

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН
ТАДЖИКСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ САДРИДДИНА АЙНИ**

На правах рукописи



УДК 536.12 (575.3)

РАФИЗОДА САИДБЕГ САМИ

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ, ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ И
РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕЙ ВНЕДРЕННЫХ НАНО-
ПОРОШКА ГИДРАЗИНА**

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации для повторной защиты на соискание учёной степени кандидата
технических наук по специальности 2.2. Астрофизика, физика, электроника,
фотоника, приборостроение и связь (2.2.32. Теплофизика и теоретическая
теплотехника)**

Бохтар – 2026

Работа выполнена на кафедре «Общая физика» Таджикского государственного педагогического университета имени Садриддина Айни

Научный руководитель: **Назарзода Хайрулло Холназар** - доктор технических наук, профессор кафедры математика и естественных наук Таджикского государственного университета коммерции.

Официальные оппоненты: **Пономарев Сергей Васильевич** - доктор технических наук, профессор кафедры Мехатроника и технологические измерения ФГБОУ ВО Тамбовский государственный технический университет.

Алиев Фирдавс Алиевич - кандидат технических наук, заместитель директора по науке и учебной работе Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ.

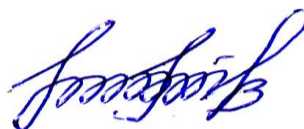
Ведущая организация: **ГОУ «Горно - металлургический институт Таджикистана»**

Повторная защита диссертации состоится «13»-го ноября 2026 г. в 9⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета 6D.KOA-125 по защите кандидатских диссертаций при Бохтарском государственном университете имени Носира Хусрава (по адресу: 735140, Республика Таджикистан, Хатлонская область, г. Бохтар, пр. Айни, 67, e-mail: shuro.fizikaigarmo@mail.ru, номер телефона ученого секретаря диссовета (+992) 884 44 04 01).

С содержанием диссертацией и ее авторефератом можно ознакомиться в библиотеке Бохтарского государственного университета имени Носира Хусрава на официальном сайте www.btsu.tj

Автореферат разослан «__» _____ 2026 года.

**Ученый секретарь
диссертационного совета 6D.KOA-125
кандидат технических наук, доцент**



Сафарзода Ш. Р.

Введение

Актуальность темы. Систематические исследования физико - химических свойств материалов, в том числе реологических свойств (динамической и кинематической вязкости) и дают важные сведения о природе материалов, которые позволяют определить область и условия их практического использования.

Развитие физики жидкого состояния питается сведениями о теплофизических и термодинамических свойствах жидкостей и растворов. Эти сведения оказывают весомый вклад в области изучения механизмов переноса тепла, межчастичного взаимодействия, моделирования структуры жидких веществ, изучения процессов образования молекулярных комплексов и их разрушения, решения проблем смешиваемости и растворимости, а также связанных с этими процессами изменения свойств веществ.

Водно-этиленгликолевые смеси с добавлением наноразмерного порошка гидразина представляют значительный технический интерес, поскольку они могут быть востребованы в строительной индустрии, машиностроении и смежных отраслях, где задействованы разнообразные поглотители, растворяющие агенты и связующие компоненты. Следовательно, внедрение подобных составов диктует необходимость всестороннего изучения их теплофизических и термодинамических характеристик. Это знание критически важно для установления оптимальных сфер их практического применения, что, безусловно, является животрепещущим вопросом, требующим разработки научно верифицированных методик для его разрешения.

В данной работе предпринята попытка дать экспериментальное и теоретическое обоснование рассматриваемой проблемы и основное внимание уделяется анализу физико-химических (например, удельная плотность, коэффициент теплопередачи и т.д.), реологических (кинематическая и динамическая вязкость) и кинетических свойств этиленгликоля и его водных растворов с добавлением нанопорошка гидразина при различных температурах и давлениях, что способствует их эффективному использованию в качестве охлаждающей жидкости или рабочего тела в процессах массо- и теплопередачи, а также в разработке математических моделей для этих процессов. В статье также обсуждается возможность получения корреляционных зависимостей, устанавливающих взаимосвязь между этими параметрами.

Степень разработанности темы исследования. Вопросами исследования основных теплофизических, термодинамических и реологических свойств химически чистых жидкостей и растворов, а также с различным массовым содержанием нанодобавок в условиях разных параметров состояния занимаются на отечественные, так и зарубежные ученые. Зарубежными учеными: Штечер М.С. (Топливо и рабочие тела ракетных двигателей) [2], Ахундов Т.С. (Теплопроводность ароматических углеводородов в зависимости от температуры и давления) [5], Гусейнов К.Д. (Исследование термодинамических свойств ряда кислородсодержащих органических веществ в широком диапазоне параметров состояния) [7], Голубев И.Ф. (Измерение плотности азота и водорода при низких температурах и высоких давлениях и определение удельного веса жидкостей и газов при высоких давлениях методом гидростатического взвешивания) [9, 19], Лабинов М. С. (Уравнение состояния этилена при высоких давлениях) [13], Тернер Д. И. Новый метод поддержания чистоты внутренней поверхности пароформовочных труб парогенераторов прямого потока [15], Голик А. З. Изучение уравнения состояния и упругих свойств молекулярных жидкостей и Уравнение состояния, упругость и тепловые свойства молекулярных жидкостей) [23, 24], Амирханов Г. И. (Экспериментальное исследование теплопроводности воды при температурах (30 - 200) °С и давлениях (98,2 - 686,5) МПа) [25] и др. Также отечественными учеными: Давлатов Р.Дж. (Физико-химические свойства технически важных растворов полимеров, плотность и уравнение состояния бинарных водных растворов (0,5 N₂H₄ + 0,5 H₂O) моль, соотношение динамической вязкости и пока-

зателя преломления растворов в зависимости от температуры при атмосферном давлении и соотношению коэффициента поверхностного натяжения и плотности растворов системы бензол-диизопропиловый эфир) [1, 6, 17, 18], Зарипова М.А. (Теплофизические и термодинамические свойства водных растворов гидразина и фенилгидразина, экспериментальные установки для измерения теплопроводности и плотности водных растворов гидразина и фенилгидразина и влияние наночастиц на изменение теплофизических и термодинамических свойств некоторых кислородсодержащих и азотсодержащих органических жидкостей при различных температурах и давлениях, влияние наночастиц на изменение теплофизических и термодинамических свойств некоторых кислородсодержащих жидкостей, азотсодержащих органических жидкостей при различных температурах и давлениях) [3, 10, 12, 16], Были проведены исследования Сафарова М.М. (Влияние некоторых наноразмерных амфотерных оксидов на изменение теплоэлектро- и термодинамических свойств гидразингидрата и устройства для определения коэффициента теплопроводности наножидкостей) [8, 20]. Механизм переноса исследован частично, однако вопросы о причинах и механизмах этих свойств для отдельных групп чистых органических жидкостей, а также с добавлением наночастиц, остаются нераскрытыми. Поэтому данная работа посвящена анализу и изучению теплофизических, термодинамических и реологических свойств теплоносителей с добавлением нанопорошка гидразина. В частности, исследованы коэффициент теплопроводности, плотность, коэффициенты динамической и кинематической вязкости этиленгликоля и его водных растворов с различными концентрациями нанопорошка гидразина в диапазонах температур (273–363) К и давлений (0,101–14,42) МПа.

Связь исследования с программами и научными темами.

Выбор темы научно-квалификационной работы обусловлен актуальными приоритетами научного развития в Республике Таджикистан. Она соответствует целям выполнения специальных государственных стратегий и программ, в частности: «Ускоренная индустриализация – четвертая стратегическая цель страны», Стратегия развития и изучения естественных, точных и математических наук в сфере науки и образования на период до 2030 года, а также положениям, провозглашающим «Двадцатилетнюю кампанию по изучению и развитию естественных, точных и математических наук в области науки и образования» на 2020-2040 годы.

Общая характеристика исследования:

Цель диссертационной работы: Задачей данной диссертации является всесторонний анализ (на основе экспериментов и теории) физико-химических характеристик (таких как эффективный коэффициент теплопроводности, плотность, а также вязкостные и кинетические параметры) смесей этиленгликоля, варьируя условия их состояния и содержание наночастиц гидразина.

Задачи исследования:

- аргументировать применимость техник нагретой нити, гидростатического взвешивания и капиллярной вискозиметрии для сбора экспериментальных данных по теплофизическим, реологическим и кинетическим аспектам исследуемых сред;
- осуществить интегрированное изучение (теоретическое и экспериментальное) теплофизических (плотность, теплопроводность), реологических (показатели динамической и кинематической вязкости) и кинетических характеристик этих систем при измененных условиях окружающей среды и различной доле введенного нанопорошка гидразина;
- разработать эмпирические формулы, которые описывают взаимосвязь между теплофизическими, реологическими и кинетическими параметрами исследуемых растворов, с одной стороны, и условиями их существования, а также концентрацией нанопорошка гидразина, с другой.

Объекты исследования: этиленгликоль и его водные растворы с различными концентрациями нанопорошка гидразина.

Предметом исследования: исследование теплофизических и термодинамических свойств теплоносителей внедренных нанопорошка гидразина

Научная новизна:

1. Были разработаны опытные стенды, предназначенные для измерения теплопроводности жидкостей на наноуровне (патент на малое изобретение № TJ 923, 2017 г., 5 стр.), а также для определения адсорбционной способности наноматериалов (патент на малое изобретение № TJ 1279, 2021 г., 9 стр.).

2. Собраны фактические сведения о значении эффективного коэффициента теплопроводности, плотности, а также о динамическом и кинематическом показателях вязкости этиленгликоля и его водных смесей, содержащих нанопорошок гидразина в вариативных концентрациях, в пределах температурного диапазона от 273 до 363 К и давлений от 0,101 до 14,42 МПа.

3. Используя информацию, полученную на этапе экспериментов, были вычислены значения теплопроводности, вязкости, плотности и числа Прандтля для этиленгликоля и его водных растворов с различными долями нанопорошка гидразина при температурном режиме (273 - 363) К и давлении (0,101 - 14,42) МПа.

4. В результате анализа и систематизации данных, полученных в ходе натурных замеров, с целью предоставления возможности расчетного определения эффективного коэффициента теплопроводности, плотности, а также динамического и кинематического коэффициентов вязкости этиленгликоля и его водных растворов с отличающейся долей включаемых элементов в интервале температур (273 - 363) К и давлений (0,101 - 14,42) МПа, нами был разработан комплекс аппроксимирующих формул.

Теоретическая и практическая значимость работы:

1. Составлены таблицы, в которых представлена подробная информация по теплопроводности, плотности, коэффициентов динамической и кинематической вязкости этиленгликоля и его водных растворов с различными концентрациями нанопорошка гидразина в условиях изменения температуры в пределе (273 - 363) К и давления (0,101 - 14,42) МПа, рекомендуемые проектным организациям и промышленным предприятиям для планирования и проведения соответствующих химико-технологических процессов.

2. Результаты исследований по теплопроводности, плотности, коэффициентов динамической и кинематической вязкости этиленгликоля и его водных растворов с различными концентрациями нанопорошка гидразина в интервале температуры (273 - 363) К и давления (0,101 - 14,42) МПа внедрены в Институте промышленности Министерства промышленности и новых технологий РТ, в Таджикский государственный педагогический университет им. Садриддина Айни, в Таджикский технический университет им. академика М. С. Осими (акты внедрения прилагаются).

3. Представленные результаты опытов в форме справочного материала в процессах изучения двух – и трёхкомпонентных систем технических растворов можно использовать при создании математических и физических моделей при инженерных и конструкторских расчетах для установления и выбора оптимальных режимов работы различных механизмов и устройств.

4. Используя полученные данные на основе экспериментов по плотности, теплопроводности, реологическим свойствам ряда исследованных образцов в условиях атмосферного давления и изменения температуры получен ряд эмпирических выражений и уравнение состояния (в условиях изменения и давления и температуры опыта). Впервые для исследованной группы наножидкостей для расчета теплопроводности использованы уравнения типа Тейта, Мамедова и Ахундова, а также численным способом были получены коэффициенты для них.

Основные положения, выносимые на защиту:

- разработаны и внедрены экспериментальные установки для определения теплопроводности наножидкостей (малый патент № TJ 923, 2017 г.) и коэффициента адсорбции наноматериалов (малый патент № TJ 1279, 2021 г.);
- экспериментально установлены параметры эффективной теплопроводности, плотности, а также динамической и кинематической вязкости водных смесей этиленгликоля с различной концентрацией нанопорошка гидразина в интервале температур от 273 до 363 К и давлений от 0,101 до 14,42 МПа;
- Выполнен расчет основных теплофизических (теплопроводность, плотность), реологических (динамическая и кинематическая вязкость) свойств и числа Прандтля, на основе чего сформированы новые эмпирические уравнения, описывающие поведение теплопроводности, плотности и вязкостных характеристик исследуемых наножидкостей с различными концентрациями нанопорошка гидразина в интервале температур 273–363 К и давлений 0,101–14,42 МПа.

Степень достоверности результатов. Достоверность научных положений и выводов обусловлена:

- применением апробированного измерительного оборудования и специализированных устройств, обеспечивающих высокую воспроизводимость и точность экспериментальных данных (малый патент № TJ 923, 2017 г. и малый патент № TJ 1279, 2021 г.);
- сопоставимостью и хорошей сходимостью достигнутых авторами результатов с независимыми экспериментальными данными, представленными в альтернативных научных подходах;
- полноценным метрологическим сопровождением измерительных комплексов, корректным использованием методов теории эксперимента и анализа погрешностей, а также высокой степенью согласованности между теоретическими расчетами и опытными данными;
- полученные научные результаты были успешно интегрированы в практическую деятельность: в Промышленном институте при Министерстве промышленности и новых технологий Республики Таджикистан, а также в Таджикском государственном педагогическом университете имени Садриддина Айни. Это включает их применение при моделировании технологических и термодинамических операций, а также их использование в качестве эталонных сведений в образовательном процессе (соответствующие акты о внедрении имеются в наличии).

Соответствие паспорту специальности. По тематике, методом исследования, предложенным новым научным положением диссертации соответствует паспорту специальности научных работников 2.2. Астрофизика, физика, электроника, фотоника, приборостроение и связь (2.2.32. Теплофизика и теоретическая теплотехника):

- пункт 1. «Экспериментальное исследование термодинамических свойств и переноса чистых веществ и их смесей в широких пределах параметров состояния»;
- пункт 2. «Аналитическое и численное исследование термодинамических, теплофизических и переносных свойств веществ в различных агрегатных состояниях»;
- пункт. 5. «экспериментальные и теоретические исследования однофазной, свободной и вынужденной конвекции в широком диапазоне свойств теплоносителей, режимных и геометрических параметров теплопередающих поверхностей»;
- пункт 7. «Экспериментальное и теоретическое исследование процессов передачи тепла и массы в бинарных и многокомпонентных смесях веществ»;
- пункт 9. «Экспериментальное и теоретическое исследование теплофизических и термодинамических свойств наноматериалов».

Личный вклад автора заключается в выборе соответствующих методик при постановке задач исследования, в обработке, изучении и анализе литературы посвященной по направлению исследования, в выполнении комплекса теоретико - опытных исследований по кинетическим, термодинамическим и теплофизическим свойствам объектов исследования и их обработке, в установлении закономерностей поведения образцов, а также в подведении итогов работы. Проведение исследований, подготовка и публикация статей в научных журналах была произведена автором при поддержке научного руководителя.

Апробация работы. Основные результаты представленной научной работы были представлены на следующих **международных конференциях и симпозиумах**: 10 школа - семинар молодых ученых и специалистов академика РАН В.Е. Алемасова “Проблемы теплообмена и гидродинамики в энергомашиностроении”, Казань (2016); 10 Между-народная теплофизическая школа “Теплофизические исследования и измерения при контроле качества веществ, материалов и изделий”, Душанбе-Тамбов, (2016); Международная конференция «Фазовые переходы, критические и нелинейные явления в конденсированных средах», г. Махачкала (2017); 7 Международная научно-практическая конференция «Независимость- основа развития энергетики страны», Бохтар (2017); 1-я научно - практическая Международная конференция “Информационные технологии в управлении и моделировании мехатронных систем”, Тамбов (2017); Научно - практическая конференция “Ломоносовские чтения”, Филиал МГУ им. М.В. Ломоносова в г. Душанбе (2017); Научно - практическая конференции “8 - е Ломоносовские чтения”, Филиал МГУ имени М.В. Ломоносова в г. Душанбе (2018); 4 Международная научная конференция «Вопросы физической и координационной химии», Душанбе (2019); 6 Международная научно - техническая конференция студентов, молодых ученых и специалистов “Энергосберегающие и эффективность в технических системах”, Тамбов (2019); Международная научная конференция «Современные проблемы естественных и гуманитарных наук и их роль в укреплении научных связей между странами», посвящённая 10 - летию Филиала МГУ имени М. В. Ломоносова в г. Душанбе (2019); 29 Международная научная конференция “Научные тенденции: вопросы точных и технических наук”, Санкт Петербург (2020); IARIA, 2 CFP, ICQNM - 2020, Ispane, Valenciya (2020); 10 научно - практическая конференция “Ломоносовские чтения”, Душанбе (2020).

По результатам работы опубликовано: 31 научных публикаций, 9 из которых опубликованы в журналах, рекомендуемых ВАК при Президенте Республики Таджикистан в том числе одна единоличная (без соавторов) и 17 тезисов докладов. Получено 5 малых патента Республики Таджикистан.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, выводов, списка использованной литературы (134 наименований) и приложения. Исследовательская работа изложена на 138 страницах компьютерного текста и содержит 42 таблиц, 47 рисунка (приложение представлено на 43 стр.).

Основное содержание работы

В **введении** обосновать актуальность выбранной темы исследования, ее научное и практическое значение.

Глава 1. Физико - химические свойства гидразина и его растворителей (литературный обзор)

В **первой главе** дано краткий обзор литературы, посвященной изучению теплофизических, реологических и кинетических характеристик технических растворов, а также представлены результаты по изучению практического применения результатов исследования различных авторов и соответствующий обзор литературы, посвященной исследованию гидразина и этиленгликоля. Автор Давлатова Р.Дж. говорить: «Водные

растворы гидразина также особое место занимают и изготовлении полуфабрикатов, готовой продукции, в нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности. Несмотря на их широкий спектр применения, их теплофизические, термодинамические и реологические свойства в зависимости от различных сопутствующих факторов, влияющих на их состояние изучено не достаточно в полном объеме» [1].

А также в работе Штехер М.С. сказано: «В диэтиловом эфире, четыреххлористом углероде, бензоле, толуоле, хлороформе растворяется частично, а в минеральных маслах, поливинилхлориде, парафинах, каучуке, растительных и животных маслах практически не растворяется. В воде растворение этиленгликоля представляет собой экзотермическую реакцию и сопровождается уменьшением объема и снижением температуры замерзания» [2].

Таким образом из уст Зарипова М.А. можно сказать: «Применение этиленгликоля используется в химической, фармацевтической, текстильной, электротехнической, автомобильной и авиационной промышленности, в качестве теплоносителя (антифриз, хладагент) в автономных системах отопления, промышленного кондиционирования общественных и спортивных сооружений. Процесс кристаллизации этиленгликоля сопровождается его переходом в желеобразную форму, не оказывая вредного действия на оборудования» [3].

Глава 2. Экспериментальные методы исследования теплофизических и термодинамических свойств растворов при различных условиях

Вторая глава посвящена детальному описанию экспериментальных установок, использованных в процессе выполнения исследовательской работе. В этой главе представлено полное описание схем, характеристик, предназначение и порядок выполнения работ на них. С помощью серии проведенных экспериментов на данных установках с учетом изменения параметров состояния была установлена степень влияния концентрации нанопорошка гидразина на теплофизические и термодинамические свойства исследованных растворов.

2.1. Устройство для определения коэффициента теплопроводности наножидкостей (метод нагретой нити)

Для измерения теплопроводности нами был выбран метод нагретой нити. В работе Сафарова М.М. приведена: «Установка, основанная на данном методе состоит из вакуумного насоса, измерительной трубки, манометра, внутреннего сосуда, который состоит в соединении с насосом и манометром. измерительная трубка на протяжении опыта устанавливается внутри термостата (сосуд с термостатирующей жидкостью). Внутренний сосуд снабжен нагревателем для создания соответствующей разницы температур. Нагреватель имеет источник постоянного питания, резистор, вольт- и амперметр. Также установка имеет ячейку из нержавеющей стали для размещения образца исследования, которая в свою очередь состоит в соединении с полиэтиленовым мешочком, размещенном в заполненном глицерином пережимном сосуде. Пережимной сосуд, в свою очередь, имеет соединение с грузопоршневым манометром посредством труб. Измерительная трубка устанавливается в термостате с термостатирующей средой (воздух). Нагреватель имеет соединение с источником питания, резистором, амперметром и вольтметром» [20].

Также автор сказал: «Основным отличием прототипа от предложенного нами устройства является отсутствие возможности исследования газов, а также реализация опытов в зависимости от давления. Техническое решение, а именно дополнительное оснащение установки прижимным сосудом с полиэтиленовым мешочком и грузопоршневым манометром позволило достигнуть желаемого результата (рисунок 1)» [20].

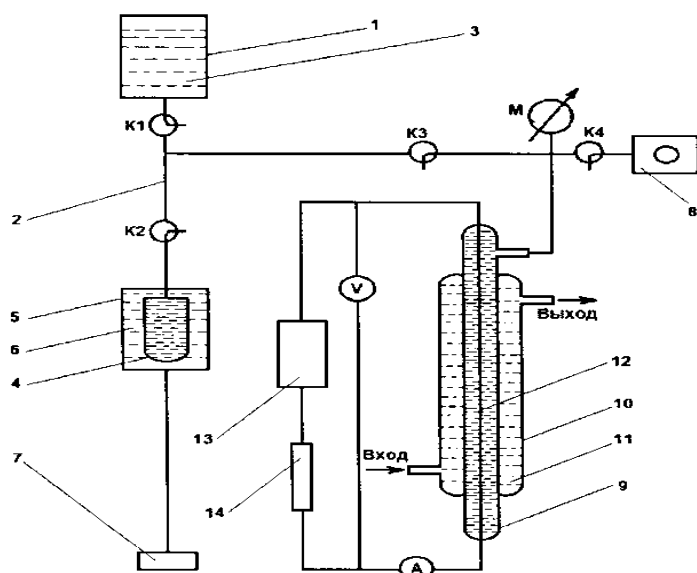


Рисунок 1 - Схема экспериментальной установки для измерения теплопроводности наножидкостей: 1 - нержавеющая стальная емкость; 2 - трубка; 3- образец; 4 - полиэтиленовый мешочек; 5 - прижимной сосуд; 6 – глицерин; 7 – грузопоршневой манометр типа МП – 2500; 8- вакуумный насос; 9 -внутренний сосуд; 10 - внешний сосуд; 11 - термостатирующая среда; 12- никелевый нагреватель; 13 - источник питания; 14 – резистор (малый патент РТ №ТJ 923, 2017, 5 с.)

Принцип работы установки. Емкость 1 наполняется исследуемой, а внешний сосуд термостатирующей жидкостями. После интеграции цепи в источник питания параметры мощности нагревателя контролируются и задаются через амперметр и вольтметр в условиях окружающей среды (комнатная температура, атмосферное давление):

$$W=I \cdot U, \quad (1)$$

Используя найденные значения мощности, разности температур и удельного сопротивления, теплопроводность образца вычисляют по формуле:

$$\lambda_{\text{ср}} = \frac{W \ln \frac{T_1}{T_2}}{2\pi L (T_1 - T_2)}, \quad (2)$$

Или

$$\lambda = \frac{R_1 c m \delta}{2} \quad (3)$$

2.2. Опытные установки для экспериментального исследования плотности, вязкости жидких веществ при атмосферном давлении

На сегодняшний день не существует каких - либо универсальных уравнений состояния, с помощью которых можно было бы решить конкретно поставленную задачу. Поэтому достижение данной цели возможно лишь путем экспериментальных исследований.

Как привели в своих работах: «Методы, которые чаще всего используются при определении $P - \rho - T$ зависимости жидких веществ делятся на две категории: те, которые обеспечивают постоянство веса опытной жидкости, а ее объем изменяется и те, которые основаны на гидростатическом взвешивании» [4 - 12, 16 - 19]. Мы также обратились к данному методу в процессе экспериментального исследования наших образцов, но с учетом их специфики (рис 2.2). Также другие учёные сказали: «Выбор данных методик с нашей стороны основан на их простоте и точности. Согласно задаче, возникла необходимость в установке с возможностью ее работы в большой области изменения параметров состояния. С учетом изложенного, мы использовали метод гидростатического взвешивания (основоположники метода являются профессор И.Ф. Голубева и его ученики)» [7, 15].

Плотность исследуемого вещества рассчитывается по следующему соотношению:

$$\rho = \frac{G_1 - (G_1 - G_2)}{V_{II} - V_H}, \text{ кг/м}^3, \quad (4)$$

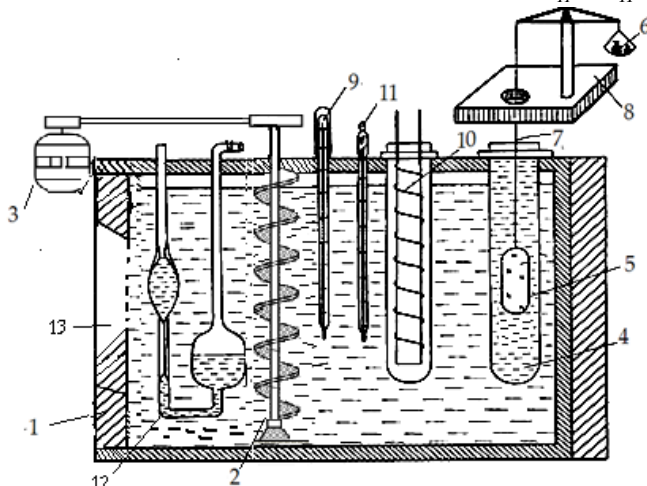
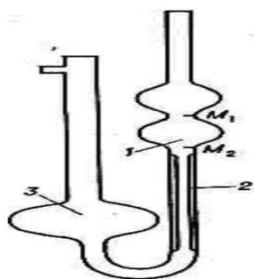


Рисунок 2.2. - Схематическое изображение опытной установки для экспериментального исследования плотности жидких веществ при атмосферном давлении; 1- термостат, 2 - мешалка, 3 - электродвигатель, 4 - камера с исследуемым веществом, 5- кварцевый поплавок, 6 – уравнивающие разновесы, 7 - манганиновая проволока, 8 – аналитические весы, 9 - ртутный термометр, 10 - нагреватель, 11 - контактный термометр, 12 - вискозиметр Освальда, 13 – окошко

2.3. Метод измерения коэффициента динамической вязкости жидкостей и растворов



Динамическую вязкость образцов мы исследовали при помощи капиллярного вискозиметра (рисунок 3).

Рисунок 3. Общий вид стеклянного вискозиметра: 1 - расширения; 2 - капилляр; 3 – емкость; M1, M2 – отметки измерения времени

2.4. Определение коэффициентов адсорбции и массоотдачи зернистых материалов осуществлялось на экспериментальной установке (малые патенты РТ № TJ 1279, 2021 г. и № TJ 1280, 2021 г.)

Исследователи сказали: «На рисунке 4 представлено опытное устройство, служащее для исследования таких кинетических свойств, как коэффициент адсорбции и массопередачи. Его основными составляющими являются сосуд цилиндрический диаметром 5 и высотой 8 см со съемной сеткой площадью ячеек 1 мм², секундомер, электронные весы (класс точности 0,001г). Опыт проводится следующим образом: на электронных весах взвешиваются по-отдельности сосуд с водой и сетка с образцом. Затем сетка устанавливается в сосуде и проводится увлажнение образца на протяжении 30 минут, фиксируемое секундомером. В такой последовательности через каждые последующие 30 минут проводится взвешивание до полного увлажнения образца, т.е. достижения им момента насыщенности» [13, 14, 21-24].

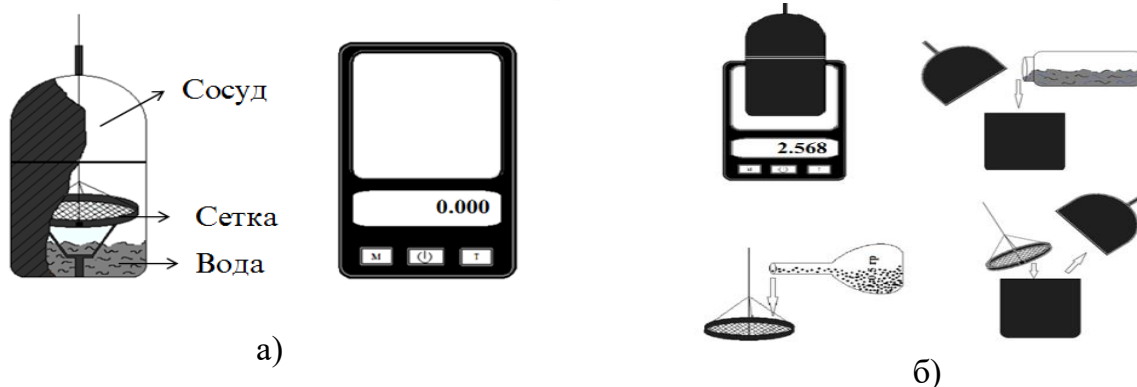


Рисунок 4 – Установка для определения коэффициента адсорбции и массопередачи: а – установка; б – электронные весы

Коэффициенты адсорбции и массопередачи рассчитываются по:

$$\Gamma = \left[\frac{m - m_0}{\mu \cdot m_0} \right], \quad (\text{моль/кг}) \quad (5)$$

$$\beta = \left[\frac{m - m_0}{S \cdot t} \right], \quad (\text{кг/м}^2\text{с}). \quad (6)$$

Верификация результатов определения параметров адсорбции, набухания и массопереноса осуществлялась с использованием контрольных образцов на основе запатентованных методик.

Глава 3. Методы применения гидразина в конденсатно – питательном тракте для предотвращения коррозии

В третьей главе приводится способ гидразинная обработка питательная воды электрических станций. Гидразинная обработка вместе с термической деаэрацией питательной воды котлоагрегата является основным мероприятием для предохранения металла пароконденсатного тракта от коррозии, возникающей из-за присутствия кислорода и удаления окислов железа в питательной и котловой воде и кислорода в конденсаторе турбин. обычно обработка гидразином рекомендована всем ТЭС, работающим на прямоточных котлах высокого давления.

Глава 4. Комплексный анализ теплофизических и термодинамических характеристик растворов гидразина в широком диапазоне температур и концентраций компонентов

Глава посвящена результатам опытного исследования кинетических термодинамических и теплофизических свойств растворов нанопорошка гидразина, а также степень их влияния на физико-химические свойств изученных веществ. С помощью экспериментально полученных данных динамической вязкости и плотности исследованных растворов рассчитаны коэффициент кинематической вязкости жидких растворов при различных параметрах состояния и концентрации, внедренных в теплоносителях нанопорошка гидразина. Кроме того, зная расчетные данные по динамической и кинематической вязкости рассчитаны критерии Прандтля.

4.1. Определение коэффициента теплопроводности растворов гидразина в условиях изменения температуры и атмосферного давления

Жидкие технические составы, к которым относятся, например, гидразин и этиленгликоль, нашли обширное применение в различных областях техники. Они используются, в частности, как восстановители для предотвращения коррозии и образования накипи в теплоносителях (нагревательных и охлаждающих средах) энергетического оборудования. При этом на практике более распространено применение именно водного раствора этиленгликоля, обычно в концентрации 50% этиленгликоля и 50% воды. В свете этого, исследование тепловых характеристик и свойств поверхности данной группы технических жидкостей при различных режимах эксплуатации, особенно с введением нанопорошка гидразина в концентрации до 0,5%, представляет собой одно из перспективных научных направлений. Образцы, подвергнутые нашему изучению, были синтезированы с использованием этиленгликоля и нанопорошка гидразина высшей химической чистоты. Графическая интерпретация результатов экспе-

риментального определения плотности, коэффициентов теплопроводности и динамического трения исследуемых систем в широком термическом диапазоне и при барометрическом давлении представлена на рисунках 5 и 6. Для выявления концентрации воды на ТФС и реологические свойства изучаемых растворов (двухкомпонентная система) на соответствующих координатах получены следующие функциональные зависимости:

$$\lambda = f(n_{\text{H}_2\text{O}}); \rho = f(n_{\text{H}_2\text{O}}); \eta = f(n_{\text{H}_2\text{O}}); \nu = f(n_{\text{H}_2\text{O}}).$$

Графики этих зависимостей приведены ниже (рисунки 4 - 7).

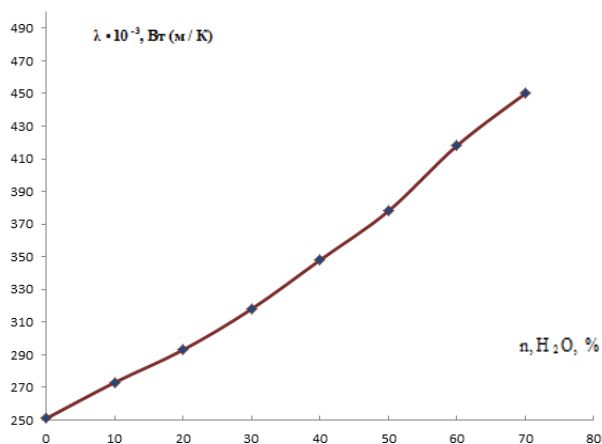


Рисунок 4 - Зависимость коэффициента теплопроводности жидкого этиленгликоля от концентрации воды при атмосферном давлении и комнатной температуре

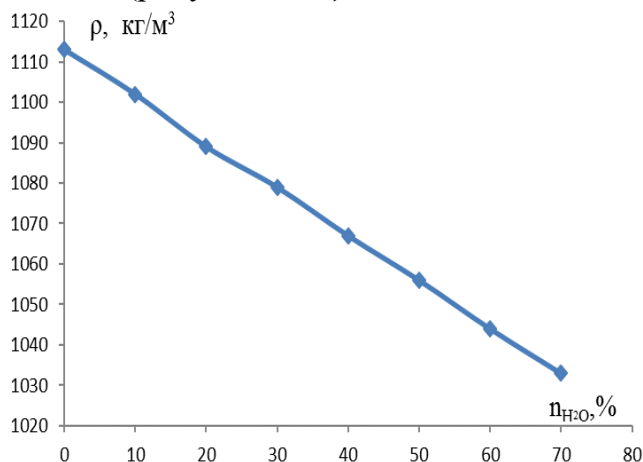


Рисунок 5 - Зависимость плотности жидкого этиленгликоля от концентрации воды при атмосферном давлении и комнатной температуре.

В соответствии с рисунком 4, теплопроводность раствора растет на 79,2%. По нашему мнению, это связано с изменением плотности структуры жидких растворов

Данные рисунка 5 показывают, что повышение содержания воды в этиленгликоле (двухкомпонентный раствор) понижает плотность системы практически по линейному закону (в среднем до 7,19 %). По нашему предположению, это связано с изменением объема жидких растворов.

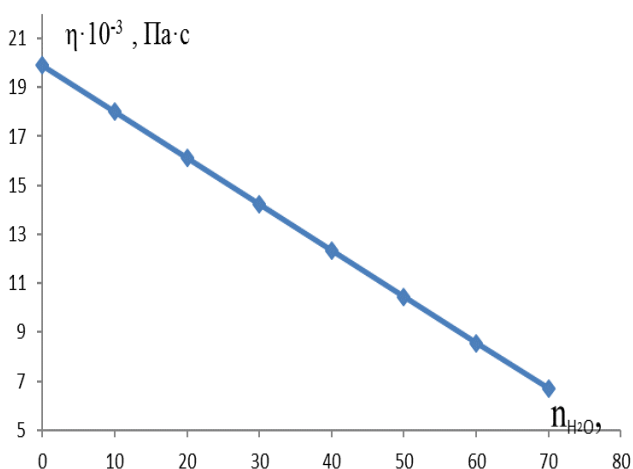


Рисунок 6 – Зависимость динамической вязкости жидкого этиленгликоля от содержания воды при атмосферном давлении и комнатной температуре

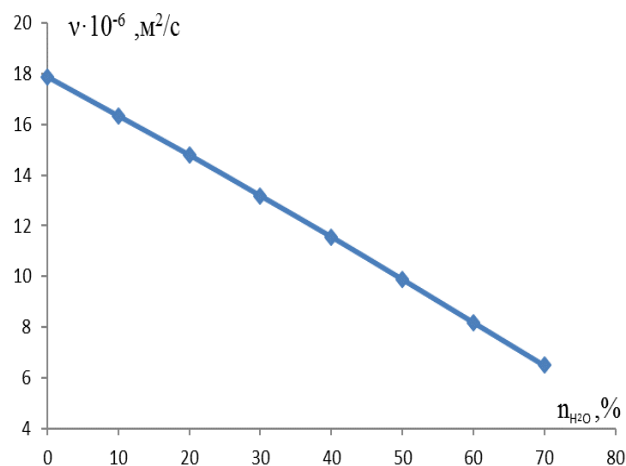


Рисунок 7 – Кинематическая вязкость водных растворов этиленгликоля в зависимости от содержания жидкой фазы воды в стандартных условиях

Представленные на рисунках 6 и 7 данные наглядно демонстрируют, что повышение концентрации водной фазы вызывает практически линейное уменьшение обоих коэффициентов вязкости (динамической и кинематической) данных систем, указывает на то что при добавке воды в этиленгликоль до 70 % в интервале от 0 до 70 % воды изменение динамической и кинематической вязкости будет уменьшаться по линейному закону.

4.2. Теплопроводность бинарных растворов на основе жидкого этиленгликоля при различных температурах, атмосферном давлении и изменении концентрации воды в них

Теплопроводность двухкомпонентных растворов системы этиленгликоль и вода в интервале температуры (280 - 363) К при атмосферном давлении ($p = 0,101$ МПа) было измерено экспериментальной установкой, работающей методом нагретой нити и запатентованной нами (малый патент Республики Таджикистан № TJ 923, Душанбе, 2017. - 5с., авторы М.М. Сафаров и др.)

Результаты данных, полученных по этому методу и теорией Максвелла, представлены в виде зависимости $\lambda = f(T, \text{пн}_2\text{О})$ (рис. 8).

Термический анализ двухкомпонентных водно-этиленгликолевых сред показал, что флуктуации температуры от 280 до 363 К приводят к пропорциональному увеличению их теплопроводящих свойств. Эксперимент подтверждает неравномерность динамики роста: для образца с преобладанием органической фазы (90% моноэтиленгликоля) эффективная теплопроводность возрастает лишь на 6,3%, в то время как обводнение системы до 70% (раствор №8) катализирует температурный скачок теплопроводности до 17,7%.

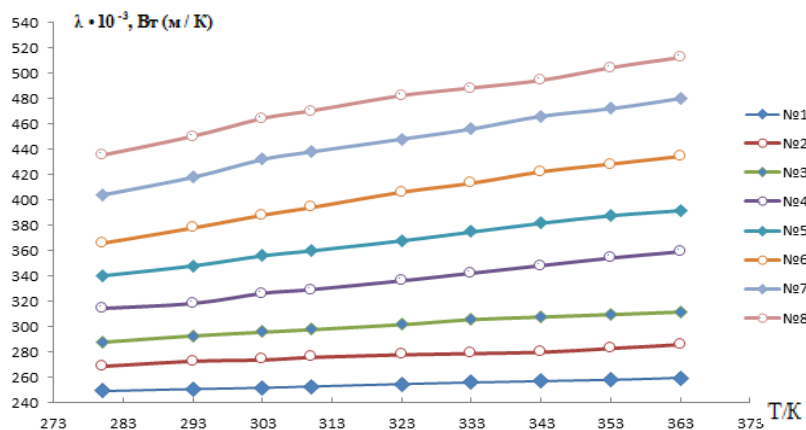


Рисунок 8 – Характер изменения коэффициента теплопроводности систем этиленгликоль–вода в зависимости от температуры при ($P = \text{const}$) №1 - (100 % C₂H₆O₂); №2 - (90 % C₂H₆O₂ + 10 % H₂O); №3 - (80 % C₂H₆O₂ + 20 % H₂O); №4 - (70 % C₂H₆O₂ + 30 % H₂O); №5 - (60 % C₂H₆O₂ + 40 % H₂O); №6 - (50 % C₂H₆O₂ + 50 % H₂O); №7 - (40 % C₂H₆O₂ + 60 % H₂O); №8 - (30 % C₂H₆O₂ + 70 % H₂O)

4.3. Зависимость плотности двухкомпонентных растворов этиленгликоля от температуры и концентрационного состава при постоянном атмосферном давлении

Опытное устройство, представленное на рисунке 2, нами было применено для экспериментального исследования плотности растворов при атмосферном давлении и комнатной температуре (рис. 9).

Согласно данным результатов экспериментального и теоретического определения значений плотности двухкомпонентных растворов (рис. 9), изменением температуры от 273 до 363 К плотность уменьшается почти по линейному закону. Например, у раствора под номером 2 (90 % C₂H₆O₂ + 10 % H₂O) с повышением температуры

T/K

плотность падает на 2,21 %, для восьмого раствора (30 % $C_2H_6O_2$ + 70 % H_2O) плотность уменьшается на 1,57 %.

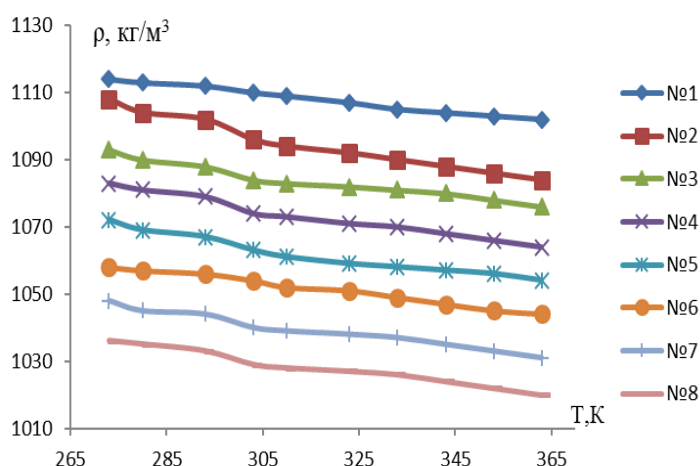


Рисунок 9 - Зависимость плотности ρ жидкого этиленгликоля от температуры и концентрациях воды при $p = 0,101$ МПа (обозначения как на рисунке 8).

4.4. Анализ коэффициента динамической вязкости бинарных систем на основе этиленгликоля при изменении доли воды и атмосферном давлении

Динамическая вязкость двухкомпонентных растворов системы этиленгликоль и воды в интервале температуры (280 - 363) К и атмосферном давлении ($p = 0,101$ МПа) была измерена экспериментальной установкой, работающей методом капиллярного вискозиметра Освальда и теоретическими предположениями, предложенными Тейта. Результаты, полученные этим методом и теорией Тейта представлены в таблице 1.

Таблица 1. - Коэффициент динамической вязкости ($\eta \cdot 10^{-3}$ Па·с) растворов на основе этиленгликоля и воды при температурах от 280 до 363 К и $p = 0,101$ МПа

T, К / Растворы	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7	№8
280	20,26	19,65	17,46	16,49	14,82	13,19	12,05	10,46
293	19,91	18,01	16,12	14,23	12,34	10,45	8,56	6,67
303	13,22	11,97	10,72	9,48	8,24	6,58	5,10	4,35
310	10,23	9,01	8,08	7,15	6,23	4,85	3,98	3,42
323	6,65	6,04	5,43	4,82	4,21	3,62	3,02	2,38
333	4,95	4,50	4,05	3,61	3,16	2,69	2,23	1,82
343	-	3,06	2,55	2,40	2,25	1,85	1,44	1,03
353	-	2,10	1,48	1,33	1,18	1,10	1,02	0,75
363	-	1,98	1,32	1,17	1,02	0,79	0,66	0,54

Примечание: №1 - (100 % $C_2H_6O_2$); №2 - (90 % $C_2H_6O_2$ + 10 % H_2O); №3 - (80 % $C_2H_6O_2$ + 20 % H_2O); №4 - (70 % $C_2H_6O_2$ + 30 % H_2O); №5 - (60 % $C_2H_6O_2$ + 40 % H_2O); №6 - (50 % $C_2H_6O_2$ + 50 % H_2O); №7 - (40 % $C_2H_6O_2$ + 60 % H_2O); №8 - (30 % $C_2H_6O_2$ + 70 % H_2O).

На основе полученных экспериментально данных, отражающих динамическую вязкость бинарных систем (табл. 1), можно констатировать, что, при изменении температуры от 280 до 363 К, уменьшается по закону гиперболы. Например, у водного раствора под номером 2 - (90 % $C_2H_6O_2$ + 10 % H_2O) коэффициент динамической вязкости уменьшается в 8,92 раза, для восьмого раствора (30 % $C_2H_6O_2$ + 70 % H_2O) это изменение составляет 18,4 раза. Кинематическую вязкость веществ можно рассчитать нижеприведенным выражением, если известны его динамическая вязкость и плотность:

$$\nu = \frac{\eta}{\rho}, \quad \text{м}^2/\text{с}, \quad (7)$$

где, η - динамическая вязкость, Па·с, ρ - плотность изучаемых веществ, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$.

Реологические характеристики при нормальных условиях определяются капиллярным вискозиметром и денсиметром.

Таблица 2. - Коэффициент кинематической вязкости ($\nu \cdot 10^{-6}$, $\text{м}^2/\text{с}$) растворов на основе этиленгликоля и воды при температурах от 280 до 363 К и $p = 0,101$ МПа

Т, К / Растворы	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7	№8
280	18,21	17,79	16,02	14,94	13,86	12,69	11,53	10,11
293	17,88	16,34	14,80	13,19	11,57	9,89	8,19	6,49
303	11,91	10,89	9,99	9,45	8,72	7,35	5,96	4,93
310	8,62	8,06	7,46	6,67	5,87	4,80	3,83	3,36
323	6,16	5,53	5,02	4,52	4,08	3,49	2,94	2,58
333	4,38	4,13	3,69	3,34	2,89	2,57	2,15	1,77
343	-	2,81	2,46	2,22	2,02	1,81	1,57	1,25
353	-	1,98	1,79	1,46	1,12	1,06	0,99	0,73
363	-	1,83	1,23	1,11	0,97	0,81	0,64	0,53

Примечание: №1 - (100 % $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$); №2 - (90 % $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$ + 10 % H_2O); №3 - (80 % $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$ + 20 % H_2O); №4 - (70 % $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$ + 30 % H_2O); №5 - (60 % $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$ + 40 % H_2O); №6 - (50 % $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$ + 50 % H_2O); №7 - (40 % $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$ + 60 % H_2O); №8 - (30 % $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$ + 70 % H_2O).

По результатам расчётов (таблица 2) установлено, что кинематическая вязкость двухкомпонентных растворов при изменении температуры в диапазоне от 280 до 363 К уменьшается по закону, близкому к гиперболической зависимости. Так, для водного раствора № 2 (90 % $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$ + 10 % H_2O) коэффициент кинематической вязкости снижается в 8,72 раза, а для раствора № 8 (30 % $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$ + 70 % H_2O) величина уменьшения достигает 18,1 раза.

4.5. Исследование влияния концентрации нанопорошка гидразина на теплопроводность бинарных растворов этиленгликоля с водой при различных температурах и давлениях

Как уже ранее было отмечено, для очистки теплоэнергетического оборудования от отложений, в том числе железа, меди и др. применяют водный раствор гидразина. Для указанных целей применяют как гидразингидрат, так и гидразинсульфат. В связи с этим мы перед собой ставили задачу создать физическую модель и рассчитать процесс теплообмена в этих моделях. Известно, что при расчете процессов теплообмена необходимо определить теоретическим, экспериментальным или косвенным способом теплофизические, термодинамические характеристики и кинетические свойства нанопорошка гидразина и их водных растворов при различных температурах, концентрации воды и этиленгликоля.

Как было отмечено, в диссертационном исследовании были созданы 7 образцов, состоящих из двух компонентов, т.е. этиленгликоля и воды. Для очистки поверхностей теплоэнергетического оборудования от пленок металлов и их оксидов предлагаются четыре из них №5 - (60 % $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$ + 40 % H_2O); №6 - (50 % $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$ + 50 % H_2O); №7 - (40 % $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$ + 60 % H_2O); №8 - (30 % $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$ + 70 % H_2O), у которых полностью исследована теплопроводность, плотность, динамические и кинематические характеристики в интервале температуры (273 - 373) К и давления (0,101 - 14,42) МПа. Основные теплофизические и реологические свойства перечисленных образцов при нормальных условиях приведены ниже (таблица 3).

Таблица 3. - Основные теплофизические и реологические свойства образцов исследования при нормальных условиях

Растворы	Условные обозначения	Теплопроводность, 10^3 Вт/(м·К)	Плотность, кг/м^3	Коэффициент динамической вязкости, 10^3 Па·с	Коэффициент кинематической вязкости, $10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$
№5	60 % $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$ +40 % H_2O	391	1067	12,34	11,57
№6	50 % $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$ +50 % H_2O	425	1056	10,45	9,89
№7	40 % $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$ +60 % H_2O	459	1044	8,56	8,19
№8	30 % $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$ +70 % H_2O	494	1033	6,67	6,49

Согласно данным, приведенным в таблице 3 можно заключить следующие факты: изменение теплофизических и реологических характеристик растворов для использования в процессе гидразинной обработки технологических аппаратов в теплоэнергетике также наблюдаются при добавке этиленгликоля. В основном изменения характеризуются уменьшением изучаемых характеристик за исключением коэффициента эффективной теплопроводности растворов. Этот факт подтверждается теорией коллоидных растворов.

Таблица 4. – Теплопроводность ($\lambda \cdot 10^3, \text{ Вт/(м·К)} = f(T, p, \text{H}_2\text{O})$) двухкомпонентных растворов (№5) на основе этиленгликоля при высоких параметрах состояния

Т, К	Давление, Р, МПа				
	0,101	4,91	9,81	12,23	14,42
	№5 - (60 % $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$ + 40 % H_2O)				
280	340	343	346	348	353
293	348	351	354	357	360
303	356	359	362	365	368
310	360	361	366	370	373
323	368	371	374	377	381
333	375	378	381	384	388
343	382	385	389	392	395
353	388	390	393	396	400
363	392	395	399	403	406
373	-	398	402	405	409
383	-	401	404	407	410

На основе данных по таблице 4 можно заключить, что теплопроводность образцов без нанопорошка гидразина с повышением температуры, давления и концентрации нанопорошка гидразина растут почти по линейному закону.

4.6. Влияние концентрации нанопорошка гидразина на изменение плотности бинарных растворов (этиленгликоль - вода) при температуре от 280 до 363 К и $p = 0,101 \text{ МПа}$

Как указывалось выше, базовые параметры плотности исследуемых растворов устанавливались эмпирическим путем на опытном оборудовании, тогда как прогнозирование баротермических изменений плотностных характеристик осуществлялось посредством расчетного уравнения Тейта. Результаты экспериментально - теоретически полученных данных по плотности растворов представлены в виде таблице под номерами №5, №8 в таблице 5.

Таблица 5. - Плотность (ρ , кг/м³ = f (T, P, n H₂O)) двухкомпонентных основных растворов (№5, №8) на основе этиленгликоля без внедрения в них нанопорошка гидразина при различных температурах и давлениях

T, K	Давление, P, МПа				
	0,101	4,91	9,81	12,23	14,42
№5 - (60 % C ₂ H ₆ O ₂ + 40 % H ₂ O)					
273	1072	1087	1102	1117	1132
280	1069	1084	1099	1114	1129
293	1067	1082	1097	1112	1127
303	1063	1078	1093	1108	1123
310	1061	1076	1091	1106	1121
323	1059	1074	1089	1104	1119
333	1058	1073	1088	1103	1118
343	1057	1072	1087	1102	1117
353	1056	1071	1086	1101	1116
363	1054	1069	1084	1099	1114
№8 - (30 % C ₂ H ₆ O ₂ + 70 % H ₂ O)					
273	1036	1054	1072	1090	1108
280	1035	1053	1071	1089	1107
293	1033	1051	1069	1087	1105
303	1029	1047	1065	1083	1101
310	1028	1046	1064	1082	1100
323	1027	1045	1063	1081	1099
333	1026	1044	1062	1080	1098
343	1024	1042	1060	1078	1096
363	1020	1038	1056	1074	1092

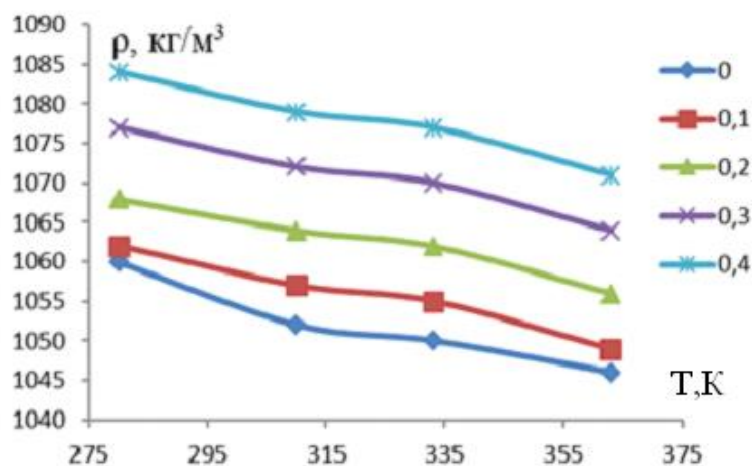


Рисунок 10 - Изменение плотности системы растворов в зависимости от температуры при различных концентрациях нанопорошка

Графическая интерпретация (рис. 10) и табличные сведения (табл. 5) свидетельствуют о том, что диспергирование нанопорошка гидразина приводит к закономерному росту плотности исследуемых растворов пропорционально увеличению его концентрации. Для первых измерений это изменение носит линейный характер, а для последующих изменение наблюдается согласно параболическому закону. Например, добавка 0,2 % нанопорошка гидразина повышает плотность раствора на ~1,4 %, а добавка 0,4 % на ~2,04 %. По нашему мнению, подобного характера изменения зависят от процесса растворения гидразина.

4.7. Опытное исследование влияния внешних параметров (концентрацией, температурой и давлением) на динамическую и кинематическую вязкость растворов нанопорошка гидразина (№5–№8)

Динамическая вязкость растворов изучены при помощи капиллярного вискозиметра с погрешностью 2,6 % при доверительной вероятности $\alpha=0,95$. Результаты исследований представлены на рисунке 11.

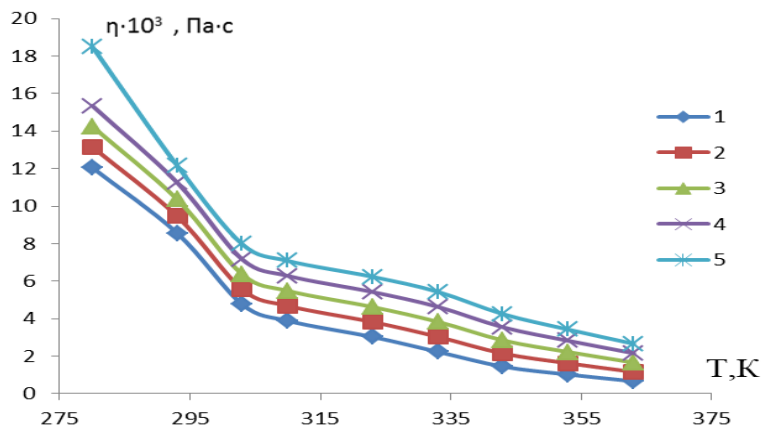


Рисунок 11 - Зависимость коэффициента динамической вязкости двухкомпонентных растворов (образец №7) от температуры и давлениях 0,101 МПа; 4,91 МПа; 9,81 МПа; 12,23 МПа; 14,42 МПа

Нахождение коэффициента кинематической вязкости исследуемых субстанций традиционно базируется на результатах прямых инструментальных измерений их динамической вязкости и плотности, выполняемых в стандартных условиях с применением капиллярных вискозиметров и денсиметров. Результаты вычисления кинематической вязкости водных растворов этиленгликоля с и без добавки нанопорошка гидразина при изменении температуры и давления опыта представлены в таблице 6.

Таблица 6. - Коэффициент кинематической вязкости ($\nu \cdot 10^{-6}$, $\text{м}^2/\text{с} = f(T, P, n_{\text{H}_2\text{O}})$) двухкомпонентных водных растворов этиленгликоля (№5, №8) с внедрением в них нанопорошка гидразина (0,4 %) при различных температурах и давлениях

Т, К	Давление, Р, МПа				
	0,101	4,91	9,81	12,23	14,42
	№5 - [(60 % C ₂ H ₆ O ₂ + 40 % H ₂ O) + 0,4 % N ₂ H ₄]				
280	15,35	16,21	17,07	17,87	18,67
293	11,97	12,69	13,42	14,74	17,06
303	8,59	9,18	9,76	11,61	11,45
310	6,49	7,36	7,82	9,09	9,34
323	4,40	5,53	5,87	6,56	7,24
333	3,38	4,39	4,75	5,43	6,1
343	2,36	3,25	3,63	4,29	4,96
353	1,72	2,46	2,95	3,55	4,16
363	1,07	1,67	2,26	2,81	3,35
№8 - [(30 % C ₂ H ₆ O ₂ + 70 % H ₂ O) + 0,4 % N ₂ H ₄]					
280	10,84	11,77	12,70	13,58	14,46
293	7,78	8,61	9,43	10,22	11,00
303	4,72	5,44	6,16	6,85	7,54
310	3,60	4,35	5,09	5,80	6,50
323	2,48	3,26	4,03	4,75	5,46
333	1,78	2,52	3,25	3,93	4,61
343	1,08	1,77	2,46	3,11	3,75
353	0,82	1,40	1,98	2,55	3,12
363	0,56	1,03	1,50	1,99	2,49

Как видно из результатов, приведенных в таблице 6, с ростом концентрации нанопорошка гидразина в растворе системы этиленгликоля и воды коэффициент кинематической вязкости растет по линейному закону.

4.8. Коэффициент адсорбции нанопорошка гидразина

Как уже отмечалось, для изучения кинетических свойств наших растворов мы воспользовались установкой, описанной в главе 2.4 (рисунок 4), общая относительная погрешность измерения которой при $\alpha = 95\%$ составляет 0,01 %. Результаты исследования коэффициента адсорбции нанопорошка гидразина в виде графика представлена ниже (рис. 12). Для проведения опытов выбрана 6 проб нанопорошка гидразина. Для удобства их применения мы обозначили образцы порядковым номером: №1 - 0,5 г; №2 - 1 г; №3 - 1,5 г; №4 - 2 г; №5 - 2,5 г; №6 - 3 г.

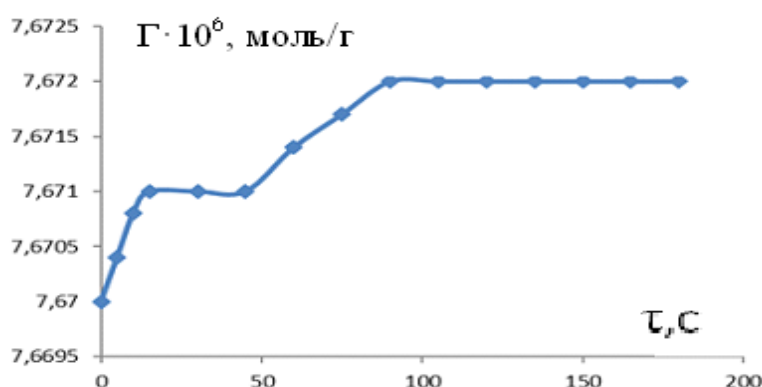


Рисунок 12 - График зависимости коэффициента адсорбции образца №4 от времени выдержки в сетке прибора

Как видно из рисунка 12, график зависимости имеет ступенчатый вид и напоминает процесс кристаллизации твердых тел.

4.9. Зависимость числа Прандтля водных растворов этиленгликоля от концентрации нанодобавок гидразина и термического фактора в изобарических условиях

Согласно проведенным исследованиям теплофизических параметров и теоретическим обоснованиям нашим ниже представлены соответствующие результаты для водных растворов этиленгликоля с добавлением нанопорошка гидразина модифицированного состава № 8 (включая коэффициенты теплопроводности, плотности, кинематического и динамического трения, а также безразмерное число Прандтля) в широком термическом диапазоне и при барометрическом давлении систематизированы в таблице 7.

Таблица 7. – Влияние термического фактора на комплекс теплофизических свойств водно-этиленгликолевых сред, допированных 0,4 мас. % наноразмерных частиц гидразина (для образца № 8 при $P = 0,101$ МПа)

T, K	$\rho, \text{кг/м}^3$	$\lambda, 10^3$ $\text{Вт/(м} \cdot \text{К)}$	$\eta \cdot 10^3$, $\text{Па} \cdot \text{с}$	$\alpha \cdot 10^7$ $\text{м}^2 / \text{с}$	$\nu \cdot 10^6$, $\text{м}^2 / \text{с}$	$Pr = \frac{\nu}{\alpha}$
280	1064	509	11,54	3,68	10,84	29,45
293	1062	522	7,36	3,72	7,78	20,91
303	1058	530	4,90	3,76	4,79	12,74
310	1057	548	3,80	3,80	3,60	9,47

Продолжение таблица 7						
323	1056	556	2,62	3,82	2,48	6,49
333	1055	564	2,01	3,84	1,79	4,66
343	1054	570	1,14	3,86	1,08	2,90
353	1050	575	0,83	3,90	0,82	2,10
363	1049	579	0,59	3,94	0,56	1,42

Глава 5. Обобщение, анализ и аппроксимация экспериментальных данных по термофизическим и вязкостно-текучим характеристикам жидких систем в широком диапазоне параметров состояния

Пятая глава посвящена анализу и соответствующим методикам обработки и обобщения полученных экспериментально данных. Представлены расчетные способы таких параметров как плотность, теплопроводности адсорбирующие свойства образцов исследования в зависимости от концентрации нанопорошка гидразина.

5.1. Математическая обработка и компаративный анализ результатов исследования теплопроводности системы этиленгликоль–вода с наноразмерными добавками гидразина

Итоги эмпирического определения коэффициента теплопроводности исследуемых композиций в изобарических условиях при различных термических режимах были структурированы следующим образом.

$$\frac{\lambda}{\lambda_1} = f\left(\frac{T}{T_1}\right), \quad (8)$$

где λ и λ_1 — коэффициенты теплопроводности анализируемых составов при соответствующих температурах T (К) и T_1 (К); при этом реперная температура составляет $T_1 = 323$ К.

Справедливость математического соотношения (8) в формате графической интерполяции проиллюстрирована на рисунке 13. В ходе аналитической обработки полученных трендов выявлено, что величина λ_1 выступает в роли параметра, отражающего массовую долю (концентрацию) гидразина в исследуемой системе (рис. 14).

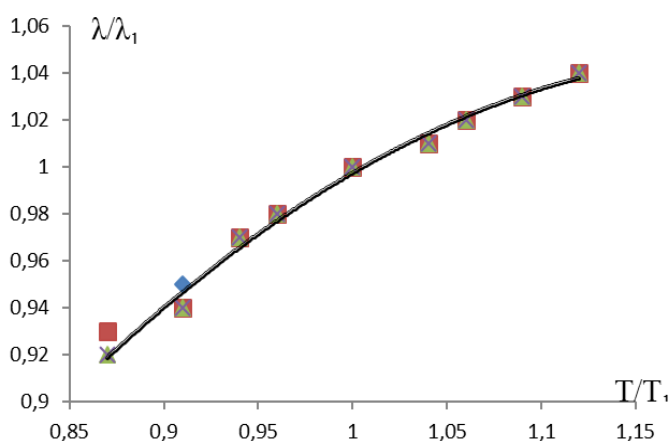


Рисунок 13. - Изменение относительной теплопроводящей способности (λ/λ_1) образцов как функция относительного температурного фактора (T/T_1) №5 - (60 % $C_2H_6O_2$ + 40 % H_2O); №6 -(50 % $C_2H_6O_2$ + 50 % H_2O); №7 - (40 % $C_2H_6O_2$ + 60 % H_2O); №8 - (30 % $C_2H_6O_2$ + 70 % H_2O)

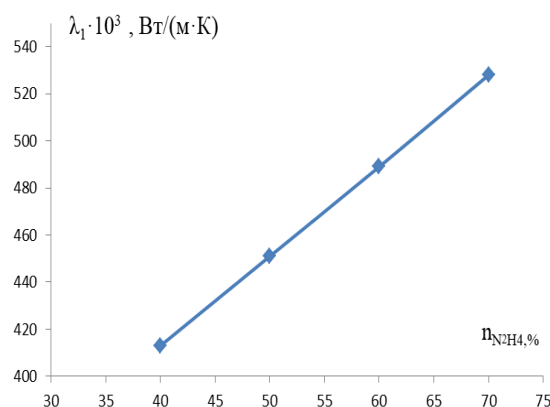


Рисунок 14. - Зависимость λ_1 образцов от концентрации нанопорошка гидразина (n)

Кривая на рисунке 13 имеет следующее выражение:

$$\frac{\lambda}{\lambda_1} = \left[-1,073 \left(\frac{T}{T_1} \right)^2 + 2,613 \left(\frac{T}{T_1} \right) - 0,542 \right] \quad (9)$$

а прямая на рисунке 14 имеет вид:

$$\lambda_1 = (3,83n^2 + 259,6) \cdot 10^{-3}, \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}. \quad (10)$$

При соответствующей подстановке получим:

$$\lambda = \left[-1,073 \left(\frac{T}{T_1} \right)^2 + 2,613 \left(\frac{T}{T_1} \right) - 0,542 \right] (3,83n^2 + 259,6) \cdot 10^{-3}, \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)} \quad (11)$$

Полученное уравнение (12) служит для численного определения теплопроводности образцов (№5, №6, №7, №8) рассчитывается с погрешностью 3,29% в зависимости от температуры и концентрации.

5.2. Математическое моделирование и анализ результатов эмпирического определения плотности изучаемых объектов

Экспериментальный массив значений плотности, зафиксированный в условиях барометрического давления и варьируемых температурных режимов, был систематизирован в виде графической зависимости, представленной на рисунке 15:

$$\frac{\rho}{\rho_1} = f\left(\frac{T}{T_1}\right), \quad (12)$$

где ρ и ρ_1 — плотность исследуемых составов при текущей температуре T (К) и реперной температуре T_1 (К) соответственно; при этом базовая температура принята равной $T_1 = 323$ К.

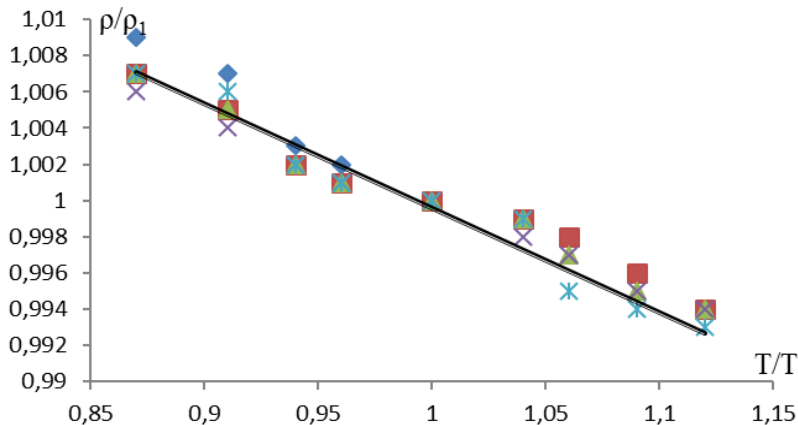


Рисунок 15. - Изменение относительной плотности (ρ/ρ_1) образцов как функция относительного температурного фактора (T/T_1)

Анализ плотности растворов системы «этиленгликоль – вода – нанопорошок гидразина» на основе графоаналитической обработки (рис. 16) позволил сформулировать обобщённое аппроксимационное уравнение:

$$\rho = \left[-0,057 \left(\frac{T}{T_1} \right) + 1,057 \right] \cdot [16,294 \ln(n_{N_2H_4}) + 1141,3], \text{ кг/м}^3 \quad (13)$$

На основе уравнения (13) осуществлен расчет плотности исследуемых растворов (№ 5–8) как в чистом виде, так и с введением нанопорошка гидразина при различных термодинамических параметрах. Достоверность аппроксимации подтверждается средним значением погрешности, составляющим 0,09% (данные сопоставления приведены в таблице 8).

Таблица 8. – Результаты верификации расчетной модели плотности для этиленгликоль-водных композиций с добавлением наноструктурированного гидразина (состав № 8) при $P = \text{const}$

$T, \text{ К}$	280	293	303	310	323	333	343	363
$\rho, \text{ кг/м}^3$, эксперимент	1129	1128	1123	1122	1121	1120	1116	1114

Продолжение таблица 8								
$\rho, \text{кг/м}^3$, расчёт по уравнению (14)	1129	1126,5	1124,1	1120	1120,8	1118,2	1115	1113
$\Delta, \%$	0	0,14	0,09	0,18	0,02	0,16	0,09	0,08
Среднее значение погрешности расчета уравнением (14), %	0,09							

5.3. Математическое моделирование и аппроксимация результатов измерения динамической вязкости водно-этиленгликолевых сред под воздействием нанодисперсного гидразина

Для обработки динамической вязкости мы использовали следующий соотношение:

$$\frac{\eta}{\eta_1} = f\left(\frac{T}{T_1}\right), \quad (14)$$

Корректность аппроксимирующего соотношения (14) графически проиллюстрирована на рисунке 16. Представленные зависимости наглядно демонстрируют хорошую сходимость экспериментальных точек с обобщающей кривой, математическое описание которой выражается следующим уравнением

$$\frac{\eta}{\eta_1} = \left[A \cdot \left(\frac{T}{T_1} \right)^2 - B \left(\frac{T}{T_1} \right) + C \right], \quad (15)$$

здесь А, В и С - коэффициенты уравнения.

Анализом η_1 было установлено, что оно носит концентрационный характер изменения нанопорошка гидразина в водном растворе этиленгликоля (рис 17).

Для кривой на рисунке 17, было получено следующее уравнение:

$$\eta_1 = [0,8757 (n_{N_2H_4})^2 + 1,1357(n_{N_2H_4}) + 5,5797] \cdot 10^{-3}, \text{Па} \cdot \text{с} \quad (16)$$

Подставив уравнение (16) в (17) получим:

$$\eta = \left[A \left(\frac{T}{T_1} \right)^2 - B \left(\frac{T}{T_1} \right) + C \right] \cdot [0,8757 (n_{N_2H_4})^2 + 1,1357(n_{N_2H_4}) + 5,5797] \cdot 10^{-3}, \text{Па} \cdot \text{с} \quad (17)$$

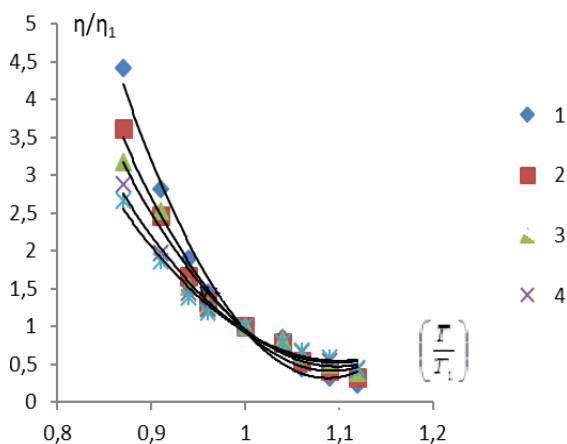


Рисунок 16 - Изменение относительной динамической вязкости (η/η_1) образцов как функция от относительного температурного фактора (T/T_1) 1 - 0,1 % N_2H_4 ; 2 - 0,2 % N_2H_4 ; 3 - 0,3 % N_2H_4 ; 4 - 0,4 % N_2H_4

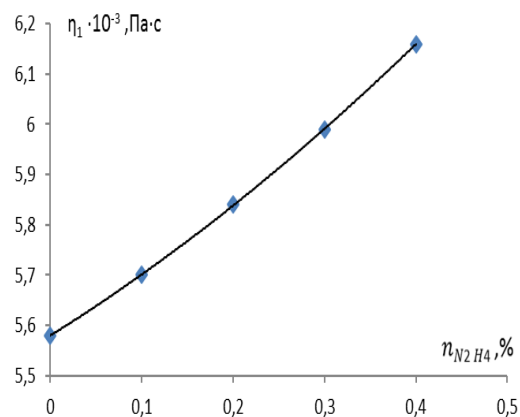


Рисунок 17 - Зависимость η_1 образцов от концентрации нанопорошка гидразина в водном растворе этиленгликоля

Таким образом, полученное выражение (17), можно использовать для численного определения динамической вязкости опытных исследованных образцов с изменением температуры при атмосферном давлении. Чтобы выполнить соответствующий расчет надо знать концентрацию нанопорошка и расчетную температуру опыта. Расчет с помощью данного уравнения производится с погрешностью до - 7,32 %, а для некоторых точек погрешность составляет до 15,6 %.

5.4. Математическое моделирование и аппроксимация результатов измерения кинематической вязкости растворов на основе этиленгликоля с различной концентрацией нанопорошка гидразина

Результаты расчетного исследования кинематической вязкости образцов были обобщены следующим образом:

$$\frac{\nu}{\nu_1} = f\left(\frac{T}{T_1}\right) \quad (18)$$

$$\nu = \left[A\left(\frac{T}{T_1}\right)^2 - B\left(\frac{T}{T_1}\right) + C \right] \cdot [-0,0714(n_{N_2H_4})^2 + 0,1586(n_{N_2H_4}) + 5,4086] \cdot 10^{-6}, \text{ м}^2 / \text{с} \quad (19)$$

Таким образом, полученное выражение (19), можно использовать для численного определения кинематической вязкости опытных исследованных образцов с изменением температуры при атмосферном давлении. Чтобы выполнить соответствующий расчет надо знать концентрацию нанопорошка и расчетную температуру. Погрешность расчета кинематической вязкости в данном случае доходит до 9,01 %, лишь для некоторых точек она доходит до 18 %.

В приложении представлены таблицы с итогами сравнительного анализа экспериментально полученных с расчетными данными, полученных с помощью эмпирических уравнений по теплопроводности, кинематической и динамической вязкости и коэффициенту адсорбции исследуемых объектов. Приводятся акты о внедрении результатов исследовательской работы.

Выводы

1. Выполнена техническая доработка прототипов лабораторного оборудования, служащего для исследования макроскопических характеристик (вязкостных свойств, плотности и теплопроводящей способности) жидких сред при варьировании температурных (273–363 К) и барических (0,101–14,42 МПа) параметров состояния. С учетом физико-химических особенностей тестируемых субстанций проведена оптимизация экспериментальных установок для измерения теплопроводности методом установившегося теплового режима, а также плотности посредством гидростатического метода [7-А, 8-А, 11-А, 12-А].

2. В ходе выполнения работы осуществлено усовершенствование базовых узлов измерительного комплекса, задействованного для определения макроскопических параметров (эффективной теплопроводности, плотности, а также динамического и кинематического трения) жидкофазных сред в интервале температур 273–363 К и давлений до 14,42 МПа. Учитывая структурно-химические особенности анализируемых систем, авторами внесены конструктивные изменения в опытные стенды, реализующие метод стационарного теплового потока (для регистрации теплопроводности) и метод гидростатического взвешивания (для фиксации объемно-массовых свойств) [7-А, 8-А, 11-А, 12-А].

3. В результате проведенных изысканий было зафиксировано увеличение теплопроводности растворов в среднем на 13,75 % при изменении температурного режима в пределах от 273 до 363 К [1-А, 16-А, 20-А, 25-А]

4. Констатируется, что введение 0,1 % нанопорошка гидразина в водный раствор этиленгликоля обуславливает прирост теплопроводности, достигающий 11,9 %. При концентрации 0,4 % нанопорошка гидразина в растворе, в условиях $T = 363$ К и $P = 14.42$ МПа, общая теплопроводность системы возрастает до 17,4 % [1-А, 4-А, 16-А, 22-А, 25-А].

5. На базе полученного массива экспериментальных данных по плотностным и термическим параметрам исследуемых растворов осуществлено математическое моделирование ключевых термодинамических характеристик в интервале температур 273–363 К и давлений до 14,42 МПа при варьировании концентрации нанодисперсной фазы гидразина до 0,4 мас. %. Дополнительно верифицирована корректность и доказана высокая адекватность используемых расчетно-теоретических методик определения теплопроводности, вязкостных свойств, плотности и безразмерного критерия Прандтля [4-А, 8-А, 9-А, 7-А, 13-А].

6. Путем анализа, обработки и обобщения полученных экспериментальных результатов и соответствующих теоретических закономерностей были выведены аппроксимирующие уравнения, представляющие собой модифицированный вариант уравнения Тэйта. С опорой на эти эмпирические и полуэмпирические соотношения появилась возможность численного определения теплопроводности (с погрешностью $\sigma_{\lambda} = 3,6$ %), динамической вязкости ($\sigma_{\overline{c_p}} = 4,5$ %) и кинематической вязкости ($\sigma_{\overline{c_p}} = 3,5$ %) исследуемых растворов, как функции температуры, давления и концентрации нанопорошка гидразина [1-А, 2-А, 3-А, 6-А, 12-А].

7. Установлено, что при введении нанопорошка гидразина в объеме до 0,4 % в водно-этиленгликолевую смесь (состоящую из 30 % этиленгликоля и 70 % воды) в температурном диапазоне 280–363 К, наблюдается уменьшение кинематической вязкости на 94,8 %. При этом, введение того же нанопорошка гидразина в данных температурных рамках приводит к снижению плотности раствора на 1,4 % [1-А, 3-А, 6-А, 28-А]. Экспериментальные данные свидетельствуют о том, что в пределах температур 280 – 363 К, в случае введения 0,4 % нанопорошка гидразина в водный раствор этиленгликоля (30% этиленгликоль + 70% вода), теплопроводность увеличивается на 13,75 % [1-А, 4-А, 16-А, 25-А].

8. Ключевые результаты, полученные в ходе теоретических и практических исследований, были внедрены в практическую деятельность и интегрированы в образовательный процесс Таджикского государственного педагогического университета имени С. Айни, а также Института промышленности Министерства промышленности и новых технологий Республики Таджикистан. Подтверждающие акты о внедрении прилагаются [1-А – 31-А].

Рекомендации по практическому применению результатов исследования

1. Были подготовлены соответствующие таблицы, отображающие теплофизические (теплопроводность, плотность) и реологические (динамическая и кинематическая вязкость) характеристики трехкомпонентных смесей гидразинового порошка. Эти данные зависят от массы гидразина и варьируются в температурном диапазоне от 270 К до 363 К, а также включают коэффициент адсорбции нанопорошков гидразина при стандартной комнатной температуре. Данные таблицы рекомендованы для использования в качестве справочных материалов при выполнении расчетов, связанных с процессами тепло- и массообмена и соответствующим оборудованием.

2. Разработанное аппроксимационное уравнение может быть использовано как для точного вычисления, так и для адекватного прогнозирования теплофизических и реологических характеристик тех тернарных систем (в форме порошка), свойства которых ранее не изучались. Это достигается путем учета изменений параметров состояния и концентрационного состава компонентов исследуемой системы.

3. Полученные научные результаты были успешно интегрированы в практическую деятельность: в Промышленном институте при Министерстве промышленности и новых технологий Республики Таджикистан, а также в Таджикском государственном педагогическом университете имени Садриддина Айни. Это включает их применение при моделировании технологических и термодинамических операций, а также их использование в качестве эталонных сведений в образовательном процессе (соответствующие акты о внедрении имеются в наличии).

I. Научные статьи, опубликованные в рецензируемых научных журналах, утверждаемых ВАК РФ и ВАК при Президента РТ:

[1-А]. **Рафиев, С.С.** Взаимосвязь между коэффициентом теплопроводности и диэлектрической проницаемости водных растворов этиленгликоля / С.С. Рафиев, Х.Х. Назарзода, М.М. Сафаров. // Вестник Бохтарского Государственного университета имени Носира Хусрава (научный журнал) серия естественных наук. Бохтар, 2026, №2/1 (144) – С. 88 - 92. ISSN: 2663-6417

[2-А]. **Рафиев, С.С.** Влияние нанопорошка гидразина на изменение энергии Гиббса в тернарных системах. / Х.Х. Ойматова, Ш.Р. Сафаров, Дж. Ф. Собиров, М.М. Сафаров, С.С. Рафиев. // Сборник трудов. Инновация, Наука, Образования, (научный журнал) М. 2021, №27, - С.917 - 925. ISSN: 2687-1068

[3-А]. **Рафиев, С.С.** Кинематическая вязкость теплоносителей, внедренных в них нанопорошка гидразина. / С.С. Рафиев. // Вестник Бохтарского Государственного университета имени Носира Хусрава (научный журнал) серия естественных наук. Бохтар, 2021, №2/4 (93) – С. 54 - 58. ISSN: 2663-6417

[4-А]. **Рафиев, С.С.** Расчет одного из основных термодинамических потенциалов (энергии Гельмгольца) тернарных систем. / Ш.Р. Сафаров, Х.Х. Ойматова, С.С. Рафиев, М.М. Сафаров, М.А. Файзова. // Научные тенденции: Вопросы точных и технических наук (Сборник научных трудов), Санкт -Петербург, 2020, - С. 19 - 21. ISSN: 001-000001-0668-ТТ

[5-А]. **Рафиев, С.С.** Коэффициент адсорбции нанопорошка гидразина в адсорбенте воды при различном времени увлажнения. / С.С. Рафиев, М.М. Сафаров, Ш.З.

Нажмуудинов. // Вестник Технологического университета Таджикистана. ТУТ, Душанбе, 2019, №2, (37) - С. 22 - 28. ISSN: 2707-8000

[6-А]. Рафиев, С.С. Анализ применимости уравнения Тейта к различным классам веществ в конденсированном состоянии на примере плотности. II. Вычисление плотности. / М.М. Сафаров, Т.Р. Тиллоева, С.С. Рафиев, М.М. Гуломов, Р. Д. Давлатов, Д.Ш. Хахимов, А.Р. Раджабов, С.С. Хасанова, Д.Ш. Раджабова, Х.Х. Ойматова, З.К. Хусайнов // ТНУ, Душанбе - 2018, №2,- С.92 - 98. ISSN: 2413-452X

[7-А]. Рафиев, С.С. Модель цилиндрического контакта с плоской подложкой и расчет эффективной теплопроводности нанонити. / М.М. Сафаров, С.С. Рафиев, Д.Ш. Хахимов, Дж.Ф. Собиров, С.Х. Мирзоев, Н.Б. Давлатов, М.М. Гуломов, С.Г. Ризоев, Р.Дж. Давлатов // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. Душанбе, 2018, №2, - С. 122 - 127. ISSN: 2413-452X

[8-А]. Рафиев, С.С. Влияние воды на изменение коэффициента поверхностного натяжения этиленгликоля при атмосферном давлении /М.М. Сафаров, Х.Х. Назарзода, С.С. Рафиев, М.М. Гуломов // Вестник ТНУ. Серия естественных наук, Душанбе, 2017, №2,- С.97 - 101. ISSN: 2413-452X

[9-А]. Рафиев, С.С. Способ обобщения коэффициента адсорбции зернистых материалов (способ Сафарова М.М.) / С.С. Абдуназаров, С.С. Рафиев, Х.Х. Назаров, М.А. Зарипова, Д.А. Назримадов, А.Г. Мирзомамадов, Махмадали К, С.Г. Ризоев, М.Т. Тургунбоев, М.А. Абдуллоев // Вестник Таджикского национального университета, (научный журнал) Серия естественных наук, Душанбе, Сино, 2017, №1/2, - С. 132 - 137. ISSN: 2413-452X

Малый патент Республики Таджикистана

[10-А]. Рафиев, С.С. Устройства для определения коэффициента теплопроводности наножидкостей. Патент Республики Таджикистан. / Сафаров М.М., М.М. Гуломов, С.С. Рафиев, Д.Ш. Раджабова, А.Р. Раджабов, Дж.Ф. Собиров, С.Х. Мирзоев, М.А. Зарипова, Б.Г. Файзиев, Р.Дж. Давлатов. Д.Ш.Хахимов, М.А. Абдуллоев. // Патент Республики Таджикистан № TJ 923, 2017. - 5с

[11-А]. Рафиев, С.С. Комплексная солнечная установка для получения тепловой и электрической энергии. / С.С. Рафиев, Д.Ш. Раджабова, М.М. Сафаров., А.Р. Раджабов, Б.М. Махмадиев, Назарзода Х.Х., Зарипова М.А., Гуломов М.М., Давлатов Р.Дж., Хахимов Д.Ш., Абдуллоев М.А. // Патент Республики Таджикистан № TJ 919, 2017. - 5с.

[12-А]. Рафиев, С.С. Устройства слежения за солнцем. / Сафаров М.М., Абдурахмонов А.Я., Абдуллоев Б.Т., Одинаев Н.Х., Каримзода Дж.Х., Сафаралиев М.Д., Абдуллоев И.Т., Назарзода Х.Х., Зувайдуллозода Ф.З., Рафиев С.С. Фохаков А.С. // Патент Республики Таджикистан №1202, 2018.-5с.

[13-А]. Рафиев, С.С. Способ определения коэффициента адсорбции наноматериалов. / Сафаров М.М., Абдуназаров С.С., Рафиев С.С., Зарипова М.А., Зарипов Дж.А., Махмадов С.А., Зоиров Х.А., Тиллоева Т.Р., Давлатов Н.Б., Сафаров П.М., Неъматов Г.Н. // Патент Республики Таджикистан № TJ 1279, 2021. - 9с.

[14-А]. Рафиев, С.С. Установка для автоматизированного определения теплопроводности твердых тел. / Сафаров М.М., Саидзода К.Б., Рафиев С.С, Сафаров Ш.Р., Зарипов Дж.А., Зарипова М.А., Шарипов С.М., Тиллоева Т.Р., М. Джабборзода.,

Махмадиев Б.М., Умарализода М.У., Сафаров М.М. // Патент Республики Таджикистан № TJ 1185, 2021.-7с.

II. Статьи и тезисы в других научных изданиях:

[15-A]. Рафиев, С.С. Адсорбционные, теплофизические, термодинамические свойства некоторых наночастиц и их влияние на поведение теплоносителей. / М.М. Сафаров, Т.Р. Тиллоева, З.Ю. Норов, С.С. Рафиев, Х.Х. Назаров, Н.Б. Давлатов, С.А. Назруллоев, М.А. Зарипова, С.Г. Ризоев, З.Н. Едалиева, Ф.С. Давлатзода, Д.С.Джураев, М.М. Холиков, Д.Ш. Хакимов, Д.А. Назримадов. // 10 школа - семинар молодых ученых и специалистов академика РАН В.Е. Алемасова “Проблемы тепло-массообмена и гидродинамики в энергомашиностроении”, Казань, 2016 - С.217 - 220.

[16-A]. Rafiev, S.S. Influence of carbon nanotubes, nanometallic to exchange thermophysical and thermodynamics properties of hydrazinehydrate (rocket fuel) in dependence temperature and pressures. / M.M. Safarov, H.A. Zoirov, T.R. Tilloeva, Z.U. Norov, B.M. Mahmadiyev, S.S. Rafiev. // Conference book, 10 ICTP, “Thermophysical properties measurements in the quality control of sub-stances, materials and products». Dushanbe - Tashkent, 3 - 8 october 2016. - P.201-218.

[17-A]. Rafiev, S.S. Computer modeling of heat transfer process for nanofluids/ M.M. Safarov, M.M. Gulomov, D.Sh. Rajabova, S.S. Rafiev // 4 International computer simulation, China, 2017, - p. 56.

[18-A]. Рафиев, С.С. Влияние наночастиц на изменение теплопроводности, температуропроводности диэтилового эфира включая критическое и закритической области параметров состояния. / М.М. Сафаров, М.М. Гуломов, Дж.Ф. Собиров, С.С. Рафиев. // Материалы международной конференции фазовые переходы, критические и нелинейные явления в конденсированных средах. / г.Махачкала, 6 - 9 сентября 2017.- С.433 - 436.

[19-A]. Rafiev, S.S. Thermodynamic properties of nano fluids in dependence temperature and pressures. / M.M. Safarov, M.A. Zaripova, T.R. Tilloeva, S.S. Rafiev e.t.//6th Rostock International Conference: THERMAL 2017 “Thermo-physical Properties for Technical Thermodynamics” Institute of Technical Thermodynamics University of Rostock, Germany, 17– 18 July 2017, - P.77.

[20-A]. Рафиев, С.С. Уравнение типа Тейта для расчета плотности жидкостей, растворов при различных температурах и давлениях. / М.М. Сафаров, М. М. Гуломов, Д.Ш. Хакимов, С.С. Рафиев, А.Р. Раджабов. // Материалы научно - практической конференции “8 Ломоносовских чтения”, Филиал МГУ имени М.В. Ломоносова в г, Душанбе, 27 - 28 апреля 2018 - С.34-38.

[21-A]. Рафиев, С.С.. Физико - химические и адсорбционные свойства жидкого гидразина и хлорида гидразина. / М.М. Сафаров, С.С. Рафиев, Ш.Р. Сафаров, З.К. Хусайнов. // Международной научно - практической конференции “Актуальные проблемы преподавания математики и естественных наук в кредитной системы обучения” КТГУ имени Носира Хусрава, Бохтар, 2018- С. 458 - 461.

[22-A]. Рафиев, С.С. Определение коэффициента поверхностного натяжения растворов методом Ребиндера. / М.М. Сафаров, А.Р. Раджабов, С.С. Рафиев // Международный водноэнергетический форум - 2018, КГЭУ, Т. 1.29 октября - 2 ноября 2018, Казань, Россия - (2018). - С.137 (Scopus).

[23-А]. Рафиев, С.С. Влияние металлических наночастиц на изменение реологических свойств углеводов. / М.М. Сафаров, Х.Х. Ойматова, Ш.Р. Сафаров, С.С. Рафиев, С.С. Джумъев // 6 Международной научно - технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов “Энергосберегающие и эффективность в технических системах”, Тамбов, 3 - 5 июня 2019, - С.72 - 73.

[24-А]. Рафиев, С.С. Влияние нанопорошка гидразина на изменение энтропии тернарных системы кремниевой кислоты и многослойных углеродных нанотрубок. / М.М. Сафаров, Ш.Р. Сафаров, Х.Х. Ойматова, С.С. Рафиев, Ш.З. Нажмиддинов // Материалы 4 Международной научной конференции: «Вопросы физической и координационной химии» Посвященной памяти докторов химических наук, профессоров Якубова Хаида Мухсиновича и Юсуфова Зухуриддина Нуриддиновича, 3 - 4 мая 2019. - С.195 - 202.

[25-А]. Рафиев, С.С. Вклад нанотрубок и сажи на поведение реологических и термодинамических свойств простых эфиров и хладагентов. / М.М. Сафаров, Б.А. Тимеркаев, Х.Х. Ойматова, С.С. Рафиев, Ш.Р. Сафаров // 6 Международной научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов “Энергосберегающие и эффективность в технических системах”, Тамбов, 3 - 5 июня 2019, - С.169 – 17

[26-А]. Рафиев, С.С. Комплексная солнечная установка для получения тепловой и электрической энергии. / Ф. Абдужалилзода, М.М. Сафаров, А.Р. Раджабов, С.С. Рафиев // Материалы Международной конференции “Фазовые переходы, критические и нелинейные явления в конденсированных средах”, Махачкала, 15 - 20 сентября 2019, - С. 420 - 422.

[27-А]. Рафиев, С.С. Влияние нанопорошка гидразина на изменение энтропии, удельной теплоты плавления тернарных систем. / Х.Х. Ойматова, Ш.Р. Сафаров, С.С. Рафиев, М.М. Сафаров, Б.А. Тимеркаев // Материалы Международной научной конференции «Современные проблемы естественных и гуманитарных наук и их роль в укреплении научных связей между странами», посвящённой 10 - летию Филиала МГУ имени М.В. Ломоносова в г. Душанбе (10 - 11 октября 2019г.) - С.109 -113.

[28-А]. Рафиев, С.С. Математические модели динамики адсорбции нанопорошка гидразина. / М.М. Сафаров, С.С. Рафиев. // Материалы Международной научной конференции на тему «Современные проблемы математики и методика её преподавания» посвященная 25 – летию Конституции Республики Таджикистан и 80 – летию доктора педагогических наук, профессора Шарифзода Джума Шариф (г. Бохтар, 18-19 октября 2019 г.). - С. 66 - 68.

[29-А]. Рафиев, С.С. Расчет одного из основного термодинамических потенциалов (энергии Гельмгольца) тернарных систем. / Ш.Р. Сафаров, Х.Х. Ойматова, С.С. Рафиев, М.М. Сафаров. // Сборник научных трудов 29 международной научной конференции “Научные тенденции: Вопросы точных и технических наук”, Санкт Петербург 12 июля 2020г. - 2020. - С.19 - 20 (doi: 10. 18411 / sciencepublic – 12 – 07 – 2020 - 03) idsp: science public – 12 – 07 – 2020 - 03, Scopus

[30-А]. Rafiev, S.S. Effect of hydrazine nanopowder on change of adsorption properties of ternary systems during water vapour wetting at room temperature. / H.H. Oymatova, Sh.R. Safarov, S.S. Rafiev. // IARIA, 2CFP, ICQNM - 2020, 15 - 19 November, 2020, Ispane, Valenciya, 2020. - p. 34.

[31-А]. Рафиев, С.С. Влияние нанопорошка гидразина на изменение адсорбционных свойства тернарных систем в процессе увлажнения паров воды при комнатной температуре. / Х.Х. Ойматова, Ш.Р. Сафаров, С.С. Рафиев, М.М. Сафаров. // Материалы 10 научно - практической конференции “Ломоносовские тени”, посвященной 75 - летию Победы в великой Отечественной войне (1941 – 1945 г), Ч.1., Душанбе, 25 - 26 сентября 2020 г. - С.53 - 58.

Список использованной литературы

1. Давлатов, Р.Дж. Физико - химические свойства технически важных полимерных растворов / Давлатов Р.Дж. // Дисс.доктор PhD. Душанбе.- 2020. 178с.
2. Штехер, М.С. Топлива и рабочие тела ракетных двигателей. / М. С.Штехер // – М.: Машиностроение, 1976. – 302 с.
3. Зарипова, М.А. Теплофизические и термодинамические свойства водных растворов гидразина и фенилгидразина. / М.А. Зарипова //Монография. Душанбе, 2007.-129с.
4. Голубев, И.Ф. Тр. ЭНИ им. Есьмана АН Аз ССР. / И.Ф. Голубев, Я. М. Назиев. // Баку. - 1962. - Т 15. - С. 70 – 73.
5. Ахундов, Т.С. Теплопроводность ароматических углеводородов в зависимости от температуры и давления. / Т.С. Ахундов, Н.Э. Гасанова. // Изв. вузов. Нефть и газ. - 1963. - № II. - С.67 – 69
6. Давлатов, Н.Б. Плотность и уравнение состояния бинарных водных растворов ($0,5 \text{ N}_2\text{H}_4 + 0,5 \text{ H}_2\text{O}$) мол. / М.М. Сафаров, Н.Б. Давлатов, М.А. Зарипова. // Материалы 10 Международной теплофизической школы, 3 - 8 октября 2016 г., “Теплофизические исследования и измерения при контроле качества веществ, материалов и изделий”. Душанбе - Тамбов, 2016. - С. 335 -340.
7. Гусейнов, К.Д. Исследование термодинамических свойств ряда кислотосодержащих органических веществ в широком интервале параметров состояния: / Камал Дадаш огли Гусейнов. // Дисс....д - ра техн. наук, Баку, - 1979.–392с.
8. Сафаров, М.М. Влияние некоторых наноразмерных амфотерных оксидов на изменение тепло - электро - и термодинамических свойств гидразингидрата. / М.М. Сафаров, Х.А. Зоиров. // Монография. Душанбе. - 2016. - 229с.
9. Голубев, И.Ф. Измерение плотности азота и водорода при низких температурах и высоких давлениях. / И.Ф. Голубев, О.А. Добровольский // Газовая промышленность. – 1964. - № 5. –С.43 – 48.
10. Зарипова, М. А. Влияние наночастиц на изменение теплофизических, термодинамических свойств некоторых кислородосодержащих, азотосодержащих органических жидкостей при различных температурах и давлениях. / Мохира Абдусаломовна Зарипова. //Автореф. Дисс. ...д-ра техн. наук. Казань – 2016. - 43с.
11. Сафаров, М.М. Теплофизические свойства простых эфиров в широком интервале параметров состояния (теплопроводность и плотность). / М. М. Сафаров, К.Д. Гусейнов. // Монография - Душанбе, 1996.- 196с.
12. Зарипова, М.А. Экспериментальные установки для измерения теплопроводности и плотности водных растворов гидразина и фенилгидразина. / М.М. Сафаров, Иман Бахроми Маниш, А.Н. Нурматов. // Монография: - Иран. - Изд. Эсхаг, Тегеран, пл. Энгилаб, 2013.- 238с.

13. Лабинов, М. С. Уравнение состояния этилена при высоких давлениях. / М.С. Лабинов, В.М. Сысоев, А.В. Чалый. // Физика жидкого состояния. – Киев, 1973. – №4. – С. 47 – 50.
14. Сафаров, М.М. Способ и устройства для определения коэффициента адсорбции ферромагнетных наночастиц в зависимости от температуры при атмосферном давлении. / М.М. Сафаров, М.М. Холиков, З.Ю. Норов, Т.Р. Тиллоева, и др. // Патент Республики Таджикистан Патент Республики Таджикистан № TJ 824, 2016. - 3с.
15. Турнер, Д. И. Новый метод поддержания чистоты внутренней поверхности парообразующих труб прямоточных парогенераторов. / Д.И. Турнер. // Эксп. - инф. «Теплоэнергетика», 1973, № 25, - 14—23с
16. Зарипова, М.А. Влияние наночастиц на изменение теплофизических, термодинамических свойств некоторых кислородосодержащих, азотосодержащих органических жидкостей при различных температурах и давлениях. / Мохира Абдусаломовна Зарипова. // Автореф. Дисс. ...д-ра техн. наук. Казань – 2016.- 43с.
17. Давлатов, Р.Дж. Взаимосвязь между динамической вязкостью и коэффициентом преломления света растворов в зависимости от температуры при атмосферном давлении. / Р. Дж. Давлатов, М. М. Сафаров, Д. Ш. Хакимов, А. Р. Раджабов, Х. Х. Ойматова. // Политехнический вестник. Серия Интеллект. Инновации. Инвестиции. Душанбе, №4 (40) – 2017. - С. 17 -27.
18. Давлатов, Р.Дж. Взаимосвязь между коэффициентом поверхностного натяжения и плотностью растворов системы бензол и диизопропиловый эфир. / Д.Ш. Хакимов, Р.Дж. Давлатов, М.М. Гуломов. // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. Душанбе, Сино, 2017. №1/3. - С. 118 - 123.
19. Голубев, И.Ф. Определение удельного веса жидкостей и газов при высоких давлениях методом гидростатического взвешивания. / И.Ф. Голубев // Научн. труды ГИАП. – М., 1957. – Вып. УП. – С.47 – 61.
20. Сафаров, М.М. Устройства для определения коэффициента теплопроводности наножидкостей. / М.М. Сафаров, М.А. Зарипова М.М. Гуломов, Дж. Ф. Собиров, С.С. Рафиев, Д.Ш. Раджабова, А.Р. Раджабов. и др.// Патент Республики Таджикистан, - № TJ 923, - Душанбе, - 2017. - 5с.
21. Ginell, R. // J. Chem. Phys. – 1961. – V. 34. – P. 2174.
22. Ginell R. Compressibility of solids. / Ginell R., Quigley T.J. – 1965. – V. 26. – № 7. – P. 1157 – 1169.
23. Голик, А.З. Исследование уравнения состояния и упругих свойств молекулярных жидкостей. / Адаменко И.И., Голик А.З., Радченко И.И., Соколовская С.Ф. // Физика жидкого состояния. – Киев, 1975. – № 3. – С. 38–43.
24. Голик, А.З. Уравнение состояния, упругие и тепловые свойства молекулярных жидкостей. / Адаменко И.И., Махно М.Г. Голик А. З., // УФЖ. – 1982. – Т. 27. – № 5. – С. 708–711.
25. Амирханов, Х.И. Экспериментальное исследование теплопроводности воды при температурах (30 – 200) °С и давлениях (98,2 - 686,5) МПа / Х.И. Амирханов., Адамов А.П., Магомедов У.Б. // В сб. Теплофизические свойства веществ и материалов. // ГСССД. М.: Изд – во стандартов. 1984. Вып. 21. - С.35 - 39.

**ВАЗОРАТИ МАОРИФ ВА ИЛМИ ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН
ДОНИШГОҲИ ДАВЛАТИИ ОМУЗГОРИИ ТОҶИКИСТОН
БА НОМИ САДРИДДИН АЙНӢ**

Бо ҳуқуқи дастнавис

РУД 513.12 (575.3)



РАФИЗОДА САИДБЕГ САМИ

**ТАҲҚИҚИ ХОСИЯТҲОИ ГАРМОФИЗИКӢ, ТЕРМОДИНАМИКИ ВА
РЕОЛОГИИ ГАРМИБАРАНДАҲОИ НАНОҲОКАИ ГИДРАЗИН
ВОРИДКАРДАШУДА**

АВТОРЕФЕРАТИ

диссертатсия ба ҳимояи такрорӣ барои дарёфти дараҷаи илмии нозади илмҳои
техникӣ аз рӯйи ихтисоси 2.2. Астрофизика, физика, электроника, фотоника,
таҷҳизотсозӣ ва алоқа (2.2.32. Физикаи гармо ва назарияи техникаи гармо)

Бохтар – 2026

Диссертатсия дар кафедраи «Физикаи умумӣ»-и Донишгоҳи давлатии омӯзгории Тоҷикистон ба номи Садриддин Айни иҷро шудааст.

Роҳбари илмӣ: **Назарзода Хайрулло Холназар** - доктори илмҳои техника, профессори кафедраи математика ва илмҳои табиатшиносии Донишгоҳи давлатии тижорати Тоҷикистон

Муқарризони расмӣ: **Пономарев Сергей Васильевич** - доктори илмҳои техника, профессори кафедраи Мехатроника ва технологияҳои ченкуни -и МТБДФ ТОК «Донишгоҳи давлатии техникии Тамбов».

Алиев Фирдавс Алиевич - номзоди илмҳои техника, муовини директор оид ба илм ва таълими институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи АМИТ.

Муассисаи пешбар: **МДТ «Донишкадаи кӯхию металлургии Тоҷикистон»**

Ҳимояи такрории диссертатсия рӯзи «13» ноябри соли 2026, соати 9⁰⁰ дар ҷаласаи Шурои диссертатсионии 6D.KOA-125 назди Донишгоҳи давлатии Бохтар ба номи Носири Хусрав, (суроға: 735140, Ҷумҳурии Тоҷикистон, вилояти Хатлон, ш. Бохтар, кӯчаи Айни, 67, e-mail: shuro.fizikaigarmo@mail.ru номери телефони котиби илмӣ 884440401) баргузор мегардад

Бо матни пурраи диссертатсия ва автореферати он тавасути сомонаи www.btsu.tj ва дар китобхонаи илмии Донишгоҳи давлатии Бохтар ба номи Носири Хусрав, шинос шудан мумкин аст.

Автореферат санаи «___» ____соли ____аз рӯйи феҳристи пешниҳодгардида ирсол шудааст.

**Котиби илмии Шурои
Диссертатсионии 6D.KOA-125,
номзоди илмҳои техника, дотсент**



Сафарзода Ш.Р.

Муқаддима

Мубрамии мавзуи таҳқиқот. Таҳқиқоти мунтазами хосиятҳои физикию химиявии материалҳо, аз ҷумла хосиятҳои реологӣ (часпакии динамикӣ ва кинематикӣ), маълумоти муҳимро дар бораи табиати материалҳо медиҳанд, ки барои муайян кардани соҳа ва шароити истифодаи амалии онҳо имкон фарҳам меоранд.

Рушди физикаи ҳолати моеъ аз маълумот дар бораи хосиятҳои гармофизикӣ ва термодинамикии моеъҳо ва маҳлулҳо сарчашма мегирад. Ин маълумот дар соҳаи омӯзиши механизмҳои гарминтиқолдиҳӣ, таъсири байниҳамдигарии зарраҳо, моделсозии сохтори моддаҳои моеъ, омӯзиши равандҳои ташаккули маҷмуаи молекулавӣ ва вайроншавии онҳо, ҳалли мушкилоти омехта ва ҳалшавандагӣ, инчунин равандҳои ба онҳо алоқаманди тағйиребии хосиятҳои моддаҳо сахми назаррас дорад.

Этиленгликол ва маҳлулҳои оби он бо ҳокаи наногидразин аз ҷиҳати техникӣ бо он ҷолибанд, ки онҳо метавонанд дар сохтмон, мошинсозӣ ва дигар соҳаҳо бо истифода аз намудҳои гуногуни сорбентҳо, ҳалқунандаҳо ва часпонандаҳо истифода шаванд. Аз ин рӯ, истифодаи чунин моддаҳо таҳқиқи маҷмӯи хосиятҳои гармофизикӣ ва термодинамикии онҳоро талаб мекунад, ки ба муайян кардани соҳаи оқилонаи истифодаи онҳо имкон дода, бешубҳа муҳим аст ва муносибати илмӣ-асоснокро ба ҳалли он талаб мекунад.

Дар кори мазкур таҳқиқот ба ҳалли таҷрибавӣ-назариявии ин масъала бахшида шудааст, ки мавзӯи он омӯзиши хосиятҳои физикию химиявӣ (зичӣ, гармигузаронӣ ва ғайра), хосиятҳои реологӣ (часпакии кинематикӣ ва динамикӣ) ва кинетикии этиленгликол ва маҳлулҳои оби он бо иловаҳои наноҳокаи гидразин дар ҳарорат ва фишорҳои гуногун, ки ба истифодаи самараноки онҳо ҳамчун гармибаранда ё ҷисми корӣ мусоидат мекунад, дар равандҳои интиқоли масса ва гармӣ, инчунин ҳангоми таҳияи моделҳои математикии ин равандҳо дар бар мегирад. Дар ин кор инчунин имкониятҳои ба даст овардани вобастагиҳои коррелясионӣ, ки муносибати байни параметрҳои номбаршударо муқаррар мекунанд, баррасӣ карда мешаванд.

Дарачаи коркарди мавзуи таҳқиқот. Масъалаҳои таҳқиқи хосиятҳои асосии гармофизикӣ, термодинамикӣ ва реологӣ моеъҳо ва маҳлулҳо дар шакли тоза ва бо миқдори гуногуни моддаҳои дигар дар ҳарорат ва фишори гуногун аз ҷониби олимони ватани ва хориҷи мавриди таҳқиқ қарор гирифтааст. Аз ҷониби олимони хориҷӣ Штехер М.С. (Сӯзишворӣ ва моеъҳои кори муҳаррикҳои ракета) [2], Ахундов, Т.С. (Қобилияти гармигузаронии карбогидридҳои хушбӯй вобаста ба ҳарорат ва фишор) [5], Гусейнов, К.Д. (Омӯзиши хосиятҳои термодинамикии як қатор моддаҳои органикии дорои оксиген дар доираи васеи параметрҳои ҳолат) [7], Голубев, И.Ф. (Тағйиребии зичии нитроген ва гидроген дар ҳарорати паст ва фишори баланд ва муайян кардани вазни ҳоси моеъҳо ва газҳо дар фишори баланд бо роҳи тарозуи гидростатики) [9, 19], Лабинов, М. С. (Муодилаи ҳолати этилен дар фишорҳои баланд) [13], Тернер, Д. И. (Усули нави нигоҳ доштани тозагии сатҳи дарунии найчаҳои бугтаҳвилкунандаи генераторҳои бугии ростгузар) [15], Голик, А. З. (Омӯзиши муодилаи ҳолат ва хосиятҳои элаستيкии моеъҳои молекулавӣ ва Муодилаи ҳолат, эластикӣ ва хосиятҳои гармии моеъҳои молекулавӣ) [23, 24], Амирхонов, Х. И. (Омӯзиши таҷрибавии гузариши гармии об дар ҳароратҳои (30-200) °С ва фишорҳои (98.2-686.5) МПа) [25] ва дигарон таҳқиқотҳо гузаронида шуд. Инчунин аз ҷониби олимони ватанӣ Давлатов Р.Дж. (Хусусиятҳои физико - химиявии маҳлулҳои полимерии аз ҷиҳати техникӣ муҳим, зичӣ ва муодилаи ҳолати

махлулҳои оби бинарӣ ($0.5 \text{ N}_2\text{H}_4 + 0.5 \text{ H}_2\text{O}$) мол, робитаи байни часпакии динамикӣ ва нишондиҳандаи шикасти маҳлулҳо вобастагии ҳарорат дар фишори атмосфера ва робитаи байни коэффитсиенти кашиши сатҳӣ ва зичии маҳлулҳои системаи эфири бензол ва диизопропил) [1, 6, 17, 18], Зарипова М.А. (Хусусиятҳои гармофизикӣ ва термодинамикии маҳлулҳои оби гидразин ва фенилгидразин, дастгоҳҳои таҷрибавӣ барои чен кардани гузаронандагии гармӣ ва зичии маҳлулҳои оби гидразин ва фенилгидразин ва таъсири нанозарраҳо ба тағирёбии хосиятҳои гармофизикӣ ва термодинамикии баъзе моеъҳои органикии дорои оксиген ва дорои нитроген дар ҳарорат ва фишорҳои гуногун, таъсири нанозарраҳо ба тағирёбии хосиятҳои гармофизикӣ ва термодинамикии баъзе моеъҳои органикии дорои оксиген ва дорои нитроген дар ҳарорат ва фишорҳои гуногун) [3, 10, 12, 16], Сафаров, М.М. (Таъсири баъзе оксидҳои амфотерикии наноандоза ба тағйирот дар хосиятҳои гармӣ, электрикӣ ва термодинамикии гидразингидрат ва дастгоҳҳо барои муайян кардани коэффитсиенти гармгузаронии наномоеъҳо) [8, 20] таҳқиқотҳо гузаронида шуд. Механизми интиқол қисман таҳқиқ карда шудааст, аммо саволҳо оид ба сабабҳо ва механизмҳои ин хосиятҳо барои гурӯҳҳои алоҳидаи моеъҳои органикии тоза ва ҳам бо иловаи нанозарраҳо ошкор карда нашудаанд. Аз ин рӯ кори мазкур ба таҳлил ва омӯзиши хосиятҳои гармофизикӣ, термодинамики ва реологии гармибарандаҳои наноҳокаи гидразин воридкардашуда бахшида шудааст. Аз ҷумла коэффитсиенти гармигузаронӣ, зичӣ, коэффитсиентҳои часпакии динамикӣ ва кинематикии этиленгликол ва маҳлулҳои оби он бо консентратсияҳои гуногуни наноҳокаи гидразин дар ҳудудҳои ҳарорати (273-363) К ва фишори (0,101-14,42) МПа таҳқиқ шудааст.

Робитаи таҳқиқот бо барномаҳо ва мавзӯҳои илмӣ. Мавзӯи ин кори таҳқиқотӣ бар асоси афзалиятҳои мубрами рушди илми дар Ҷумҳурии Тоҷикистон интихоб шудааст. Он бо ҳадафҳои татбиқи стратегияҳо ва барномаҳои махсуси давлатӣ, аз ҷумла «Саноаткунонии босуръат - ҳадафи чоруми стратегии кишвар», «Стратегияи рушд ва омӯзиши илмҳои табиӣ, дақиқ ва риёзӣ дар илм ва маориф то соли 2030 ва муқаррароти эълони», «Барномаи бистсолаи омӯзиш ва рушди илмҳои табиӣ, дақиқ ва риёзӣ дар соҳаи илм ва маориф» мувофиқат мекунад.

Тавсифи умумии таҳқиқот:

Мақсади таҳқиқот: таҳқиқи комплекси таҷрибавӣ-назариявии хосиятҳои физикию химиявӣ (коэффитсиенти гармигузаронӣ, зичӣ, хосиятҳои реологӣ ва кинетикӣ)-и маҳлулҳои оби этиленгликол ҳангоми параметрҳои гуногуни ҳолат ва консентратсияи наноҳокаи гидразин.

Вазифаҳои таҳқиқот:

- асоснок кардани зарурияти истифодаи усулҳои ноқили тафсон, усули гидростатикӣ, вискозиметри капиллярӣ ҳангоми таҳқиқи таҷрибавии хосиятҳои гармофизикӣ, реологӣ ва кинетикии маводҳои таҳқиқот;

- гузаронидани таҳқиқоти комплекси таҷрибавӣ-назариявии хосиятҳои гармофизикӣ (зичӣ, гармигузаронӣ), реологӣ (коэффитсиентҳои часпакии динамикӣ ва кинематикӣ) ва хосиятҳои кинетикии маводҳои таҳқиқот ҳангоми параметрҳои гуногуни ҳолат ва консентратсияи наноҳокаи гидразин;

- ба даст овардани муодилаҳои эмпирикӣ, ки вобастагии хосиятҳои гармофизикӣ, реологӣ ва кинетикии маводҳои таҳқиқотиро аз параметрҳои ҳолат ва консентратсияи наноҳокаи гидразин муқаррар мекунад.

Объекти таҳқиқот: этиленгликол ва маҳлулҳои оби он бо консентратсияҳои гуногуни наноҳокаи гидразин.

Мавзуи таҳқиқот: Таҳқиқи хосиятҳои гармофизикӣ ва термодинамикии гарминтиколкунандагони дар наноҳокаи гидразин ҳамроҳ карда шуда.

Навгони илмӣ таҳқиқот:

1. Дастгоҳҳои таҷрибавӣ барои муайян кардани гармигузаронии наномоеҳо сохта шудаанд (патенти хурди ҚТ № ТҶ 923, 2017. 5 с.) ва коэффитсиенти адсорбсияи наномаводҳо (патенти хурди ҚТ ТҶ 1279, 2021. 9 с.).

2. Қиматҳои таҷрибавии коэффитсиенти гармигузаронӣ, зичӣ, коэффитсиентҳои часпакии динамикӣ ва кинематикии этиленгликол ва маҳлулҳои обии он бо концентратсияҳои гуногуни наноҳокаи гидразин дар ҳудудҳои ҳарорати (273-363) К ва фишори (0,101-14,42) МПа ба даст оварда шудааст.

3. Дар асоси маълумоти таҷрибавӣ қиматҳои ҳисобшудаи гармигузаронӣ, часпакӣ, зичӣ ва адади Прандтл барои этиленгликол ва маҳлулҳои обии он бо концентратсияҳои гуногуни наноҳокаи гидразин дар ҳудуди ҳарорати (273-363) К ва фишори (0,101-14,42) МПа ба даст оварда шудааст.

4. Дар асоси коркард ва ҷамъбасти маълумотҳои таҷрибавӣ муодилаҳои эмпирикӣ барои ҳисоб кардани коэффитсиенти гармигузаронӣ, зичӣ, коэффитсиентҳои часпакии динамикӣ ва кинематикии этиленгликол ва маҳлулҳои обии он бо концентратсияҳои гуногуни наноҳокаи гидразин дар ҳудуди ҳарорати (273 - 363) К ва фишори (0,101 - 14,42) МПа ҳосил карда шудаанд.

Аҳамияти назариявӣ ва илмӣ амалии таҳқиқот:

1. Ҷадвалҳои муфассали гармигузаронӣ, зичӣ, коэффитсиентҳои часпакии динамикӣ ва кинематикии этиленгликол ва маҳлулҳои обии он бо концентратсияҳои гуногуни наноҳокаи гидразин дар ҳудудҳои ҳарорати (273-363) К ва фишори (0,101 - 14,42) МПа тартиб дода шудаанд, ки онҳоро ба ташкилотҳои лоиҳавӣ барои татбиқ дар равандҳои гуногуни химиявӣ дар соҳаи энергетикаи гармо ва мошинсозӣ тавсия додан мумкин аст.

2. Натиҷаҳои таҳқиқот оид ба гармигузаронӣ, зичӣ, коэффитсиентҳои часпакии динамикӣ ва кинематикии этиленгликол ва маҳлулҳои обии он бо концентратсияҳои гуногуни наноҳокаи гидразин дар ҳудудҳои ҳарорати (273 - 363) К ва фишори (0,101 - 14,42) МПа дар Институти саноати Вазорати саноат ва технологияҳои нави ҚТ, дар ДДОТ ба номи С. Айни, дар ДТТ ба номи акад. М. С. Осимӣ ҳангоми ҳисоб кардани реакторҳои моделӣ ва равандҳои технологӣ ҷорӣ карда шудаанд ва маълумоти таҷрибавӣ ҳамчун маълумотнома истифода мешаванд (санадҳои татбиқ замиа гардидааст).

3. Маълумоти таҷрибавии бадастомада ба сифати маълумотнома барои таҳқиқи системаҳои маҳлулҳои техникии ду ва секомпонента метавонанд ҳангоми сохтани моделҳои математикӣ ва физикӣ дар ҳисобкуниҳои муҳандисӣ ва конструкторӣ барои муқаррар ва интиҳоби речаҳои самараноки механизмҳо ва дастгоҳҳои гуногун истифода шаванд.

4. Бо истифода аз маълумотҳои таҷрибавӣ оид ба зичӣ, гармигузаронӣ ва хосиятҳои реологии гурӯҳи маҳлулҳои таҳқиқшуда дар фишор ва тағйирёбии ҳарорати таҷрибаҳо муодилаҳои эмпирикӣ ва муодилаи ҳолат (дар шароити тағйирёбии фишор ва ҳарорати таҷриба) ба даст оварда шудаанд. Бори аввал барои гурӯҳи таҳқиқшудаи наномоеҳо муодилаҳои навъи Тейта, Мамедов ва Ахундов истифода шудаанд ва инчунин коэффитсиентҳои онҳо бо усули ҳисобкунӣ ба даст оварда шудааст.

Нуктаҳои ба Ҳимоя пешниҳодшаванда:

- дастгоҳҳои таҷрибавӣ барои муайян кардани гармигузаронии наномоеъҳо (патенти хурди ҚТ № ТҶ 923, 2017. 5 с.) ва коэффитсиенти адсорбсияи наномаводҳо (патенти хурди ҚТ № ТҶ 1279, 2021. 9 с.) азнавсози карда шуд дар амал чори карда шуданд;

- қиматҳои таҷрибавӣ оид ба коэффитсиенти гармигузаронӣ, зичӣ, коэффитсиентҳои часпакии динамикӣ ва кинематикии этиленгликол ва маҳлулҳои оби он бо концентратсияҳои гуногуни наноҳакаи гидразин дар ҳудуди ҳарорати (273-363) К ва фишори (0,101-14,42) МПа муайян карда шуд;

- ҳосиятҳои асосии гармофизикӣ (коэффитсиенти гармигузаронӣ, зичӣ), реологӣ (часпакии динамикӣ ва кинематикӣ) ва адади Прандтл ҳисоб карда шуданд, ки дар асоси он муодилаҳои нави эмпирикӣ барои ҳисоб кардани коэффитсиенти гармигузаронӣ, зичӣ, коэффитсиентҳои часпакии динамикӣ ва кинематикии этиленгликол ва маҳлулҳои оби он бо концентратсияҳои гуногуни наноҳакаи гидразин дар ҳудуди ҳарорати (273 - 363) К ва фишори (0,101 - 14,42) МПа ба даст оварда шуд.

Дарачаи эътимоднокии натиҷаҳо. Дурустии натиҷаҳои таҳқиқот таъмин карда мешаванд:

- бо истифода аз асбобҳо ва дастгоҳҳои, ки аз озмоиши дахлдор гузаштаанд, ки натиҷаҳои ченкуниро бо дақиқии қаноатбахш такрор мекунанд;

- мувофиқати қаноатбахши натиҷаҳои бадастомада бо натиҷаҳои дар ҷараёни таҷрибаҳо бо усулҳои дигари таҳлил ба даст овардашуда;

- таъмини пурраи метрологӣ асбобҳои ченкунӣ, инчунин истифодаи дурусти назарияи озмоишу ғалатҳо дар ченкунӣ ва мувофиқати қаноатбахши маълумоти ҳисобкунӣ ва таҷрибавӣ аз рӯи параметрҳои таҳқиқшуда;

- натиҷаҳои таҳқиқот барои ҷорӣ намудан дар Институти саноати Вазорати саноат ва технологияҳои нави Ҷумҳурии Тоҷикистон ва ДДОТ ба номи Садриддин Айни Ҳангоми ҳисоб кардани равандҳои гармофизикӣ ва термодинамикӣ, ҳамчун маълумотнома дар раванди таълим тавсия дода мешаванд (санадҳои татбиқ дар диссертатсия замима гардидааст).

Мутобиқати диссертатсия ба шиносномаи ихтисоси илмӣ. Дар мавзӯ, усулҳои таҳқиқоти аз тарафи муқаррароти илмӣ пешниҳодшудаи диссертатсия ба шиносномаи ихтисоси кормандони илмӣ 2.2. Астрофизика, физика, электроника, фотоника, таҷҳизотсозӣ ва алоқа (2.2.32. Физикаи гармо ва назарияи техникаи гармо) мувофиқ мебошад:

- банди 1. “Таҳқиқоти таҷрибавӣ оид ба ҳосиятҳои термодинамикӣ ва гузаронандагии моддаҳои тоза ва омехтаҳои онҳо дар ҳудудҳои васеи параметрҳои ҳолат”;

- банди 2. “Таҳқиқоти таҳлиلى ва адабии ҳосиятҳои термодинамикӣ, гармофизикӣ ва гузаронандагии моддаҳо дар ҳолатҳои гуногуни агрегатӣ”;

- банди 5. “Таҳқиқи таҷрибавӣ ва назариявии конвексияи якфаза, озод ва маҷбури дар ҳудудҳои васеи гармибарандаҳо, параметрҳои речави ва геометрии сатҳҳои гарми-интиқолдиҳандаҳо”;

Банди 7. “Таҳқиқи таҷрибавӣ ва назариявии равандҳои интиқоли якҷояи гармӣ ва масса дар маҳлулҳои бинарӣ ва бисеркампонента бо иловаи нано-зараҳаҳои саҳт, аз ҷумла наномоеъҳои аз ҷихати химиявӣ таъсиркунанда”;

- банди 9. “Тадқиқоти таҷрибавӣ ва назариявии ҳосиятҳои гармофизикӣ ва термодинамикии наномаводҳо”.

Саҳми шахсии довталаби дарёфти дараҷаи илмӣ дар таҳқиқот дар интиҳоби усулҳои дахлдор ҳангоми гузоштани вазифаҳои таҳқиқот, коркард, омӯзиш ва таҳлили адабиёти ба самти таҳқиқот бахшидашуда, иҷрои маҷмӯи таҳқиқоти назариявӣ - таҷрибавӣ оид ба ҳосиятҳои гармофизикии маводҳои тадқиқоти ва коркарди онҳо, муқаррар кардани қонуниятҳои рафтори намунаҳо, инчунин ҷамъбасти қор мебошад. Таҳқиқот, таҳия ва нашри мақолаҳо дар маҷаллаҳои илмӣ аз ҷониби муаллиф бо дастгирии роҳбари илмӣ анҷом дода шудааст.

Тасвиб ва амалисозии натиҷаҳои диссертатсия. Натиҷаҳои асосии қори илмӣ пешниҳодшуда дар **конференсияҳо ва симпозиумҳои байналмилалӣ** зерин пешниҳод карда шуданд: 10 школа - семинар моёдыё учёных и специалистов академика РАН В.Е. Алемасова “Проблемы теплообмена и гидродинамики в энергомашиностроении”, Казань (2016); 10 Между-народная теплофизическая школа “Теплофизические исследования и измерения при контроле качества веществ, материалов и изделий”, Душанбе-Тамбов, (2016); Международная конференция «Фазовые переходы, критические и нелинейные явления в конденсированных средах», г. Махачкала (2017); 7 Международная научно-практическая конференция «Независимость - основа развития энергетики страны», Бохтар (2017); 1-я научно - практическая Международная конференция “Информационные технологии в управлении и моделировании мехатронных систем”, Тамбов (2017); Научно-практическая конференция “Ломоносовские чтения”, Филиал МГУ им. М.В. Ломоносова в г. Душанбе (2017); Научно - практическая конференции “8 - е Ломоносовские чтения”, Филиал МГУ имени М.В. Ломоносова в г. Душанбе (2018); Международный водно-энергетический форум - 2018. КГЭУ, Казань (2018); 4 Международная научная конференция «Вопросы физической и координационной химии», Душанбе (2019); 6 Международная научно - техническая конференция студентов, молодых учёных и специалистов “Энергосберегающие и эффективность в технических системах”, Тамбов (2019); Международная научная конференция «Современные проблемы естественных и гуманитарных наук и их роль в укреплении научных связей между странами», посвящённая 10 - летию Филиала МГУ имени М.В. Ломоносова в г. Душанбе (2019); 29 Международная научная конференция “Научные тенденции: вопросы точных и технических наук”, Санкт Петербург (2020); IARIA, 2 CFP, ICQNM - 2020, Ispane, Valenciya (2020); 10 научно - практическая конференция “Ломоносовские чтения”, Душанбе (2020).

Интишорот аз рӯйи мавзӯи диссертатсия. 31 қорҳои илмӣ нашр гардидааст, ки 9-тои он дар маҷаллаҳои тавсиянамудаи КОА-и назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон, аз ҷумла як нашрия ягона (бе ҳаммуаллифон) ва 17 тезиси мақолаҳо нашр шуда, 5 патенти хурди Ҷумҳурии Тоҷикистон гирифта шудааст.

Соҳтор ва ҳаҷми диссертатсия. Диссертатсия аз муқаддима, панҷ боб, хулосаҳо, рӯйхати адабиёти истифодашуда (134 номгӯ) ва замима иборат аст. Диссертатсия дар 138 саҳифаи матни компютерӣ оварда шуда, 42 ҷадвал, 46 расм дорад (замима дар 43 саҳ.).

Мазмунӣ асосии диссертатсия

Дар муқаддима аҳамияти мавзӯи тадқиқотии интиҳобшуда, аҳамияти илмӣ ва амалии он асоснок карда шудааст.

Боби 1. Хосиятҳои физикию химиявии гидразин ва маҳлулҳои он (шарҳи адабиёт)

Дар **боби якум** шарҳи мухтасари адабиёт оид ба омӯзиши хосиятҳои гармофизикӣ, реологӣ ва кинетикии маҳлулҳои техникӣ оварда шудааст, инчунин натиҷаҳо оид ба омӯзиши татбиқи амалии натиҷаҳои тадқиқоти муаллифони гуногун ва баррасии адабиети мувофиқ оид ба омӯзиши гидразин ва этиленгликол пешниҳод карда мешаванд. Тавре ки дар кори Давлатов Р.Қ. зикр шудааст: «Интиҳоби наноҳокаи гидразин ҳамчун илова аз он сабаб аст, ки дар истеҳсолот ҳаҷми кам истеҳсол шавад ҳам, аммо хосиятҳои физикию химиявиаш онро дар технология, соҳаҳои гуногуни иқтисоди миллӣ, муҳандисӣ, равандҳои технологӣ, муҳандисии механикӣ ва илми киштисозии кайҳонӣ хеле маъмул мегардонад» [1].

Муаллиф Давлатов Р.Қ. мегӯяд: «Маҳлулҳои оби гидразин инчунин дар истеҳсоли маҳсулоти нимтайёр ва тайёр, дар саноати коркарди нафт ва нефтхимия мавқеи махсусро ишғол мекунанд. Сарфи назар аз доираи васеи татбиқи онҳо, хосиятҳои гармофизикӣ, термодинамикӣ ва реологӣ онҳо, вобаста ба омилҳои гуногуни ҳамроҳикунанда ба ҳолати онҳо пурра омӯхта нашудаанд» [1].

Ҳамчунин, дар кори М.С. Штехер чунин гуфтааст: «Он қисман дар эфери диэтил, тетраҳлориди карбон, бензол, толуол ва хлороформ қисман ҳал мешавад, аммо дар равғанҳои минералӣ, поливинилхлорид, парафинҳо, каучук ва равғанҳои растанӣ ва ҳайвонот амалан ҳал намешавад. Ҳалшавии этиленгликол дар об як реаксияи экзотермикӣ буда, бо кам шудани ҳаҷм ва паст шудани ҳарорати яхкунӣ ҳамроҳ мешавад» [11].

Ҳамин тариқ, аз суханони М.А. Зарипов метавон гуфт: «Этиленгликол дар саноати кимиёвӣ, дорусозӣ, насосӣ, электротехникӣ, автомобилсозӣ ва ҳавопаймоя, ҳамчун моеъи хунуккунанда (антифриз, яхдон) дар системаҳои гармидиҳии мустақил, кондитсионеркунии саноатӣ иншооти ҷамъиятӣ ва варзишӣ истифода мешавад. Раванди кристаллизатсияи этиленгликол бо гузариши он ба шакли желатинӣ ҳамроҳ мегардад бе таъсири зараровар ба таҷҳизотҳо» [14].

Боби 2. Усулҳои таҷрибавӣ таҳқиқи хосиятҳои гармофизикӣ ва реологӣ маҳлулҳо дар шароитҳои гуногун

Боби дуюм ба тавсифи схемаҳо ва тартиби кори дастгоҳҳо ва асбобҳои бахшида шудааст, ки ҳангоми таҳқиқи гармигузаронӣ, часпакии динамикӣ ва зичӣ вобаста ба параметрҳои гуногуни ҳолат (ҳарорат, фишор) ва консентратсияи гидразин истифода мешаванд. Дараҷаи таъсири наноҳокаи гидразин ба тағйирёбии хосиятҳои термодинамикӣ ва гармофизикӣ (коэффитсиенти гармигузаронӣ, коэффитсиенти часпакии динамикӣ ва кинематикӣ)-и маҳлулҳои техникӣ муқаррар гардидааст.

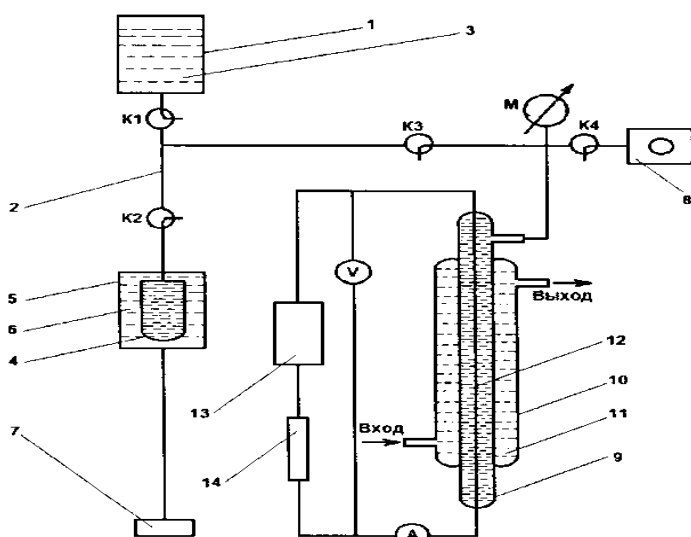
2.1. Дастгоҳ барои муайян кардани коэффитсиенти гармигузаронии нано - моеъҳо (усули ноқили тафсон)

Барои чен кардани гармигузаронӣ, мо усули сими гармо интиҳоб кардем. Сафаров М.М. дар қораш маълумоти зеринро пешниҳод мекунанд: «Унсурҳои асосии дастгоҳ барои муайян кардани коэффитсиенти гармигузаронии наномоеъҳо (усули ноқили тафсон) аз насоси вакуумӣ ва манометр иборат мебошад, ки тавассути ҷуммак бо зарфи дохилии найчаи ченкунанда пайваست гардида дар навбати худ дар зарфи моеъи термостатикӣ (зарфи беруна) ҷойгир карда шудааст. Дар зарфи дохилӣ гармкунак (мӯяки тафсон) ҷойгир аст, ки бо манбаи таъминоти барқи доимӣ, резистор, амперметр ва вольтметр пайваست шудаанд. Дар дастгоҳ зарфи аз пӯлоди зангназананда сохташуда бо намунаи таҳқиқотӣ пур мегардад. Зарф тавассути ҷуммакҳо бо ҳалтачаи полиэтиленӣ пайваст карда шудааст, ки дар зарфи пур аз

глитсерин, ки бо манометри борпоршенӣ пайваст аст, ҷойгир ва насоси вакуумӣ ва манометр ба зарфи дохилии найчаи ченкунӣ пайваст карда шудаанд. Найчаи ченкунанда инчунин дар зарф бо муҳити термостатикӣ (ҳаво) қарор дорад. Дар зарфи дохилӣ гармкунаки никелӣ дар шакли ноқил ҷойгир карда шудааст, ки занҷири барқиро сарбаст менамояд. Гармкунак бо манбаи барқ, резистор, амперметр ва вольтметр пайваст гардидааст» [20].

Муаллиф гуфтааст: «Фарқи асосии прототип аз дастгоҳи пешниҳодкардаи мо ин набудани имконияти таҳқиқи газҳо ва инчунин татбиқи таҷрибаҳо вобаста ба фишор мебошад. Ҳалли техникӣ, яъне таҷҳизоти иловагии насбкунӣ бо зарфи фишордиҳанда бо ҳалтаи полиэтиленӣ ва манометри бордор имкон дод, ки ба натиҷаи дилхоҳ ба даст оварда шавад (расми 1)» [20].

Принципи кори дастгоҳ. Зарфи 1 бо намунаи таҳқиқотӣ ва зарфи беруна бо муҳити доиминигохдорандаи ҳарорат (ҳаво) пур карда мешавад. Баъд аз пайвастании занҷири электрикӣ аз рӯйи ношондодҳои вольтметр ва амперметра тавоноии гармкунаки барқӣ дар ҳарорати хона ва фишори атмосферӣ бо формулаи (1) муайян карда мешавад:



Расми 1 – Тарҳи дастгоҳи таҷрибавӣ барои ченкунии гаримгузаронии наномоеъҳо:
1 – зарфи пӯлодини зангназананда; 2 – найча; 3 - намуна; 4 – ҳалтачаи полиэтиленӣ; 5 – зарфи фишордиҳанда; 6 – глитсерин; 7 – манометри борпоршени МП – 2500; 8 - насоси вакуумӣ; 9 - зарфи дохилӣ; 10 – зарфи берунӣ; 11 – муҳити доиминигох-дорандаи ҳарорат; 12 – гармкунаки барқии никелӣ; 13 – манбаи таъминоти барқ; 14 – резистор (патенти хурди ҚТ №ТJ 923, 2017, 5 с.)

$$W=IU, \quad (1)$$

Аз рӯйи қиматҳои тавоноӣ ва муқовимати хоси гармкунак бо муайян кардани фарқи ҳароратҳо, коэффитсиенти гармигузаронии намунаҳо бо ифодаи зерин ҳисоб карда мешавад:

$$\lambda_{\text{ср}} = \frac{W \ln \frac{T_1}{T_2}}{2\pi L (T_1 - T_2)}, \quad (2)$$

Ё ин ки

$$\lambda = \frac{R_1 c m \delta}{2} \quad (3)$$

2.2. Дастгоҳҳои таҷрибавӣ барои таҳқиқи таҷрибавии зичӣ, часпакии наномоеъҳо дар фишори атмосферӣ

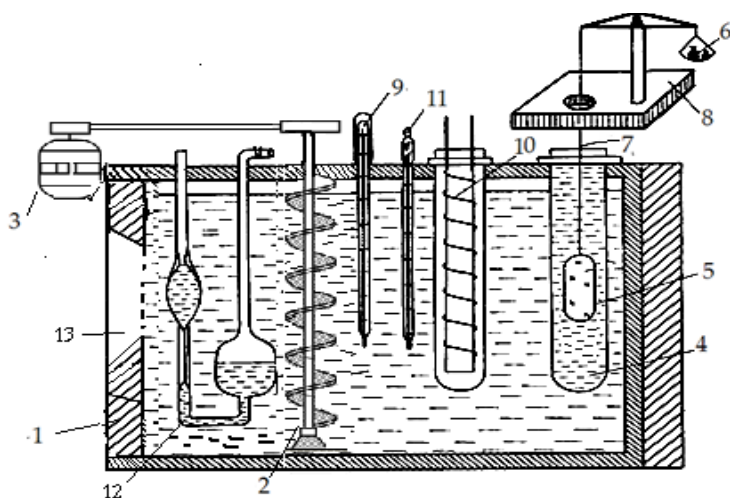
То имрӯз ягон муодилаи ҳолати универсалӣ вучуд надорад, ки бо ёрии он масъалаи мушаххас ҳал карда шавад. Аз ин рӯ, расидан ба ин ҳадаф танҳо тавассути таҳқиқоти таҷрибавӣ имконпазир аст.

Чи тавре, ки муҳаққон дар корҳои худ овардаанд: Усулҳое, ки ҳангоми муайян кардани вобастагии $p - \rho - T$ -и моддаҳои моеъ бештар истифода мешаванд, ба ду

категория тақсим мешаванд: онҳое, ки доимии вазни моеъи таҷрибавиро таъмин мекунанд ва ҳаҷми он тағйир меёбад ва онҳое, ки ба барқашии гидростатикӣ асос ёфтаанд [4 - 12, 16 - 19]. Дар ҷараёни омӯзиши таҷрибавии намунаҳои худ мо аз усули дуҷум истифода намудем, аммо бо назардошти хусусиятҳои онҳо (расми 2). Инчунин, олимони дигар гуфтаанд: «Интиҳоби ин усул аз соддагӣ ва дақиқии нисбатан баланди натиҷаҳо иборат аст. Вазифаи гузошташуда интиҳоби дастгоҳро талаб мекард, ки дар соҳаи назаррасии тағйир додани параметрҳои ҳолат, аз ҷумла минтақаи сарҳадии поёнӣ, ҳолати моеъ ва ҳолати дуфазаи модда озмоишҳо гузаронида шавад. Ҳамин тариқ, мо усули барқашии гидростатикӣ (асосгузори усул профессор И.Ф. Голубев ва шогирдони ӯ мебошанд)» -ро интиҳоб намудем [7, 15].

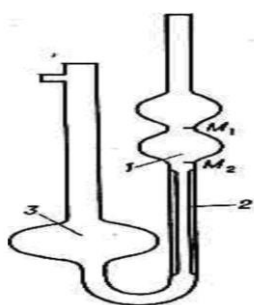
Формулаи ҳисобкунӣ чунин аст:

$$\rho = \frac{G_1 - (G_1 - G_2)}{V_{II} - V_H}, \quad \text{кг/м}^3 \quad (4)$$



Расми 2. - Дастгоҳи таҷрибавӣ барои таҳқиқи таҷрибавии зичии моддаҳои моеъ дар фишори атмосфера: 1 – гармингоҳдор; 2 - омехтакунанда; 3 муҳаррики барқӣ; 4 - камера бо моддаи таҳқиқшаванда; 5 – шиновараки квартсӣ; 6 - борҳои мувозинаткунанда; 7 – ресмон (сим)-и манганинӣ; 8 - тарозуи аналитикӣ; 9 - ҳароратсанҷи симобӣ; 10 – гармкунак; 11 – ҳароратсанҷи контактӣ; 12 - вискозиметри Освалд; 13 – тирезача

2.3. Усули ҷенкунии коэффитсиенти часпакии динамикии моеъҳо ва маҳлулҳо



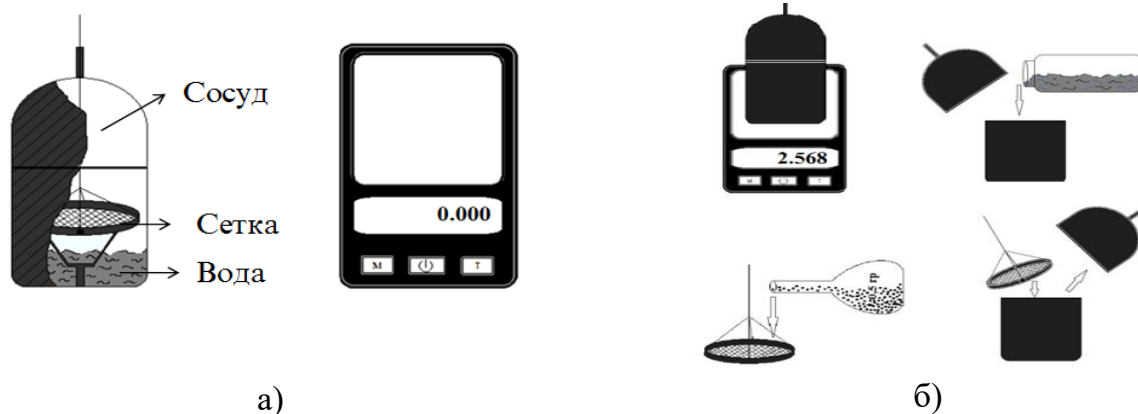
Коэффитсиенти часпакии динамикии намунаҳои таҳқиқотиро мо бо ёрии вискозиметри капиллярӣ таҳқиқ намудем (рисунок 3).

Расми 3. Намуди умумии вискозиметри шишагӣ: 1 - васеъшавӣ; 2 - капилляр; 3 - зарф; M_1, M_2 нишонаҳои ҷенкунии вақт

2.4. Дастгоҳи таҷрибавӣ барои муайян кардани коэффитсиенти адсорбсия ва массаи маводи дондор (патенти хурди ҚТ № TJ 1279, 2021, -5 с., № TJ 1280, 2021, -7 с.)

Хосиятҳои кинетикии намунаҳои таҷрибавӣ дар дастгоҳи дар расми 4 овардашуда таҳқиқ карда шудааст. Дастгоҳи ихтирооткардашуда, ду қисми асосиро дар бар мегирад: 1) зарфи цилиндрий бо тури ҷудошаванда; 2) сониясанҷ ва тарозуи электронӣ (бо саҳеҳии ҷенкунӣ 0,001 г). Хусусиятҳои геометрии зарф чунин аст: диаметр ~ 5 см, баландӣ - 8 см, диаметри тур ба диаметри дохилии зарф баробар ва

масоҳати ҳар як ячейкаи тур 1 мм² аст. Тартиби гузаронидани таҷриба чунин аст: бо ёрии тарозу массаи зарф пеш ва баъд аз пур кардани он бо об чен карда мешавад. Ба ҳамин тарз массаи намунахоро бо тур муайян мекунанд. Тур бо намуна дар дохили зарф ҷойгир карда мешавад ва вақти намнокшуд бо ёрии сониясанҷ сабт карда мешавад. Ин тартиби ченкунӣ ҳар баъди ҳар 30 дақиқа иҷро мегардад.



Расми 4. – Дастгоҳи таҷрибавӣ барои муайян намудани коэффитсиенти адсорбсия ва массаинтиқолдиҳӣ: а – дастгоҳ; б – тарозуи электронӣ

Формулаҳо барои ҳисоб кардани коэффитсиентҳои адсорбсия ва массаинтиқолдиҳии наноҳокаи таҳқиқшаванда аз рӯи маълумоти аз таҷрибаҳо гирифташуда чунин намуд доранд.

$$\Gamma = \left[\frac{m - m_0}{\mu \cdot m_0} \right], \text{ (моль/кг);} \quad (5)$$

$$\beta = \left[\frac{m - m_0}{S \cdot t} \right], \text{ (кг/м}^2\text{с).} \quad (6)$$

Барои санҷиши қиматҳои гирифташуда аз рӯи коэффитсиентҳои адсорбсия, варамкунӣ ва массаинтиқолдиҳӣ бо усули пешниҳодшуда дар дастгоҳи таҷрибавӣ, ки аз ҷониби профессор М.М. Сафаров ва шогирдони ӯ таҳия гардидааст, ченкунӣҳо гузаронида шудаанд.

Боби 3. Усулҳои истифодаи гидразин дар роҳи конденсатӣ – таъминотӣ барои пешгирии коррозия

Дар боби сеюм усули коркарди гидразинии оби таъминотии нерӯгоҳҳои барқии ҳароратӣ оварда шудааст. Коркарди гидразинӣ дар якҷоягӣ бо деаэрасияи ҳароратии оби таъминотии дастгоҳи дегӣ чораи қатъии ҳифзи металли роҳи буғӣ-конденсатӣ аз зангзании оксигенӣ мебошад ва инчунин барои кам кардани миқдори оксидҳои оҳан дар обҳои таъминотӣ ва дегӣ истифода мешавад. Он инчунин, барои хориҷ кардани оксиген дар конденсатори турбина корбурд мегардад. Коркарди оби таъминотӣ бо гидразин ҳатман дар ҳамаи нерӯгоҳҳои барқии ҳароратии дорони дегҳои бо фишори баланд коркунанда, хусусан ҳангоми кори нокифояи деаэраторҳои ҳароратӣ тавсия дода мешавад.

Боби 4. Омӯзиши хосиятҳои гармофизикӣ ва термодинамикии маҳлулҳои гидразин вобаста ба ҳарорат ва консентратсияи маҳлулҳо

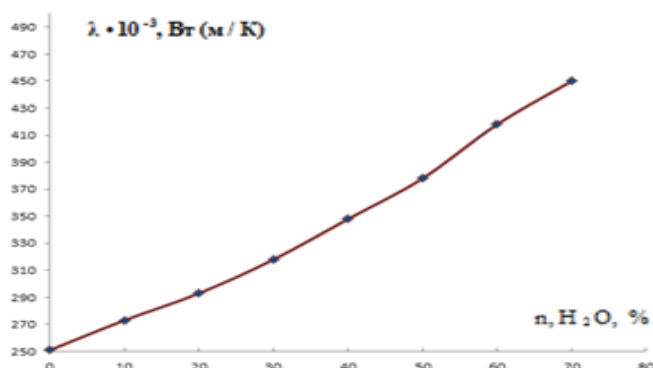
Дар боби чорум қиматҳои таҷрибавии хосиятҳои термодинамикӣ, гармофизикӣ ва реологии маҳлулҳои нанохокаи гидразин, инчунин дараҷаи таъсири онҳо ба хосиятҳои физикию химиявии моддаҳои тадқиқшаванда оварда шудаанд. Бо ёрии маълумоти таҷрибавӣ гирифташудаи часпакии динамикӣ ва зичии маҳлулҳои тадқиқшуда коэффитсиенти часпакии кинематикии маҳлулҳои моеъ ҳангоми параметрҳои гуногуни ҳолат ва консентратсияи нанохокаи гидразин, ки дар гармибарандаҳо ворид ва он ҳисоб карда шудааст. Илова бар ин, бо донишони маълумоти ҳисобшуда оид ба часпакии динамикӣ ва кинематикӣ адади Прандтл ҳисоб карда шудааст.

4.1. Натиҷаҳои омӯзиши таҷрибавии коэффитсиенти гармигузаронии маҳлулҳои техникий гидразин дар ҳароратҳои гуногун ва фишори атмосферӣ

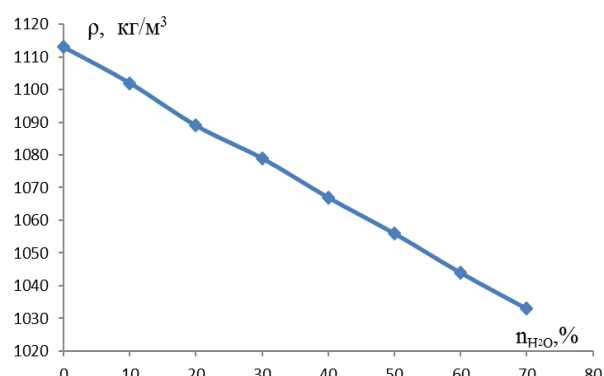
Таҳқиқчиён дар қорҳои худ овардаанд: «Маҳлулҳои техникий дар ҳолати моеъ, аз ҷумла гидразин ва этиленгликол дар техника масалан, ҳамчун барқароркунанда барои муҳофизат аз коррозия ва тағшиншавӣ дар муҳитҳои гарм ва хунуккунандаи таҷҳизоти гармоэнергетикӣ хеле васеъ қорбурд мегарданд» [16-А, 110-А]. Ҳамчунин, С.С. Рафиев дар қорҳои худ ҷунин ишора кардааст: "Дар амал, истифодаи маҳлули обии этиленгликол васеътар аст, одатан дар консентратсияи 50% этиленгликол ва 50% об. Бо назардошти ин, омӯзиши хусусиятҳои гармӣ ва хосиятҳои сатҳии ин гурӯҳи моеъҳои техникий дар шароити гуногуни қорӣ, махсусан бо ворид қардани нанохокаи гидразин дар консентратсияи то 0,5%, яке аз самтҳои умедбахши илмӣ мебошад. Намунаҳое, ки ба таҳқиқоти мо дучор шуданд, бо истифода аз этиленгликол ва нанохокаи гидразин бо тозагии баландтарини кимиёвӣ синтез қарда шуданд" [4-А, 20-А, А-21-29-А, 25-А, 31-А]. Натиҷаҳои таҳқиқи коэффитсиентҳои гармигузаронӣ ва часпакии динамикӣ, инчунин зичии намунаҳо дар ҳароратҳои гуногун ва фишори атмосферӣ дар мувофиқан расмҳои 5 ва 6 мавриди намоиш қарор ёфтаад. Барои ошқор қардани таъсири консентратсияи об ба тағйиребии хосиятҳои гармофизикӣ ва реологии системаи маҳлулҳои дукомпонентӣ (этиленгликол ва об) дар координатаҳои мувофиқ вобастагҳои функционалии зерин сохта шудаанд:

$$\lambda = f(n_{\text{H}_2\text{O}}); \rho = f(n_{\text{H}_2\text{O}}); \eta = f(n_{\text{H}_2\text{O}}); \nu = f(n_{\text{H}_2\text{O}}).$$

Графики ин вобастагӣҳо дар поён пешниҳод қардидааст (расмҳот 4 - 7).



Расми 4. - Вобастагии коэффитсиенти гармигузаронии этиленгликоли моеъ аз консентратсияи об дар фишори атмосферӣ ва ҳарорати хона

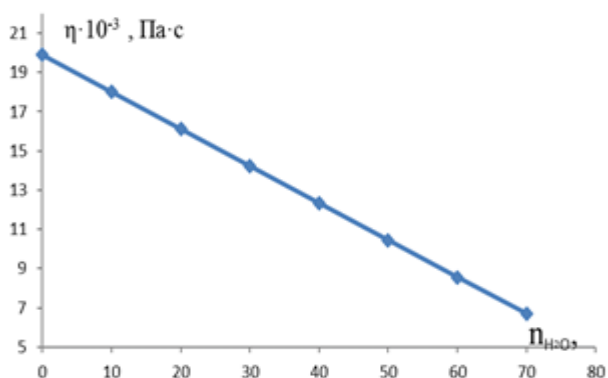


Расми 5. - Вобастагии зичии этиленгликоли моеъ аз консентратсияи об дар фишори атмосферӣ ва ҳарорати хона

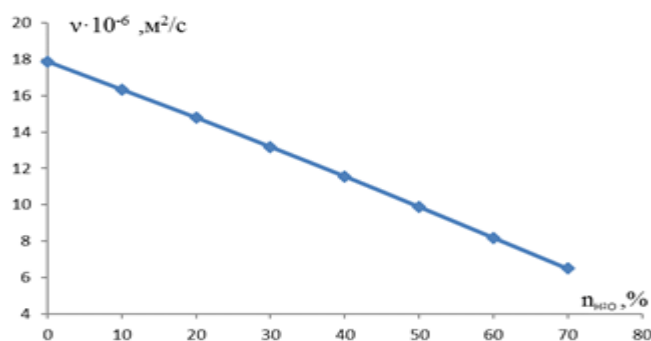
Мувофиқи расми 4, гармигузаронии маҳлул бо афзоиши консентратсияи об то 79,2% меафзояд. Ба андешаи мо, ин ба тағйирёбии зичии сохтори маҳлулҳои моеъ вобастааст.

Маълумоти расми 5 нишон медиҳад, ки афзоиши миқдори об дар этиленгликол (маҳлули дукарата) зичии системаро амалан тибқи қонуни хаттӣ (ба ҳисоби миена то 7,19%) паст мекунад. Ба гумони мо, ин ба тағйирёбии ҳаҷми маҳлулҳои моеъ вобаста аст.

Тавре ки аз расмҳои 6 ва 7 дида мешавад, бо афзоиши консентратсияи об дар этиленгликол (маҳлули дукарата) ҳам часпакии динамикӣ ва ҳам кинематикии ин системаҳо қариб аз рӯйи қонуни хаттӣ коҳиш меебад, яъне ҳангоми илова кардани об ба этиленгликол то 70% дар фосилаи аз 0 то 70% об тағйирёбии часпакии динамикӣ ва кинематикӣ аз рӯйи қонуни хаттӣ кам мешавад.



Расми 6. - Часпакии коэффитсиенти часпакии динамикии этиленгликоли моеъ вобаста ба консентратсияи об дар фишори атмосферӣ ва ҳарорати хона

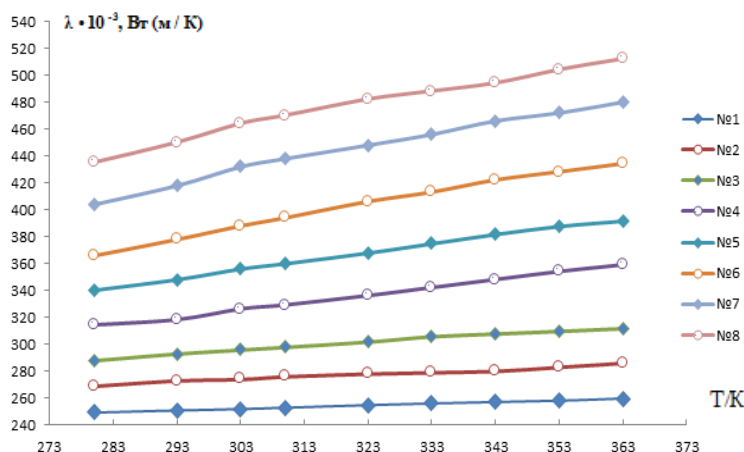


Расми 7. - Вобастагии коэффитсиенти часпакии кинематикии этиленгликоли моеъ аз консентратсияи об дар фишори атмосферӣ ва ҳарорати хона

4.2. Гармигузаронии маҳлулҳои дукомпонентӣ дар асоси этиленгликол дар ҳарорати гуногун, фишори атмосферӣ ва тағйирёбии консентратсияи об

Гармигузаронии маҳлулҳои дукомпонентии системаи этиленгликол ва об дар ҳудуди ҳарорати (280-363) К ҳангоми фишори атмосферӣ ($p = 0,101$ МПа) бо ёрии дастгоҳи таҷрибавӣ, ки бо усули нокили тафсон кор мекунад ва аз ҷониби мо патент гирифта ва чен карда шуд (патенти хурди Ҷумҳурии Тоҷикистон №ТJ 923, Душанбе, 2017. 5с., муаллифони М.М. Сафаров ва ғайра.)

Натиҷаҳои маълумоте, ки аз ин усул ва назарияи Максвелл ба даст оварда шудаанд, дар шакли вобастагӣ мавриди намоиш қарор ёфтааст: (расми 8).

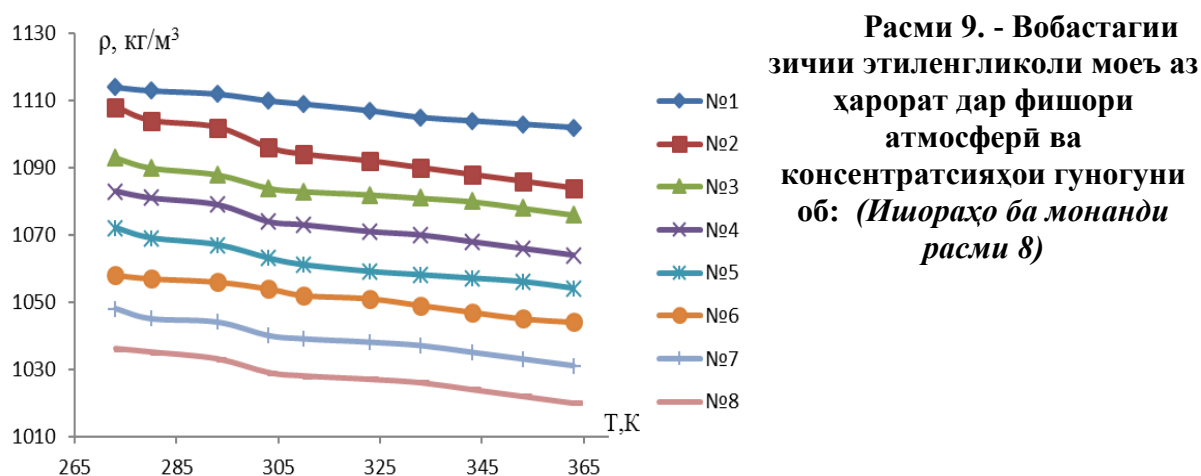


Расми 8. - Вобастагии коэффитсиенти гармигузаронии этиленгликоли моеъ аз ҳарорат дар фишори атмосферӣ ва бо консентратсияҳои гуногуни об: №1 - (100 % $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$); №2 - (90 % $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$ + 10 % H_2O); №3 - (80 % $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$ + 20 % H_2O); №4 - (70 % $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$ + 30 % H_2O); №5 - (60 % $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$ + 40 % H_2O); №6 - (50 % $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$ + 50 % H_2O); №7 - (40 % $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$ + 60 % H_2O); №8 - (30 % $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$ + 70 % H_2O)

Тавре ки аз натиҷаҳои муайянкунии таҷрибавӣ ва назариявии қиматҳои коэффитсиенти гармигузаронии маҳлулҳои дукомпонентӣ ҳангоми тағйирёбии ҳарорат аз 280 то 363 К дида мешавад, онҳо қариб аз рӯи қонуни хаттӣ меафзоянд. Масалан, дар маҳлули рақами 2 ($90\%C_2H_6O_2 + 10\%H_2O$) гармигузарони бо баландшавии ҳарорат 6,3% меафзояд, барои маҳлули рақами 8 ($30\%C_2H_6O_2 + 70\%H_2O$) гармигузаронӣ бо баландшавии ҳарорат 17,7% зиёд мешавад.

4.3. Зичии маҳлулҳои дукомпонентӣ дар асоси этиленгликоли моеъ дар ҳарорати гуногун, фишори атмосферӣ ва тағйирёбии консентратсияи об дар онҳо (маълумоти таҷрибавӣ)

Дастгоҳи таҷрибавӣ, ки дар расми 2 пешниҳод шудааст, аз ҷониби мо барои таҳқиқи таҷрибагии зичии маҳлулҳо дар фишори атмосферӣ ва ҳарорати хона қорбурд гардидааст (расми 9).



Тавре ки аз натиҷаҳои муайянкунии таҷрибавӣ ва назариявии қиматҳои зичии маҳлулҳои дукомпонентӣ (расми 9) дида мешавад, бо тағйирёбии ҳарорат аз 273 то 363 К зичӣ қариб аз рӯи қонуни хаттӣ коҳиш меёбад. Масалан, дар маҳлули рақами 2 ($90\%C_2H_6O_2 + 10\%H_2O$) бо баландшавии ҳарорат дар ҳудуди додашуда зичӣ 2,21%, барои маҳлули рақами 8 ($30\%C_2H_6O_2 + 70\%H_2O$) зичӣ 1,57% кам мешавад.

4.4. Коэффитсиентҳои ҷаспакии динамикӣ ва кинематикии маҳлулҳои дукомпонентӣ дар асоси этиленгликоли моеъ ҳангоми фишори атмосферӣ ва тағйирёбии консентратсияи об

Ҷаспакии динамикии маҳлулҳои дукомпонентии системаи этиленгликол ва об дар ҳудуди ҳарорати (280-363) К ва фишори атмосферӣ ($p = 0,101$ МПа) бо ёрии дастгоҳи таҷрибавӣ, ки бо усули вискозиметри капиллярии Освалд ва фарзияҳои назариявии пешниҳодкардаи Тейта қор мекунад, ҷен карда шуд. Натиҷаҳои бо ёрии ин усул ва назарияи Тейта ҳосилкардашуда дар ҷадвали 1 пешниҳод гардиданд.

Ҷадвали 1. - Коэффитсиенти ҷаспакии динамикӣ ($\eta, 10^{-3}$ Па·с)-и маҳлулҳо дар асоси этиленгликол ва об ҳангоми ҳароратҳои аз 280 то 363 К ва $p = 0,101$ МПа

Т, К / Маҳлулҳо	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7	№8
280	20,26	19,65	17,46	16,49	14,82	13,19	12,05	10,46
293	19,91	18,01	16,12	14,23	12,34	10,45	8,56	6,67
303	13,22	11,97	10,72	9,48	8,24	6,58	5,10	4,35
310	10,23	9,01	8,08	7,15	6,23	4,85	3,98	3,42
323	6,65	6,04	5,43	4,82	4,21	3,62	3,02	2,38

Идомаи ҷадвали 1								
333	4,95	4,50	4,05	3,61	3,16	2,69	2,23	1,82
343	-	3,06	2,55	2,40	2,25	1,85	1,44	1,03
353	-	2,10	1,48	1,33	1,18	1,10	1,02	0,75
363	-	1,98	1,32	1,17	1,02	0,79	0,66	0,54

Эзоҳ: №1 - (100 % $C_2H_6O_2$); №2 - (90 % $C_2H_6O_2$ + 10 % H_2O); №3 - (80 % $C_2H_6O_2$ + 20 % H_2O); №4 - (70 % $C_2H_6O_2$ + 30 % H_2O); №5 - (60 % $C_2H_6O_2$ + 40 % H_2O); №6 - (50 % $C_2H_6O_2$ + 50 % H_2O); №7 - (40 % $C_2H_6O_2$ + 60 % H_2O); №8 - (30% $C_2H_6O_2$ + 70% H_2O).

Тавре ки аз натиҷаҳои муайянкунии таҷрибавии коэффитсиенти часпакии динамикии маҳлулҳои дукомпонентӣ (ҷадвали 1) дида мешавад, ҳангоми тағйирёбии ҳарорат аз 280 то 363 К, тибқи қонуни гипербола коҳиш меёбад. Масалан, дар маҳлули рақами 2 (90% $C_2H_6O_2$ + 10% H_2O) коэффитсиенти часпакии динамикӣ 8,92 маротиба кам мешавад, барои маҳлули ҳаштум (30% $C_2H_6O_2$ + 70% H_2O) ин тағйирот 18,4 маротиба аст. Агар часпакии динамикӣ ва зичии он маълум бошад, часпакии кинематикии моддаҳоро бо ифодаи зерин ҳисоб кардан мумкин аст:

$$v = \frac{\eta}{\rho}, \quad m^2/c, \quad (7)$$

дар ин ҷо: η - коэффитсиент часпакии динамикӣ, Па·с, ρ - зичии маводи тадқиқшаванда, кг/м³.

Хосиятҳои реологӣ дар шароити муқаррарӣ бо вискозиметри капиллярӣ ва денсиметр муайян карда мешаванд.

Ҷадвали 2. - Коэффитсиенти часпакии кинематикӣ ($v \cdot 10^{-6}$, м²/с) маҳлулҳо дар асоси этиленгликол ва об дар ҳароратҳои аз 280 то 363 К ва $p = 0,101$ МПа

T, K / Маҳлулҳо	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7	№8
280	18,21	17,79	16,02	14,94	13,86	12,69	11,53	10,11
293	17,88	16,34	14,80	13,19	11,57	9,89	8,19	6,49
303	11,91	10,89	9,99	9,45	8,72	7,35	5,96	4,93
310	8,62	8,06	7,46	6,67	5,87	4,80	3,83	3,36
323	6,16	5,53	5,02	4,52	4,08	3,49	2,94	2,58
333	4,38	4,13	3,69	3,34	2,89	2,57	2,15	1,77
343	-	2,81	2,46	2,22	2,02	1,81	1,57	1,25
353	-	1,98	1,79	1,46	1,12	1,06	0,99	0,73
363	-	1,83	1,23	1,11	0,97	0,81	0,64	0,53

Эзоҳ: №1 - (100 % $C_2H_6O_2$); №2 - (90 % $C_2H_6O_2$ + 10 % H_2O); №3 - (80 % $C_2H_6O_2$ + 20 % H_2O); №4 - (70 % $C_2H_6O_2$ + 30 % H_2O); №5 - (60 % $C_2H_6O_2$ + 40 % H_2O); №6 - (50 % $C_2H_6O_2$ + 50 % H_2O); №7 - (40 % $C_2H_6O_2$ + 60 % H_2O); №8 - (30% $C_2H_6O_2$ + 70% H_2O).

Аз натиҷаҳои таҷриба (ҷадвали 2) дида мешавад, ки часпакии кинематикии маҳлулҳои дукомпонента ҳангоми тағйирёбии ҳарорат аз 280 то 363 К мувофиқи қонуни гипербола коҳиш меёбад. Масалан, барои маводи рақами 2 (90 % $C_2H_6O_2$ + 10 % H_2O) коэффитсиенти часпакии динамики то 8,72 маротиба кам мешавад, барои маҳлули рақами 8 (30 % $C_2H_6O_2$ + 70 % H_2O) ин натиҷа 18,1 маротиба коҳиш меёбад.

4.5. Таъсири концентратсияи наноҳокани гидразин бо тағйирёбии гармигузаронии маҳлулҳои дукомпоненти (этиленгликол-об) дар ҳароратҳо ва фишорҳои гуногун

Тавре ки қаблан қайд карда шуд, барои тоза кардани таҷҳизоти гармоэнергетикӣ аз тағшинҳо, аз ҷумла оҳан, мис ва ғайра маҳлули обии гидразин истифода мегардад. Барои мақсадҳои зикршуда ҳам гидразингидрат ва ҳам гидразинсулфат истифода мешаванд. Дар робита ба ин, мо дар назди худ вазифа гузоштем, ки модели физикӣ эҷод кунем ва раванди мубодилаи гармиро дар ин моделҳо ҳисоб кунем. Маълум аст,

ки ҳангоми ҳисоб кардани равандҳои мубодилаи масса ва гармӣ бояд бо усулҳои назариявӣ, таҷрибавӣ ё ғайримустақим хосиятҳои гармофизикӣ, термодинамикӣ ва хосиятҳои кинетикии нанохокаи гидразин ва маҳлулҳои обии онҳо дар ҳароратҳои гуногун, консентратсияи об ва этиленгликол муайян карда шаванд.

Тавре ки дар боло қайд карда шуд, мо барои таҳқиқот 7 намунаи тадқиқотӣ аз ду ҷузъ, яъне этиленгликол ва об тайёр намудем. Барои тоза кардани сатҳи таҷҳизоти гармоэнергетикӣ аз пардаи металлҳо ва оксидҳои онҳо ҷортои онҳо пешниҳод карда мешаванд: №5 (60 % $C_2H_6O_2$ + 40 % H_2O); №6 (50 % $C_2H_6O_2$ + 50 % H_2O); №7 (40 % $C_2H_6O_2$ + 60 % H_2O); №8 (30 % $C_2H_6O_2$ + 70 % H_2O), ки дар онҳо гармигузаронӣ, зичӣ, коэффисиентҳои часпакии динамикӣ ва кинематикӣ дар ҳудуди ҳарорати (273-373) К ва фишори (0,101-14,42) МПа пурра таҳқиқ гардидааст. Хосиятҳои асосии гармофизикӣ ва реологӣ намунаҳои номбаршуда дар шароити муқаррарӣ дар зер оварда шудаанд (ҷадвали 3).

Ҷадвали 3. - Хосиятҳои асосии гармофизикӣ ва реологӣ намунаҳои тадқиқотӣ дар шароити муқаррарӣ

Маҳ- лулҳо	Ишораи шартӣ	Гармигузаро нӣ, 10^3 Вт/(м·К)	Зичӣ, кг/м ³	Коэффитсиенти часпакии динамикӣ, 10^{-3} Па·с	Коэффитсиенти часпакии кинематикӣ, 10^{-6} м ² /с
№5	60 % $C_2H_6O_2$ +40 % H_2O	391	1067	12,34	11,57
№6	50 % $C_2H_6O_2$ +50 % H_2O	425	1056	10,45	9,89
№7	40 % $C_2H_6O_2$ +60 % H_2O	459	1044	8,56	8,19
№8	30 % $C_2H_6O_2$ +70 % H_2O	494	1033	6,67	6,49

Мувофиқи маълумоти дар ҷадвали 3 овардашуда, далелҳои зеринро метавон хулоса кард: тағйирёбии хосиятҳои гармофизикӣ ва реологӣ маҳлулҳо барои истифода дар раванди коркарди гидразини дастгоҳҳои технологӣ дар энергетикаи гармо инчунин ҳангоми илова кардани этиленгликол низ мушоҳида карда мешавад. Тағйиротҳо асосан бо коҳиши хосиятҳои таҳқиқшуда, ба истиснои коэффитсиенти гармигузаронии самараноки маҳлулҳо, хос мебошанд. Ин далелро назарияи маҳлулҳои коллоидӣ тасдиқ мекунад.

Ҷадвали 4. - Гармигузаронӣ (λ , 10^3 , Вт/ (м·К) = f (Т, n H_2O)) -и маҳлули дукомпонента (№5) дар асоси этиленгликол дар параметрҳои баланди ҳолат

Т, К	Фишор, Р, МПа				
	0,101	4,91	9,81	12,23	14,42
	№5 (60 % $C_2H_6O_2$ + 40 % H_2O)				
280	340	343	346	348	353
293	348	351	354	357	360
303	356	359	362	365	368
310	360	361	366	370	373
323	368	371	374	377	381
333	375	378	381	384	388
343	382	385	389	392	395
353	388	390	393	396	400
363	392	395	399	403	406
373	-	398	402	405	409
383	-	401	404	407	410

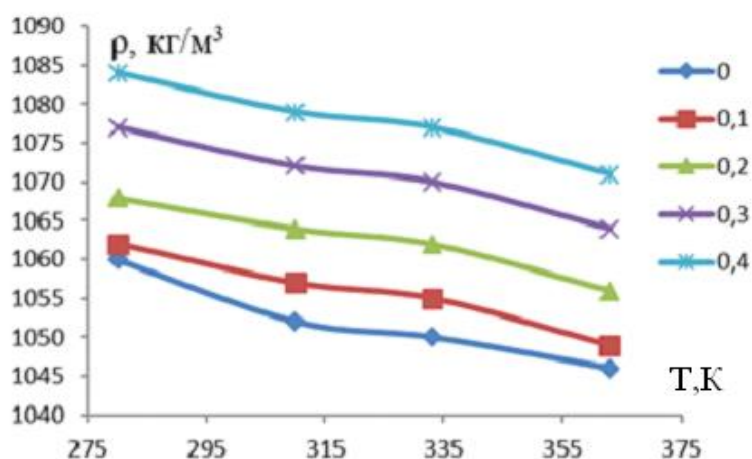
Дар асоси маълумоти ҷадвали 4 метавон хулоса кард, ки гармигузаронии намунаҳо бе нанохокаи гидразин бо баланд шудани ҳарорат, фишор ва консентратсияи нанохокаи гидразин қариб тибқи қонуни ҳаттӣ меафзояд.

4.6. Таъсири консентратсияи нанохокаи гидразин ба тағйирёбии зичии маҳлулҳои дукомпонентӣ (этиленгликол - об) дар ҳароратҳои аз 280 то 363 К ва $p = 0,101$ МПа

Зичии маҳлулҳо, тавре ки қаблан қайд гардид, бо ёрии дастгоҳи таҷрибавӣ муайян карда шуд ва зичии маҳлулҳо ҳангоми тағйирёбии ҳарорат ва фишор бо истифода аз муодилаи навъи Тейт ҳисоб карда шуд. Натиҷаҳои маълумоти таҷрибавӣ-назариявии гирифташуда барои зичии маҳлулҳои №5 ва № 8 дар ҷадвали 5 оварда шудаанд.

Ҷадвали 5. - Зичӣ ($\rho, \text{кг/м}^3 = f(T, P, n \text{ H}_2\text{O})$) -и маҳлулҳои дукомпонентӣ (№5, №8) дар асоси этиленгликол бе дохилкунии нанохокаи гидразин дар ҳарорат ва фишорҳои гуногун

T, K	Фишор, P, МПа				
	0,101	4,91	9,81	12,23	14,42
№5 - (60 % $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$ + 40 % H_2O)					
273	1072	1087	1102	1117	1132
280	1069	1084	1099	1114	1129
293	1067	1082	1097	1112	1127
303	1063	1078	1093	1108	1123
310	1061	1076	1091	1106	1121
323	1059	1074	1089	1104	1119
333	1058	1073	1088	1103	1118
343	1057	1072	1087	1102	1117
353	1056	1071	1086	1101	1116
363	1054	1069	1084	1099	1114
№8 - (30 % $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$ + 70 % H_2O)					
273	1036	1054	1072	1090	1108
280	1035	1053	1071	1089	1107
293	1033	1051	1069	1087	1105
303	1029	1047	1065	1083	1101
310	1028	1046	1064	1082	1100
323	1027	1045	1063	1081	1099
333	1026	1044	1062	1080	1098
343	1024	1042	1060	1078	1096
363	1020	1038	1056	1074	1092

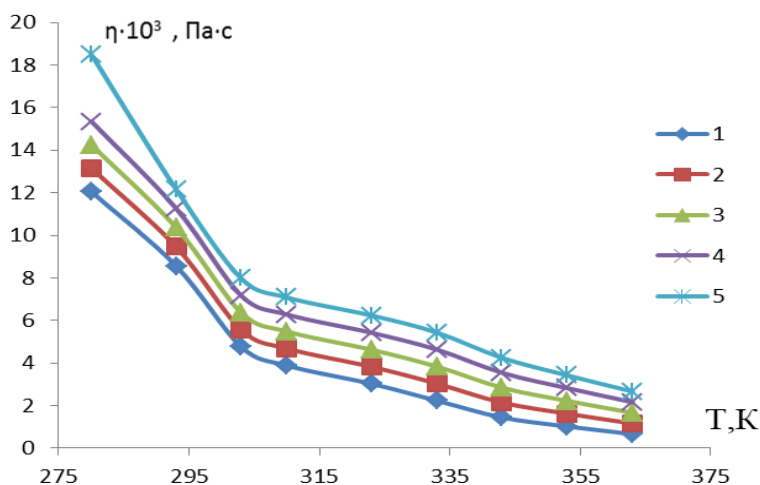


Расми 10. – Тағйирёбии зичии системаҳои маҳлули (№5) вобаста ба ҳарорат дар консентратсияҳои гуногуни нанохока

Мувофиқи графики 10 ва маълумоти ҷадвали 5, зичии маҳлулҳо бо афзоиши консентратсияи нанохокаи гидразин зиёд мешавад. Барои ченкунии аввал ин тағйирот хатӣ аст ва барои ченкунии минбаъда тағйирот тибқи қонуни параболикӣ мушоҳида мешавад. Масалан, иловаи 0,2% нанохокаи гидразин зичии маҳлулро ~1,4% ва иловаи 0,4% ~ 2,04% зиёд мекунад. Ба ақидаи мо, чунин тағйирот аз раванди ҳалшавии гидразин вобаста аст.

4.7. Таҳқиқоти таҷрибавии коэффитсиентҳои часпакии динамикӣ ва кинематикӣ маҳлулҳои обии этиленгликол (№5, №6, №7, №8) вобаста аз консентратсияи гидразин, ҳарорат ва фишор

Коэффитсиенти часпакии динамикӣ маҳлулҳо бо ёрии вискозиметри капиллярӣ омӯхта шудааст, ки дар он ҳатогии 2,6% бо эҳтимолияти бовариноки $\alpha = 0,95$ таъмин гардидааст. Натиҷаҳои тадқиқот дар расми 11 пешниҳод дода шудааст.



Расми 11. -
Вобастагии
коэффитсиенти часпакии
динамикӣ маҳлулҳои
дукомпонентӣ (№ 7) аз
ҳарорат дар фишорҳои
(0,101 МПа; 4,91 МПа; 3 -
9,81 МПа; 12,23 МПа;
14,42 МПа)

Барои муайян кардани коэффитсиенти часпакии кинематикӣ одатан маълумоти таҷрибавӣ дар бораи часпакии динамикӣ ва зичии моддаҳои омӯхташуда истифода ва дар шароити муқаррарӣ бо ёрии вискозиметр ва денсиметр чен карда мешаванд.

Ҳамин тариқ, натиҷаҳои ҳисоб кардани часпакии кинематикӣ маҳлулҳои обии этиленгликол бо ва бе иловаи нанохокаи гидразин ҳангоми тағйирёбии ҳарорат ва фишори таҷриба оварда шудаанд (ҷадвали 6).

Ҷадвали 6. - Коэффитсиенти часпакии кинематикӣ ($\nu \cdot 10^{-6}$, $\text{м}^2/\text{с} = f(T, P, n \text{ H}_2\text{O})$)-и маҳлулҳои обии этиленгликоли дукомпонента (№5, №8) бо дохилкунии нанохокаи гидразин (0,4 %) дар ҳарорат ва фишорҳои гуногун

T, K	Фишор, P, МПа				
	0,101	4,91	9,81	12,23	14,42
№5 - [(60 % C ₂ H ₆ O ₂ + 40 % H ₂ O) + 0,4 % N ₂ H ₄]					
280	15,35	16,21	17,07	17,87	18,67
293	11,97	12,69	13,42	14,74	17,06
303	8,59	9,18	9,76	11,61	11,45
310	6,49	7,36	7,82	9,09	9,34
323	4,40	5,53	5,87	6,56	7,24
333	3,38	4,39	4,75	5,43	6,1
343	2,36	3,25	3,63	4,29	4,96
353	1,72	2,46	2,95	3,55	4,16
363	1,07	1,67	2,26	2,81	3,35
№8 - [(30 % C ₂ H ₆ O ₂ + 70 % H ₂ O) + 0,4 % N ₂ H ₄]					

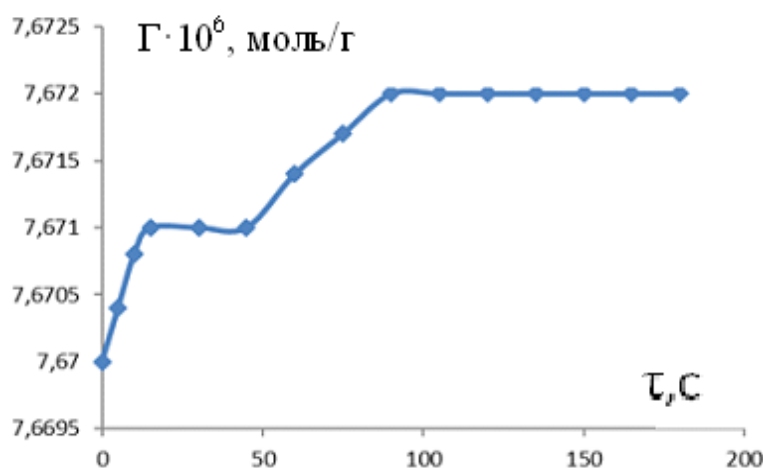
Идомаи ҷадвали 6					
280	10,84	11,77	12,70	13,58	14,46
293	7,78	8,61	9,43	10,22	11,00
303	4,72	5,44	6,16	6,85	7,54
310	3,60	4,35	5,09	5,80	6,50
323	2,48	3,26	4,03	4,75	5,46
333	1,78	2,52	3,25	3,93	4,61
343	1,08	1,77	2,46	3,11	3,75
353	0,82	1,40	1,98	2,55	3,12
363	0,56	1,03	1,50	1,99	2,49

Тавре ки аз натиҷаҳои дар ҷадвали 6 овардашуда аён аст, бо афзоиши консентратсияи нанохокаи гидразин дар маҳлули системаҳои этиленгликол ва об коэффитсиенти часпакии кинематикӣ тибқи қонуни хаттӣ меафзояд.

4.8. Коэффитсиенти адсорбсияи нанохокаи гидразин

Барои таҳқиқоти кинетикаи намунаҳо мо дастгоҳ (патентҳои хурди ҚТ №ТJ 824, №ТJ 825) сохтем, ки аз ду қисм иборат аст: 1) зарфи силиндрӣ ва тур; 2) сониясанҷ ва тарозуи электронӣ, ки дақиқии ченкунии он ба 0,001 г баробар мебошад. Хатогии нисбии умумии ченкунии коэффитсиенти адсорбсия ҳангоми эҳтимолияти бовариноки $\alpha = 95\%$ ба 0,01% баробар аст.

Натиҷаҳои таҳқиқоти коэффитсиенти адсорбсияи нанохокаи гидразин дар шакли график дар зер оварда шудаанд (расми 12). Барои гузаронидани озмоишҳо бо нанохокаи гидразин 6 намуна интихоб гардид, ки ҳар яки он тақрибан ба 10,5 г баробар аст. Барои осон кардани истифодаи онҳо мо онҳоро бо рақами тартибӣ ишора намудем: №1 - 0,5 г; №2 - 1 г; №3 - 1,5 г; №4 - 2 г; №5 - 2,5 г; №6 - 3 г.



Расми 12. - Графики вобастагии коэффитсиенти адсорбсияи намунаи №4 аз вақти нигоҳ доштани нанохокаи гидразин дар тури асбоб

Тавре, ки аз расми 12 дида мешавад график шакли зинагӣ дорад ва ба раванди кристаллизатсияи ҷисмҳои саҳт монанд мебошад.

4.9. Таъсири нанохокаи гидразин ба тағйиребии адади Прандтли маҳлулҳои оби этиленгликол дар фишори атмосферӣ ва ҳарорати гуногун

Мувофиқи натиҷаҳои таҷрибавӣ ва тарҳбандии назариявӣ оид ба хосиятҳои гармофизикии маҳлулҳои этиленгликол бо ворид кардани нанохокаи гидразин дар ҷадвали 7 хосиятҳои гармофизикии маҳлулҳои оби этиленгликол бо илова кардани нанохокаи гидразин (№8 (30% $C_2H_6O_2$ + 70% H_2O) + 0,4% N_2H_4), аз ҷумла

гармигузаронӣ, зичӣ, коэффитсиентҳои часпакии динамикӣ ва кинематикӣ, адади Прандтл дар ҳарорати гуногун ва фишори атмосферӣ оварда шудаанд.

Ҷадвали 7. - Хосиятҳои гармофизикии маҳлулҳои системаи этиленгликол ва об бо ворид кардани 0,4% наноҳакаи гидразин вобаста ба ҳарорат дар фишори атмосферӣ (№8 (30 % $C_2H_6O_2$ + 70 % H_2O) + 0,4 % N_2H_4)

T, K	$\rho, \text{кг/м}^3$	$\lambda, 10^3$ $\text{Вт/(м} \cdot \text{К)}$	$\eta \cdot 10^3$, $\text{Па} \cdot \text{с}$	$\alpha \cdot 10^7$ $\text{м}^2 / \text{с}$	$\nu \cdot 10^6$, $\text{м}^2 / \text{с}$	$Pr = \frac{\nu}{\alpha}$
280	1064	509	11,54	3,68	10,84	29,45
293	1062	522	7,36	3,72	7,78	20,91
303	1058	530	4,90	3,76	4,79	12,74
310	1057	548	3,80	3,80	3,60	9,47
323	1056	556	2,62	3,82	2,48	6,49
333	1055	564	2,01	3,84	1,79	4,66
343	1054	570	1,14	3,86	1,08	2,90
353	1050	575	0,83	3,90	0,82	2,10
363	1049	579	0,59	3,94	0,56	1,42

Боби 5. Таҳлил ва коркарди маълумоти таҷрибавӣ оид ба хосиятҳои гармофизикӣ ва реологӣ маҳлулҳо дар параметрҳои гуногуни ҳолат

Боби панҷум ба таҳлил ва усулҳои дахлдори коркард ва ҷамъбасти маълумоти таҷрибавӣ бахшида шудааст. Усулҳои ҳисобшудаи чунин параметрҳо, ба монанди зичӣ, гармигузаронӣ, хосиятҳои адсорбсионии намунаҳои таҳқиқотӣ вобаста ба консентратсияи наноҳакаи гидразин пешниҳод гардидаанд.

5.1. Коркарди маълумот аз рӯи натиҷаҳои тадқиқоти таҷрибавии гармигузаронии маҳлулҳои системаи этиленгликол ва об бо ворид кардани наноҳакаи гидразин

Натиҷаҳои тадқиқоти таҷрибавии гармигузаронии намунаҳо дар фишори атмосферӣ ва ҳарорати гуногун чунин ҷамъбаст карда шуданд:

$$\frac{\lambda}{\lambda_1} = f\left(\frac{T}{T_1}\right), \quad (8)$$

дар ин ҷо λ ва λ_1 - коэффитсиенти гармигузаронии намунаҳои таҳқиқшаванда дар ҳарорати гуногуни T, K ва T_1, K ; $T_1=323 K$.

Иҷрои ин вобастагии графикӣ (расми 13) дар шакли ифодаи (8) ифода карда мешавад. Бо таҳлили дахлдор муайян гардид, ки λ_1 қиматҳои мебошанд, ки консентратсияи гидразинро дар маҳлул тавсиф мекунанд (расми 14).

Хати қачи дар расми расми 13 тасвирёфта бо ифодаи зерин муайян карда мешавад:

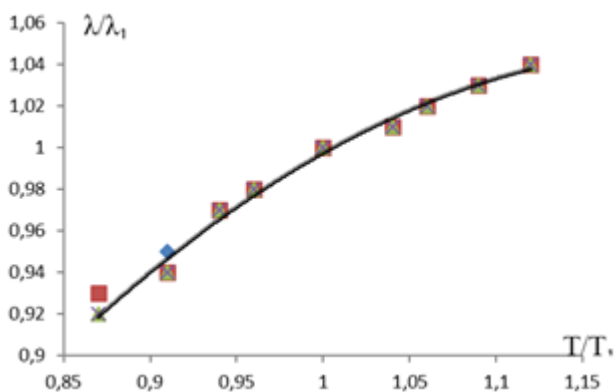
$$\frac{\lambda}{\lambda_1} = \left[-1,073 \left(\frac{T}{T_1} \right)^2 + 2,613 \left(\frac{T}{T_1} \right) - 0,542 \right], \quad (9)$$

Муодилаи хати ростии расми 14 бошад, чунин намудро дорад:

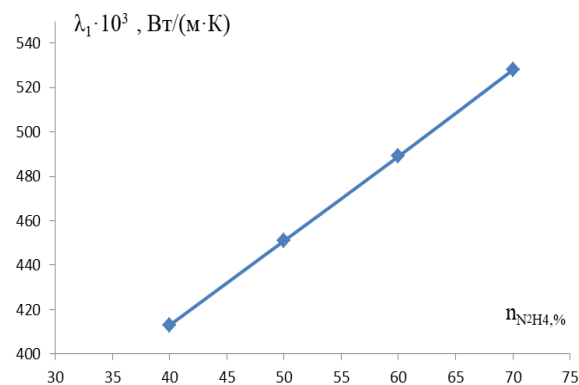
$$\lambda_1 = (3,83n^2 + 259,6)10^{-3}, \text{Вт/(м} \cdot \text{К)} \quad (10)$$

Ҳангоми гузоришҳои мувофиқ ҳосил мекунем:

$$\lambda = \left[-1,073 \left(\frac{T}{T_1} \right)^2 + 2,613 \left(\frac{T}{T_1} \right) - 0,542 \right] (3,83n^2 + 259,6)10^{-3}, \text{Вт/(м} \cdot \text{К)} \quad (11)$$



Расми 13. – Гармигузаронии нисбӣ (λ/λ_1)-и намунаҳои тадқиқотӣ вобаста ба ҳарорати нисбӣ (T/T_1): №5 - (60 % $C_2H_6O_2$ + 40 % H_2O); №6 - (50 % $C_2H_6O_2$ + 50 % H_2O); №7 - (40 % $C_2H_6O_2$ + 60 % H_2O); №8 - (30 % $C_2H_6O_2$ + 70 % H_2O)



Расми 14. - Вобастагии λ_1 -и намунаҳо аз консентратсияи наноҳокаи гидразин (n)

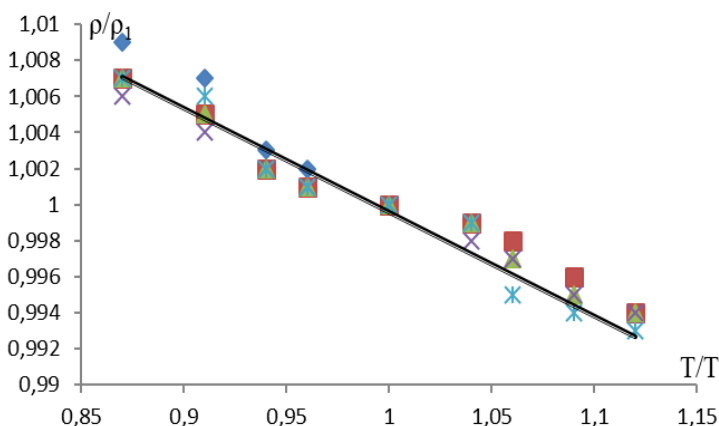
Муодилаи ҳосилкардашудаи (12) барои ҳисобкунии гармигузаронии намунаҳо (№5, №6, №7, №8) дар ҳарорати гуногун ва консентратсияи об бо ҳатогии тақрибан 3,29 % хизмат менамояд.

5.2. Коркарди маълумоти таҷрибавии зичии маҳлулҳои омӯхташуда

Натиҷаҳои таҳқиқоти таҷрибавии зичии намунаҳо дар фишори атмосферӣ ва ҳароратҳои гуногун чунин ҷамъбаст карда шудаанд (расми 15):

$$\frac{\rho}{\rho_1} = f\left(\frac{T}{T_1}\right), \quad (12)$$

дар ин ҷо: ρ ва ρ_1 - зичии намунаҳои таҳқиқотӣ мувофиқан дар ҳароратҳои гуногуни T , K ва T_1 , K ; $T_1 = 323 K$.



Расми 15. – Вобастагии зичии нисбии намунаҳои тадқиқотӣ (ρ/ρ_1) аз ҳарорати нисбӣ (T/T_1)

Дар асоси коркарди графоаналитикии маълумот (расми 16) оид ба зичии маҳлулҳои системаи этиленгликол, об ва наноҳокаи гидразин бо назардошти муодилаҳои эмпирикӣ барои ρ_1 , вобастагии умумии аппроксимасиониرو дар шакли зерин ба даст овардем:

$$\rho = \left[-0,057 \left(\frac{T}{T_1} \right) + 1,057 \right] \cdot [16,294 \ln(n_{N_2H_4}) + 1141,3], \text{ кг/м}^3 \quad (13)$$

Муодилаи (13)-ро истифода бурда, зичии маҳлулҳоро (№5, №6, №7, №8), ҳам бо наноҳокаи гидразин, ҳам бе он вобаста ба ҳарорат ва консентратсияи об бо ҳатогии миёнаи - 0,09 % ҳисоб кардан мумкин аст (ҷадвали 8).

Ҷадвали 8. – Муқоисаи қиматҳои таҷрибавӣ ва ҳисобкардашудаи маҳлулҳои этиленгликоля бо иловакунии наноҳокаи гидразин (N_8 (30% $C_2H_6O_2$ + 70% H_2O) + 0,3% N_2H_4)) дар ҳароратҳои гуногун ва фишори атмосферӣ

T, K	280	293	303	310	323	333	343	363
$\rho, \text{кг/м}^3$, таҷрибавӣ	1129	1128	1123	1122	1121	1120	1116	1114
$\rho, \text{кг/м}^3$, ҳисобӣ бо муодилаи (14)	1129	1126,5	1124,1	1120	1120,8	1118,2	1115	1113
$\Delta, \%$	0	0,14	0,09	0,18	0,02	0,16	0,09	0,08
Ҳатогии миёнаи ҳисобкунӣ бо муодилаи (14), %	0,09							

5.3. Маълумоти таҳқиқоти таҷрибавӣ оид ба коэффитсиенти часпакии динамикии маҳлулҳо дар асоси этиленгликол, об ва нанопорошка гидразин ва коркарди онҳо

Натиҷаҳои таҳқиқоти таҷрибавии коэффитсиенти часпакии динамикии намунаҳо дар фишори атмосферӣ ва ҳарорати гуногун чунин ҷамъбаст карда шуданд:

$$\frac{\eta}{\eta_1} = f\left(\frac{T}{T_1}\right), \quad (14)$$

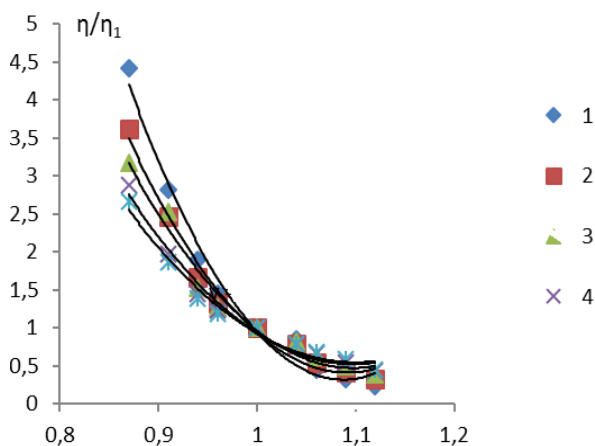
Иҷрошавии ифодаи (14) дар расми 17 графикӣ тасвир ёфтааст, ки мувофиқи он ҳамаи қиматҳо қад-қадӣ хати қачи умумӣ меҳобанд.

Ифодаи хати қачи расми 17 чунин намуд дорад:

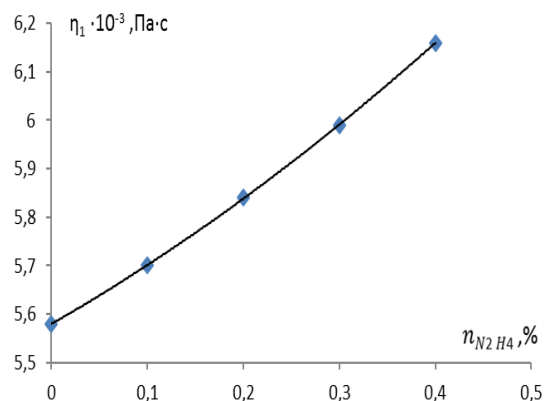
$$\frac{\eta}{\eta_1} = \left[A \cdot \left(\frac{T}{T_1} \right)^2 - B \left(\frac{T}{T_1} \right) + C \right], \quad (15)$$

дар ин ҷо A, B ва C – коэффитсиентҳои муодила.

Таҳлили η_1 нишон дод, ки вай функсияи тағйирёбии консентратсияи наноҳокаи гидразин дар маҳлули обии этиленгликол мебошад (рис 18).



Расми 17. - Вобастагии коэффитсиенти часпакии динамикии нисбӣ (η/η_1)-и маҳлулҳои обии этиленгликол бо иловаи наноҳокаи гидразин аз тағйирёбии нисбии ҳарорат: T/T_1 : 1 - 0,1 % N_2H_4 ; 2 - 0,2 % N_2H_4 ; 3 - 0,3 % N_2H_4 ; 4 - 0,4 % N_2H_4



Расми 18. - Вобастагии η_1 -и намунаҳо аз консентратсияи наноҳокаи гидразин дар маҳлули обии этиленгликол

Барои хати качи дар расми 18 тасвиршуда, муодилаи зерин ҳосил гардид:

$$\eta_1 = [0,8757 (n_{N_2H_4})^2 + 1,1357(n_{N_2H_4}) + 5,5797]10^{-3}, Па \cdot c \quad (16)$$

Муодилаи (16)-ро ба (17) гузошта, ҳосил мекунем:

$$\eta = \left[A \left(\frac{T}{T_1} \right)^2 - B \left(\frac{T}{T_1} \right) + C \right] \cdot [0,8757(n_{N_2H_4})^2 + 1,1357(n_{N_2H_4}) + 5,5797]10^{-3}, Па \cdot c \quad (17)$$

Ҳамин тариқ, ифодаи бадастомада (17) метавонад барои муайян кардани коэффитсиенти часпакии динамикии намунаҳои таҳқиқшуда бо тағйирёбии ҳарорат дар фишори атмосферӣ истифода гардид. Барои иҷрои ҳисобкуниҳои дахлдор, қиматҳои концентратсияи наноҳакаи гидразин ва ҳарорати таҷриба зарур мебошанд. Ҳисобкунӣ бо ёрии ин муодила бо ҳатогии то 7,32% ва барои баъзе нуктаҳо то 15,6% анҷом дода мешавад.

5.4. Коркарди маълумоти таҷрибавӣ оид ба коэффитсиенти часпакии кинематикии маҳлулҳо дар асоси этиленгликол бо концентратсияи гуногуни наноҳакаи гидразин

Натиҷаҳои ҳисобкунии часпакии кинематикии намунаҳо дар фишори атмосферӣ ва ҳарорати гуногун чунин ҷамъбаст карда шудаанд:

$$\frac{\nu}{\nu_1} = f \left(\frac{T}{T_1} \right), \quad (18)$$

$$\nu = \left[A \left(\frac{T}{T_1} \right)^2 - B \left(\frac{T}{T_1} \right) + C \right] \cdot [-0,0714(n_{N_2H_4})^2 + 0,1586(n_{N_2H_4}) + 5,4086]10^{-6}, м^2 / c \quad (19)$$

Ҳамин тариқ, ифодаи бадастомада (19) метавонад барои муайян кардани коэффитсиенти часпакии кинематикии намунаҳои таҳқиқшуда бо тағйирёбии ҳарорат дар фишори атмосферӣ истифода шавад. Барои иҷрои ҳисобкуниҳои дахлдор, қиматҳои концентратсияи наноҳакаи гидразин ва ҳарорат зарур мебошагнд. Ҳатогии ҳисоб кардани часпакии кинематикӣ дар ин ҳолат то 9,01% мерасад, танҳо барои баъзе нуктаҳо он то 18% -ро ташкил медиҳад.

Дар замима ҷадвалҳо бо натиҷаҳои таҳлили муқоисавии таҷрибавӣ бо маълумоти ҳисобшуда, ки бо ёрии муодилаҳои эмпирикӣ аз рӯи гармигузаронӣ, коэффитсиентҳои часпакии кинематикӣ ва динамикӣ ва коэффитсиенти адсорбсияи маводҳои тадқиқшаванда ба даст оварда шудаанд. Дар бораи тадбиқ намудани натиҷаҳои корҳои тадқиқотӣ санадҳо пешниҳод гардидааст.

Хулосаҳо

1. Дастгоҳҳои таҷрибавӣ, ки барои таҳқиқи хосиятҳои гармофизикии моеъҳо (гармигузаронӣ, зичӣ, часпакии динамикӣ ва кинематикӣ) ҳангоми тағйирёбии ҳарорат (273 - 363) К ва фишор (0,101 - 14,42) МПа пешбинӣ шудааст, иҷро гардид. Бо назардошти хусусиятҳои моддаҳои таҳқиқшаванда дастгоҳҳои таҷрибавӣ барои чен кардани гармигузаронӣ (усули речаи мунтазами гармӣ) ва зичӣ (усули баркашии гидростатикӣ) такмил дода шуданд [7-М, 8-М, 11-М, 12-М].

2. Дастгоҳҳои таҷрибавӣ, ки барои омӯзиши хосиятҳои физику химиявӣ (гармигузаронӣ, зичӣ ва часпакии динамикӣ ва кинематикӣ)-и муҳити моеъ дар ҳудудҳои ҳарорат аз 273 то 363 К ва фишор аз 0,101 то 14,42 МПа истифода мегардид, навсозҳои зарурӣ анҷом дода шуданд. Илова бар ин, бо назардошти хусусиятҳои таркибии моддаҳои омӯхташаванда, мо танзими дастгоҳи таҷрибавиеро, ки барои муайян кардани гармигузаронӣ (бо истифода аз усули режими гармии ҳолати

устувор) ва зичӣ (бо истифода аз усули вазнкунии гидростатикӣ) корбурд мегардид, тағйир додем [7-М, 8-М, 11-М, 12-М].

3. Дар натиҷаи таҳқиқоти гузаронидашуда, афзоиши миёнаи гармигузаронии маҳлулҳо бо тағйирёбии ҳарорат дар ҳудудҳои аз 273 то 363 К ба қайд гирифта шуд [1-М, 16-М, 20-М, 25-М].

4. Муайян карда шудааст, ки агар ба маҳлули обии этиленгликол 0,1% нанохокаи гидразин илова карда шавад, ин ба афзоиши гармигузаронӣ то 11,9% оварда мерасонад. Агар иловаи нанохокаи гидразин дар маҳлул 0,4 %-ро дар $T = 363 \text{ К}$ ва $P = 14.42 \text{ МПа}$ ташкил диҳад, пас гармигузаронии маҳлул дар маҷмӯъ то 17,4 фоиз зиёд мешавад [1-М, 4-М, 16-М, 20-М, 25-М].

5. Бо истифода аз маълумоти таҷрибавӣ оид ба гармигузаронӣ ва зичии маҳлулҳо, як қатор параметрҳои термодинамикӣ ҳангоми тағйирёбии ҳарорат аз 273 то 363 К ва фишор аз 0,101 То 14,41 МПа бо назардошти иловаи нанохокаи гидразин ба маҳлул то 0,4% ҳисоб карда шудаанд. Инчунин, дар кор мувофиқати усулҳои ҳисобшудаи гармигузаронӣ, часпакӣ, зичӣ ва адади Прандтл пешниҳод гардидааст [4-М, 7-М, 8-М, 9-М, 13-М].

6. Бо истифода аз натиҷаҳои озмоишҳо ва қонуниятҳои назариявии дахлдор таҳлил, коркард ва ҷамъбасти онҳо гузаронида ва дар асоси онҳо муодилаҳои аппроксиматсионӣ, варианти тағйирдодашудаи муодилаи Тейта ба даст оварда шуданд. Дар асоси муодилаҳои эмпирикӣ ва нимэмпирикии бадастомада, вобаста ба ҳарорат, фишор, инчунин консентратсияи нанохокаи гидразин дар маҳлул гармигузаронӣ ($\sigma_L = 3,6 \%$), часпакии динамикӣ ($\sigma_n = 4,5 \%$) ва часпакии кинематикӣ ($\sigma_v = 3,5 \%$)-и маҳлулҳоро муайян кардан мумкин аст [1-М, 2-М, 3-М, 6-М, 12-М].

7. Муайян карда шудааст, ки ҳангоми илова кардани нанохокаи гидразин то 0,4% ба маҳлули обии этиленгликол (30% этиленгликол + 70% об) дар ҳудуди ҳарорати 280-363 К, часпакии кинематикӣ 94,8% коҳиш меёбад ва ҳангоми ҳал шудани нанохокаи гидразин дар ҳамон ҳудуди ҳарорат зичии он 1,4% коҳиш меёбад [1-М, 3-М, 6-М, 28-М]. Дар асоси таҷрибаҳо муайян карда шуд, ки илова кардани 0,4% нанохокаи гидразин ба маҳлули обии этиленгликол (30% этиленгликол + 70% об) дар ҳудуди ҳарорати 280 – 363 К гармигузаронӣ 13,75% меафзояд. [1-М, 4-М, 16-М, 26-М].

8. Натиҷаҳои асосии тадқиқоти назариявӣ ва таҷрибавӣ ба истифодабарӣ қабул гардида, дар раванди таълими донишгоҳи Техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ дар ш. Душанбе, Донишгоҳи давлатии омӯзгории Тоҷикистон ба номи С. Айни ва дар Институти саноати Вазорати саноат ва технологияҳои нави Ҷумҳурии Тоҷикистон татбиқ гаштаанд (санадҳои татбиқи натиҷаҳо дар замимаи диссертатсия оварда шудаанд) [1-М -31-М].

Тавсияҳо оид ба истифодаи амалии натиҷаҳои таҳқиқот

1. Ҷадвалҳои муфассал оид ба параметрҳои гармофизикӣ (гармигузаронӣ, зичӣ) ва реологӣ (часпакии динамикӣ ва кинематикӣ)-и системаҳои нанохокаи гидразин дар ҳудуди ҳарорат аз 270 К то 363 К вобаста ба консентратсияи гидразин ва коэффитсиенти адсорбсияи нанохокаи гидразин дар ҳарорати хона тартиб дода ва тавсия дода мешавад, ки ҳангоми ҳисоб кардани равандҳо дар дастгоҳҳо ва равандҳои гармӣ, массаивазкунӣ ҳамчун маълумотнома корбурд мегарданд.

2. Вобастагии эмпирикии бадастомадаро ҳам барои ҳисобкунӣ ва ҳам барои пешгӯии мувофиқи хосиятҳои гармофизикӣ ва реологӣ системаҳои секомпоненттаи таҳқиқнашуда дар шакли хока бо назардошти тағйирёбии параметрҳои ҳолат ва консентратсияи ҷузъҳои таркибии система истифода бурдан, тавсия дода мешавад.

3. Натиҷаҳои таҳқиқот барои ҷорӣ намудан дар Институти саноати Вазорати саноат ва технологияҳои нави Ҷумҳурии Тоҷикистон ва ДДОТ ба номи Садриддин Айни хангоми ҳисоб кардани равандҳои гармофизикӣ ва термодинамикӣ, ҳамчун маълумотнома дар раванди таълим тавсия дода мешаванд (санадҳои татбиқ дар диссертатсия замима гардидааст).

Руйхати корҳои нашршуда дар мавзӯи диссертатсия

Мақолаҳо дар маҷаллаҳои илмие, ки аз ҷониби ҚОА-и назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон тавсия шудаанд:

[1-М]. Рафиев, С.С. Взаимосвязь между коэффициентом теплопроводности и диэлектрической проницаемости водных растворов этиленгликоля / С.С. Рафиев, Х.Х. Назарзода, М.М. Сафаров. // Вестник Бохтарского Государственного университета имени Носира Хусрава (научный журнал) серия естественных наук. Бохтар, 2026, №2/1 (144) – С. 88 - 92. ISSN: 2663-6417

[2-М]. Рафиев, С.С. Влияние нанопорошка гидразина на изменение энергии Гиббса в тернарных системах. / Х.Х. Ойматова, Ш.Р. Сафаров, Дж. Ф. Собиров, М.М. Сафаров, С.С. Рафиев. // Сборник трудов. Инновация, Наука, Образования, (научный журнал) М. 2021, №27, - С.917 - 925. ISSN: 2687-1068

[3-М]. Рафиев, С.С. Кинематическая вязкость теплоносителей, внедренных в них нанопорошка гидразина. / С.С. Рафиев. // Вестник Бохтарского Государственного университета имени Носира Хусрава (научный журнал) серия естественных наук. Бохтар, 2021, №2/4 (93) – С. 54 - 58. ISSN: 2663-6417

[4-М]. Рафиев, С.С. Расчет одного из основных термодинамических потенциалов (энергии Гельмгольца) тернарных систем. / Ш.Р. Сафаров, Х.Х. Ойматова, С.С. Рафиев, М.М. Сафаров, М.А. Файзова. // Научные тенденции: Вопросы точных и технических наук (Сборник научных трудов), Санкт -Петербург, 2020, - С. 19 - 21. ISSN: 001-000001-0668-ТТ

[5-М]. Рафиев, С.С. Коэффициент адсорбции нанопорошка гидразина в адсорбенте воды при различном времени увлажнения. / С.С. Рафиев, М.М. Сафаров, Ш.З. Нажмудинов. // Вестник Технологического университета Таджикистана. ТУТ, Душанбе, 2019, №2, (37) - С. 22 - 28. ISSN: 2707-8000

[6-М]. Рафиев, С.С. Анализ применимости уравнения Тейта к различным классам веществ в конденсированном состоянии на примере плотности. II. Вычисление плотности. / М.М. Сафаров, Т.Р. Тиллоева, С.С. Рафиев, М.М. Гуломов, Р. Д. Давлатов, Д.Ш. Хакимов, А.Р. Раджабов, С.С. Хасанова, Д.Ш. Раджабова, Х.Х. Ойматова, З.К. Хусайнов. // ТНУ, Душанбе - 2018, №2,- С.92 - 98. ISSN: 2413-452X

[7-М]. Рафиев, С.С. Модель цилиндрического контакта с плоской подложкой и расчет эффективной теплопроводности нанонити. / М.М. Сафаров, С.С. Рафиев, Д.Ш. Хакимов, Дж.Ф. Собиров, С.Х. Мирзоев, Н.Б. Давлатов, М.М. Гуломов, С.Г. Ризоев, Р.Д. Давлатов. // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. Душанбе, 2018, №2, - С. 122 - 127. ISSN: 2413-452X

[8-М]. Рафиев, С.С. Влияние воды на изменение коэффициента поверхностного натяжения этиленгликоля при атмосферном давлении /М.М. Сафаров, Х.Х. Назарзода, С.С. Рафиев, М.М. Гуломов. // Вестник ТНУ. Серия естественных наук, Душанбе, 2017, №2,- С.97 - 101. ISSN: 2413-452X

[9-М]. Рафиев, С.С. Способ обобщения коэффициента адсорбции зернистых материалов (способ Сафарова М.М.) / С.С. Абдуназаров, С.С. Рафиев, Х.Х. Назаров, М.А. Зарипова, Д.А. Назримадов, А.Г. Мирзомамадов, Махмадали К, С.Г. Ризоев, М.Т. Тургунбоев, М.А. Абдуллоев. // Вестник Таджикского национального универси-

тета, (научный журнал) Серия естественных наук, Душанбе, Сино, 2017, №1/2, - С. 132 - 137. ISSN: 2413-452X

Ихтироотҳои хурди Ҷумҳурии Тоҷикистон:

[10-М]. Рафиев, С.С. Устройства для определения коэффициента теплопроводности наножидкостей. Патент Республики Таджикистан. / Сафаров М.М., М.М. Гуломов, С.С. Рафиев, Д.Ш. Раджабова, А.Р. Раджабов, Дж.Ф. Собиров, С.Х. Мирзоев, М.А. Зарипова, Б.Г. Файзиев, Р.Дж. Давлатов. Д.Ш.Хакимов, М.А. Абдуллоев. // Патент Республики Таджикистан № TJ 923, 2017. - 5с

[11-М]. Рафиев, С.С. Комплексная солнечная установка для получения тепловой и электрической энергии. / С.С. Рафиев, Д.Ш. Раджабова, М.М. Сафаров., А.Р. Раджабов, Б.М. Махмадиев, Назарзода Х.Х., Зарипова М.А., Гуломов М.М., Давлатов Р.Дж., Хакимов Д.Ш., Абдуллоев М.А. // Патент Республики Таджикистан № TJ 919, 2017. - 5с.

[12-М]. Рафиев, С.С. Устройства слежения за солнцем. / Сафаров М.М., Абдурахмонов А.Я., Абдуллоев Б.Т., Одинаев Н.Х., Каримзода Дж.Х., Сафаралиев М.Д., Абдуллоев И.Т., Назарзода Х.Х., Зувайдуллозода Ф.З., Рафиев С.С. Фохаков А.С. // Патент Республики Таджикистан №1202, 2018.-5с.

[13-М]. Рафиев, С.С. Способ определения коэффициента адсорбции наноматериалов. / Сафаров М.М., Абдуназаров С.С., Рафиев С.С., Зарипова М.А., Зарипов Дж.А., Махмадов С.А., Зоиров Х.А., Тиллоева Т.Р., Давлатов Н.Б., Сафаров П.М., Нейматов Г.Н. // Патент Республики Таджикистан № TJ 1279, 2021. - 9с.

[14-М]. Рафиев, С.С. Установка для автоматизированного определения теплопроводности твердых тел. / Сафаров М.М., Саидзода К.Б., Рафиев С.С, Сафаров Ш.Р., Зарипов Дж.А., Зарипова М.А., Шарипов С.М., Тиллоева Т.Р., М. Джабборзода., Махмадиев Б.М., Умарализода М.У., Сафаров М.М. // Патент Республики Таджикистан № TJ 1185, 2021.-7с.

Мақолаҳо дар конференцияҳои байналмиллалӣ ва ҷумҳуриявӣ ба таъбириши

[15-М]. Рафиев, С.С. Адсорбционные, теплофизические, термодинамические свойства некоторых наночастиц и их влияние на поведение теплоносителей. / М.М. Сафаров, Т.Р. Тиллоева, З.Ю. Норов, С.С. Рафиев, Х.Х. Назаров, Н.Б. Давлатов, С.А. Назруллоев, М.А. Зарипова, С.Г. Ризоев, З.Н. Едалиева, Ф.С. Давлатзода, Д.С.Джураев, М.М. Холиков, Д.Ш. Хакимов, Д.А. Назримадов. // 10 школа - семинар молодых ученых и специалистов академика РАН В.Е. Алемасова “Проблемы тепло-массообмена и гидродинамики в энергомашиностроении”, Казань, 2016 - С.217 - 220.

[16-М]. Rafiev, S.S. Influence of carbon nanotubes, nanometalic to exchange thermophysical and thermodynamics properties of hydrazinehydrate (rocket fuel) in dependence temperature and pressures. / М.М. Safarov, Н.А. Zoirov, Т.Р. Tilloeva, Z.U. Norov, В.М. Mahmadiev, S.S. Rafiev e.t. // Conference book, 10 ICTP, “Thermophysical properties measurements in the quality control of sub-stances, materials and products». Dushanbe - Tambov, 3 - 8 october 2016. - P.201-218.

[17-М]. Rafiev, S.S. Computer modeling of heat transfer process for nanofluids/ М.М. Safarov, М.М. Gulomov, D.Sh. Rajabova, S.S. Rafiev. // 4 International computer simulation, China, 2017, - p. 56.

[18-М]. Рафиев, С.С. Влияние наночастиц на изменение теплопроводности, температуропроводности диэтилового эфира включая критическое и сверхкритической области параметров состояния. / М.М. Сафаров, М.М. Гуломов, Дж.Ф. Собиров, С.С. Рафиев. // Материалы международной конференции фазовые переходы, критические и нелинейные явления в конденсированных средах. / г.Махачкала, 6 - 9 сентября 2017.- С.433 - 436.

[19-M]. Rafiev, S.S. Thermodynamic properties of nano fluids in dependence temperature and pressures. / М.М. Safarov, M.A. Zaripova, T.R. Tilloeva, S.S. Rafiev e.t.//6th Rostock International Conference: THERMAL 2017 “Thermo-physical Properties for Technical Thermodynamics” Institute of Technical Thermodynamics University of Rostock, Germany, 17– 18 July 2017, - P.77.

[20-M]. Рафиев, С.С. Уравнение типа Тейта для расчета плотности жидкостей, растворов при различных температурах и давлениях. / М.М. Сафаров, М. М. Гуломов, Д.Ш. Хакимов, С.С. Рафиев, А.Р. Раджабов. // Материалы научно - практической конференции “8 Ломоносовских чтения”, Филиал МГУ имени М.В. Ломоносова в г, Душанбе, 27 - 28 апреля 2018 - С.34-38.

[21-M]. Рафиев, С.С.. Физико - химические и адсорбционные свойства жидкого гидразина и хлорида гидразина. / М.М. Сафаров, С.С. Рафиев, Ш.Р. Сафаров, З.К. Хусайнов. // Международной научно - практической конференции “Актуальные проблемы преподавания математики и естественных наук в кредитной системы обучения” КТГУ имени Носира Хусрава, Бохтар, 2018- С. 458 - 461.

[22-M]. Рафиев, С.С. Определение коэффициента поверхностного натяжения растворов методом Ребиндера. / М.М. Сафаров, А.Р. Раджабов, С.С. Рафиев. // Международный водноэнергетический форум - 2018, КГЭУ, Т. 1.29 октября - 2 ноября 2018, Казань, Россия - (2018). - С.137 (Scopuse).

[23-M]. Рафиев, С.С. Влияние металлических наночастиц на изменение реологических свойств углеводов. / М.М. Сафаров, Х.Х. Ойматова, Ш.Р. Сафаров, С.С. Рафиев, С.С. Джумъев. // 6 Международной научно - технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов “Энергосберегающие и эффективность в технических системах”, Тамбов, 3 - 5 июня 2019, - С.72 - 73.

[24-M]. Рафиев, С.С. Влияние нанопорошка гидразина на изменение энтропии тернарных системы кремниевой кислоты и многослойных углеродных нанотрубок. / М.М. Сафаров, Ш.Р. Сафаров, Х.Х. Ойматова, С.С. Рафиев, Ш.З. Нажмиддинов. // Материалы 4 Международной научной конференции: «Вопросы физической и координационной химии» Посвященной памяти докторов химических наук, профессоров Якубова Хамида Мухсиновича и Юсуфова Зухуриддина Нуриддиновича, 3 - 4 мая 2019. - С.195 - 202.

[25-M]. Рафиев, С.С. Вклад нанотрубок и сажи на поведение реологических и термодинамических свойств простых эфиров и хладагентов. / М.М. Сафаров, Б.А. Тимеркаев, Х.Х. Ойматова, С.С. Рафиев, Ш.Р. Сафаров и др. / 6 Международной научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов “Энергосберегающие и эффективность в технических системах”, Тамбов, 3 - 5 июня 2019, - С.169 – 17

[26-M]. Рафиев, С.С. Комплексная солнечная установка для получения тепловой и электрической энергии. / Ф. Абдужалилзода, М.М. Сафаров, А.Р. Раджабов, С.С. Рафиев. // Материалы Международной конференции “Фазовые переходы, критические и нелинейные явления в конденсированных средах”, Махачкала, 15 - 20 сентября 2019, - С. 420 - 422.

[27-M]. Рафиев, С.С. Влияние нанопорошка гидразина на изменение энтропии, удельной теплоты плавления тернарных систем. / Х.Х. Ойматова, Ш.Р. Сафаров, С.С. Рафиев, М.М. Сафаров, Б.А. Тимеркаев. // Материалы Международной научной конференции «Современные проблемы естественных и гуманитарных наук и их роль в укреплении научных связей между странами», посвящённой 10 - летию Филиала МГУ имени М.В. Ломоносова в г. Душанбе (10 - 11 октября 2019г.) - С.109 -113.

[28-M]. Рафиев, С.С. Математические модели динамики адсорбции нанопорошка гидразина. / М.М. Сафаров, С.С. Рафиев. // Материалы Международной научной конференции на тему «Современные проблемы математики и методика её

преподавания» посвященная 25 – летию Конституции Республики Таджикистан и 80 – летию доктора педагогических наук, профессора Шарифзода Джума Шариф (г. Бохтар, 18-19 октября 2019 г.). - С. 66 - 68.

[29-М]. Рафиев, С.С. Расчет одного из основного термодинамических потенциалов (энергии Гельмгольца) тернарных систем. / Ш.Р. Сафаров, Х.Х. Ойматова, С.С. Рафиев, М.М. Сафаров. // Сборник научных трудов 29 международной научной конференции “Научные тенденции: Вопросы точных и технических наук”, Санкт Петербург 12 июля 2020г. - 2020. - С.19 - 20 (doi: 10. 18411 / sciencepublic – 12 – 07 – 2020 - 03) idsp: science public – 12 – 07 – 2020 - 03, Scopus

[30-М]. Rafiev, S.S. Effect of hydrazine nanopowder on change of adsorption properties of ternary systems during water vapour wetting at room temperature. / H.H. Oymatova, Sh.R. Safarov, S.S. Rafiev. // IARIA, 2CFP, ICQNM - 2020, 15 - 19 November, 2020, Ispane, Valencia, 2020. - p. 34.

[31-М]. Рафиев, С.С. Влияние нанопорошка гидразина на изменение адсорбционных свойства тернарных систем в процессе увлажнения паров воды при комнатной температуре. / Х.Х. Ойматова, Ш.Р. Сафаров, С.С. Рафиев, М.М. Сафаров. // Материалы 10 научно - практической конференции “Ломоносовские тени”, посвященной 75 - летию Победы в великой Отечественной войне (1941 – 1945 г), Ч.1., Душанбе, 25 - 26 сентября 2020 г. - С.53 - 58.

Рӯйхати адабиёт

1. Давлатов, Р.Дж. Физико - химические свойства технически важных полимерных растворов / Давлатов Р.Дж. // Дисс.доктор PhD. Душанбе. - 2020. 178с.
2. Штехер, М.С. Топлива и рабочие тела ракетных двигателей. / М. С.Штехер // – М.: Машиностроение, 1976. – 302 с.
3. Зарипова, М.А. Теплофизические и термодинамические свойства водных растворов гидразина и фенилгидразина. / М.А. Зарипова //Монография. Душанбе, 2007.-129с.
4. Голубев, И.Ф. Тр. ЭНИ им. Есьмана АН Аз ССР. / И.Ф. Голубев, Я. М. Назиев. // Баку. - 1962. - Т 15. - С. 70 – 73.
5. Ахундов, Т.С. Теплопроводность ароматических углеводородов в зависимости от температуры и давления. / Т.С. Ахундов, Н.Э. Гасанова. // Изв. вузов. Нефть и газ. - 1963. - № II. - С.67 – 69
6. Давлатов, Н.Б. Плотность и уравнение состояния бинарных водных растворов (0,5 N₂H₄ + 0,5 H₂O) мол. / М.М. Сафаров, Н.Б. Давлатов, М.А. Зарипова. // Материалы 10 Международной теплофизической школы, 3 - 8 октября 2016 г., “Теплофизические исследования и измерения при контроле качества веществ, материалов и изделий”. Душанбе - Тамбов, 2016. - С. 335 -340.
7. Гусейнов, К.Д. Исследование термодинамических свойств ряда кислотосодержащих органических веществ в широком интервале параметров состояния: / Камал Дадаш огли Гусейнов. // Дисс....д - ра техн. наук, Баку, - 1979.–392с.
8. Сафаров, М.М. Влияние некоторых наноразмерных амфотерных оксидов на изменение тепло - электро - и термодинамических свойств гидразингидрата. / М.М. Сафаров, Х.А. Зоиров. // Монография. Душанбе. - 2016. - 229с.
9. Голубев, И.Ф. Измерение плотности азота и водорода при низких температурах и высоких давлениях. / И.Ф. Голубев, О.А. Добровольский // Газовая промышленность. – 1964. - № 5. –С.43 – 48.
10. Зарипова, М. А. Влияние наночастиц на изменение теплофизических, термодинамических свойств некоторых кислородосодержащих, азотосодержащих органических жидкостей при различных температурах и давлениях. / Мохира Абдусаломовна Зарипова. //Автореф. Дисс. ...д-ра техн. наук. Казань – 2016. - 43с.
11. Сафаров, М.М. Теплофизические свойства простых эфиров в широком интервале параметров состояния (теплопроводность и плотность). / М. М. Сафаров, К.Д. Гусейнов. // Монография - Душанбе, 1996.- 196с.
12. Зарипова, М.А. Экспериментальные установки для измерения теплопроводности и плотности водных растворов гидразина и фенилгидразина. / М.М. Сафаров, Иман Бахроми

Маниш, А.Н. Нурматов. // Монография: - Иран. - Изд. Эсхаг, Тегеран, пл. Энгиллаб, 2013.- 238с.

13. Лабинов, М. С. Уравнение состояния этилена при высоких давлениях. / М.С. Лабинов, В.М. Сысоев, А.В. Чалый. // Физика жидкого состояния. – Киев, 1973. – №4. – С. 47 – 50.

14. Сафаров, М.М. Способ и устройства для определения коэффициента адсорбции ферромагнитных наночастиц в зависимости от температуры при атмосферном давлении. / М.М. Сафаров, М.М. Холиков, З.Ю. Норов, Т.Р. Тиллоева, и др. // Патент Республики Таджикистан Патент Республики Таджикистан № TJ 824, 2016. - 3с.

15. Турнер, Д. И. Новый метод поддержания чистоты внутренней поверхности паробразующих труб прямоточных парогенераторов. / Д.И. Турнер. // Экс. - инф. «Теплоэнергетика», 1973, № 25, - 14—23с

16. Зарипова, М.А. Влияние наночастиц на изменение теплофизических, термодинамических свойств некоторых кислородосодержащих, азотосодержащих органических жидкостей при различных температурах и давлениях. / Мохира Абдусаломовна Зарипова. // Автореф. Дисс. ...д-ра техн. наук. Казань – 2016.- 43с.

17. Давлатов, Р.Дж. Взаимосвязь между динамической вязкостью и коэффициентом преломления света растворов в зависимости от температуры при атмосферном давлении. / Р. Дж. Давлатов, М. М. Сафаров, Д. Ш. Хакимов, А. Р. Раджабов, Х. Х. Ойматова. // Политехнический вестник. Серия Интеллект. Инновации. Инвестиции. Душанбе, №4 (40) – 2017. - С. 17 -27.

18. Давлатов, Р.Дж. Взаимосвязь между коэффициентом поверхностного натяжения и плотностью растворов системы бензол и диизопропиловый эфир. / Д.Ш. Хакимов, Р.Дж. Давлатов, М.М. Гуломов. // Вестник Тад-жикского национального университета. Серия естественных наук. Душанбе, Сино, 2017. №1/3. - С. 118 - 123.

19. Голубев, И.Ф. Определение удельного веса жидкостей и газов при высоких давлениях методом гидростатического взвешивания. / И.Ф. Голубев // Научн. труды ГИАП. – М., 1957. – Вып. УП. – С.47 – 61.

20. Сафаров, М.М. Устройства для определения коэффициента теплопроводности наножидкостей. / М.М. Сафаров, М.А. Зарипова М.М. Гуломов, Дж. Ф. Собиров, С.С. Рафиев, Д.Ш. Раджабова, А.Р. Раджабов. и др.// Патент Республики Таджикистан, - № TJ 923, - Душанбе, - 2017. - 5с.

21. Ginell, R. // J. Chem. Phys. – 1961. – V. 34. – P. 2174.

22. Ginell R. Compressibility of solids. / Ginell R., Quigley T.J. – 1965. – V. 26. – № 7. – P. 1157 – 1169.

23. Голик, А.З. Исследование уравнения состояния и упругих свойств молекулярных жидкостей. / Адаменко И.И., Голик А.З., Радченко И.И., Соколовская С.Ф. // Физика жидкого состояния. – Киев, 1975. – № 3. – С. 38–43.

24. Голик, А.З. Уравнение состояния, упругие и тепловые свойства молекулярных жидкостей. / Адаменко И.И., Махно М.Г. Голик А. З., // УФЖ. – 1982. – Т. 27. – № 5. – С. 708–711

25. Амирханов, Х.И. Экспериментальное исследование теплопроводности воды при температурах (30 – 200) °С и давлениях (98,2 - 686,5) МПа / Х.И. Амирханов., Адамов А.П., Магомедов У.Б. // В сб. Теплофизические свойства веществ и материалов. // ГСССД. М.: Изд – во стандартов. 1984. Вып. 21. - С.35 - 39.

АННОТАЦИЯ

к диссертации Рафизода Саидбег Сами на тему «Исследование теплофизических, термодинамических и реологических свойств теплоносителей внедренных нанопорошка гидразина», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.32. Теплофизика и теоретическая тепло-техника

Ключевые слова: теплопроводность, плотность, коэффициенты динамической и кинематической вязкости, этиленгликоль, нанопорошок гидразина, температура, давления, концентрация.

Цель диссертационной работы: Задачей данной диссертации является всесторонний анализ (на основе экспериментов и теории) физико-химических характеристик (таких как эффективный коэффициент теплопроводности, плотность, а также вязкостные и кинетические параметры) смесей этиленгликоля, варьируя условия их состояния и содержание наночастиц гидразина.

Научная новизна:

Были разработаны опытные стенды, предназначенные для измерения теплопроводности жидкостей на наноуровне (патент на малое изобретение № TJ 923, 2017 г., 5 стр.), а также для определения адсорбционной способности наноматериалов (патент на малое изобретение № TJ 1279, 2021 г., 9 стр.). Собраны фактические сведения о значении эффективного коэффициента теплопроводности, плотности, а также о динамическом и кинематическом показателях вязкости этиленгликоля и его водных смесей, содержащих нанопорошок гидразина в вариативных концентрациях, в пределах температурного диапазона от 273 до 363 К и давлений от 0,101 до 14,42 МПа. Используя информацию, полученную на этапе экспериментов, были вычислены значения теплопроводности, вязкости, плотности и числа Прандтля для этиленгликоля и его водных растворов с различными долями нанопорошка гидразина при температурном режиме (273 - 363) К и давлении (0,101 - 14,42) МПа. В результате анализа и систематизации данных, полученных в ходе натурных замеров, с целью предоставления возможности расчетного определения эффективного коэффициента теплопроводности, плотности, а также динамического и кинематического коэффициентов вязкости этиленгликоля и его водных растворов с отличающейся долей включаемых элементов в интервале температур (273 - 363) К и давлений (0,101 - 14,42) МПа, нами был разработан комплекс аппроксимирующих формул.

Результаты исследования внедрены в Институте промышленности Министерства промышленности и новых технологий РТ при расчетах модельных реакторов и технологических процессов, а экспериментальные данные используются как справочные; созданная аппаратура для измерения плотности, теплопроводности (метод нагретой нити, монотонного разогрева, метод гидростатического взвешивание) водных растворов этиленгликоля с нанопорошком гидразина, а также теоретические результаты исследования используются в Таджикском государственном педагогическом университете им. Садриддина Айни и Таджикском техническом университете имени академика М.С. Осими в учебном процессе.

ШАРҲИ МУХТАСАР

ба диссертатсияи Рафиев Саидбег Самиевич дар мавзӯи "Таҳқиқи хосиятҳои гармофизикӣ ва термодинамикии гармибарандаҳои наноҳокаи гидразин воридкардашуда", ки барои дарёфти дараҷаи илмӣ номзади илмҳои техникӣ аз рӯи ихтисоси 2.2.32. Физикаи ҳарорат ва назарияи техникаи гармо пешниҳод шудааст

Вожакалимаҳо: гармигузаронӣ, зичӣ, коэффитсиентҳои часпакии динамикӣ ва кинематикӣ, этиленгликол, наноҳокаи гидразин, ҳарорат, фишор, консентратсия.

Мақсади таҳқиқот: таҳқиқи комплекси таҷрибавӣ-назариявии хосиятҳои физикию химиявӣ (коэффитсиенти гармигузаронӣ, зичӣ, хосиятҳои реологӣ ва кинетикӣ)-и маҳлулҳои обии этиленгликол ҳангоми параметрҳои гуногуни ҳолат ва консентратсияи наноҳокаи гидразин.

Навгони илмӣ таҳқиқот:

Дастгоҳҳои таҷрибавӣ барои муайян кардани гармигузаронии наномоеъҳо сохта шудаанд (патенти хурди ҚТ № ТҶ 923, 2017. 5 с.) ва коэффитсиенти адсорбсияи наномаводҳо (патенти хурди ҚТ ТҶ 1279, 2021. 9 с.). Қиматҳои таҷрибавии коэффитсиенти гармигузаронӣ, зичӣ, коэффитсиентҳои часпакии динамикӣ ва кинематикии этиленгликол ва маҳлулҳои обии он бо консентратсияҳои гуногуни наноҳокаи гидразин дар ҳудудҳои ҳарорати (273-363) К ва фишори (0,101-14,42) МПа ба даст оварда шудааст. Дар асоси маълумоти таҷрибавӣ қиматҳои ҳисобшудаи гармигузаронӣ, часпакӣ, зичӣ ва адади Прандтл барои этиленгликол ва маҳлулҳои обии он бо консентратсияҳои гуногуни наноҳокаи гидразин дар ҳудуди ҳарорати (273-363) К ва фишори (0,101-14,42) МПа ба даст оварда шудааст. Дар асоси коркард ва ҷамъбасти маълумотҳои таҷрибавӣ муодилаҳои эмпирикӣ барои ҳисоб кардани коэффитсиенти гармигузаронӣ, зичӣ, коэффитсиентҳои часпакии динамикӣ ва кинематикии этиленгликол ва маҳлулҳои обии он бо консентратсияҳои гуногуни наноҳокаи гидразин дар ҳудуди ҳарорати (273 - 363) К ва фишори (0,101 - 14,42) МПа ҳосил карда шудаанд.

Натиҷаҳои тадқиқот ҷорӣ карда шудаанд - дар Институти саноати Вазорати саноат ва технологияҳои нави ҚТ ҳангоми ҳисоб кардани реакторҳои моделӣ ва равандҳои технологӣ, маълумоти таҷрибавӣ бошад, ҳамчун маълумотнома истифода мешаванд; дастгоҳҳои сохташуда барои ҷен кардани зичӣ, гармигузаронӣ (усули ноқили тафсон, гармкунии мунтазам, усули баркашии гидростатикӣ)-и маҳлулҳои обии гидразин, инчунин натиҷаҳои назариявӣ дар Донишгоҳи давлатии омӯзгорӣи Тоҷикистон ба номи Садриддин Айнӣ ва Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М. С. Осимӣ дар раванди таълим истифода мешаванд.

ABSTRACT

of the dissertation by Saidbeg Samievich Rafiev titled "Investigation of the Thermo-physical and Thermodynamic Properties of Nanopowder-Doped Hydrazine Heat Transfer Fluids," submitted for the academic degree of Candidate of Technical Sciences in the specialty 2.2.32. Thermal Physics and Theoretical Heat Engineering.

Key words: thermal conductivity, density, coefficients of dynamic and kinematic viscosity, ethylene glycol, hydrazine nanopowder, temperature, pressure, concentration.

Purpose of the work: Research objective: a comprehensive experimental and theoretical study of the physicochemical properties (thermal conductivity coefficient, density, and rheological and kinetic properties) of aqueous ethylene glycol solutions across various state parameters and hydrazine nanopowder concentrations.

Scientific novelty of the research:

Experimental setups were developed to determine the thermal conductivity of nanofluids (Republic of Tajikistan utility model patent No. TJ 923, 2017, 5 pp.) and the adsorption coefficient of nanomaterials (Republic of Tajikistan utility model patent No. TJ 1279, 2021, 9 pp.). Experimental values were obtained for the thermal conductivity coefficient, density, and dynamic and kinematic viscosity coefficients of ethylene glycol and its aqueous solutions containing various concentrations of hydrazine nanopowder, within the temperature range of 273–363 K and the pressure range of 0.101–14.42 MPa. Based on experimental data, values for thermal conductivity, viscosity, density, and the Prandtl number have been determined for ethylene glycol and its aqueous solutions containing varying concentrations of hydrazine nanopowder, within the temperature range of 273–363 K and pressure range of 0.101–14.42 MPa. Through the processing and synthesis of this experimental data, empirical equations have been derived to calculate the thermal conductivity coefficient, density, and dynamic and kinematic viscosity coefficients for ethylene glycol and its aqueous solutions with varying hydrazine nanopowder concentrations, across the same temperature and pressure ranges.

The research results have been implemented at the Institute of Industry of the Ministry of Industry and New Technologies of the Republic of Tajikistan for calculations involving model reactors and technological processes, with the experimental data serving as a reference. Apparatuses designed to measure the density and thermal conductivity (using the hot-wire method, steady-state heating, and hydrostatic weighing) of aqueous hydrazine solutions, as well as the associated theoretical findings, are utilized in the educational process at the Sadriddin Ayni Tajik State Pedagogical University and the Academic M. S. Osimi Tajik Technical University.