

На правах рукописи



ЗОИРОВ Хикматулло Абдухоликович

**ВЛИЯНИЕ НЕКОТОРЫХ НАНОСТРУКТУРНЫХ ОКСИДОВ
МЕТАЛЛОВ НА ИЗМЕНЕНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ,
ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ И ДИФФУЗИОННЫХ СВОЙСТВ
ГИДРАЗИНГИДРАТА**

Специальность 01.04.14- Теплофизика и теоретическая теплотехника

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Казань – 2014

Работа выполнена в Таджикском техническом университете имени академика М.С. Осими на кафедре «Теплотехника и теплотехническое оборудование».

Научный руководитель:

Доктор технических наук, профессор,

Сафаров Махмадали Махмадиевич

Официальные оппоненты:

Габитов Фаризан Ракибович - д.т.н., профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Казанский национальный исследовательский технический университет», (ФГБОУ ВПО «КНИТУ»), профессор кафедры «Теоретические основы теплотехники».

Дресвянников Федор Николаевич – к.т.н., доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Казанский национальный исследовательский технический университет» имени А.Н. Туполева – КАИ «КНИТУ – КАИ», профессор кафедры «Теплотехника и энергетическое машиностроение».

Ведущая организация: ФГАОУ ВПО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань.

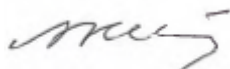
Защита диссертации состоится «15» октября 2014 г. в 10⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук Д 212.079.02., на базе ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ» по адресу: 420111. г. Казань ул. К. Маркса, д.10.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет имени А.Н. Туполева – КАИ», а также автореферат и диссертация размещены на сайте ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ»: <http://www.kai.ru>

Автореферат разослан «__» _____ 2014г.

Ученый секретарь

диссертационного совета



Каримова

Ала Григорьевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность диссертационной работы заключается в том, что гидразингидрат используется для удаления кислорода при обработке воды, для защиты от коррозии водяных и паровых циркуляционных трубопроводов (а именно: парогенераторов, систем охлаждения, систем отопления), а также для консервации выведенного из эксплуатации оборудования и как горючее в топливных элементах. Исследование теплофизических, термодинамических и диффузионных свойств гидразингидрата дает возможность определить рациональное его использование при обработке воды. Для составления уравнения состояния и подробных таблиц по свойствам водных растворов гидразингидрата необходимы данные по их теплофизическим свойствам.

Результаты исследования теплопроводности, теплоемкости, температуропроводности и коэффициента диффузии лежат в основе современной кинетической теории газов и жидкостей.

Отсутствие в литературе данных по теплофизическим и термодинамическим, а также диффузионным свойствам исследуемых объектов в зависимости от температуры и давления затрудняет их рациональное использование при обработке воды и др.

Данная работа посвящена определению теплофизических (температуропроводность, теплопроводность, теплоемкость, плотность) и термодинамических свойств (изменение энтальпии, энтропии, внутренней энергии, удельной энергии Гиббса и энергии Гельмгольца), коэффициента диффузии и среднего времени жизни изобарических флуктуаций плотности системы гидразингидрат + некоторые наноструктурные окиси металлов (Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 и др.).

Диссертационная работа выполнена по плану координации научно-исследовательских работ на кафедре «Теплотехника и теплотехническое оборудование» Таджикского технического университета им. академика М.С. Осими в 2010-2014 гг. по теме: «Влияние некоторых наноструктурных оксидов металлов на изменение теплофизических, термодинамических и диффузионных свойств гидразингидрата».

Цель диссертационной работы: разработка и создание экспериментальной установки для измерения температуропроводности, теплопроводности, электропроводности и диэлектрической проницаемости системы гидразингидрат + наноструктурные окиси металлов (Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 $d=50\text{nm}$ и др., 0,1; 0,15; 0,2; 0,25 и 0,3%) в зависимости от давления методом лазерной вспышки и получение экспериментальных значений теплопроводности, теплоемкости, температуропроводности, диффузии и термодинамических свойств в интервале температур и давления.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

– разработка и создание экспериментальной установки для измерения теплопроводности и температуропроводности, работающей методом лазерной вспышки при различных давлениях.

– получение экспериментальных значений теплопроводности, теплоемкости, температуропроводности и расчет коэффициента диффузии исследуемых объектов в интервале температур (298–348)К, давления (0,101 – 0,141) МПа.

– установление зависимости теплофизических свойств гидразингидрата + 0,1; 0,15; 0,2; 0,25 и 0,3%; (Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 d=50нм и др.) от температуры и давления;

– получение аппроксимационной зависимости, устанавливающей взаимосвязь теплопроводности, теплоемкости, температуропроводности и коэффициента диффузии с температурой, давлением и особенностями структуры исследуемых объектов;

– установление взаимосвязи теплофизических и термодинамических свойств исследуемых объектов в зависимости от температуры;

- определение среднего времени жизни изобарических флуктуаций плотности исследуемых систем.

Научная новизна работы заключается в следующем:

– разработаны экспериментальные установки для измерения теплопроводности, температуропроводности (по методу лазерной вспышки);

– получены экспериментальные данные по теплофизическим и диффузионным свойствам системы гидразингидрат + наноструктурные окиси металлов (до 0,3% Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 d=50нм и др.) в интервале температур (298–348) К и давления (0,101 – 0,141) МПа;

– апробированы методы расчета термодинамических свойств и коэффициента диффузии жидкостей;

– получены значения термодинамических свойств системы гидразингидрат + наноструктурные окиси металлов (Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 d=50нм и др.) в зависимости от температуры;

– получены аппроксимационные зависимости, описывающие теплофизические, термодинамические свойства и коэффициент диффузии системы гидразингидрат + наноструктурные окиси металлов (Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 d=50нм) в зависимости от температуры, давления и концентрации наночастиц.

– исследованы способы определения среднего времени жизни изобарических флуктуаций плотности исследуемых систем.

На защиту выносятся:

– экспериментальные данные по теплопроводности, температуропроводности, теплоемкости, электропроводности, диэлектрической проницаемости и коэффициенту диффузии (при $T=298-348\text{K}$, $P=0,101-0,141\text{ МПа}$);

– новые варианты измерительных устройств для исследования теплопроводности и температуропроводности (работающие методом лазерной вспышки) объектов в зависимости от давления при комнатной температуре;

– анализ процесса теплопереноса в исследуемых объектах;

– расчетные данные по термодинамическим свойствам (разность энтальпии, разность энтропии, удельная энергия Гиббса и энергия Гельмгольца, молекулярная диффузия, температуропроводность, среднее время жизни изобарических флуктуаций плотности и др.) в зависимости от температуры;

– аппроксимационные зависимости для расчета теплопроводности, теплоемкости, температуропроводности, коэффициента диффузии исследуемых объектов в интервале температуры и давления.

Практическая значимость работы состоит в том, что полученные экспериментальные данные используются при расчете процессов в теплообменных аппаратах для удаления кислорода и газов также полученные экспериментальные данные могут использоваться для получения чистых металлов из их оксидов и солей и могут использоваться для улучшения качества топлив в ракетных двигателях.

Методологии и методы исследования – для выполнения диссертационной работы использован метод монотонного разогрева (теплопроводность и теплоемкость в зависимости от температуры), метод лазерной вспышки (теплопроводность и температуропроводность в зависимости от давления), гидростатического взвешивания (плотность), численные методы (для термодинамических функций, диффузии, среднего времени жизни изобарических флуктуаций), метод наименьших квадратов (компьютерная программа Exell).

Результаты внедрения:

– созданная аппаратура для измерения ТФС наножидкостей внедрена и используется в научных и учебных лабораториях кафедры «Теплотехника и теплотехническое оборудование» Таджикского технического университета им. академика М.С. Осими преподавателями при выполнении диссертационных работ и студентами при выполнении дипломных, курсовых и лабораторных работ.

– составлены подробные таблицы ТФС наножидкостей в интервале температур (298–348) К и давления (0,101–0,141) МПа, которые могут быть использованы проектными организациями в различных технологических процессах;

– полученные эмпирические уравнения используются для инженерных расчетов, аспирантами для выполнения диссертационных работ и студентами при выполнении курсовых и дипломных работ;

– получены акты внедрения от Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими и АООТ «Душанбинская ТЭЦ».

Личный вклад автора состоит в выборе методов и разработке алгоритмов, решении поставленных при выполнении работы задач, установлении основных закономерностей теплофизических и термодинамических процессов, получении данных по теплофизическим (теплопроводность, температуропроводность, теплоемкость, плотность), термодинамическим свойствам (энтальпия, энтропия, энергия Гиббса и Гельмгольца), в обработке и анализе полученных результатов, формулировке основных выводов диссертационной работы. Все результаты диссертационной работы получены автором лично под руководством научного руководителя.

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались на международных и республиканских научных конференциях: 2-я Международная конференция молодых ученых, Иваново, (2007); Республиканская научно-практическая конференция «Перспективы энергетики Таджикистана», Душанбе, (2011); Республиканская конференция «Координационная химия и ее значение в развитии народного хозяйства» с международным участием, посвященная памяти

профессора Юсупова З.Н., ТНУ, Душанбе, (2011); 10-й Международный семинар «Магнитные фазовые переходы» Махачкала, (2010); 9-я Международная научно-техническая конференция «Материалы и технологии 21 века». Пенза- (2011); Республиканская научно-практическая конференция «Перспективы энергетики Таджикистана», Душанбе, (2011); Республиканская научная конференция «Проблемы современной координационной химии», посвященная 60 -летию члена-корреспондента АН РТ, доктора химических наук, профессора Аминджонова А.А., Душанбе, (2011); Республиканская научно-практическая конференция «Современные проблемы химии, химической технологии и металлургии», Душанбе, (2009); Международная конференция «Фазовые переходы, критические и нелинейные явления в конденсированных средах» Махачкала, (2010); 30-International Thermal Conductivity Conference and 18 International; Thermal Expansion Symposium. Pittsburg, Pennsylvania USA, (2009); 18-th European conference on thermo physical properties. France, (2008); 17-th Symposium on Thermo physical Properties, Boulder, USA, (2009); Proceedings of the Thirtieth International thermal conductivity conference, Pittsburg, Pennsylvania, USA, (2009); 30th ITCC and 18-th ITES Pittsburg. USA. (2009); 16-th International conference thermodynamics properties materials, Budapest (2009); 19-th International Thermal expansions symposium, Saguenay, Quebec, Canada (2011); 31-th Thermal conductivity conference, 19-th International Thermal expansions symposium, Saguenay, Quebec, Canada (2011); 19 European Conference on thermo physical Properties, Thessaloniki, Greece (2011); 24. Influence carbon nanotube, Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 to exchange thermo physical properties Hydrazine-hydrate (rocket fuel) in dependence temperature and pressures, 8-th International Conference: Concrete in the low Carbon Era, Dundee, UK, (2012); Восьмая международная теплофизическая школа, посвященная 60-летию члена-корреспондента Инженерной академии РТ, доктора технических наук, профессора Сафарова М.М., Душанбе-Тамбов, (2012).

Публикации. Основное содержание работы изложено в печатных работах, в том числе (22) статьях и докладах, и (18) тезисах докладов, из них 5 статей в журналах по списку ВАК РФ, получены 6 малых патентов Республики Таджикистан.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, обзора литературы, четырех глав, выводов, списка литературы и приложений. Работа изложена на 175 страницах машинописного текста, из них основной текст - 128 страниц, который содержит 40 таблиц, 52 рисунков и список литературы из 190 наименований библиографических ссылок и приложения.

Содержание работы

Во **введение** обоснована актуальность темы диссертации, сформулирована цель работы, раскрыты научная новизна и практическая ценность, приведены результаты апробации работы. Сформулированы результаты исследований, выносимые на защиту.

В **первой главе** приведен обзор по теплофизическим свойствам гидразинзамещенных водных растворов теплоносителей в зависимости от температуры и давления. Приведены основные характеристики гидразингидрата, полученные в ГИПХ (г. Санкт-Петербург).

Гидразингидрат (диамид)- представляет собой прозрачную бесцветную жидкость с запахом аммиака. В твердом виде - кубические кристаллы. Является сильным восстановителем, восстанавливает даже благородные металлы из их оксидов и солей. Гидразингидрат сильно ядовит, интенсивно окисляется кислородом воздуха до N_2 , NH_3 , H_2O . Гидразингидрат на воздухе поглощает углекислоту, с водой и спиртом смешивается в любых соотношениях; в эфире, хлороформе и бензоле не растворяется. Плотность $1,03 \text{ г/см}^3$. Температура кипения 120°C , температура вспышки 73°C , температура замерзания минус -51°C .

Во **второй главе** приводятся описания и схемы экспериментальных установок для исследования теплофизических и электрофизических свойств объектов в зависимости от давления и температуры.

Для измерения теплопроводности и теплоемкости системы исследуемых объектов в зависимости от температуры использован метод монотонного разогрева, предложенный профессором Е.С. Платуновым.

Для измерения теплопроводности и температуропроводности системы гидразингидрат + наноструктурные окисы металлов (Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 $d=50\text{нм}$ и др.) в зависимости от давления использован метод лазерной вспышки.

Представленное устройство состоит из лабораторного автотрансформатора (ЛАТР), тонометра, реостата, амперметра, катушки, лазерной установки типа ЛГН-109, микровольтнаноамперметра типа Ф136, термопары и измерительной ячейки.

Метод основан на быстром локальном нагреве поверхности образца лазерным импульсом, при этом измеряется температура образца и поглощенная им энергия.

Для решения задачи в наших условиях приведена схема ячейки (рисунок 1), которая состоит из двух тонких прозрачных стекол и промежуточного слоя исследуемого раствора между ними. Поверхность левой стороны ячейки нагревается мощным лазерным импульсом. Теплообмен с правой стороны ячейки с окружающей средой отсутствует. Температура в месте контакта исследуемого слоя и правого прозрачного стекла измеряется термопарой.

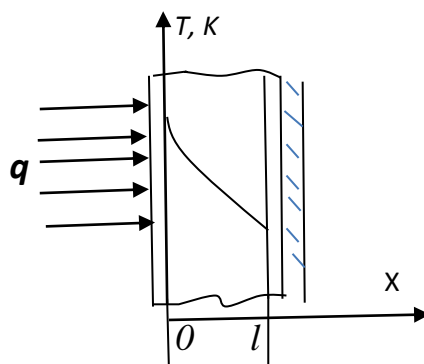


Рис. 1. Схематическое представление задачи

Решение данной задачи сводится к решению нестационарного уравнения теплопроводности (1) с граничными и временными условиями (2) – (3).

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = \lambda \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}, \quad (1)$$

при $x=0$ задан тепловой поток

$$q = -\lambda \frac{\partial T}{\partial x} \quad (2)$$

при $x=l$ условие предельной тепловой изоляции

$$\left. \frac{\partial T}{\partial x} \right|_{x=l} = 0, \quad (3)$$

при $\tau=0$ задается условие равномерной, постоянной по толщине слоя температуры, T_0 .

Точность решения задачи обосновывается значением теплового потока в граничном условии (2). Согласно авторам метода* при реализации всех модификаций импульсных методов эта величина, как правило, принимается бесконечно большой, но, однако, в реальных экспериментах достижение таких параметров теплового потока не представляется возможным. При реализации рассматриваемого метода обычно выбирают тепловой поток средней мощности. В этом случае для повышения точности метода стараются уменьшить толщину исследуемого образца. В наших условиях выбранная толщина слоя составила 0,005м.

Температуропроводность в этом случае определяется по формуле*:

$$a = \frac{1,37 \cdot l^2}{(\pi^2 \cdot \tau_{0,5})} \quad (4)$$

где l – толщина образца, $\tau_{0,5}$ – время достижения на тыльной поверхности температуры, равной половине ее максимального значения.

Принцип работы и состав установки для измерения теплопроводности исследуемых образцов в зависимости от давления аналогичен установке для измерения температуропроводности в зависимости от давления.

Отличие установки в том, что при проведении эксперимента по определению λ , после нагрева испытуемого образца с помощью лазерной установки производится отключение лазерной установки и наблюдается самопроизвольное охлаждение образца. Время охлаждения образца фиксируется двухстрелочным секундомером типа С -11-1Б. По шкале зеркального микровольтнаноамперметра отмечается время прохождения светового зайчика между двумя определенными значениями шкалы микровольтнаноамперметра.

Расчет теплопроводности производится по формуле:

$$\lambda = A \cdot C_p \cdot m, \quad (5)$$

где C_p – теплоемкость испытуемого образца; m – темп регулярного охлаждения;
 A – коэффициент формы, определяется следующим уравнением :

$$A = [(\pi / 2\delta x)^2 + (\pi / 2\delta y)^2 + (\pi / 2\delta z)^2]^{-1} \quad (6)$$

Темп регулярного охлаждения определяется по формуле:

$$m = \frac{\ln \theta_1 - \ln \theta_2}{\tau_1 - \tau_2} = \frac{\ln N_1 - \ln N_2}{\tau_1 - \tau_2}, \quad (7)$$

* - Кузнецов Г.В. Об условиях применения импульсных методов определения теплофизических характеристик конструкционных материалов / В.Г. Кузнецов, М.Д. Кац // Известия Томского политехнического университета – 2008. Т. 312. №4. С10-13.

где θ_1 и θ_2 —разность температур между теплообменивающимися поверхностями в начале — τ_1 и в конце — τ_2 отсчета; N_1 и N_2 та же разность температур, выраженная числом делений шкалы микровольтнаноамперметра.

Наиболее простым решением измерения теплофизических характеристик является метод лазерной вспышки, сущность которого состоит в поглощении в тонком слое фронтальной поверхности образца импульса лучистой энергии и в фиксировании времени и температуры тыльной стороны образца. Теплофизические характеристики образцов по измеренной информации в экспериментах могут быть рассчитаны по уравнениям (4) и (5).

Для проверки достоверности экспериментальных результатов были исследованы на разработанной экспериментальной установке теплофизические характеристики хорошо исследованных другими экспериментаторами таких жидкостей, как толуол и дистиллированная вода. Результаты сопоставления представлены в таблице 1. Из таблицы видно, что экспериментальная установка и метод расчета характеристик дают корректные результаты.

Таблица 1

Сравнение литературных данных и результатов контрольных измерений

Обозначение	Вода			Толуол		
	Лит.	Экспер.	Погреш. %	Лит.	Экспер.	Погреш. %
$\lambda \cdot 10^3, \text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$	560	569	1,61	131,6	129	1,976
$C_p, \text{кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$	4,182	4,19	0,19	1,245	1,253	0,643
$a \cdot 10^7, \text{м}^2/\text{с}$	1,42	1,46	2,74	0,882	0,895	1,453
ε	81	80,52	0,59	2,379	2,371	0,34

Необходимая информация для количественной оценки погрешности температуропроводности содержится в таблице 2.

Таблица 2

Исходные данные для количественной оценки доверительной границы погрешности результатов измерений температуропроводности по методу лазерной вспышки

№п/п	Наименование	Величина
1.	Толщина измерительной ячейки, $l, \text{м}$	$5 \cdot 10^{-3}$
2.	Погрешность измерения толщины измерительной ячейки (штангенциркулем), $\Delta l, \text{м}$	$3 \cdot 10^{-5}$
3.	Половина времени достижения температуры на тыльной поверхности образца, $\tau_{0,5}, \text{сек}$	44,5
4.	Погрешность измерения времени достижения температуры на тыльной поверхности образца (секундомером), $\Delta \tau, \text{сек}$	0,1
5.	Доверительная граница погрешности измерений температуропроводности в относительной форме при $\alpha=0,95, \%$	1,2
6.	Методическая погрешность, %	0,2
7.	Инструментальная погрешность, %	0,4
8.	Общая относительная погрешность измерения теплопроводности по методу лазерной вспышки, %	1,8

В третьей главе приводятся результаты экспериментального исследования теплопроводности, удельной теплоемкости, плотности и температуропроводности; рассчитаны коэффициент диффузии, среднее время жизни изобарических

флуктуаций плотности, термодинамические свойства и др. системы - гидразингидрат + наноструктурные окиси металлов (Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 и др.) с концентрацией 0,1. 0,15. 0,2. 0,25 и 0,3% в зависимости от интервалов давлений (0,101 – 0,141)МПа и интервалов температур (298 – 348)К.

На экспериментальных установках «Измеритель теплопроводности типа ИТ- λ -400, Измеритель теплоемкости типа ИТ-с- 400» методом монотонного разогрева, предложенного профессором Е.С. Платуновым, измерена теплопроводность и теплоемкость системы гидразингидрат + наноструктурные окиси металлов (Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 и др.) с концентрацией 0,1. 0,15. 0,2. 0,25 и 0,3% в интервале температур от 298 до 348К (таблицы 4-6)

Таблица 4

Экспериментальные данные по теплофизическим свойствам гидразингидрата

T, К	ρ , кг/м ³	C_p , Дж/(кг·К)	$\lambda \cdot 10^3$, Вт/(м·К)	$\alpha \cdot 10^7$, м ² /с
298	1031	3525	494	1,36
313	1022	3540	506	1,39
323	1015	3556	512	1,42
333	1002	3567	516	1,44
348	992	3591	518	1,45

Таблица 5

Экспериментальные значения теплоемкости (C_p , Дж/(кг·К)) системы гидразингидрат + окись алюминия в зависимости от температуры и концентрации наноструктурной окиси алюминия (Al_2O_3) при атмосферном давлении

n, %	T, К				
	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

Как видно из таблицы 5, с увеличением концентрации наноструктурной окиси металлов теплоемкость системы уменьшается, а с ростом температуры – увеличивается.

Как видно из таблицы 6, с ростом температуры и концентрации наноструктурной окиси металла теплопроводность системы увеличивается.

Таблица 6

Экспериментальные значения теплопроводности ($\lambda \cdot 10^3$, Вт/(м·К)) системы гидразингидрат+ окись алюминия в зависимости от температуры и концентрации наноструктурной окиси алюминия (Al_2O_3) при атмосферном давлении

n, %	T, К				
	298	313	323	333	348
0,1	374	390	407	418	430
0,15	394	404	414	424	433
0,2	403	413	423	431	439
0,25	426	432	439	443	448
0,3	437	443	448	451	454

Для измерения плотности исследуемых объектов в зависимости от температуры использован метод гидростатического взвешивания (таблица 7).

Таблица 7

Плотность (ρ , кг/м³) системы гидразингидрата в зависимости от температуры и концентрации наноструктурной окиси титана (TiO₂) при атмосферном давлении

n, %	T, K				
	298	313	323	333	348
0,1	1036	1022	1006	997	988
0,15	1038	1027	1012	1003	995
0,2	1041	1033	1019	1010	1002
0,25	1043	1036	1026	1019	1012
0,3	1045	1040	1034	1026	1018

Как видно из таблицы 7, с ростом температуры плотность системы уменьшается и с увеличением концентрации наноструктурной окиси металла плотность системы увеличивается.

Температуропроводность испытуемого образца в зависимости от температуры определяется следующим уравнением

$$a = \frac{\lambda}{C_p \cdot \rho}, \left[\frac{\text{м}^2}{\text{с}} \right] \quad (8)$$

где λ – теплопроводность испытуемого образца в зависимости от температуры по таблице 6; C_p – теплоемкость испытуемого образца в зависимости от температуры по таблице 5; ρ – плотность испытуемого образца в зависимости от температуры и концентрации наноструктурных окиси титана (TiO₂) (приведена в таблице 7).

Таблица 8

Температуропроводность ($a \cdot 10^7$, м²/с) системы гидразингидрата в зависимости от температуры и концентрации наноструктурной окиси железа (Fe₂O₃) при атмосферном давлении

n, %	T, K				
	298	313	323	333	348
0,1	1,17	1,23	1,29	1,31	1,34
0,15	1,21	1,27	1,33	1,35	1,37
0,2	1,27	1,31	1,36	1,38	1,40
0,25	1,33	1,37	1,40	1,41	1,42
0,3	1,39	1,42	1,46	1,46	1,47

Как видно из таблицы 8, с ростом температуры и концентрации наноструктурной окиси металла температуропроводность системы увеличивается.

Расчет коэффициента молекулярной диффузии испытуемых образцов в зависимости от температуры определяется по формуле.

$$D = \frac{\lambda \cdot \mu}{C_p \cdot \rho}, \left[\frac{\text{м}^2 \cdot \text{кг}}{\text{с} \cdot \text{моль}} \right] \quad (9)$$

где λ – теплопроводность испытуемого образца в зависимости от температуры по таблице 6; C_p – теплоемкость испытуемого образца в зависимости от температуры

ры по таблице 5; ρ – плотность испытуемого образца в зависимости от температуры.

Как видно из таблицы 9, с ростом температуры и концентрации наноструктурных окисей металлов коэффициент диффузии системы увеличивается.

Таблица 9

Коэффициент диффузии ($D \cdot 10^7$, $\frac{м^2}{с} \cdot \frac{кг}{моль}$) гидразингидрата в зависимости от температуры и концентрации наноструктурной окиси титана (TiO_2) при атмосферном давлении

n, %	T, K				
	298	313	323	333	348
0,1	0,088	0,0924	0,097	0,100	0,103
0,15	0,091	0,095	0,099	0,102	0,105
0,2	0,096	0,099	0,104	0,105	0,107
0,25	0,100	0,103	0,106	0,107	0,108
0,3	0,104	0,106	0,109	0,110	0,111

На экспериментальных установках методом лазерной вспышки измерена температуропроводность и теплопроводность системы гидразингидрат + наноструктурные окиси металлов (Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 и др.) с концентрацией 0,1. 0,15. 0,2. 0,25 и 0,3% в интервале давлений от 0,101 до 0,141 МПа.

Таблица 10

Температуропроводность ($a \cdot 10^7$, $м^2/с$) испытуемой системы гидразингидрата и наноструктурной окиси алюминия (Al_2O_3) в зависимости от давления

n, %	P, МПа						
	0,101	0,108	0,114	0,121	0,128	0,135	0,141
0,1	1,05	1,09	1,12	1,15	1,19	1,23	1,25
0,15	1,1	1,15	1,17	1,21	1,24	1,27	1,3
0,2	1,16	1,2	1,23	1,25	1,29	1,33	1,35
0,25	1,2	1,25	1,27	1,3	1,34	1,37	1,39
0,3	1,26	1,29	1,32	1,35	1,4	1,42	1,45

Таблица 11

Теплопроводность ($\lambda \cdot 10^3$, $Вт/(м \cdot К)$) системы гидразингидрат + наноструктурная окись железа (Fe_2O_3) в зависимости от давления

n, %	P, МПа						
	0,101	0,108	0,114	0,121	0,128	0,135	0,141
0,1	423	434	442	448	452	457	465
0,15	436	444	451	460	467	473	478
0,2	458	464	469	474	479	486	491
0,25	476	481	487	492	497	502	507
0,3	498	503	507	512	516	520	526

На основе экспериментальных данных по температуропроводности и теплопроводности и плотности нами рассчитаны по формуле (10) удельная теплоемкость системы в зависимости от концентрации:

$$C_p = \frac{\lambda}{a \cdot \rho}, \quad \left[\frac{Дж}{кг \cdot К} \right] \quad (10)$$

где λ - теплопроводность образца в зависимости от давления и концентрации, Вт/(м·К); a - температуропроводность образца в зависимости от давления и концентрации, м²/с; ρ - плотность образца в зависимости от концентрации, кг/м³.

Результаты расчета теплоемкости образцов приведены в таблице 12.

Таблица 12

Теплоемкость (C_p , Дж/(кг·К)) системы гидразингидрата в зависимости от концентрации наноструктурной окиси металлов при нормальных условиях

n , %	Обозначение объектов		
	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
0,1	3475	3438	3486
0,15	3455	3430	3473
0,2	3436	3411	3459
0,25	3407	3400	3451
0,3	3401	3392	3426

Таблица 13

Коэффициент диффузии ($D \cdot 10^7$, $\frac{м^2}{с} \cdot \frac{кг}{моль}$) системы гидразингидрата в зависимости от концентрации наноструктурных окиси металлов при нормальных условиях

n , %	Обозначение объектов		
	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
0,1	0,0872	0,107	0,187
0,15	0,0912	0,113	0,194
0,2	0,096	0,116	0,203
0,25	0,100	0,123	0,211
0,3	0,104	0,127	0,222

Как видно из таблицы 10-13, с ростом давления и концентрации наноструктурных окисей металлов температуропроводность и теплопроводность системы увеличиваются. С ростом концентрации наноструктурных окисей металлов коэффициент диффузии увеличивается, а теплоемкость, наоборот, уменьшается.

На основе экспериментальных данных по теплоемкости исследуемых объектов нами рассчитаны также термодинамические свойства:

-изменение энтальпии

$$\Delta H = \int_{T_0}^T C_p \cdot dT, \left[\frac{Дж}{кг} \right] \quad (11)$$

-изменение внутренней энергии

$$\Delta U = \Delta H - \frac{P}{\rho}, \left[\frac{Дж}{кг} \right] \quad (12)$$

-изменение энтропии

$$\Delta S = \int_{T_0}^T \frac{C_p}{T} \cdot dT, \left[\frac{Дж}{кг \cdot К} \right] \quad (13)$$

-удельная энергия Гиббса

$$\Delta\varphi = \Delta H - T \cdot \Delta S, \left[\frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \right] \quad (14)$$

-удельная энергия Гельмгольца

$$\Delta F = \Delta U - T \cdot \Delta S, \left[\frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \right] \quad (15)$$

Вычисленные значения этих термодинамических свойств исследуемых растворов приводятся в таблице 14.

Таблица 14

Термодинамические свойства системы гидразингидрата + концентрации наноструктурной окиси титана (TiO₂) в зависимости от температуры при атмосферном давлении.

T, K	ΔH , кДж/кг	ΔU , кДж/кг	ΔS , кДж/кг·K	$\Delta\varphi$, Дж/кг	ΔF , Дж/кг
при $\rho = 1036 \text{ кг/м}^3$; n=0,1%					
313	52,08	51,983	170,51	-1289,63	-1386,63
323	87,05	86,953	280,51	-3554,73	-3651,73
333	122,605	122,508	389,008	-6934,664	-7031,664
348	176,25	176,153	546,763	-14023,524	-14120,524
при $\rho = 1038 \text{ кг/м}^3$; n=0,15%					
313	51,615	51,518	168,987	-1277,931	-1374,931
323	86,275	86,178	278,013	-3523,199	-3620,199
333	121,45	121,353	385,343	-6869,219	-6966,219
348	174,5	174,403	541,334	-13884,232	-13981,232
при $\rho = 1040 \text{ кг/м}^3$; n=0,2%					
313	51,165	51,069	167,514	-1266,882	-1362,882
323	85,45	85,354	275,354	-3489,342	-3585,342
333	120,19	120,094	381,346	-6798,218	-6894,218
348	172,5	172,404	535,129	-13724,892	-13820,892
при $\rho = 1043 \text{ кг/м}^3$; n=0,25%					
313	50,67	50,574	165,894	-1254,691	-1350,691
323	84,575	84,479	272,534	-3453,64	-3549,64
333	119,035	118,939	377,681	-6732,79	-6828,79
348	170,90	170,804	530,166	-13597,76	-13693,76
при $\rho = 1045 \text{ кг/м}^3$; n=0,3%					
313	50,25	50,155	164,52	-1244,29	-1339,29
323	83,875	83,78	270,28	-3425,05	-3520,05
333	117,95	117,855	373,937	-6571,047	-6666,047
348	169,20	169,105	524,892	-13462,5	-13557,5

Как видно из таблицы 14 с ростом температуры величины энтальпии, внутренней энергии и энтропии увеличиваются. Значения удельных энергий Гиббса и Гельмгольца имеют отрицательные знаки.

В данной главе также приведено среднее время жизни изобарических флуктуации плотности исследуемых объектов.

$$\tau \cong \frac{1}{a} = \frac{\rho \cdot C_p}{\lambda}, \quad \left[\frac{c}{m^2} \right] \quad (16)$$

Результаты расчета среднего времени жизни изобарических флуктуации плотности образцов приведены в таблице 15.

Таблица 15

Вычисленные значения $(\tau \cdot 10^{-7} = \frac{1}{a}, \frac{c}{m^2})$ системы гидразингидрата и наноструктурной

оксида алюминия в зависимости от температуры при различной концентрации

n, %	T, K				
	298	313	323	333	348
0,1	0,971	0,917	0,869	0,847	0,826
0,15	0,926	0,893	0,855	0,833	0,820
0,2	0,909	0,877	0,840	0,826	0,813
0,25	0,862	0,840	0,813	0,806	0,794
0,3	0,840	0,820	0,794	0,787	0,781

В четвертой главе приведены анализ и обобщение экспериментальных данных по теплофизическим свойствам системы теплоносителей с концентрациями наноматериалов.

Получены эмпирические уравнения исследуемых объектов в зависимости от давления, температуры и концентрации наноматериалов. Для обобщения экспериментальных данных по теплофизическим свойствам системы и коэффициенту молекулярной диффузии в зависимости от давления и температуры использованы следующие функциональные зависимости:

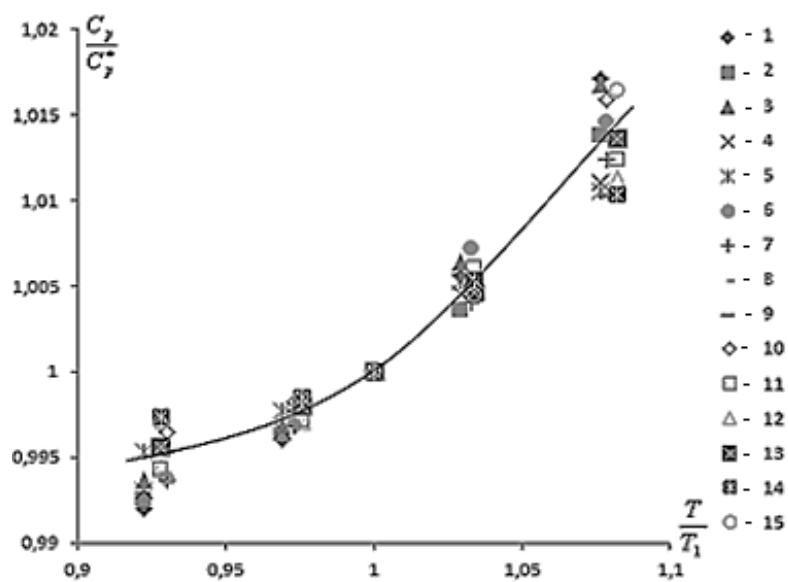
$$\frac{\lambda}{\lambda^*} = f\left(\frac{T}{T^*}\right), \quad (17) \quad \frac{c_p}{c_p^*} = f\left(\frac{T}{T^*}\right), \quad (18)$$

$$\frac{a}{a^*} = f\left(\frac{T}{T^*}\right), \quad (19) \quad \frac{D_v}{D_v^*} = f\left(\frac{T}{T^*}\right), \quad (20)$$

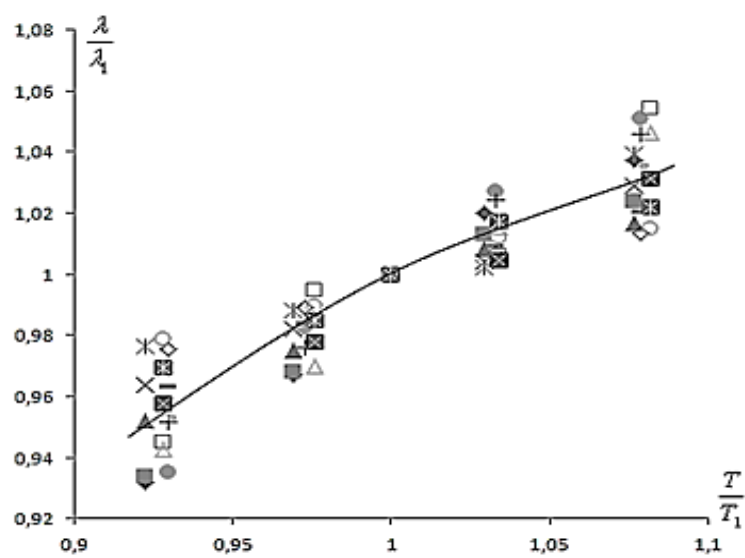
$$\frac{a}{a^*} = f\left(\frac{P}{P^*}\right), \quad (21) \quad \frac{\lambda}{\lambda^*} = f\left(\frac{P}{P^*}\right), \quad (22)$$

где a , λ , c_p и D_v - температуропроводность, теплопроводность, теплоемкость и коэффициент молекулярной диффузии испытуемых образцов в зависимости от температуры и давления; a^* , λ^* , c_p^* и D_v^* - температуропроводность, теплопроводность, теплоемкость и коэффициент молекулярной диффузии образцов при $T^*=323\text{K}$, $P^*=0,121\text{ МПа}$; T, P - температура и давление, при которых проводится измерение;

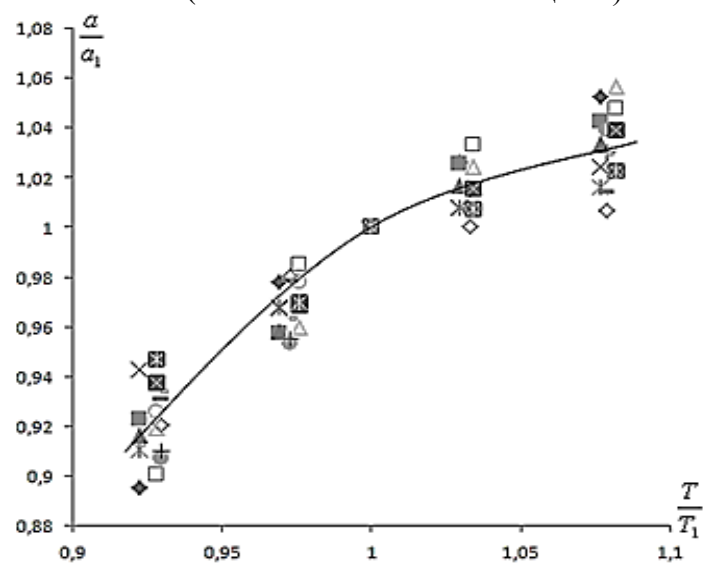
На основе экспериментальных данных и выражений (17-22) для системы гидразингидрат + наноструктурные оксиды металлов (Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 и др.) получены следующие обобщающие графики.



а

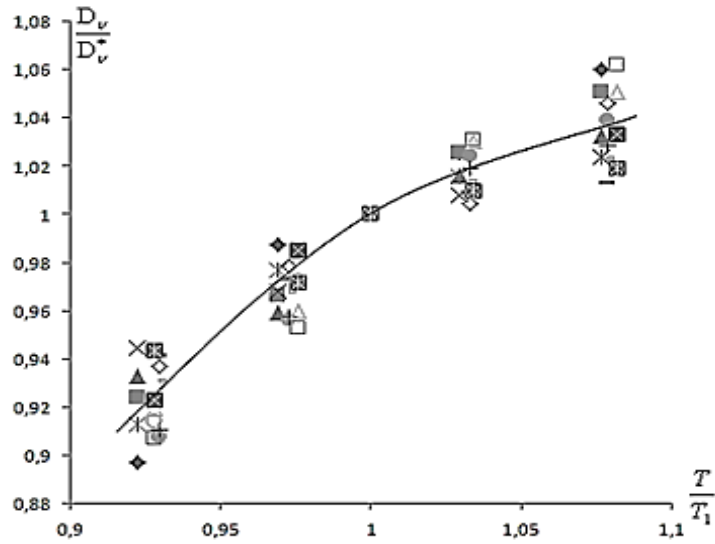


б (Обозначения как на позиции а)



в (Обозначения как на позиции а)

Рис. 2. (начало)



г (Обозначения как на позиции а)

Рис. 2. (окончание) Зависимость относительных а) C_p / C_p^* , б) λ / λ_1 , в) a_p / a_{p_1} и г) D_v / D_v^* от относительной температуры T/T_1 ; (Al_2O_3) 1-0,1%, 2-0,15%, 3-0,2%, 4-0,25%, 5-0,3%; (Fe_2O_3) 6-0,1%, 7-0,15%, 8-0,2%, 9-0,25%, 10-0,3%; (TiO_2) 11-0,1%, 12-0,15%, 13-0,2%, 14-0,25%, 15-0,3%

Обобщающие уравнения этих линий и других данных, приведенных в диссертация имеют вид:

$$\lambda_{T, P, n} = \left[\left[-2,6 \cdot \left(\frac{T}{T_1} \right)^2 + 5,71 \cdot \left(\frac{T}{T_1} \right) - 2,12 \right] \cdot \left[471,2 \cdot 10^{-3} \cdot \left(\frac{P}{P_1} \right) + 529,04 \cdot 10^{-3} \right] \times \right. \\ \left. \times \left(14,9 \cdot 10^{-3} \cdot \left(\frac{n}{n_1} \right)^2 - 87,5 \cdot 10^{-3} \cdot \left(\frac{n}{n_1} \right) + 898,6 \cdot 10 \right) \cdot \lambda_1^*, \left[\frac{Bm}{(M \cdot K)} \right] \right] \quad (20)$$

$$a_{T, P, n} = \left[\left[-3,456 \cdot \left(\frac{T}{T_1} \right)^2 + 7,559 \cdot \left(\frac{T}{T_1} \right) - 3,103 \right] \cdot \left[49,1 \cdot 10^{-2} \cdot \left(\frac{P}{P_1} \right) + 51,01 \cdot 10^{-2} \right] \times \right. \\ \left. \times \left(133 \cdot 10^{-3} \cdot \left(\frac{n}{n_1} \right) + 868,5 \cdot 10^{-3} \right) \cdot a_1^*, \left[\frac{M^2}{c} \right] \right] \quad (21)$$

$$C_p = \left[47,63 \cdot 10^{-2} \cdot \left(\frac{T}{T_1} \right)^2 - 81,93 \cdot 10^{-2} \cdot \left(\frac{T}{T_1} \right) + 1,353 \right] \cdot \left[-32 \cdot 10^{-3} \cdot \left(\frac{n}{n_1} \right) + 1032 \cdot 10^{-3} \right] \times \\ \times (-27,963 \cdot 10^3 \cdot \mu^2 + 6,999 \cdot 10^3 \cdot \mu + 3037,07), \left[\frac{Дж}{(кг \cdot K)} \right] \quad (22)$$

$$D_v = \left[-2,994 \cdot \left(\frac{T}{T_1} \right)^2 + 6,8 \cdot \left(\frac{T}{T_1} \right) - 2,81 \right] \cdot \left[24 \cdot 10^{-2} \cdot \left(\frac{n}{n_1} \right)^2 + 7 \cdot 10^{-2} \cdot \left(\frac{n}{n_1} \right) + 905,4 \cdot 10^{-3} \right] \times \\ \times (1,064 \cdot 10^{-6} \cdot \mu^2 - 1,086 \cdot 10^{-7} \cdot \mu + 1,23 \cdot 10^{-8}), \left[\frac{M^2}{c} \cdot \frac{кг}{моль} \right] \quad (23)$$

где λ_1^*, a_1^* - являются функцией молярной массы наноструктурных окисей металлов (Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 d=50nm) при $T_1=323$ К, $P_1=0,121$ МПа, $n_1 = 0,2$ % .

Уравнения (20-23) позволяют рассчитать с погрешностью $\sim 4,5\%$ для системы гидразингидрат + наноструктурные окиси металлов (Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 и др.) в зависимости от интервалов давлений (0,101 – 0,141) МПа и интервалов температур (298 – 348) К, свойства - λ, C_p, a, D_v

Основные результаты и выводы

1. Создана экспериментальная установка для измерения температуропроводности и теплопроводности исследуемых систем (гидразингидрат + наноструктурные окиси металлов) в зависимости от давления методом лазерной вспышки.
2. Впервые получены экспериментальные данные по теплопроводности, теплоемкости, температуропроводности, плотности и расчетные данные по энтропии, энтальпии, энергии Гиббса и Гельмгольца и коэффициента молекулярной диффузии системы гидразингидрат + наноструктурные окиси металлов (Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2) при температурах (298-348) К и давлениях (0,101–0,141) МПа.
3. Установлено, что теплопроводность, температуропроводность и коэффициент диффузии исследуемых систем с ростом давления и температуры увеличивается. Теплоемкость с ростом температуры также увеличивается.
4. На основе экспериментальных данных по температуропроводности исследуемых систем нами впервые установлено среднее “время жизни” изобарических флуктуаций плотности. Показано, что с ростом температуры, давления и концентрации наночастиц средние “времена жизни” изобарических флуктуаций плотности и термодинамических флуктуаций уменьшаются. Показано, что самое высокое значение среднего “времени жизни” изобарических флуктуаций плотности и термодинамических флуктуаций во всем интервале температур имеет гидразингидрат, содержащий наноструктурную окись алюминия.
5. При обработке экспериментальных данных на основе закона термодинамического подобия по теплофизическим, термодинамическим и диффузионным свойствам исследуемых объектов при различных параметрах состояния (давление, температура) и концентрации окисей металлов получен ряд эмпирических уравнений: [(теплопроводность-(20)), (температуропроводность- (21)), (теплоемкость-(22)), (диффузия-(23))].
6. Установлено, что при увеличении температуры от 298 К до 348 К коэффициент диффузии образца (гидразингидрат + 0,1% наноструктурной окиси железа (Fe_2O_3)) увеличивается на 14,4 %, а для образца (гидразингидрат + 0,3% наноструктурной окиси железа (Fe_2O_3)) в данном интервале температур это изменение доходит до 5,6%, т.е. чем больше количество наноструктурных окисей металлов, тем меньше коэффициент молекулярной диффузии.
7. Основные результаты теоретических и экспериментальных исследований приняты к использованию и внедрены на различных промышленных предприятиях Республики Таджикистан, а также используются в учебном процессе Таджикского технического университета им. академика М.С. Осими в городе Душанбе. По результатам разработки получены 6 малых патентов Республики Таджикистан.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ ИЗЛОЖЕНЫ В СЛЕДУЮЩИХ ПУБЛИКАЦИЯХ

Статьи, опубликованные в научных журналах, определенных ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации

- 1. Зоиров Х.А.** Назначение, компоненты, структуры, исследование и прогнозирование теплофизических свойств наноструктурных композиционных материалов и их растворов /М.М. Сафаров, Х.А. Зоиров, А.Ф. Тошов и др. //Вестник Таджикского национального университета, -2011.- №1 (65), -С.63-68.
- 2.Зоиров Х.А.** Теплопроводность, теплоемкость системы гидразингидрат + некоторые окисы металлов в зависимости от давления /Х.А. Зоиров, М.А. Зарипова, М.М. Сафаров //Вестник Таджикского национального университета (научный журнал), -2012. - №1/1(77). -С. 108-114.
- 3. Зоиров Х.А.** Влияние нанопористого, наноразмерного оксида титана на изменение температуропроводности гидразингидрата при комнатной температуре в зависимости от давления /Х.А. Зоиров, С.А. Тагоев, М.М. Сафаров, М.А. Зарипова, А.Ф. Тошов //Вестник Таджикского национального университета (научный журнал), -2011.- №1(65), -С.69-72.
- 4. Зоиров Х.А.** Вторичные энергетические ресурсы и их применение /Т.Р. Тиллоева, Х.А. Зоиров, М.А. Зарипова, М.М. Сафаров //Вестник Таджикского технического университета 2009. - №1(5), -С.28-33.
- 5.Зоиров Х.А.** Плотность несимметричного диметилгидразина в зависимости от температуры и давления /М.А. Зарипова, М.Т. Тургунбоев, М.М. Сафаров, Х.А. Зоиров и др. // Вестник педагогического университета, №5 (41), Душанбе, -2011. -С.18-23.

Работы, опубликованные в материалах конференций:

- 6. Зоиров Х.А.** Влияние нанопористых никелевых катализаторов на изменение температуропроводности гидразингидрата в зависимости от давления и вектора индукции магнитного поля /Х.А. Зоиров, С.А. Тагоев, А.Ф. Тошов, М.А. Зарипова //Сб. трудов 10 Международной семинар «Магнитные фазовые переходы» Махачкала, 23 ноября -2010.-С.143-146.
- 7. Зоиров Х.А.** Влияние наноматериалов на изменение удельной изобарной теплоемкости теплоносителей /Х.А. Зоиров, М.М. Сафаров, М.А. Зарипова, С.А. Тагоев и др. //Сборник статей 9-я Международной научно-технической конференции. Материалы и технологии 21 века. Пенза-март -2011.-С.127-130.
- 8. Зоиров Х.А.** Расчет коэффициентов переноса массы, импульса, и кинетической энергии газообразного гидрозингидрата и его продукты разложения (статья) /М.М. Сафаров, А.Ф. Тошов, Имам Бахроми Маниш, Х.А. Зоиров //Материалы 8-ой Международной теплофизической школы, 8 - 13 октября 2012г., Таджикистан посвященной 60-ю академика ИА РТ, чл. –корр. МИА, академика МАХ Сафарова Махмадали Махмадиевича, -2012г. -С.206-208.
- 9. Зоиров Х.А.** Расчетно-экспериментальное исследование термодинамических свойств наножидкостей в зависимости от температуры и давления/Д.С. Джураев, М.М. Сафаров, М.А. Зарипова, Х.А. Зоиров //Материалы Республиканской научно-практической конференции «Состояние и будущее энергетики Таджикистана». Душанбе –2009. –С.136–138.
- 10. Зоиров Х.А.** Вязкость и плотность алкилзамещенных водных растворов в зависимости от температуры и давления /М.М. Сафаров, М.А. Зарипова, Т.Р. Тиллоева, Х. А. Зоиров //Тезисы докладов 2 Международный конференция молодых ученых, Иваново, -2007. -С.63.
- 11. Зоиров Х.А.** Применение критерия Нуссельта для обработки экспериментальных данных по теплопроводности теплоносителей / М.А. Зарипова, Х.А. Зоиров, М.М. Сафаров, Э.Ш. Тауров, Т.Р. Тиллоева //Сб. трудов международной конференции «Фазовые переходы, критические и нелинейные явления в конденсированных средах» Махачкала, 7-10 сентября -2009.-С.64-69.
- 12. Зоиров Х.А.** Влияние герметики на изменение электропроводности и теплопроводности воды и некоторых водных растворов /Ш.А. Аминов, М.М. Анакулов, Т.Р. Тиллоева, Х.А. Зоиров, М.М. Сафаров // Материалы 7-я Международной теплофизической школы “Теплофизические исследования и измерения в энергосбережении при контроле, управлении и улучшении качества продукции, процессов и услуг” Ч.1, Тамбов, 20-25 сентябрь -2010. -С.100-101.

- 13. Зоиров Х.А.** Влияние нанопористых никелевых катализаторов на изменение температуропроводности гидразингидрата в зависимости от давления и вектора индукции магнитного поля /Х.А. Зоиров, М.М. Сафаров, С.А. Тагоев и др. //Сб. трудов 10 Международной семинар «Магнитные фазовые переходы», Махачкала, 23 ноября -2010.-С.143-146.
- 14. Зоиров Х.А.** Влияние наноматериалов на изменение удельной изобарной теплоемкости теплоносителей /М.М. Сафаров, М.А. Зарипова, С.А. Тагоев и др. //Сборник статей 9-я Международной научно-технической конференции. Материалы и технологии 21 века. Пенза-март -2011. -С.127-130.
- 15. Зоиров Х.А.** Влияние некоторых окисей металлов на изменение молекулярной диффузии гидрозингидрата /М.М. Сафаров, М.А. Зарипова, А.Ф. Тошов и др. //VIII-я Школа-семинар молодых ученых и специалистов академика РАН В. Е. Алемасова, «Проблемы тепломассообмена и гидродинамики энергомашиностроении», Казань Россия, 16-18 октября -2012. -С.66-69.
- 16. Zoirov H.A.** Influence nanodimensions oxide titanium (TiO_2) to exchange specific heat capacity hydrazinehydrate /H.A. Zoirov, M.M. Safarov, M.A. Zaripova, A.G. Toshov, S.A. Tagoev //Conference book, Budapest, -2011. -P. 212-214.
- 17. Zoirov H.A.** Density , Viscosity of Water Hydrazine hydrate solutions independence of Temperatures and Pressures /H.A. Zoirov, M.M. Safarov, M.A. Zaripova, T.R. Tilloeva //18 Thermodynamic Water Solutions, Berlin, - 2008. -P.181.
- 18. Zoirov H.A.** Thermal conductivity and thermodynamic properties of water, ethylhydrazine solutions, Proceedings of the Thirtieth International thermal conductivity /M.M. Safarov, M.A. Zaripova, T.R. Tilloeva, H.A. Zoirov //Conference, -2009, Pittsburg, Pennsylvania, USA, -P.841-847. (edited by Daniela S, Caal and Peter S, Gaal).
- 19. Zoirov H.A.** Density and of hedrazinesubmissions under various temperatures and pressures. Equations state /M.M. Safarov, M.A. Zaripova, T.R. Tilloeva, H.A. Zoirov, Sh.A. Aminov //18 th European conference on thermophysical properties. France, -2008. -P.23.
- 20. Zoirov H.A.** Density of rocket fuel and its temperature and pressure dependence /M.M. Safarov, M.A. Zaripova, T.R. Tilloeva, H.A. Zoirov //17-th Symposium on Thermophysical Properties, Boulder, Colorado USA, June 21-26, -2009.-P.202.
- 21. Zoirov H.A.** Thermal conductivity of water, ethylhydrazine solutions /M.M. Safarov, M.A. Zaripova, T.R. Tilloeva, H.A. Zoirov //Abstracts book. 30th ITCC and 18 th ITES -2009. Pittsburg. USA, -P.26.
- 22. Zoirov H.A.** Thermal conductivity of water, ethylhydrazine solutions /M.M. Safarov, M.A. Zaripova, T.R. Tilloeva, H.A. Zoirov //Conference book. 30-International Thermal Conductivity Conference and 18 International; Thermal Expansion Symposium. Pittsburg, Pennsylvania USA, August 29–September 2, -2009.-P.26.
- 23. Zoirov H.A.** Density, Viscosity, of water, hydrazine hydrate solutions in dependence of temperature and pressures /M.A. Zaripova, M.M. Safarov, H.A. Zoirov //Conference book, 16 th International conference thermodynamics properties materials, 23-26 June, Budapest,-2009. -P.244-247.
- 24.Zoirov H.A.** Influence nanocatale to exchange of isobaric heat capacity, isochoric haet capacity ternary systems (hydrazine hydrate + water + oxide aluminium) in dependence temperature and pressures /H.A. Zoirov, S.A. Tagoev, M.M. Safarov, A.G. Toshov, M.A. Zaripova // Program and Extended abstracts, of 31-th Thermal conductivity conference, 19-th International Thermal expansions symposium, June 26-30, -2011. Saguenay, Quebec, Canada, -P.18.
- 25. Zoirov H.A.** Temperature conductivity of hydrazinehydrate at the concentration of nano catalic TiO_2 /H.A. Zoirov, M.A. Zaripova, N. Minina, M.M. Safarov, S.A. Tagoev, T.R. Tilloeva, A.G. Toshov //Program and Extended abstracts, of 31-th Thermal conductivity conference, 19-th International Thermal expansions symposium, June 26-30,-2011, Saguenay, Quebec, Canada, -P.16.
- 26. Zoirov H.A.** Experimental investigations $C_{v,x}$, P-p-T properties and equations state /J.A. Zaripov, H.A. Zoirov, S.A. Tagoev, Sh.Z. Najmudinov, A.F. Toshov, M.M. Safarov // Book of abstracts, 19 European Conference on Thermophysical Properties, August 28-September 1, -2011, Thessaloniki, Greece, -P.332.

- 27. Zoirov H.A.** Influence catalis (14,5%Ni(Al₂O₃)) and pressures to exchange thermodynamics properties hydrazine hydrate /H.A. Zoirov, M.M. Safarov, S.A. Tagoev, M.A. Zaripova, T.R. Tilloeva //Book of abstracts, 19 European Conference on Thermophysical Properties, August 28-September 1, -2011. Thessaloniki, Greece, -P.29.
- 28. Zoirov H.A.** Applications: Influence of Carbon nanotube to exchange thermophysical properties of hydrazinehydrate (rocket fuel) in dependence temperature and pressures /H.A. Zoirov, M.M. Safarov, M.A. Zaripova, M.M. Anaqulov, A.G. Toshov //Shankhay, China, July, -2011.-P.456-457.
- 29. Zoirov H.A.** Influence carbon nanotube, Al₂O₃, Fe₂O₃, TiO₂ to exchange thermophysical properties hydrazinehydrate (roket fuel) in dependence temperature and pressures /M.M. Safarov, H.A. Zoirov, M.A. Zaripova e.t. //8-th International Conference: Concrete in the low Carbon Era, Dundee, UK, 9-11 July, -2012. -P.13.
- 30. Zoirov H.A.** Low Carbon Cementing Materials Advances in Concrete for Highway Transportation /M.M. Safarov, H.A. Zoirov, M.A. Zaripova e.t. //8-th International Conference: Concrete in the low Carbon Era, Dundee, UK, 9-11 July, -2012, -P.14.

Публикации в других изданиях:

- 31. Зоиров Х.А.** Влияние наноксидов на изменение термодинамических свойств гидразингидрата /Х.А. Зоиров, М.М. Сафаров, С.А. Тагоев, М.А. Зарипова, А.Ф. Тошов //Материалы Республиканской конференции «Координационная химия и ее значение в развитии народного хозяйства» с международным участием, посвященной памяти профессора Юсупова З.Н., ТНУ 26, 27 декабря -2011. -С.100-106.
- 32. Зоиров Х.А.** Влияние графитных нанотрубок на изменение плотности гидразингидрата /Х.А. Зоиров, М.М. Сафаров, М.А. Зарипова, М.М. Анакулов, Ш.М. Назиров// ТНУ -2011.- С.178-179.
- 33.Зоиров Х.А.** Взаимосвязь между калорическими и термодинамическими свойствами воды и некоторых органических растворов /Ш.А. Аминов, М.М. Сафаров, Х.А. Зоиров и др. //Материалы республиканской научно-практической конференции «Перспективы энергетики Таджикистана», 23 декабря -2011. -С.16-19.
- 34. Зоиров Х.А.** Диоксид титана (TiO₂) применение и влияние их на изменение плотности конечного продукта /М.М. Сафаров, Д.С. Джураев, Х.А. Зоиров и др. //Материалы республиканской научно-практической конференции «Перспективы энергетики Таджикистана» 23 декабря - 2011.-С.10-12.
- 35. Зоиров Х.А.** Расчет коэффициента ассоциации молекул жидкостей /М.М. Сафаров, М.А. Зарипова, М.Ф. Курбонов, Х.А. Зоиров // Республиканской научной конференции "Проблемы современной координационной химии " посвященной 60-ю члена корреспондента АН РТ, доктора химических наук, профессора Амиджонов А.А. 13-14 января -2011. -С.53-54.
- 36. Зоиров Х.А.** Р-р- Т-х –свойства растворов вода-триметилгидаризина и этиленгликоля /М.М. Сафаров, М.А. Зарипова, Ш. З. Нажмудинов, Х.А. Зоиров и др. //Материалы Республиканской научно-практической конференции. "Современные проблемы химии, химической технологии и металлургии", Душанбе -2009. -С.28-29.
- 37. Зоиров Х.А.** Метод определения теплогидродинамических характеристик пластинчатого теплообменника с холодным теплоносителем /А.Х. Бобоева, М.М. Сафаров, Дж.А. Зарипов, Ш.А. Аминов, Х.А. Зоиров //Материалы Республиканской научно-практической конференции. "Современные проблемы химии, химической технологии и металлургии", Душанбе-2009. -С.28-33.
- 38. Зоиров Х.А.** Применение метода адиабатического сжимаемости в области максимальной плотности растворителя /Ш.З. Нажмудинов, М.М. Сафаров, М.А. Зарипова, Х.А. Зоиров //Материалы Республиканской научно-практической конференции. "Современные проблемы химии, химической технологии и металлургии", Душанбе-2009. -С.41-42.
- 39. Зоиров Х.А.** Применение критерии Нуссельта для обработки экспериментальных данных и определение коэффициента теплоотдачи /М.А. Зарипова, Х.А. Зоиров, Т.Р. Тиллоева и др. //Материалы республиканской научно-практической конференции «Современные проблемы химии, химической технологии и металлургии», Душанбе, -2009.- С.39-41.

40. Зоиров Х.А. Интенсификация теплоотдачи в теплоэнергетических установках (турбинах) /М.М. Сафаров, Ш.А. Аминов, М.А. Зарипова, И.Ш. Тауров, Х.А. Зоиров, Т.Р. Тиллоева //Материалы Республиканской научно-практической конференции «Физика конденсированных сред» (28-29 апреля 2009), Душанбе-2010.-С.51-54.

Изобретения по теме диссертации:

41. Зоиров Х.А. Способ измерения диэлектрической проницаемости жидких диэлектриков /М.М. Сафаров, С.К. Давлатшоев, М.А. Зарипова, М.С. Махмадиев, Т.Р. Тиллоева, М.М. Анакулов, Х.А. Зоиров //Патент Республики Таджикистан МПК (2006) G 01 № 27/06; 27/22, № TJ 210. -2008. -5С.

42. Зоиров Х.А. Устройство для определения электрофизических свойств электролитов в зависимости от давления / М.М. Сафаров, С.К. Давлатшоев, Д.С. Джураев, М.А. Зарипова, Ш.З. Нажмуудинов, С.А. Тагоев, Т.Р. Тиллоева, Х.А. Зоиров, Дж.А. Зарипов, М.М. Анакулов //Патент Республики Таджикистан МПК(2006)G 01 № 27/00, № TJ 371, -2010.-7 С.

43. Зоиров, Х.А. Устройство для определения температуропроводности при комнатной температуре и атмосферном давлении путем лазерной вспышки /Д.С. Джураев, М.М. Сафаров, Х.А. Зоиров, Ш.З. Нажмуудинов и др. //Патент Республики Таджикистан МПК (2006) G01N. 21/00, № TJ 230.-2009.-5 С.

44. Зоиров, Х.А. Устройство для определения температуропроводности магнитных жидкостей /Д.С. Джураев, М.М. Сафаров, Х.А. Зоиров, Ш.З. Нажмуудинов и др. //Патент Республики Таджикистан. МПК (2006) G01 N 27/00; 17/74. № TJ 292. -2009.-9С.

45. Зоиров, Х.А. Способ определения теплопроводности магнитных жидкостей методом лазерной вспышки /Х.А. Зоиров, Д.С. Джураев, М.М. Сафаров, Ш.З. Нажмуудинов и др. //Патент Республики Таджикистан МПК (2006) G01. N 21/00, № TJ 316.-2009.- 5С.

46. Зоиров Х.А. Устройство для определения электрофизических свойств магнитных жидкостей в зависимости от давления и магнитного поля /М.М. Сафаров, Д.С. Джураев, Ш.З. Нажмуудинов, М.А. Зарипова, С.А. Тагоев, Т.Р. Тиллоева, Х.А. Зоиров, Ш.М. Назиров //Патент Республики Таджикистан МПК(2006) G 01 № 33/00. № TJ 372, -2010.-7С.

Формат 60х84 1/16. Бумага офсетная. Печать цифровая.

Печ. л. 1,25. Усл. печ. л. 1,16. Тираж 100. Заказ Г39.

Копи ÷ центр КНИТУ-КАИ.

420111, г. Казань, ул. К. Маркса, д. 10