президенте Республики Таджикистан), 36 тезисов докладов и одна монография.

Структура, состав диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, выводов, списка использованной литературы и приложения. Работа изложена на 191 странице машинописного (компьютерного) текста. Она содержит 38 рисунков, 27 таблиц, 218 наименований источников литературы и 30 страниц приложения.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В введении указаны цель и актуальность темы диссертации, сформулированы основные задачи направления исследования, приведена научная новизна и отражены основные положения, выносимые на защиту и ценность работы с точки зрения применения ее результатов на практике.

В первой главе приводится литературный обзор по теме диссертации.

Основные физико-химические свойства гидразингидрата при комнатной температуре приведены в таблице 1.

Таблица 1-Основные показатели и свойства гидразингидрата при температуре 298 К.

Свойства	Гидразингидрат
Молярная масса, кг/моль	0,050
Температура плавления, $T_{пл}$, К	211,45
Температура кипения, $T_{кп}$, К	391,85 (739,5мм рт.ст.)
Температура вспышки, $T_{вс}$, К	332,15
Температура самовоспламенения, $T_{свп}$, К	540,15
Давление насыщенных паров, Па	254
Плотность, кг/м ³	1035
Поверхностное натяжение, МН/м	74,30
Показатель преломления света	1,424

Гидразингидрат (диамид) является прозрачной бесцветной жидкостью с запахом аммиака. Он в твердом виде представляет собой кубические кристаллы. Гидразингидрат

является сильным восстановителем, он даже восстанавливает благородные металлы из их же солей. Гидразингидрат является сильным ядом, ускоренно окисляется кислородом воздуха до N_2 , NH_3 , H_2O . На воздухе гидразингидрат поглощает углекислоту, со спиртом и водой смешивается в любых пропорциях; не растворяется в эфире, хлороформе и бензоле. Плотность гидразингидрата составляет $1,03 \text{ г/см}^3$. Его температура кипения -120°C , температура плавления -1°C , температура вспышки -73°C , температура замерзания -51°C .

Гидразингидрат получают путем окисления NH_3 или $CO(NH_2)_2$ гипохлоридом натрия ($NaOCl$).

Вторая глава посвящена описанию принципиальных схем использованных экспериментальных установок и методикам их работ для исследования тепло- и электрофизических свойств растворов в зависимости от температуры и давления.

Способ измерения диэлектрической проницаемости жидких диэлектриков (Патент РТ №ТJ 210)

Условная диэлектрическая проницаемость - одна из основных характеристик диэлектриков, способы измерения которой хорошо известны. Множество из упомянутых способов разработаны на основании изменения электрической емкости или же на основании активного сопротивления плоского воздушного конденсатора после помещения его в просвет исследуемого диэлектрика. Известен способ, при котором определяется диэлектрическая проницаемость жидких и плоских твердых диэлектриков, при нем применяют динамический конденсатор, образуемый посредством подвижного электрода и посредством вращающегося металлического диска, на котором установлен поляризованный пленочный электрет.

Способу свойственны недостатки и ограничения. Вращение электрета с помощью электропривода делает способ недостаточно технологичным и локализует интервал частот измерений диэлектрической проницаемости. Трудность этого способа формируется необходимостью определения толщины образца, расстояния между электродами и величины расстояния между вращающимся электретом и образцом, а также вычислений той величины, которая измеряется. Принципиально точность измерений не может быть достаточно высокой, так как помимо известного места краевых эффектов, проявляемых в случаях, когда величина интервала измерительного конденсатора сопоставима с размерами обкладок конденсатора, появляются и другие причины возникновения ошибок, например зависящие от степени неоднородности распределения заряда по поверхности электрета.

При другом способе, когда плоский воздушный конденсатор с регулируемым зазором, приложенный к электродам с переменным электрическим напряжением, применяется для определения диэлектрической проницаемости жидких и плоских твердых диэлектриков. Согласно этому способу зазор воздушного конденсатора устанавливается так, чтобы он был равен толщине образца. Ток конденсатора преобразуют в напряжение, например, при помощи усилителя операции, регулируют это напряжение, при этом добиваются такого значения, которое численно равно или кратно диэлектрической проницаемости воздуха. После этого образец помещают вплотную между электродами конденсатора и определяют искомое значение по показаниям регистрирующего прибора, например, вольтметра (рисунок 1).

Недостаток этого способа заключается в дополнительной настройке межэлектродного зазора равного или кратного диэлектрической проницаемости воздуха, который может повлиять на точность измерения.

Известен способ измерения диэлектрической проницаемости. Способ при котором изменяют величину зазора плоского измерительного конденсатора, к обкладкам прилагается переменное напряжение, добиваются равенства токов конденсатора для

случаев, при котором исследуемый образец помещается в зазор конденсатора, так и в отсутствии последнего.

Главным недостатком представленного метода является то, что необходимо провести дополнительные измерения по толщине образца и расстояния между электродами, а также необходимы дополнительные вычисления.

Другой недостаток приведенных способов заключается в том, что относительная диэлектрическая проницаемость жидких диэлектриков измеряется синхронно с температурой термостата, который отличается от температуры исследуемой жидкости. Приведенные способы не имеют схожих признаков с заявляемым.

Целью предполагаемого метода заключается в разработке способа с наименьшими действиями, затратами времени и более точными результатами измерений.

Технический результат достигается тем, что электроды конденсатора и цифровой термометр погружают в электрохимическую ячейку, заранее залитую исследуемой жидкостью. Далее измеряется емкость электрохимической ячейки измерителем емкости и температура - цифровым термометром синхронно.

На данном чертеже (рисунок 1) приведена принципиальная схема, которая позволяет реализовать этот способ. Плоский конденсатор измерений образован измерительными электродами А и Б, погруженными в исследуемую жидкость 2, находящуюся в электрохимической ячейке 1. Электроды соединены с измерителем емкости 3 и электрохимической ячейкой, а также погружается цифровой термометр С, измеряющий температуру жидкости. Термометр по шине из трех проводов 5 соединен с индикатором 4. Способ осуществляют следующим образом.

Измеряют емкость пустой электрохимической ячейки 1 без исследуемой жидкости в воздухе. Затем, в электрохимическую ячейку 1 заливают исследуемую жидкость 2, окончательно измеряют емкость электрохимической ячейки 1 и определяют диэлектрическую проницаемость по формуле.

$$\varepsilon = \frac{C_{ж}}{C_{в}} \quad (1)$$

где, ε - диэлектрическая проницаемость исследуемой жидкости; $C_{ж}$ - емкость системы электродов исследуемой жидкости; $C_{в}$ - системы электродов в воздухе.

Предлагаемый способ упрощает измерение относительной диэлектрической проницаемости жидких диэлектриков и повышает его точность.

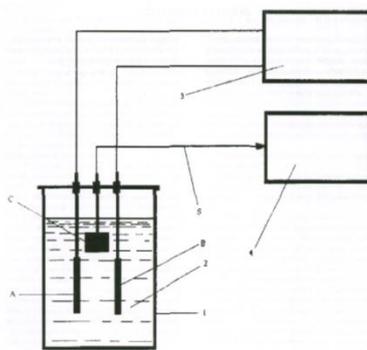


Рисунок 1 - Схема экспериментальной установки для измерения диэлектрической проницаемости электролитов.

Результаты экспериментального определения диэлектрической проницаемости и электропроводности гидразингидрата и его компонентов приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Экспериментальные и литературные данные по диэлектрической проницаемости и электропроводностью гидразингидрата и его компоненты

Обозначение	H_2O	N_2H_4	Гидразингидрат (наши данные)
ε	81	52	31,7
$\chi, \text{см} \cdot \text{м}^{-1}$	$10^{-3} - 10^{-4}$	$(0,3 - 2,6) \cdot 10^{-6}$	$(0,294 - 2,242) \cdot 10^{-6}$

Описание экспериментальной установки для измерения удельной теплоемкости жидкостей и растворов при высоких параметрах состояния

Для измерения теплоемкости веществ при высоких давлениях и температуре, прибор оснащен электропечью. Электрическая печь построена цилиндрической формы, наружным диаметром 34 и внутренним 24 мм. На наружной поверхности печи находится электронагреватель, который имеет вид спирали из нихромовой проволоки диаметром 1 мм. Электрическая печь с внешней стороны с торцов изолировалась. Электропечь питается через ЛАТР и стабилизатор. Амперметром и вольтметром определялись ток и напряжение. Использован пережимной сосуд для создания необходимого давления в данной установке. В основном, установка состоит из измерительной ячейки (баллончика), пережимного сосуда высокого давления, манометра грузопоршневого МП-2500, графопостроителя и электроизмерительных приборов. Медный стакан, в котором размещается измерительная ячейка, наматывается нихромовая проволока (нагреватель). Посредством тонкостенных нержавеющей трубок он соединяется с пережимным сосудом измерительной ячейки.

При этом нагреватель и горячий спай термопары находятся при атмосферном давлении. Измеряя температуру опыта, мы использовали дифференциальную хромель-алюмелевую термопару, диаметр которой 0,15 мм, и её концы соединены с графопостроителем. Горячий спай термопары расположен на поверхности ячейки, а холодный спай помещен в сосуд Дьюара, в котором тает лед.

Для того, чтобы окончательно убедиться в достоверности экспериментов толуолом, Н-гексаном и керосином производились контрольные исследования. Подробные описание установки приведены в диссертации.

Третья глава посвящена результатам экспериментальных исследований по теплоемкости, электро- и теплопроводности системы гидразингидрат + наноструктурные амфотерные оксиды металлов (Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 , $d_{cp}=30, 50, 70, 90\text{нм}$) с концентрацией 0,1; 0,15; 0,2; 0,25 и 0,3 г. в растворах, а также термодинамических свойств в зависимости от температуры (298-673)К и давления (0,101–49,01) МПа.

На опытной установке, разработанной Е.С. Платуновым, была определена удельная теплоемкость гидразингидрата при различных температурах $T=(298-548)\text{К}$ и $P=0,101$ МПа с добавкой от $0,1 \cdot 10^{-3} \text{кг}$ до $0,3 \cdot 10^{-3} \text{кг}$ (с интервалом $0,05 \cdot 10^{-3} \text{кг}$) наноструктурных амфотерных оксидов металлов (Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 , $d_{cp}=30, 50, 70, 90\text{нм}$), (таблицы 3). Кроме того, для удельной изобарной теплоемкости наножидкостей системы гидразингидрата и некоторых амфотерных оксидов металлов использовали установку, разработанную и собранную профессором М.М. Сафаровым.

В таблицах 3 и П.3.1-П.3.9 сведены результаты расчетов по экспериментальным данным теплоемкости исследуемых образцов при различных температурах и концентрациях и наноструктурных амфотерных оксидов металлов (Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 , $d_{cp}=30, 50, 70, 90\text{нм}$). Надо отметить, что теплопроводность и электропроводность монолита оксидов металлов (амфотерных и неамфотерных) в зависимости от температуры обобщены в Справочнике.

Таблица 3 - Результаты экспериментального исследования теплоемкости (C_p , Дж/(кг·К)) гидразингидрата с добавлением различной концентрации оксида алюминия (Al_2O_3 , $d=50$ нм) при атмосферном давлении и различных температурах

$m, 10^{-3} \text{ кг}$	T, K				
	298	313	323	333	348
0,1	3478	3492	3506	3536	3566
0,15	3458	3471	3484	3508	3532
0,2	3438	3449	3460	3489	3518
0,25	3418	3430	3442	3461	3480
0,3	3398	3406	3414	3432	3450

Характер изменения теплоемкости гидразингидрата в зависимости от температуры и концентрации наноструктурных амфотерных оксидов металлов (Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 $d_{cp}=30, 50, 70, 90$ нм, 0,1; 0,15; 0,2; 0,25 и 0,3г.) показан на рисунке 4, где указано, что с ростом температуры теплоемкость исследуемых объектов увеличивается по линейному закону, а в зависимости от концентрации наноструктурных оксидов металлов (Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 $d_{cp}=30, 50, 70, 90$ нм, 0,1; 0,15; 0,2; 0,25 и 0,3г.) уменьшается. Например, при увеличении добавки наноструктурных амфотерных оксидов (Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 , $d_{cp}=30, 50, 70, 90$ нм, 0,1; 0,15; 0,2; 0,25 и 0,3г.) при температуре 298К теплоемкость уменьшается на ~8,5%, а при 323К и концентрации наноструктурных амфотерных оксидов металлов (Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 , $d_{cp}=30, 50, 70, 90$ нм) 0,3 г. увеличивается на ~14%.

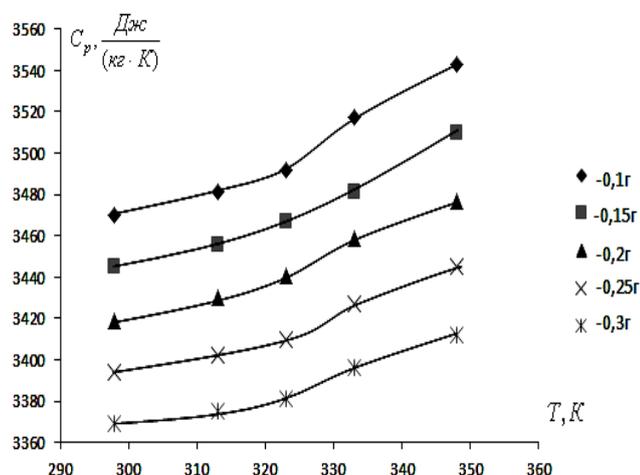


Рисунок 4 - Зависимость удельной изобарной теплоемкости исследуемых объектов от температуры и концентрации наноструктурного амфотерного оксида железа (Fe_2O_3 , $d=50$ нм) при атмосферном давлении.

Кроме того, экспериментально была исследована теплопроводность гидразингидрата в зависимости от концентрации 0,1; 0,15; 0,2; 0,25; 0,3г. наноструктурных амфотерных оксидов металлов (Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 , $d_{cp}=30, 50, 70, 90$ нм) и температур в пределах (298–673К) при атмосферном давлении.

Значения теплопроводности гидразингидрата, которые получены экспериментальным путем в зависимости от концентрации 0,1; 0,2; 0,3; г. наноструктурных амфотерных оксидов металлов (Al_2O_3 , Fe_2O_3 , Ti_2O , $d_{cp}=30, 50, 70, 90$ нм) при различных температурах приводятся в таблице 4. Кроме того, λ наножидкости системы гидразингидрата и амфотерных оксидов металлов, нами рассчитана теплопроводность численными методами с помощью моделей Максвелла и Дульнева Г.Н. и его учениками при различных

температурах при атмосферном давлении, результаты которого сопоставлены с экспериментальными данными.

Таблица 4 – Величины полученные экспериментально по теплопроводности ($\lambda \cdot 10^3, \text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$) системы гидразингидрата в зависимости от температуры и концентрации наноструктурного амфотерного оксида железа (Fe_2O_3 , $d=50\text{нм}$) при атмосферном давлении.

$m, 10^{-3} \text{ кг}$	Т, К				
	298	313	323	333	348
0,1	423	439	454	463	471
0,15	437	453	468	474	479
0,2	458	469	481	485	489
0,25	476	485	494	496	497
0,3	499	505	511	512	513

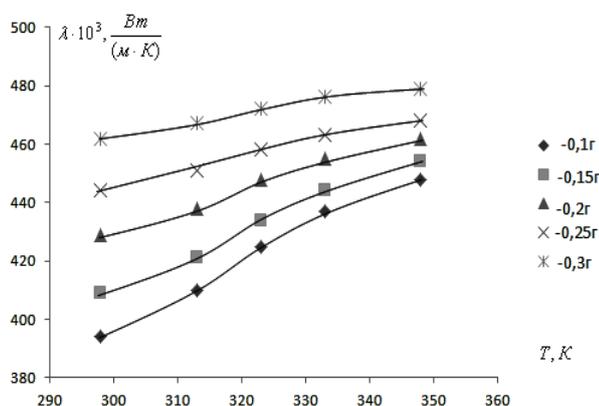


Рисунок 5 - λ исследуемых объектов при различных температурах и концентрациях наноструктурного оксида титана (TiO_2 , $d=50\text{нм}$) при атмосферном давлении.

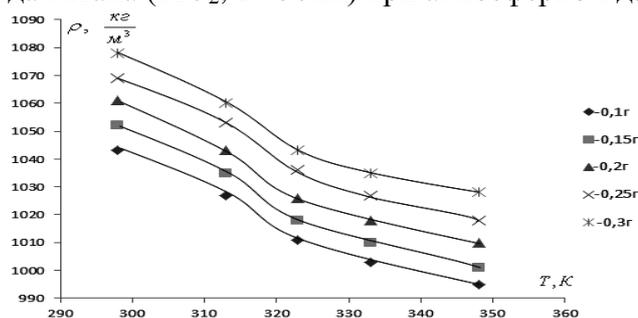


Рисунок 6 - Зависимость плотности исследуемых объектов от температуры и концентрации наноструктурного амфотерного оксида алюминия (Al_2O_3 , $d=50\text{нм}$) при атмосферном давлении.

Таблица 5 - Плотность ($\rho, \text{кг}/\text{м}^3$) образца в зависимости от температуры и концентрации наноструктурного амфотерного оксида титана (TiO_2 , $d=50\text{нм}$) при атмосферном давлении

$m, 10^{-3} \text{ кг}$	Т, К				
	298	313	323	333	348
0,1	1039	1022	1006	997	988

0,15	1043	1027	1012	1003	995
0,2	1048	1033	1019	1010	1002
0,25	1055	1040	1026	1019	1012
0,3	1061	1047	1034	1026	1018

Результаты расчетных данных по температуропроводности исследуемых образцов в зависимости от температуры и концентрации представлены в работах.

Термодинамические свойства исследуемых объектов при различных температурах

Для того чтобы рассчитать термодинамические свойства исследуемых образцов при атмосферном давлении, мы прибегли к двум методам. Первый метод основан на измерении плотности образцов при различных температурах и давлениях, которые в незначительной степени превышают атмосферное. Затем, используя полученные данные и уравнение состояния, рассчитывают термодинамические свойства изучаемых образцов.

Второй метод базируется на применении результатов экспериментального определения изобарной теплоемкости, плотности и скорости звука изучаемых образцов под действием атмосферного давления.

По результатам экспериментального исследования теплоемкости изучаемых веществ их термодинамические свойства были рассчитаны при помощи следующих выражений:

-изменение энтальпии

$$\Delta H = \int_{T_0}^T C_p \cdot dT, \left[\frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \right] \quad (2)$$

-изменение внутренней энергии

$$\Delta U = \Delta H - \frac{P}{\rho}, \left[\frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \right] \quad (3)$$

-изменение энтропии

$$\Delta S = \int_{T_0}^T \frac{C_p}{T} \cdot dT, \left[\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \right] \quad (4)$$

-удельная энергия Гиббса

$$\Delta \varphi = \Delta H - T \cdot \Delta S, \left[\frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \right] \quad (5)$$

-удельная энергия Гельмгольца

$$\Delta F = \Delta U - T \cdot \Delta S, \left[\frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \right] \quad (6)$$

Значения термодинамических свойств, которые вычислены для некоторых исследуемых растворов по формулам (2) – (6), приводятся в таблице 6 и в таблицах П.3.13., П.3.14.

Таблица 6 - Термодинамические свойства системы гидразингидрат + наноструктурный амфотерный оксид алюминия (Al_2O_3 , $d=50nm$) в зависимости от его концентрации, плотности и температуры при атмосферном давлении

T, K	ΔH , кДж/кг	ΔU , кДж/кг	ΔS , Дж/кг·K	$\Delta \phi$, Дж/кг	ΔF , Дж/кг
при $\rho = 1043 \text{ кг/м}^3$; $m = 0.1 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$					
313	52,38	52,283	171,492	-1296,996	-1393,996
323	87,65	87,553	282,443	-3579,089	-3676,089
333	123,76	123,663	392,673	-7000,109	-7097,109
348	178,30	178,203	553,122	-14186,456	-14283,456
при $\rho = 1052 \text{ кг/м}^3$; $m = 0.15 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$					
313	52,065	51,969	170,461	-1289,293	-1385,293
323	87,10	87,004	280,671	-3556,733	-3652,733
333	122,78	122,684	389,563	-6944,479	-7040,479
348	176,60	176,504	547,848	-14051,104	-14147,104
при $\rho = 1061 \text{ кг/м}^3$; $m = 0.2 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$					
313	51,735	51,64	169,38	-1280,94	-1375,94
323	86,50	86,405	278,738	-3532,374	-3627,374
333	122,115	122,02	385,53	-6266,49	-6361,49
348	175,90	175,805	545,677	-13995,596	-14090,596
при $\rho = 1069 \text{ кг/м}^3$; $m = 0.25 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$					
313	51,45	51,355	168,447	-1273,911	-1368,911
323	86,05	85,955	277,287	-3513,701	-3608,701
333	121,135	121,041	384,344	-6851,552	-6946,552
348	174	173,905	539,783	-13844,484	-13939,484
при $\rho = 1078 \text{ кг/м}^3$; $m = 0.3 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$					
313	51,09	50,996	167,269	-1265,197	-1359,197
323	85,35	85,256	275,032	-3485,336	-3597,336
333	120,12	120,026	381,124	-6794,292	-6888,292
348	172,5	172,406	535,129	-13724,892	-13818,892

Как видно из таблицы 6 и таблиц П.3.13, П.3.14, с ростом температуры величины энтальпии, внутренней энергии и энтропии увеличиваются. Значения удельных энергий Гиббса и Гельмгольца имеют отрицательные знаки.

Согласно выше приведенным таблицам 6 и П.3.13, П.3.14 видно, что в зависимости от плотности и концентрации наноструктурных амфотерных оксидов металлов (Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 , $d=30, 50, 70, 90nm$ и 0,1; 0,15; 0,2; 0,25 и 0,3г.) термодинамические характеристики системы изменяются одинаково.

Четвертая глава состоит из анализа и обобщения экспериментальных данных по теплофизическим, термодинамическим и электрофизическим свойствам системы гидразингидрат+наноструктурные амфотерные оксиды металлов (Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 , $d_{cp}=30, 50, 70, 90nm$) с концентрацией 0,1; 0,15; 0,2; 0,25 и 0,3 г. Получены аппроксимационные зависимости по теплопроводности, плотности, теплоемкости и электрофизические свойства исследуемых образцов в зависимости от температуры, давления и концентрации, а также результаты расчета их термических и калорических свойств.

Обработка и обобщение экспериментальных данных теплофизических свойств исследуемых систем в зависимости от температуры при атмосферном давлении

Нижеприведенные функциональные зависимости нами были использованы для обобщения и обработки данных по температурной зависимости теплоемкости, которые были получены экспериментально:

$$\frac{C_p}{C_p^*} = f\left(\frac{T}{T_1}\right), \quad (7)$$

где, C_p – теплоемкость испытуемого образца в зависимости от температуры; C_p^* – теплоемкость испытуемого образца при $T_1=323\text{K}$; T – температура, при которой проводилось испытание.

Для опытных образцов системы гидразингидрат + наноструктурные амфотерные оксиды металлов (Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 $d=30,50,70,90$ нм и 0,1; 0,15; 0,2; 0,25 и 0,3 г.) хорошо выполняется уравнение 8. Данные экспериментов по удельной теплоемкости хорошо ложатся вдоль общей кривой (рисунок 7), которая описывается уравнением:

$$C_p = \left[47,63 \cdot 10^{-2} \cdot \left(\frac{T}{T_1}\right)^2 - 81,93 \cdot 10^{-2} \cdot \left(\frac{T}{T_1}\right) + 1,353 \right] \cdot C_p^*, \quad \left[\frac{\text{Дж}}{(\text{кг} \cdot \text{К})} \right] \quad (8)$$

где, T – расчётная температура, K ; T_1 – постоянная температура, которая равна 323К.

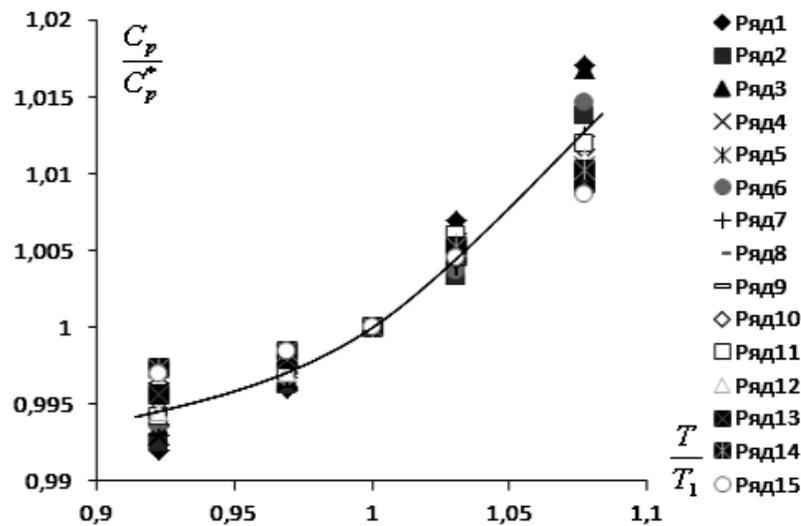


Рисунок 7 - Зависимость относительной теплоемкости C_p/C_p^* исследуемых веществ от относительной температуры T/T_1 ; ряд1-0,1г., ряд2-0,15г., ряд3-0,2г., ряд4-0,25г., ряд5-0,3г. (Al_2O_3 , $d=50\text{нм}$), ряд6-0,1г., ряд7-0,15г., ряд8-0,2г., ряд9-0,25г., ряд10-0,3г. (Fe_2O_3 , $d=50\text{нм}$), ряд11-0,1г., ряд12-0,15г., ряд13-0,2г., ряд14-0,25г., ряд15-0,3г. (TiO_2 , $d=50\text{нм}$).

C_p^* является функцией концентрации наноструктурных амфотерных оксидов металлов (Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 , $d=50\text{нм}$).

$$\frac{C_p^*}{C_p^{**}} = f\left(\frac{m}{m_1}\right), \quad (9)$$

Прямая линия, выполняющая выражение 9, описывается уравнением:

$$C_p^* = \left[-32 \cdot 10^{-3} \cdot \left(\frac{m}{m_1}\right) + 1032 \cdot 10^{-3} \right] \cdot C_p^{**}, \quad \left[\frac{\text{Дж}}{(\text{кг} \cdot \text{К})} \right] \quad (10)$$

где, m – масса наноструктурных амфотерных оксидов металлов ($\text{Al}_2\text{O}_3, \text{Fe}_2\text{O}_3, \text{TiO}_2$, $d=50\text{нм}$ и др.) 10^{-3}кг , C_p^{**} - теплоемкость гидразингидрата + наноструктурных амфотерных оксидов металлов ($\text{Al}_2\text{O}_3, \text{Fe}_2\text{O}_3, \text{TiO}_2$, $d=50\text{нм}$) в зависимости от молярной массы при $T_1=323\text{К}$ и $m_1=0,2 \cdot 10^{-3}\text{кг}$.

-для теплоемкости:

$$C = \left[\left[-30,3 \cdot 10^{-2} \cdot \left(\frac{P}{P_1} \right) + 130,3 \cdot 10^{-2} \right] \times \left[20,8 \cdot 10^{-3} \cdot \left(\frac{m}{m_1} \right)^2 - 83,9 \cdot 10^{-3} \left(\frac{m}{m_1} \right) + 1,0644 \right] \right] \times \left(28,7 \cdot \mu^2 - 353,885 \cdot \mu + 3353,5 \right), \quad \left[\frac{\text{Дж}}{\text{г} \cdot \text{К}} \right] \quad (11)$$

-для теплоемкости:

$$\lambda = \left[-2,6 \cdot \left(\frac{T}{T_1} \right)^2 + 5,71 \cdot \left(\frac{T}{T_1} \right) - 2,12 \right] \times \left(11,5 \cdot 10^{-2} \left(\frac{m}{m_1} \right) + 88,75 \cdot 10^{-2} \right) \times \left(6,7 \cdot \mu^2 - 5,996 \cdot \mu + 0,757 \right), \quad \left[\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}} \right] \quad (12)$$

С помощью выражения (11),(12) можно рассчитать теплопроводность неисследованных экспериментально систем гидразингидрат + наноструктурные амфотерные оксиды металлов во взаимосвязи от температуры с погрешностью до 2,5%. Для этого необходимо располагать только значением массы оксидов металлов и их молярной массы.

В приложении приводятся акты внедрения полученных результатов.

ВЫВОДЫ

1. Исследован комплекс физико-химических (теплопроводность, плотность, теплоемкость), термодинамических (энтропии, энтальпии, энергии Гиббса и Гельмгольца) и электрофизических свойств (электропроводность, диэлектрическая проницаемость) системы (гидразингидрат + наноструктурные амфотерные оксиды металлов), позволяющих прогнозировать перечисленные параметры на основе их молекулярных структур.
2. Модернизированы и собраны экспериментальные установки для измерения C_p, λ и электропроводности изучаемых систем гидразингидрат+ наноструктурные амфотерные оксиды металлов (метод лазерной вспышки) в зависимости от давления и для электрофизических свойств, работающие методом плоского конденсатора (кондуктометрия).
3. Впервые получены экспериментальные данные по теплопроводности, теплоемкости, плотности, энтропии, энтальпии, энергии Гиббса и Гельмгольца, электропроводности и диэлектрической проницаемости системы (гидразингидрат+наноструктурные амфотерные оксиды металлов $\text{Al}_2\text{O}_3, \text{Fe}_2\text{O}_3, \text{TiO}_2$, $d=30,50,70,90\text{нм}$ и $0,1;0,15;0,2;0,25$ и $0,3\text{г}$) при температуре ($T=298-673\text{К}$), давлении ($P = 0,101 \div 49,01\text{МПа}$).
4. При этом установлено, что теплопроводность, электропроводность при заданной температуре с ростом давления исследуемых систем увеличиваются, с ростом температуры при заданном давлении уменьшаются, а теплоемкость, наоборот, увеличивается.
5. Установлено, что с ростом количества наноструктурных амфотерных оксидов металлов приводит к изменению теплофизических, термодинамических и электрофизических свойств гидразингидрата. Например: при $T= 298 \text{ К}$, $P=0,101\text{МПа}$ увеличение массы наноструктурного оксида Fe_2O_3 , $d=50 \text{ нм}$ на $0,3 \text{ г}$. теплопроводность гидразингидрата уменьшается на $\sim 77,8\%$, а при $T= 348\text{К}$, $P= 0,101 \text{ МПа}$ этот изменение доходит до $\sim 90,2 \%$.
6. В результате обработки экспериментальных данных по теплофизическим, термодинамическим и электрофизическим свойствам исследуемых веществ при

различных параметрах состояния (давления, температуры и концентрации амфотерных оксидов металлов) получен ряд эмпирических уравнений.

7. Главные результаты теоретических и экспериментальных исследований приняты к применению и внедрены в различных промышленных предприятиях Республики Таджикистан, а также используются в учебном процессе Таджикского государственного педагогического университета им. С.Айни в городе Душанбе.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи, опубликованные в научных журналах, рекомендованных ВАК при Президенте Республики Таджикистан

1. Назруллоев, А.С. Расчет коэффициента активности бинарных и тернарных жидкостей / М.М. Сафаров, Т.Р. Тиллоева, М.А. Зарипова, А.С. Назруллоев // Вестник Казан. технолог. универ. - 2014. - Т. 17. - № 20. - С. 63-67.
2. Назруллоев, А.С. Температуропроводность наножидкостей системы (64% N₂H₄ +36% H₂O) и нанонаполнителей. / М.М. Сафаров, Н.Б. Давлатов, А.С. Назруллоев, М.А. Зарипова, Иман Б.М. // Вестник Тадж. нац. универ.- 2014,¼. - С.121-126.
3. Назруллоев, А.С. Кинетические, адсорбционные свойства пентэласта и некоторых нанопорошков с различными фракциями для технологических процессов получения сплавов / М.М. Сафаров, З.Ю. Норов, Ш.А. Аминов, Б.М. Махмадиев, А.С. Назруллоев, Д. С.Джураев, С.Г.Ризоев, М.М. Холиков, Д.Ш. Хакимов // Физика, Науч. жур., Инст. физ.-тех. проб. и материаловед. – 2016. - С. 74-81.
4. Назруллоев, А.С. Адсорбционные и теплофизические свойства некоторых металлических, неметаллических наночастиц и их влияние на поведение растворителей / М.М. Сафаров, Н.Б. Давлатов, С.С. Рафиев, А.С. Назруллоев, А. Г. Мирзомамадов, Д.С. Джураев, М.М. Холиков // Вестник ТПИ-ТТУ им. М.С.Осими, в г. Худжанд. - С. 114-120.
5. Назруллоев, А.С. Теплофизические свойства некоторых углеродных материалов / М.М. Сафаров, Х.Х. Назаров, А.С. Назруллоев, Н.Б. Давлатов, М.А. Зарипова, Т.Р. Тиллоева, М.М. Гуломов, С.Г. Ризоев, Э.Ш. Тауров, Д.Ш. Хакимов, Д.А. Назирмадов, С.С. Рафиев, А.Р. Раджабов // Вестник Тадж. нац. универ. - 2016, ¼. - С. 40-45.
6. Назруллоев, А.С. Компьютерное моделирование химических и фазовых равновесий в системах с неидеальными растворами. / М.М. Сафаров, Х.Х. Назаров, М.А. Зарипова, Н.Б. Давлатов, А.С. Назруллоев, А. Неъматов, М.М. Гуломов, С.Г. Ризоев, З.Ш. Асомиддинов, Г.Н. Неъматов, М.Ф. Курбонов // Вестник Тадж. нац. универ. - 2016, ¼. - С. 166-169.

Монография

7. Назруллоев, А.С. Влияние наноразмерных амфотерных оксидов металлов на изменение тепло-, электрофизических и термодинамических свойств гидразингидрата. / М.М. Сафаров, М.А. Зарипова, Х.А. Зоиров, А.С. Назруллоев // . -2016 - С. 235.

Статьи, опубликованные в материалах конференции

8. Назруллоев, А.С. Влияние медных нанокompозитов на изменения теплопроводности воды и гидразингидрата / М.М. Сафаров, М.А. Зарипова, Иман Б.М., Т.Р. Тиллоева, Х.А. Зоиров, А.С. Назруллоев // Межд. науч.-тех. конф. «Проблемы ресурсо- и энергосберегающих технологий в промышленности и АПК». – 2014. - С. 155-159.
9. Назруллоев, А.С. Влияние наноамфотерных окисей на изменение теплоемкости жидкого гидразингидрата / М.М. Сафаров, А.С. Назруллоев, Х.А. Зоиров, Н.Б. Давлатов // Труды межд. науч.-тех. конф. ”Нанотехнология функциональных”. – 2014. - С. 39-41.
10. Назруллоев, А.С. Экспериментальная установка для определения электрофизических свойств электролитов в зависимости от давления / М.М. Сафаров, А.С. Назруллоев // Матер. 9-ой Межд. теплофиз. школы, Теплофиз. исслед. и измер. при контр. качества веществ, матер. и изделий. – 2014. - С. 278-282.

11. Назруллоев, А.С. Расчет и оптимизация теплового реактора с учетом интенсификации рабочего тела (гидразина+ фуллерен C_{60}) и (моторное масло +силикагель) / М.М. Сафаров, М.А. Зарипова, Д. А. Шарипов, Ф.Х. Насриддинов, А. С. Назруллоев // Матер. Респ. науч.-практ. конф. "Ломоносовские чтения", посвященной 1150-летию ученого в области химии и медицины Абубакра Закирие Рози. – 2014. - С. 26-28.
12. Назруллоев, А.С. Расчет коэффициента активности двухкомпонентных водных растворов / М.М. Сафаров, М.А. Зарипова, А.С. Назруллоев, М. Ф. Курбонов, Н.Б. Давлатов, Д.С. Джураев // Матер. 9-ой Межд. теплофиз. школы, Теплофиз. исслед. и измер. при контр. качества веществ, матер. и изделия. - 2014. - С. 461-465.
13. Назруллоев, А.С. Термодинамические свойства и уравнения состояния бинарных водных растворов гидразина / М.М. Сафаров, М.А. Зарипова, А.С. Назруллоев, Н.Б. Давлатов, Иман Б.М. // Матер. 9-ой Межд. теплофиз. школы, Теплофиз. исслед. и измер. при контр. качества веществ, матер. и изделий. - 2014 г. - С. 443-446.
14. Назруллоев, А.С. Расчет аддитивной схемы теплоты сгорания компонентов азотсодержащего топлива / М.М. Сафаров, М.А. Зарипова, Иман Б.М., С.А. Тагоев, Н.Б. Давлатов, А.С. Назруллоев, Т.Р. Тиллоева, Х.А. Зоиров, А.Ф. Тошов // Матер. 9-ой Межд. теплофиз. школы и теплофиз. исслед. и измер. при контр. качества веществ, матер. и изделия. - 2014. - С. 270-272.
15. Назруллоев, А.С. Влияние оксида меди на изменение теплопроводности жидкого гидразина / М.М. Сафаров, М.А. Зарипова, А.С. Назруллоев, Н.Б. Давлатов, Х.А. Зоиров, А.Ф.Тошов // Матер. 9-ой Межд. теплофиз. школы, Теплофиз. исслед. и измер. при контр. качества веществ, матер. и изделий. - 2014. - С. 273-277.
16. Назруллоев, А.С. Теплоемкость и термодинамические функции некоторых основных оксидов и металлов. Обработка экспериментальных данных. / М.М. Сафаров, Х.А. Зоиров, М.А. Зарипова, А.С. Назруллоев, Э.Ш. Тауров, Г.Н. Нетьматов // Матер. 9-ой Межд. теплофиз. школы, Теплофиз. исслед. и измер. при контр. качества веществ, матер. и изделий. – 2014. - С. 304-309.
17. Назруллоев, А.С. Уравнения состояния типа Тейта для жидких растворов. Теплопроводность. / М.М. Сафаров, М.Ф. Курбонов, Ф.Б. Курбонов, Юсупов Ш.Т., Н.Б. Давлатов, А.С. Назруллоев, Д.А. Шарифов, Г.Н. Нетьматов. // Матер. 9-ой Межд. теплофиз. школы, Теплофиз. исслед. и измер. при контр. качества веществ, матер. и изделий. - 2014. - С. 447-452.
18. Назруллоев, А.С. Корреляция между внутренней энергией и плотностью гидразингидрата на линии насыщения / М.М. Сафаров, М.А. Зарипова, Х.А. Зоиров, А.С. Назруллоев, М.Т. Тургунбоев, Иман Б.М. // Матер. 9-ой Межд. теплофиз. школы, Теплофиз. исслед. и измер. при контр. качества веществ, матер. и изделий. - 2014. - С. 475-477.
19. Назруллоев, А.С. Расчет коэффициента активности бинарных и тернарных жидкостей/ М.М. Сафаров, Т.Р. Тиллоева, М.А. Зарипова, А.С. Назруллоев // Матер. 14-ой Росс. конф. (с междунар. участием) по теплофиз. Свойст. веществ. - 2014. - Т.1. - С. 23-24.
20. Назруллоев, А.С. Влияние наноамфотерных оксидов на изменение термодинамических и реологических свойств некоторых ракетных топлив. / М.М. Сафаров, А.С. Назруллоев, Н.Б. Давлатов, Иман Б.М. // -2014. - С. 54-59.
21. Назруллоев, А.С. Влияние некоторых наноамфотерных оксидов, Ag (99,99%) и фуллерена на изменение физико-химических свойств ракетных топлив (обзор-эксперимент) / М.М. Сафаров, А.С. Назруллоев, Иман Б.М., Т.Р. Тиллоева, Н.Б. Давлатов, М.А. Зарипова // Матер. всеросс. науч.-практ. конф. (с междунар. участием) "Актуальные проблемы науки". "Физ.-мат. науки" под общ. ред. А.И. Вострецова. – 2014. - С. 76-84.
22. Назруллоев, А.С. Влияние наноамфотерных оксидов (Al_2O_3 , Fe_2O_3) на изменение плотности некоторых ракетных топлив / М. М. Сафаров, М.А. Зарипова, А.С. Назруллоев // Матер. 7-ой Межд. науч.-практ. конф. "Перспек. развития науки и образования, посвящ. 20-летию Конст. РТ и 90 –летию г. Душанбе. – 2014. - С. 151-154.

- 23. Назруллоев, А.С.** Влияние наночастицы фуллерен (C_{60}) и Al_2O_3 на изменение теплоемкости низкотемпературных топлив при различных температурах и давлениях // М.М. Сафаров, М.А. Зарипова, Н.Б. Давлатов, А.С. Назруллоев, // Матер. 7^{-ой} Межд. науч.-практ. конф. “Актуальные вопросы развития инновационной деятельности в новом тысячелетии”. - 2014, №7. - С. 42-45.
- 24. Назруллоев, А.С.** Влияние наночастицы фуллерен (C_{70}), некоторых переходных металлов и их оксидов на изменение теплопроводности низкотемпературных топлив при различных температурах и давлениях // М.М. Сафаров, М.А. Зарипова, Иман Б. М., Н.Б. Давлатов, А.С. Назруллоев, Х.А. Зоиров // Матер. 5^{-ой} Межд. науч. Интернет-конф., Актуальные проблемы биохимии и бионанотехнологии. - 2014. - С. 66-76.
- 25. Nazrulloev, A.S.** The thermal diffusivity of nanoliquids system (50% N_2H_4 +50% H_2O) and nanofillers/ N.B. Davlatov, A.S. Nazrulloev, M.A. Zaripova, Iman Bahrami Manish, Sh.A. Aminov // ICCE-23, (July12-18, 2015 in Chengdu, China) www.icce-nano.org.
- 26. Назруллоев, А.С.** Влияние наночастиц на изменение теплопроводности гидразин-гидрата в зависимости от температуры при атмосферном давлении// М.М. Сафаров, Иман Бахроми Маниш, М.А. Зарипова, А.С. Назруллоев, Т.Р.Тиллоева, Н.Б. Давлатов // Сборник матер. Межд. науч.-практ. конф., посвященной 115-летию персидского-таджикского ученого-энциклопедиста, врача, алхимика и философа Абу Бакри Мухаммада ибн Закария Розы, Инс. химии. - 2015. - С. 121-125.
- 27. Назруллоев, А.С.** Адсорбционные и теплофизические свойства наноструктурной пористой гранулированной окиси алюминия с различными фракциями //М.М. Сафаров, Мирзомамадов А.Г., Абдуназаров С.С., М.А. Зарипова, А.С. Назруллоев, А. Неъматов // Сбор. матер. Межд. науч.-практ. конф., посвященной 115- летию персидско-таджикского ученого-энциклопедиста-врача, алхимика и философа Абу Бакри Мухаммада ибн Закария Розы, Инс. химия. - 2015. - С.125-128.
- 28. Назруллоев, А.С.** Влияние нанопереходных металлов на изменение плотности водных растворов //М.М.Сафаров, М.А.Зарипова, Иман Б.М., А.С. Назруллоев, Н.Б. Давлатов, Б.М. Махмадиев // Сбор. тезис. док. науч. конф. «Актуальные проб. соврем. науки», посвященной 70-летию Победы в Великой Отечественной Войне. - 2015. - С. 80-81.
- 29. Назруллоев, А.С.** Влияние фуллерена C_{60} и амфотерных оксидов на изменение теплопроводности гидразинзамещенных ракетных топлив в критической области // М.М. Сафаров, Н.Б. Давлатов, А.С. Назруллоев, Х.А. Зоиров // Матер. Рес. научно-практ. конф. «Экономическое развитие энергетики в Республике Таджикистан». -2015. - С. 56-59.
- 30. Назруллоев, А.С.** Интенсификация азотосодержащих ракетных топлив с учетом добавки наночастиц и расчет их термодинамических характеристики//М.М. Сафаров, М. А. Зарипова, Н.Б. Давлатов, А.С. Назруллоев, Т.Р. Тиллоева, З.Н. Едалиева, М.М. Гуломов, Э.Ш. Тауров // Матер. 8^{-ой} Межд. науч.-тех. конф. «Проблемы и перспективы развития авиации, наземного транспорта и энергетики». - 2015. - С. 517-522.
- 31. Назруллоев, А.С.** Влияние наноструктурных частиц на изменение термодинамических и адсорбционных свойств на линии увлажнения //М.М. Сафаров, М.А. Зарипова, А.С. Назруллоев, М.М. Гуломов, Н.Б. Давлатов, А.Г. Мирзомамадов, С.С. Абдуназаров, З.Ю. Норов // Тезисы док. 10-го Всеросс. симпозиума с междунар. участием, Термодинамика и материаловедение. Физ.-тех. инс. имени А.Ф. Иоффе, РАН. - 2015. - С. 42.
- 32. Назруллоев, А.С.** Исследование влияния наночастицы на изменение интенсификационных характеристик ракетных топлив // М.М. Сафаров, А.С. Назруллоев, Бахром И., Н.Б. Давлатов, М.А. Зарипова // Энерго- и ресурсосбер. в теплоэнерг. и соц. сфере: Матер. Межд. науч.-тех. конф. студентов, аспирантов, ученых. - 2015. - Т.3 № 1. -С. 207-210.
- 33. Назруллоев, А.С.** Влияние наночастицы фуллерен (C_{70}), некоторых переходных металлов и их оксидов на изменение теплопроводности низкотемпературных топлив при различных температурах и давлениях (обзор и эксперимент) // М.М. Сафаров, М.А. Зарипова, Н.Б. Давлатов, Б.М. Иман, А.С. Назруллоев, Х.А. Зоиров // В сборнике:

- Актуальные проб. биохим. и бионанотехнологии V Межд. науч. Интернет-конф. - 2014. - С. 66-76.
- 34. Назруллоев, А.С.** Кинетические, адсорбционные свойства пентэласта и некоторых нанопорошков с различными фракциями для технологических процессов получения сплавов // М.М. Сафаров, Норов З.Ю., Аминов Ш.А., Махмадиев Б.М., А.С. Назруллоев, Д.С.Джураев, С.Г.Ризоев, М.М.Холиков, Д.Ш. Хакимов // Физика, Научный журнал, Инс. физ.-тех. проб. и материаловед. – 2016. - С. 74-81.
- 35. Назруллоев, А.С.** Адсорбционные, теплофизические, термодинамические свойства некоторых наночастиц и их влияние на поведение теплоносителей // Назаров Х.Х., Н.Б. Давлатов, А.С. Назруллоев, М.А. Зарипова, Т.Р. Тиллоева, С.Г. Ризоев, З.Н. Едалиева, Д.С. Джураев, М.М. Холиков, Д.Ш. Хакимов, Д.А. Назирмадов, С.С. Рафиев // Матер. док. 10^{-ой} школы-семинара молодых учёных и специалистов академика РАН В.Е. Алемасова «Проблемы тепломассообмена и гидродинамики в энергомашиностроении». - 2016. - С. 217-220.
- 36. Назруллоев, А.С.** Влияние некоторых наноамфотерных оксидов Ag (99,99%) и фуллерена на изменение физико-химических свойств ракетных топлив (Обзор-эксперимент)//М.М. Сафаров, А.С. Назруллоев, Имам Б.М., Т.Р. Тиллоева, Н.Б. Давлатов, М.А.Зарипова, С.Г. Ризоев, Ш.З. Нажмудинов // Матер.10^{-ой} Межд. теплофиз. школы, «Теплофиз. исслед. и измер. при контр. качеств. веществ, матер. и изделий». - 2016. - С. 109-121.
- 37. Nazrulloev, A.S.** Influence of carbon nanotubes, Al₂O₃, Fe₂O₃, TiO₂, nanometalic to exchange thermophysical and thermodynamics properties of hydrazinehydrate (rocket fuel) in dependence temperature and pressures/ Kh.H. Nazarov, S.A.Tagoev, H.A. Zoirov, M.A. Zaripova, T.R. Tilloeva, A.S. Narzulloev, S. G. Rizoev, A.G. Mirzomamadov, S.S.Abdunazarov, D. Sh. Hakimov, D.A. Nazrimadov, B.M. Mahmadiyev, S.S. Rafiev, D.S. Juraev, M.M. Kholikov, N. B.Davlatov, Iman Bahromi Manish//Conference book, 10 ICTP, 3-8 october 2016, «Thermophysical properties measurements in the quality control of substances, materials and products». - 2016. - P. 201-218.
- 38. Назруллоев А.С.** Определение коэффициента массоотдачи пентэласта при увлажнении водой / М.М. Сафаров, Х.Х. Назаров, Ш.А.Аминов, З.Ю. Норов, А.С. Назруллоев, А. Неъматов, Б.М. Махмадиев, С.С. Рафиев, Р.Д. Давлатов, С.К. Сафаров // Матер. 10^{-ой} Межд. теплофиз. школы, «Теплофиз. исслед. и измер. при контр. качеств. веществ, матер. и изделий». - 2016. - С. 326-334.
- 39. Nazrulloev, A.S.** Temperature conductivity of hydrazine hydrate at the concentration of nanocatalic Ti₂O₃ / М.А. Zaripova, H.A. Zoirov, S.A. Tagoev, T.R. Tilloeva, A.S. Nazrulloev, S.K. Safarov//Conference book, 10 ICTP, 3-8 October 2016, «Thermophysical properties measu-rements in the quality control of substances, materials and products». - 2016. - P. 372-376.
- 40. Назруллоев А.С.** Влияние некоторых наноамфотерных оксидов на изменение термодинамических свойств гидразинзамещенных топлив/ М.М. Сафаров, А.С. Назруллоев, Имам Б.М., С.К. Сафаров, М.М. Гуломов // Матер. 10^{-ой} Межд. теплофиз. «Теплофиз. исслед. и измер. при контр. качества веществ, матер. и изделий». - 2016. - С. 424-432.
- 41. Назруллоев, А.С.** Влияние некоторых наноамфотерных оксидов на изменение теплоемкости ракетных топлив (обзор-эксперимент)/ М.М. Сафаров, А.С. Назруллоев // Матер. 8^{-ой} Межд. науч.-прак. конф. «Перспек. развит. науки и образования», посвящ. 25-летию гос. независимости РТ и 60-летию ТГУ имени акад. М.С. Осими. – 2016. - Ч.2. - С. 181-183.
- 42. Назруллоев, А.С.** Адсорбционные и теплофизические свойства некоторых металлических и неметаллических наночастиц и их влияние на поведение растворителей// М.М. Сафаров, А.С. Назруллоев, Д.С. Джураев, Н.Б. Давлатов, М.М. Холиков, С.С. Абдуназаров // Труды Межд. конф. фундамент. и приклад. вопр. физики, секция-1: физика ядра

и элементарных частиц, их прикладные аспекты, астрономия и астрофизика, АН РУз. - 2017. - С. 117-119.

43. Nazrulloev, A.S. Thermodynamic properties of nanofluids in dependence temperature and pressures / M.A. Zaripova, N.B. Davlatov, A.S. Nazrulloev, S.G. Rizoiev, A. Nematov, D.S. Djuraev, M.T. Turgunboev, T.R. Tilloeva, S.S. Rafiev, D. Sh. Hakimov, M.M. Gulomov, M.A. Abdul-loev, R.Dj.Davlatov // Book of Abstracts, 6th Rostock International Conference: THERMAL 2017 “Thermophysical Properties for Technical Thermodynamics” Institute of Technical Thermo-dynamics University of Rostock. - 2017. - P.77.

Аннотация

к диссертации Назруллоева Абдукодира Садуллоевича «Влияние наноструктурных амфотерных оксидов металлов на физико-химические свойства гидразингидрата», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.01 – материаловедение (в химической промышленности)

Цель диссертационной работы - разработка и создание экспериментальной установки для измерения температуропроводности, электропроводности и диэлектрической проницаемости системы гидразингидрат + наноструктурные амфотерные оксиды металлов (Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 , $d_{\text{cp}}=30, 50, 70, 90$ нм, 0,1; 0,15; 0,2; 0,25 и 0,3г.) под влиянием давления (метод лазерной вспышки (малый патент РТ №ТJ 316 и №ТJ210)), а также получение опытных значений физико-химических свойств исследуемых наножидкостей в интервале температур (298–673) К, давления (0,101 – 49,01) МПа.

Объект исследования. Гидразингидрат + наноструктурные амфотерные оксиды металлов (Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 и др. Средний размер наночастиц $d_{\text{cp}}=30, 50, 70, 90$ нм).

Представлен новый подход к обобщению экспериментальных данных по теплоемкости, электропроводности и теплопроводности системы гидразингидрат + наноструктурные амфотерные оксиды металлов (Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 , $d_{\text{cp}} = 30, 50, 70, 90$ нм, 0,1; 0,15; 0,2; 0,25 и 0,3г.); разработаны экспериментальные установки для скоростного определения температуропроводности объектов в лабораторных условиях и дополнен банк теплофизических, термодинамических и электрофизических свойств системы гидразингидрат + наноструктурные амфотерные оксиды металлов (Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 , $d_{\text{cp}}=30, 50, 70, 90$ нм, 0,1; 0,15; 0,2; 0,25 и 0,3г.) новыми данными, необходимыми для инженерных расчетов.

Получены эмпирические уравнения для расчёта физико-химических свойств гидразингидрат+наноструктурных оксидов металлов позволяющие рассчитать теплоемкость и теплопроводность исследуемых образцов в широком интервале температуры и давления. Получены данные о физико-химических и адсорбционных свойствах гидразингидрата+наноструктурных оксидов металлов и в интервале температур (298–673)К и давлений (0,101–49,01) МПа и эмпирические уравнения могут найти своё применение в проектно-производственных организациях в различных технологических процессах и установки, которые были модернизированы и созданы для измерения теплофизических свойств веществ, используются как преподавателями, так и аспирантами, студентами в Таджикском государственном педагогическом университете имени С. Айни в научно-учебных лабораториях кафедры общей физики.

Структура, состав диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, выводов, списка использованной литературы и приложения. Работа изложена на 191 странице машинописного (компьютерного) текста. Она содержит 38 рисунков, 27 таблиц, 218 наименований источников литературы и 30 страниц приложения.

По результатам работы опубликовано 43 статьи (из них 7 рекомендуемых ВАК при Президенте Республики Таджикистан), 36 тезисов докладов и одна монография.

Ключевые слова: гидразингидрат; наноструктурных амфотерные оксидов металлов, метод монотонного разогрева, метод регулярного теплового режима первого рода, тепло и электрофизических свойств, теплопроводность, теплоемкость, плотность.

Аннотатсия

ба диссертатсияи Назруллоев Абдуқодир Садуллоевич “Таъсири наноксидҳои амфотерии металлҳо ба хосиятҳои физикӣ-химиявии гидразингидрат”, ки барои дарёфти дараҷаи илмӣ номзади илмҳои техникӣ аз рӯи ихтисоси 05.02.01 – маводшиносӣ (дар саноати химиявӣ) пешниҳод шудааст.

Мақсади кори диссертатсионӣ – коркард ва сохтани дастгоҳи озмоишӣ барои ченкунии гармигузаронӣ, электрогузаронӣ ва нуфузпазирии диэлектрики системаи гидразингидрат + наноксидҳои амфотерии металлҳо (Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 , $d_{\text{ср}}=30, 50, 70, 90$ нм, 0,1; 0,15; 0,2; 0,25 ва 0,3г.) зери таъсири фишор (усули шуоъафкании лазерӣ (патенти хурди ҚТ №ТJ 316 ва №ТJ210)), ҳамчунин ба даст овардани натиҷаи хосиятҳои физикӣ-химиявии наномоеъҳои таҳқиқшаванда дар фосилаи ҳароратҳои (298-673) К, фишори (0,101-49.01) МПа.

Маводи таҳқиқот: Гидразингидрат + наноксидҳои амфотерии металлҳо (Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 , $d_{\text{ср}}=30, 50, 70, 90$ нм, 0,1; 0,15; 0,2; 0,25 ва 0,3г.)

Бархурди нав баробар аст ба пуррасозии натиҷаҳои таҷрибавӣ доир ба гармигунҷоиш, электрогузаронӣ ва гармигузаронии системаи гидразингидрат + наноксидҳои амфотерии металлҳо (Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 , андозаи миёнаи заррачаҳо, $d_{\text{ср}}=30, 50, 70, 90$ нм, 0,1; 0,15; 0,2; 0,25 и 0,3г.) пешниҳод карда шуд; дастгоҳҳои озмоишӣ барои муайянсозии гармигузаронии объектҳо дар шароитҳои озмоишгоҳӣ коркард шуданд ва ҳазинаи маълумот дар бораи хосиятҳои термофизикӣ, термодинамикӣ ва электрофизикии системаи гидразингидрат + наноксидҳои амфотерии металлҳо бо натиҷаҳои нави барои ҳисобкуниҳои муҳандисӣ пурра гардид.

Муодилаҳои эмпирикӣ барои ҳисобкунии хосиятҳои физикӣ-химиявии гидразингидрат + наноксидҳои амфотерии металлҳо ҳосил карда шуданд, ки имкон медиҳанд гармигунҷоиши хос ва гармигузаронии намунаҳои таҳқиқшаванда дар интервалҳои васеи ҳарорат ва фишор ҳисоб карда шаванд. Натиҷаҳо дар бораи хосиятҳои физикӣ-химиявии гидразингидрат + наноксидҳои амфотерии металлҳо дар фосилаи ҳароратҳои (298-673) К ва фишори (0,101-49,01) МПа ба даст оварда шуданд ва муодилаҳои эмпирикӣ метавонанд дар ташкилотҳои лоиҳавӣ-истеҳсолӣ дар равандҳои гуногуни технологӣ истифода шаванд. Дастгоҳҳои пешниҳодшуда ва сохташуда барои ченкунии хосиятҳои гармофизикии моддаҳо аз тарафи омӯзгорон, аспирантон ва донишҷӯён дар Донишгоҳи давлатии омӯзгории Тоҷикистон ба номи С. Айнӣ дар озмоишгоҳҳои илмӣ-таълимӣ кафедраи физикаи умумӣ истифода бурда мешаванд.

Таркиби сохтори диссертатсия: диссертатсия аз муқаддима, чаҳор боб, хулосаҳо, рӯйхати адабиётҳои истифодашуда ва замима иборат аст. Диссертатсия дар 191 саҳифаи матни компютерӣ дарҷ гардида аз 38 расм, 27 ҷадвал, 218 номгӯйи адабиётҳо ва 30 саҳифаи замима иборат аст.

Аз рӯи натиҷаҳои кор 43 мақола (аз он 7 мақолаи тавсиянамудаи ҚОА назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон), 36 тезисҳои баромадҳо ва як монография ҷоп шудаанд.

Калимаҳои калидӣ: гидразингидрат; наноксидҳои амфотерии металлҳо, усули гармкунии монотонӣ, усули гармии мунтазами навъи якум, хосиятҳои гармофизикӣ ва электрофизикӣ, гармигузаронӣ, гармигунҷоиши хос, зичӣ.

Annotation

to the dissertation of Nazrulloev Abdukodir Sadulloevich "Influence of nanostructured amphoteric metal oxides on the physicochemical properties of hydrazine hydrate", presented for the degree of candidate of technical sciences in specialty 05.02.01 - materials science (in chemical industry).

The purpose of the dissertation is to develop and creation of an experimental setup for measurements of thermal diffusivity, electrical conductivity, and dielectric constant of the hydrazine hydrate system + nanostructured amphoteric metal oxides (Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 , $d_{\text{cp}} = 30, 50, 70, 90 \text{ nm}$, 0,1; 0,15; 0,2; 0,25 and 0,3 g.) under the influence of pressure method of laser flash (small patent RT No. TJ 316 and No. TJ210)), as well as obtaining experimental values of physicochemical properties of the investigated nanofluids in the temperature range (298-673) K, pressure (0.101-49.01) MPa.

Object of study. Hydrazine hydrate + nanostructured amphoteric metal oxides (Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 , $d_{\text{cp}} = 30, 50, 70, 90 \text{ nm}$, 0,1; 0,15; 0,2; 0,25 and 0,3 g.).

A new approach to the generalization of experimental data on the specific heat, electrical conductivity, and thermal conductivity of the hydrazine hydrate + nanostructured amphoteric metal oxide system (Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 , $d_{\text{cp}} = 30, 50, 70, 90 \text{ nm}$, 0,1; 0,15; 0,2; 0,25 and 0,3 g.); experimental facilities for the rapid determination of the thermal diffusivity of objects in laboratory conditions have been developed and a bank of thermophysical, thermodynamic and electrophysical properties of the hydrazine hydrate + nanostructured amphoteric metal oxides system has been supplemented with new data necessary for engineering calculations. Empirical equations for calculating the physicochemical properties of hydrazine hydrate + nanostructured amphoteric metal oxides have been obtained, which make it possible to calculate the heat capacity and thermal conductivity of the samples under study over a wide range of temperature and pressure.

Structure, team repertory. Dissertations are composed of titles, performances, magazines, magazines, magazines and magazines. There are 38 news, 27 publications, 218 publications, and 30 pages of news.

The results of the report are presented in Annex 43 of the WSIG Priority Report of the President of the Republic of Tajikistan, 36 ths. Reports and Acne Monographs.

Key words: gidrazingidrat; nanotropes, amphoteric oxide metallurgy, method monotonous hydrogeology, method of regular injection molding, glazed and electrophysic fibers, ribbons, towels, pliers.