

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Зариновой Мохирь Абдусаломовне  
на тему: "Влияние наночастиц на изменение теплофизических, термодинамических свойств некоторых кислородосодержащих, азотсодержащих органических жидкостей при различных температурах и давлениях" на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 01.04.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника

Исследование теплофизических и термодинамических свойств органических жидкостей в чистом виде и с наночастицами, способствует выяснению механизма межмолекулярного взаимодействия в жидкостях, позволяет объяснить ряд физико-химических и тепловых явлений, связанных с молекулярным переносом, а также совершенствовать современную теорию жидкого состояния. Результаты исследования теплофизических (теплопроводность, плотность, теплоемкость и вязкость) и термодинамических (энтропия, энтальпия, энергии Гиббса и др.) свойств легли в основу современной кинетической теории газов и жидкостей. Имея уравнение состояния, составленное на основе данных о плотности, можно рассчитать ряд тепловых свойств: теплоемкость, энтропию, энтальпию, теплоту парообразования и другие. Эти знания определяют развития целого ряда важнейших направлений техники и технологии.

В связи с этим, экспериментальные исследования теплопроводности, теплоемкости, плотности, вязкости, энтропии, энтальпии, энергии Гиббса и др. помимо практической ценности имеют важное научное значение. Теплопроводность, плотность, теплоемкость и вязкость входят к числу основных физических величин, характеризующих свойства жидкостей, которые тесно связано со многими другими величинами и входят в качестве основных параметров в уравнения гидродинамики, теплообмена и теплопередачи при расчетах и проектировании процессов и аппаратов.

Гидразин и его метилзамещенные смеси (азрозин, этилгидразин, метилгидразин и др.) и диэтиловый эфир широко применяются в производстве порофоров и полимеров, для защиты от коррозии, в качестве топлива для ракетных двигателей, в электрохимических генераторах и др. Гидразингидрат используется для каталитического разложения в газогенераторах с целью получения рабочего тела при температурах до 650<sup>0</sup>С (азот, водород, аммиак и водяной пар), используемого теплоносителем вторичного контура турбины замкнутого типа. Гидразин или его производные, предназначенные для использования в качестве унитарного топлива, которые подвергаются мгновенному разложению при контакте с катализаторами, состоящими из рения, молибдена, железа, никеля, меди, серебра, золота, иридия или рутения, окиси металлов нанесенных на высокопористых носителей окислов алюминия, тория и цинка. Несмотря на широкое применение гидразина и его производных, в чистом виде и содержащих некоторое количество нанометаллов, а также окисей нанометаллов, их теплофизические и термодинамические свойства исследованы недостаточно.

Разработка эффективных методов управления теплообменом является одним из основных проблем современной энергетики. Решения этих проблем технологи ищут в необходимости использования новых возможностей микро- и нанотехнологии в системе охлаждения энергетических установок. Повышение теплопроводности теплоносителя (жидкости) путем добавления в него твердых частиц с высокой теплопроводностью является перспективным способом интенсификации теплообменных процессов. Однако, исследования показали, что использование частиц микронного размера приводит не к увеличению, а наоборот, к снижению теплоотдачи. В связи с этим в работе была поставлена задача исследовать теплопроводность, плотность, удельная теплоемкость, температуропроводность, вязкость, энтропия, энтальпия, энергия Гиббса, энергия Гельмгольца и др. свойств гидразина и его производных (гидразингидрат, метилгидразин, этилгидразин).



разин, этилгидразин и др.) как в чистом виде, так и содержащих некоторое количество нанометаллов и их окисей.

В работе исследовалось влияния наночастиц переходных и непереходных металлов, окисей металлов и углеродных нанотрубок на теплопроводность, плотность, теплоемкость, температуропроводность и вязкость азото- и кислородосодержащих органических жидкостей с разной концентрацией. При этом средний диаметр наночастиц составлял 40 и 50 нм. Температура и давления, соответственно, изменялось в интервалах 293-673К и 0,101-49,01 МПа.

**Целью исследования** являлось определение влияния указанных добавок на теплофизические и термодинамические свойства азото- и кислородосодержащих органических жидкостей в указанной интервале температур и давлений. Получение экспериментальных данных по теплопроводности, плотности, удельной теплоемкости, температуропроводности и вязкости системы азото-, кислородосодержащих растворов, как в чистом виде, так и содержащих наночастицы переходных и непереходных металлов (Au, Ag, Ru, Cu, Co, Ni, Fe), углеродные нанотрубки, окиси металлов ( $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $TiO_2$  и др.) со средним размером наночастиц 40 и 50 нм в указанных диапазонах температуры и давления.

Автором для достижения цели решены ряд задач. В том числе, создан и модернизирован экспериментальные установки для измерения теплопроводности, плотности, удельной теплоемкости, динамической вязкости и температуропроводности растворов при различных значениях параметров состояния. Изучалось процесс теплопереноса в исследуемых жидкостях. Получены экспериментальные значения по теплопроводности, плотности, удельной теплоемкости, динамической вязкости, температуропроводности и рассчитаны термодинамические свойства растворов в достаточно широком интервале температур и давлений. Установлены зависимости теплофизических и термодинамических свойств исследуемых чистых азото-, кислородосодержащих растворов от температуры, давления, массовой концентрации нанометаллов, углеродных нанотрубок и некоторых окисей нанометаллов. Получены аппроксимационные зависимости, устанавливающие взаимосвязь теплофизических свойств исследуемых веществ с температурой, давлением и особенностями их структуры.

**Научная новизна** работы состоит в том, что впервые:

-получены экспериментальные результаты по теплопроводности (метод регулярного теплового режима), плотности (метод гидростатического взвешивания), теплоемкости (метод монотонного разогрева), температуропроводности (метод  $\alpha$ -калориметра) и вязкости (метод капиллярного вискозиметра) азото- и кислородосодержащих органических жидкостей с добавкой наночастиц переходных и непереходных металлов, углеродных нанотрубок и окисей металлов в зависимости от температуры, давления и концентрации наночастиц в растворах.

-на основе экспериментальных данных по теплоемкости и плотности исследуемых веществ впервые произведена оценка термодинамических параметров (энтальпия, энтропия, внутренняя энергия и др.) азото- и кислородосодержащих органических жидкостей с добавкой наночастиц переходных и непереходных металлов в интервале температур 293-673К и давлений 0,101-49,01МПа со средним размером наночастиц 40нм, окисей металлов в интервале температур 293-348К и давлений 0,101-30,3МПа со средним размером наночастиц 50 нм и углеродных нанотрубок в интервале температур 293-673К и давлений 0,101-49,01 МПа.

-на основе полученных данных по теплофизическим и термодинамическим свойствам составлено уравнение состояния исследуемых веществ азото- и кислородосодержащих органических жидкостей с добавкой наночастиц переходных и непереходных металлов, окисей металлов и углеродных нанотрубок с концентрацией от 0,1 до 0.5%.

-по полученным экспериментальным и расчетным данным составлены подробные таблицы теплофизических и термодинамических свойств исследованных растворов в

широком интервале температур и давлений с учетом изменения концентрации наночастиц от 0,1 до 0,5%, добавляемых в этих растворах.

-показан механизм влияния наночастиц переходных и непереходных металлов (Au, Ag, Ru, Cu, Co, Ni, Fe,  $d_{cp}=40$  нм), окисей металлов ( $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $TiO_2$  и др.,  $d_{cp}=50$  нм) и углеродных нанотрубок на теплофизические и термодинамические свойства азото- и кислородосодержащих органических жидкостей в зависимости от температуры, давления и концентрации наночастиц в исследованных растворах.

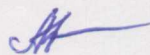
-получены аппроксимационные зависимости  $P \sim \lambda \sim T$ ,  $P \sim \rho \sim T$ ,  $P \sim C_p \sim T$ ,  $P \sim \alpha \sim T$ ,  $P \sim \eta \sim T$ ,  $\alpha = f(\rho)$ ,  $\lambda = f(\rho)$ ,  $C_p = f(\rho)$ ,  $\eta = f(\rho)$ ,  $v = f(\rho)$ . По результатам экспериментальных данных с помощью аппроксимационных зависимостей произведены тепловые расчеты исследуемых образцов.

-получены эмпирические уравнения, устанавливающие взаимосвязь между теплофизическими свойствами исследованных веществ от температуры, давления и концентрации наночастиц в растворах.

**Практическая значимость результатов.** Результаты диссертации являются новыми, базируются на строгих физико-химических утверждениях и рекомендуются в качестве справочного и расчетного материала при решении общих задач тепло-массопереноса, а также при разработке принципиально новых и более эффективных технологий создания теплотехнического оборудования. Полученные результаты могут быть также использованы в образовательном процессе. Результаты проведенных исследований по теплофизическим свойствам азото- и кислородосодержащих растворов внедрены в Институте химии АН Республики Таджикистан при расчетах модельных реакторов и технологических процессов, а экспериментальные данные используются как справочные. Полученные аппроксимационные зависимости по теплопроводности, теплоемкости, вязкости, температуропроводности и уравнение состояния используются для инженерных расчетов в НПО ГИПХ г.Санкт-Петербург и Института химии АН Республики Таджикистан. Разработанные экспериментальные установки могут быть использованы для экспресс определения теплофизических свойств технологических материалов в научных лабораториях.

Диссертантом выполнена большая научно-исследовательская работа. Достоверность и новизна полученных результатов, а также их практическая значимость не вызывает сомнений. Диссертантом опубликовано большое число работ в рецензируемых изданиях и они хорошо отражают содержание диссертации. В целом диссертационная работа Зариповой М.А. соответствует всем требованиям, предъявляемым ВАК РФ к докторским диссертациям, а сам диссертант заслуживает присвоение ученой степени доктора технических наук по специальности 01.04.14 – *теплофизика и теоретическая теплотехника*.

Председатель Худжандского научного Центра  
Академии наук Республики Таджикистан,  
доктор физико-математических наук, профессор



Абдуали Абдуманофов

Подпись профессора Абдуали Абдуманофова заверяю. Инсп. по кадрам Абдуллоева Г.Н.

735714. г.Худжанд, Республики Таджикистан,  
Чашма, ул Дж. Расулова 26  
e-mail: [abduali53@mail.ru](mailto:abduali53@mail.ru), 5-78-16, 95-185-02-06

