

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ
ТАДЖИКИСТАН**

**Таджикский государственный педагогический университет имени
Садриддина Айни**

УДК 536.32.64 (575.3)

На правах рукописи



РАДЖАБОВ Абдуджаббор Рузимадович

**ВЛИЯНИЕ САЖИ НА ИЗМЕНЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ПО-
ВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ И ПЛОТНОСТИ СИСТЕМЫ
БЕНЗОЛА И КАСТОРОВОГО МАСЛА**

Специальность: 01.04.14 –теплофизика и теоретическая теплотехника

Диссертация

на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель:

**Заслуженный деятель науки и
техники Таджикистана, академик
Международной инженерной ака-
демии (МИА), академик Инженер-
ной академии (ИА) Республики
Таджикистан, доктор технических
наук, профессор**

Сафаров Махмадали Махмадиевич

Душанбе – 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Наименование	Стр
	Основные условные обозначения и сокращения, используемые в работе.....	7
	Введение	8
ГЛАВА 1	ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ ДАННЫХ ПО НЕКОТОРЫХ СВОЙСТВАМ ОСНОВНЫХ КОМПОНЕНТОВ ВХОДЯЩИХ В ИССЛЕДУЕМЫХ РАСТВОРАХ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	24
1.1.	Физико-химические свойства исследуемых растворов, углеродных наночастиц (сажи) и их применения.....	24
1.1.1.	Бензол и его строение	24
1.1.2.	Проблема строения бензола	25
1.1.3.	Электронная структура бензола.....	25
1.1.4.	Физические свойства бензола.....	26
1.1.5.	Производство и использование бензола.....	26
1.2.	Свойства и состав касторового масла.....	28
1.2.1.	Высокая вязкость и удельный вес касторового масла.....	31
1.2.2.	Касторовое масло, получения и применение их в гидроприводах.....	32
1.2.3.	Химическая промышленность.....	33
1.2.4.	Техническое касторовое масло. Свойства и применение	34
1.2.5.	Химический анализ касторовых семян.....	34
1.2.6.	Области применения касторового масла.....	35
1.3.	Характеристика и способы получения наноразмерных углеродных материалов.....	38
1.3.1.	Свойства и структура сажи.....	38
1.3.2.	Технический углерод (сажа).	40

1.3.3.	Способ получения сажи из бензина или дизельного топлива...	44
1.3.4.	Как обнаружить сажу в глушителе.....	47
1.3.5.	Промышленное применение.....	48
1.4.	Без дыма и сажи.....	48
1.5.	Формальдегид, метанол, НСНО.....	50
1.6.	Коэффициент поверхностного натяжения и плотность растворов и их компонентов.....	55
1.7.	Моделирование параметров и обсуждение результатов критической точки	57
1.8.	Метод анализ (АЭСА) - метод элементного анализа.....	59
1.9.	Обзор литературных данных по плотности и поверхностных свойств бензола и касторового масла.....	61
	Заключение по первой главе.....	63
ГЛАВА 2	ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ, ПЛОТНОСТИ ДВУХ-, И ТРЕХКОМПОНЕНТНЫХ НАНОЖИДКОСТЕЙ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ПАРАМЕТРАХ СОСТОЯНИЯ.....	64
2.1.	Экспериментальная установка для определения плотности жидкостей и растворов при атмосферном давлении	64
2.2.	Расчетное уравнение метода гидростатического взвешивания с учетом конструктивных особенностей.....	67
2.3.	Установка для исследования коэффициента поверхностного натяжения жидкостей и коллоидных растворов.....	69
2.3.1.	Описание установки.....	69
2.3.2.	Порядок выполнения работы.....	70
2.3.3.	Вытекание жидкости из эллиптического отверстия.....	71
2.4.	Расчет погрешности измерений коэффициент поверхностного натяжения и плотности растворов.....	72

2.4.1.	Определение погрешности измерения плотности.....	76
	Заключение по второй главе.....	78
ГЛАВА 3.	КОЭФФИЦИЕНТ ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ, ПЛОТНОСТИ ДВУХ, И ТРЕХКОМПОНЕНТНЫХ СИ- СТЕМЫ БЕНЗОЛА С ВНЕДРЕННОЙ САЖИ В ЗАВИ- СИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ И ДАВЛЕНИЯ.....	80
3.1.	Плотность двухкомпонентных и трехкомпонентных системы бензола в зависимости от температуры и концентрации сажи при атмосферном давлении.....	80
3.1.1.	Плотность двухкомпонентных растворов системы касторовое масло + бензола в зависимости от концентрации второго компонента при нормальном состоянии	80
3.2.	Коэффициент поверхностного натяжения двухкомпонентных растворов системы касторовое масло + бензола в зависимости от концентрации второго компонента при нормальном состоянии	83
3.3.	Коэффициент поверхностного натяжения двухкомпонентных растворов систем касторового масла + бензола в зависимости от концентрации второго компонента при нормальном состоянии, время смешения	91
3.4.	Плотность, коэффициент поверхностного натяжения двух, и - трехкомпонентных растворов системы (касторовое масло + бензол + сажа) в зависимости от массовой концентрации сажи при различных температурах и атмосферном давлении.....	94
3.5.	Влияние температуры, концентрации сажи (бензин) на изменение плотности и коэффициент поверхностного натяжения растворов на основе бензола при атмосферном давлении.....	100
3.6.	Как изменение концентрации сажи влияет на плотность и коэффициент поверхностного натяжения системы бензола при	102

	постоянном давлении и температуре	
3.7.	Влияние температуры и концентрации наночастиц сажи (бензин) на изменение плотности и коэффициента поверхностного натяжения бинарной системы касторового масла и бензола	104
3.7.1.	Влияние температуры и концентрации наночастиц сажи (бензин) на изменение плотность и коэффициент поверхностного натяжения растворов бензола и касторового масла на линии насыщения	105
3.7.2.	Исследование и влияние концентрации наночастиц сажи (бензин) на изменение плотности бензола и их растворов при атмосферном давлении.....	106
3.8.	Корреляция между плотность и коэффициент поверхностного натяжения бензола в чистом виде и добавкой наночастиц сажи (бензин) при различных температурах и давлениях.....	110
3.8.1.	Корреляция между плотности и коэффициент поверхностного натяжения бензола в чистом виде и растворов касторовое масло добавкой сажи (бензин) при различных температурах и атмосферном давлении	110
3.8.2.	Плотности бензола с добавкой сажи (бензин) при различных температурах и давлениях.....	111
3.9.	Плотность системы касторовое масло от концентрации бензола при атмосферном давлении и комнатной температуры....	114
	Заключение по третьей главе.....	120
ГЛАВА 4.	АНАЛИЗ, ОБОБЩЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ПЛОТНОСТИ И КОЭФФИЦИЕНТА ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ ДВУХКОМПОНЕНТНЫХ И ТРЕХКОМПОНЕНТНЫХ РАСТВОРОВ НА ОСНОВЕ БЕНЗОЛА	122
4.1.	Обобщение экспериментальных данных по плотности и ко-	123

	ээффициент поверхностного натяжения двух- и трехкомпонентных растворов системы при различных температурах и атмосферном давлении.....	
4.2.	Обработка экспериментальных данных по плотности исследуемых растворов двухкомпонентных (бензола + сажи (бензин) и касторовое масло + сажи (бензин)) при различных температурах на линии насыщения.....	130
4.3.	Обобщение коэффициент поверхностного натяжения растворов на основе бензола, касторовое масло и сажи (бензин) при атмосферном давлении.....	136
4.4.	Обработка экспериментальных данных по коэффициент поверхностного натяжения и плотности двухкомпонентных и трехкомпонентных растворов на основе бензола и касторовое масло в зависимости от температуры и давления.....	142
	Заключение по четвертому главе.....	146
	Выводы.....	147
	Рекомендации, перспективы дальнейшей разработки темы исследования диссертационной работы.....	149
	Список использованной литературы.....	151
	Приложение.....	173

ОСНОВНЫЕ УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В РАБОТЕ

σ –коэффициент поверхностного натяжения, (Н/м)	U- показания потенциометра, (мВ)
ν –удельный объем вещества, (м ³ / кг)	ε –степень черноты;
τ – время, (с)	$\alpha_{\text{луч.}}$ -коэффициент теплоотдачи излучением, Вт/(м ² ·К)
T – температура по шкале Кельвина, (К)	ν -коэффициент кинематической вязкости, м ² /с
ε -диэлектрический проницаемость	d- диаметр ядра бикалориметра, (м)
Fo – критерий Фурье	G _я -масса ядра, (кг)
P- давление, (МПа)	G ₁ - вес поплавка на воздухе, (кг)
ΔT - разность значений температур, (К)	G ₂ -вес поплавка в исследуемых образцах, (кг)
Pr- критерий Прандтля;	V _п -объем кварцевого поплавка, м ³
Gr- критерий Грасгофа;	V _н -объем манганиновой проволоки, (м ³)
ρ – плотность, (кг/м ³)	η -коэффициент динамической вязкости, (Па· с)
t _{a, n-1} - коэффициент Стьюдента;	$\rho_{\text{насып}}$ - насыпная плотность, кг/м ³
α –доверительная вероятность;	УС-уравнение состояния
α_p –коэффициент теплового расширения, (1/К)	T _{кип.} - температуры кипения, (К)
β_T - изотермическая сжимаемость, (1/Па)	T _{плав.} - температуры плавления, (К)
P _i - внутреннее давление, (Па)	m-темп регулярного охлаждения, (1/с)
M - молярная масса, кг/моль	Pr-число Прандтля,
Ra=GrPr-конвекция, безразмерная величины, число Релея,	Ah-число Архимеда,
St-число Стефана,	Ma-число Маха.
Re- число Пекле,	Le-число Льюиса,
Nu-число Нуссельта,	Re-число Рейнольдса,
Bi-число Био,	Fo-число Фурье.
ИТ-С _p -измеритель теплоемкости	ИТ- λ -измеритель теплопроводности твердых тел

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы: Важности теплофизических и поверхностных свойств в технологических процессах, а также в создании физико-математических моделей действительно очень актуально. Для улучшения и оптимизации технологических процессов, а также для численных расчетов дифференциальных уравнений и инженерных расчетов важным является, наличие информации о теплофизических свойствах веществ, а также о поверхностных и термодинамических свойствах рабочего тела в широком диапазоне изменения параметров состояния.

Расчеты теплопередачи первого и второго порядка требуют учета различных параметров, таких как плотность, коэффициент поверхностного натяжения и разность температуры по направлению потока тепла по оси координаты рабочего вещества. Эта информация является неотъемлемой для различных процессов, включая фазовые переходы, которые происходят при различных температурах и давлениях.

Знание таких свойств не только обеспечивает базу для физико-математического моделирования процессов теплопередачи, но также имеет применение в реальном мире, например, в разработке новых материалов, проектировании теплообменных систем, и в других областях, связанных с тепломассообменом и фазовыми переходами.

Таким образом, важность и актуальность получения и использования информации о параметрах состояния рабочего вещества, включая поверхностные и термодинамические свойства, для численных расчетов и создания физико-математических моделей теплопередачи и фазовых переходов весьма велика и остается актуальной в современной науке и промышленности.

Использование приблизительных данных о свойствах веществ в инженерных расчетах может привести к завышению металлоемкости объектов и снижению их технико-экономических показателей. Плотность и коэффициент

поверхностного натяжения являются ключевыми физико-химическими параметрами, которые определяют характеристики жидкостей и растворов.

Исследования этих параметров имеют важное значение, в таких областях, как горнодобывающая промышленность и сельское хозяйство. Знание плотности и коэффициента поверхностного натяжения веществ позволяет проводить более точные инженерные расчеты, что в свою очередь способствует повышению эффективности процессов и оптимизации использования ресурсов.

Методы измерения плотности и коэффициента поверхностного натяжения могут быть разделены на теоретические и экспериментальные. Теоретические методы, такие как использование уравнений состояния и моделей молекулярной динамики, основаны на фундаментальных физических принципах. Экспериментальные методы включают в себя использование специализированных приборов и оборудования для непосредственного измерения нужных параметров.

Соответственно, продолжение исследований в области измерения плотности и коэффициента поверхностного натяжения является важным для повышения точности инженерных расчетов, снижения издержек и оптимизации процессов в различных отраслях промышленности.

По этой причине, дальнейшее объяснение теплофизических параметров (плотности и коэффициент поверхностное натяжения) наножидкостей системы (бензол+касторовое масло) в том числе внедренных в нее сажи (коллоидных и суспензированных растворов), приводит к значительному улучшению технологического процесса.

В ходе исследования были выполнены измерения плотности и коэффициента поверхностного натяжения растворов касторового масла и бензола при разнообразных температурных и давлением условиях. Эти параметры важны для понимания характеристик жидких систем и могут применяться в различных отраслях, включая промышленность, энергетику и биомедицину

Полученные результаты могут использоваться для улучшения производственных процессов, контроля качества и разработки новых материалов. В уравнениях гидродинамики и теплопередачи, они также играют важную роль, используемых при расчетах и проектировании различных процессов и устройств. Исследование физико-химических характеристик коллоидных наножидкостей и кластеров является важным для развития современной теории наножидкостей и постижения механизмов межмолекулярного взаимодействия в жидкостях и растворах, причем полученные результаты о плотности и коэффициенте поверхностного натяжения стали основой для современной молекулярно-кинетической теории растворов.

Поэтому результаты исследования плотности и коэффициента поверхностного натяжения легли в основу современной молекулярно-кинетической теории растворов.

Цель работы: исследование коэффициент поверхностного натяжения и плотности двухкомпонентных и трехкомпонентных систем «сажа + бензол + касторовое масло (до 0,5%)» при изменении температуры от 293 до 473К и давления от 0,101 до 9,81 МПа.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

1. Анализ и суммирование научно-технической и патентной литературы, связанной с объектом исследования диссертации.
2. Экспериментальные установки были использованы с целью определения коэффициента поверхностного натяжения и плотности растворов.
3. Использовано устройство для измерения плотности при диапазоне температур (293-473) К, с использованием методов гидростатического взвешивания, пикнометрического метода или денсиметра, а также метода капельного пикнометра и пьезометрической установки в зависимости от температуры и давления.

4. Было проведено определение коэффициента поверхностного натяжения и плотности растворов, при изменении температуры в диапазоне от 293 К до 473 К и давления от 0,101 МПа до 9,81 МПа «бензол + технический углерод (до 0,5%) + касторовое масло».

5. Определены зависимости коэффициента поверхностного натяжения и плотности исследуемых коллоидных растворов + сажи при температурах от 293 К до 473 К, давлениях от 0,101 МПа до 9,81 МПа, а также концентрации от 0 до 0,5 % сажи с учетом фазового перехода.

6. Получены аппроксимационные зависимости, устанавливающие взаимосвязь между коэффициентом поверхностного натяжения и плотностью с температурой, давлением, концентрацией нанонаполнителя и особенностями структуры исследуемых объектов (бензол + касторовое масло + сажа).

7. Были разработаны эмпирические уравнения, учитывающие влияние температуры, давления и концентрации нанонаполнителя, а также учитывающие особенности структуры исследуемых систем, на коэффициент поверхностного натяжения и плотность растворов "бензол + касторовое масло + сажа".

8. Исследование зависимости коэффициента поверхностного натяжения от плотности для бинарных и тернарных растворов в различных условиях температуры и давлений, включающих диапазоны от 293 К до 473 К и от 0,101 МПа до 9,81 МПа.

9. Получение математического выражения в виде уравнения Тейта, позволяющего рассчитывать плотность исследуемых растворов на основе их состава и условий температуры и давления.

10. Определена зависимость плотности и коэффициента поверхностного натяжения исследуемых двух- и трехкомпонентных растворов и их смесей в зависимости от температуры, давления и массовой концентрации сажи от 0 до 0,5 г.

Научная новизна работы:

1. Усовершенствованные приборы для оценки значений плотности и коэффициента поверхностного натяжения растворов (в том числе методы гидростатического взвешивания, использование пикнометра и метод капель) были адаптированы при разнообразных температурах и давлениях для проведения измерений данных характеристик.

2. Создана методика, позволяющая проводить численные расчеты размеров частиц в анализируемых растворах и определять теплофизические свойства.

3. С целью прогнозирования плотности и коэффициента поверхностного натяжения бинарных и тернарных растворов, были разработаны эмпирические уравнения, корреляционные выражения и уравнения состояния. Была установлена взаимосвязь между характеристиками растворов при различных температурах (от 293 до 473 К) и давлениях (от 0,101 до 9,81 МПа).

4. Созданы методики вычисления в системе «бензол + касторовое масло + сажа», коэффициента поверхностного натяжения и плотности коллоидных растворов и определены параметры уравнения состояния типа Тейта для рассматриваемых коллоидных растворов. Было проведено статистическая анализ полученных результатов.

5. Экспериментальная установка была использована для измерения коэффициента поверхностного натяжения исследуемой системы наножидкостей (бензол жидкий + сажа + касторовое масло).

6. Экспериментальные данные о коэффициенте поверхностного натяжения и плотности растворов, включая варьирование температуры в диапазоне от 293 до 473 К и давления от 0,101 до 9,81 МПа, были получены. Данные также включают анализ эффекта добавления сажи в пределах до 0,5%.

7. Основанные на уравнениях состояния типа Тейта и Мамедова-Ахундова, разработаны аппроксимационные модели $\rho-p-T-m$, а также выпол-

нена статистическая обработка экспериментальных данных для описания свойств исследуемых систем.

8. Исследована связь между коэффициентом поверхностного натяжения и плотностью коллоидных растворов, содержащих бензол и сажу, при различных температурах (от 293 до 473 К) и давлениях (от 0,101 до 9,81 МПа), учитывая как жидкую, так и газообразную фазу теплоносителя.

9. Реализована зависимость коэффициента поверхностного натяжения и плотности коллоидных растворов системы бензола и сажи при различных температурах и давлениях, включая жидкие и газообразные фазы теплоносителя.

Главные идеи, представляемые для защиты

- расчеты коэффициента поверхностного натяжения и плотности с использованием уравнений состояния типа Гейта и Мамедова-Ахундова, при изменяющихся условиях температуры и давления, а также анализ процесса массопереноса в рассматриваемых системах;
- полученные аппроксимационные зависимости, позволяющие рассчитывать плотность системы «бензол + касторовое масло + наноразмерная сажа фракций (1-10) нм» в широком диапазоне температур (от 293 до 473 К) и давлений (от 0,101 до 9,81 МПа);
- предложенные инновационные технологии измерения плотности и коэффициента поверхностного натяжения наножидкостей, поддержанные подтверждениями их применимости в зависимости от параметров температуры, давления и концентрации наночастиц, для анализа изменений плотности растворов;
- полученные результаты измерений коэффициента поверхностного натяжения и плотности бинарных и тернарных растворов в состоянии жидкости теплоносителя, при наличии сажи с размерами частиц от 1 до 10 нм, в широком диапазоне температур и давлений ($T = 293-473$ К, $P = 0.101-9.81$ МПа).

Диссертации выполнена "Теплофизика" на тему "Теплофизические свойства веществ" в соответствии с планом координации научно-исследовательских работ в области естественных и социальных наук Национальной академии наук Таджикистана по проблеме 1.9.7 – это огромное достижение.

Такие исследования имеют огромное значение для развития научной базы и практических приложений в области теплофизики. Наша работа и исследования в области теплофизики, в том числе изучение теплофизических и термодинамических свойств изучаемых веществ, явно внесли вклад в деятельность Национальной академии наук Таджикистана по комплексной проблеме "Теплофизика".

Подобные исследования способствуют развитию научного потенциала страны и могут иметь ключевое значение для дальнейших инноваций в области материаловедения, энергетики, горнодобывающей промышленности и других отраслей.

Таким образом, наше исследование о теплофизических свойствах веществ олицетворяет важный вклад в развитие науки и технологий и подчеркивает значение научных исследований в области теплофизики для прогресса и развития общества.

Объект исследования. системы растворов, включающих бензол, технический углерод и касторовое масло.

Отрасль исследования: теплофизика и теоретическая теплотехника.

Этапы исследования. Работа выполнено в период 2018-2023.

Теоретическая и практическая значимость исследования:

1. Были составлены детальные таблицы, содержащие данные о плотности и коэффициенте поверхностного натяжения для бинарных и тернарных растворов, в широком диапазоне температур (от 293 до 473 К) и давлений (от 0,101 до 9,81 МПа), состоящих из жидкого бензола, касторового масла и сажи. Эти результаты представляют практическую ценность для проектных организаций, в теплоэнергетике и машиностроении, поскольку они могут быть использованы для оптимизации процессов производства, разработки новых материалов и обеспечения надежности технических систем.

2. В Институте промышленности Министерства промышленности и новых технологий РТ, были внедрены результаты исследования плотности и коэффициента натяжения (жидкий бензол + наночастицы сажи) при различных температурах и давлениях при расчете модельных реакторов и технологических процессов на производстве, а экспериментальные данные используются в качестве справочных данных (акт внедрения прилагаются).

3. Информация о теплофизических и термодинамических характеристиках бинарных и тернарных систем технических растворов, которые было собранно справочные данные, представляет высокую ценность для инженерных расчетов, для различных механизмов и устройств в различных секторах промышленности и техники, для создания физических и математических моделей, а также определения оптимальных тепловых режимов.

4. Использование экспериментальных данных, является важным этапом в области нанотехнологий и физико-химических наук, по плотности и коэффициенту поверхностного натяжения наножидкостей при различных условиях температуры и давления для разработки эмпирических уравнений и уравнений состояния обеспечивая основу для создания моделей и прогнозирования поведения таких систем.

5. Оборудование для измерения плотности и коэффициента поверхностного натяжения растворов, успешно внедрено в академические и промышленные организации, разработанное в рамках данной работы, включая Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими и Институт промышленности Министерства промышленности и новых технологий Республики Таджикистан.

Достоверность результатов нашего исследования гарантирована следующим образом:

1. Применение апробированных и проанализированных измерительных установок, обеспечивает высокую воспроизводимость результатов измерений. Это гарантирует точность и надежность полученных данных;

2. Сопоставление наших результатов с известными данными, полученными в результате независимых исследований с использованием других методов физико-химического анализа, что подтверждает надежность и соответствие полученных результатов общепринятыми знаниями в области применения;

3. Полное метрологическое обеспечение измерительных систем, соответствующее применению теории измерений, теории погрешностей и использование проверенных стандартных инструментов и оборудования, обеспечивающее воспроизводимость полученных результатов;

4. Удовлетворительное согласие результатов расчета коэффициента поверхностного натяжения и плотности растворов, а также их сравнение с расчетными данными, что подтверждает соответствие полученных результатов, ожидаемых и ранее полученных данных.

5. Использование стандартной математической модели физических процессов и проверенных математических приборов для численного решения дифференциальных уравнений тепломассопереноса, уравнений типа Тейта (плотность), уравнений Мамедова-Ахундова (плотность) с использованием компьютерного моделирования, что обеспечивает надежность и точность результатов.

6. Расчет влияния нанонаполнителей в исследуемом теплоносителе при изменении температур, давления и концентрации наночастиц.

Все эти факторы в совокупности гарантируют высокую достоверность результатов нашего исследования в области теплофизики и теплофизических свойств веществ.

Практическая ценность работы:

1. Методика обобщения уравнения Тейта (плотности) для группы подобных решений и демонстрация возможности применения этого метода к другим типам полуэмпирических уравнений. Это свидетельствует о нашем

вкладе в развитии методологии решения сложных физических уравнений и расширении области применимости таких подходов.

2. Теоретическое обоснование прогноза коэффициента поверхностного натяжения и плотности исследуемых наножидкостей на основе их молекулярной структуры. Это позволяет получить практически полезные прогнозы на основе фундаментальных теоретических основ.

3. Анализ процесса теплопередачи и расчет критериев Маха и Прандтля для исследуемых растворов, а также предложение модели структуры раствора. Это способствует пониманию физических механизмов, лежащих в основе процессов теплообмена, и может иметь практическое применение в различных областях, где важны такие процессы.

4. Экспериментальное оборудование для измерения коэффициента поверхностного натяжения и плотности, также можно использовать для оперативного определения вышеуказанных свойств растворов в лабораторных условиях;

5. База данных значений физических и химических соединений дополнена новыми данными.

Результаты исследования внедрены:

- Результаты исследований по коэффициенту поверхностного натяжения и плотности изученных двух- и трехкомпонентных растворов системы (бензол + технический углерод + касторовое масло) представлены в Институте промышленности Министерства промышленности и новых технологий Республики Таджикистан, который могут использоваться как эталон при расчете технологических процессов и как справочные данные; (Акт прилагается);

- Приближенные соотношения коэффициента поверхностного натяжения и плотности в высоких параметрах состояния и уравнение типа Тейта используются для инженерных расчетов в ИПМП и НТ РТ. (Акт о применении результатов прилагается);

- на основе полученных данных были составлены подробные таблицы коэффициента поверхностного натяжения и плотности технически важных растворов, в диапазоне температур от 293К до 473К и давления от 0,101МПа до 9,81МПа, а также концентрации дыма (сажа) до 0,5% в жидком состоянии, которые могут быть использованы проектными организациями в различных технологических процессах;

- Развитие методов измерения коэффициента поверхностного натяжения и плотности наножидкостей, особенно в условиях производства и переработки, является важным и эффективным. Научно-учебные лаборатории кафедры «Теплоэнергия и тепловая энергетика» ТТУ имени академика М. Осими и кафедры «Общая физика» ТГПУ имени Садриддина Айни, оборудованы современными инструментами, что открывает возможности для студентов, магистрантов и преподавателей для выполнения научно-исследовательских и учебных работ на высоком уровне (акт прилагается).

Личный вклад автора. В рамках диссертационного исследования автор внес существенный личный вклад, основанный на выборе методов и разработке алгоритмов для решения поставленных задач, также установлении основных закономерностей физико-химических процессов. Разработал критерии, связанных с получением теплоносителей, для анализа и оценки полученных результатов, связанных с получением теплоносителей.

Основные методы научных исследований. В данной работе для получение данных использовались методы пикнометрии, и метод гидростатического взвешивания (Голубева И.Ф. и его учеников), теории подобия, а также для обработки данные используется пакет программы как Сигмаплот, Excele и подобные программы. Предложен способ получения коэффициенты уравнения состояния типа Тейта и Мамедова-Ахундова и закон соответствующих состояний, критерии Прандтля, Маха, Био и модель Ленарда–Джонса и др.

В работе выполнялся литературный анализ, синтез и классификации измерений коэффициент поверхностного натяжения и плотности растворов в

жидкие состояния. Для измерения ПН (поверхностное натяжение) коллоидных растворов использована метод гидростатических взвешивание (установки разработка профессора И.Ф. Голубева). Общая погрешность измерения плотности при доверительной вероятности $\alpha=0,95$ составляет 0,1%. Также, для численных расчетов коэффициента поверхностного натяжения применен модель подобия.

Степень разработанности темы исследования.

Тероретическим основам явлений, происходящих в жидких областях посвящены работы Анисимова М.А., Стенли Г.Е., Ма Ш., Покровского В.Л., Гортышова Ю.Ф., Алтунина В.В., Жузе Т.П., Абдулагатова И.М., Усманова А. Г., Амирханова Д.Г., Гумерова Ф.М., Собирзянова А.Н., Киселева С.Б. и др.

По поверхностному натяжению и плотности бензола в жидком фазе и при фазовом переходе посвящена ряд работ, в том числе Нагашима, Ахундова, Р.А. Мустафаева, К.Д. Гусейнов, М.М. Сафарова, М.А. Зарипова, Дж.Н. Родель, Р.П. Таузен, Ф.Д. Россини и др.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы было рассмотрены и обсуждались на международных и республиканской научно-технической конференциях:

1. XIII Международной теплофизической школы “Теплофизика и информационных технологии” посвященной 60 летию д.т.н., профессора член. корр. НАНТ Кобулиева З.В. и 70 –летию д.т.н. профессора Сафарова М.М., Душанбе-Тамбов, (17-20 октября 2022г);

2. II International Conference "Gas Discharge Plasma and Synthesis of Nanostructures" (GDP-NANO 2021) 01/12/2021 - 05/12/2021 Online Accepted papers received:26 April 2022 Published online: 31 May 2022 GDP-NANO 2021;

3. Первая международная научно-практическая конференция «Перспективы развития исследований в области химии координационных соединения и аспекты их применения» посвященной памяти профессора Баситовой С.М.,

80- летию со дня рождения и 60-летию педагогической деятельности д.х.н., профессора Азизкуловой О.А., г. Душанбе, (30-31 марта 2022 г.) (scopus);

4. Scientific collection “Interconference” Proceeding of the 1th International scientific and practical conference” Science, education, innovation. Topic issues and modern aspects, №3(39), Manchester, Great Britan, (26-28, Desember 2020), РИНЦ;

5. Республиканской научно-теоретической конференции на тему «Основы развития и перспективы химической науки в Республике Таджикистан», посвященной 60-летию химического факультета и памяти д.х.н., профессора, академика НАН РТ Нуманова Ишанкула Усмановича (12-14 сентября 2020 г);

6. 10 научно-практической конференции “Ломоносовские чтения”, посвященной 75-летию Победы в великой Отечественной войне (1941-1945г.), г. Душанбе, (25-26 сентября 2020г);

7. Rostoc-2020, Germany, (8-9 October 2020);

8. IARIA, 2CFP, ICQNM-2020 Ispane, Valenciya, (15-19 November2020);

9. Международной научно-практической конференции “Перспектива развития науки и образования “ТТУ имени акад. М.С. Осими, Душанбе – 2019;

10. Международная научно-практическая конференция, посвященной 90-летию Таджикского государственного педагогического университета имени С. Айни, (17 декабря 2021г.);

11. Международной научно-практической конференции” Электроэнергетика Таджикистана: Актуальные проблемы и пути их решения” посвященная 80-летию М.Б. Иноятова и 70-летию М.В. Шамсиева, приуроченная к дню энергетика. Душанбе-Филиал МЭИ в г. Душанбе, (19 декабря 2019);

12. Международной научной конференции на тему «Перспектива развития науки и образования», ТТУ имени акад. М.С. Осими, (2019);

13. Республиканской научно-практической конференция на тему “ Математическое и компьютерное моделирование физических процессов”, г. Душанбе, (25 октября 2019);

14. Международной научной конференции на тему «Масъалаҳои муносири математика ва методикаи таълими он» бахшида ба 25–солагии Конституцияи Ҷумҳурии Тоҷикистон ва 80–солагии доктори илмҳои педагогӣ, профессор Шарифзода Ҷумъа Шариф (г. Бохтар, (18-19 октябри соли 2019);

15. 6 Международной научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов “Энергосберегающие и эффективность в технических системах”, Тамбов, (3-5 июня 2019);

16. Международной конференции “Фазовые переходы, критические и нелинейные явления в конденсированных средах”, Махачкала, (15-20 сентября 2019);

17. 4 Международной научной конференции: «Вопросы физики и координационной химии» Посвященной памяти докторов химических наук, профессоров Якубова Хаида Мухсиновича и Юсуфова Зухуриддина Нуриддиновича, (3-4 мая 2019);

18. XV Joint European Thermodynamic Conference. Barselone (21 -24 May 2019);

19. 11 МТФШ “Информационно-сенсорные системы в теплофизических исследованиях”, Тамбов, (6-9 ноября 2018);

20. Научно-практической конференции “8 Ломоносовские чтения” Актуальные проблемы естественных и гуманитарных наук. (Филиал МГУ в г. Душанбе, (27-28 апреля 2018);

21. Международной научной конференции “Молодые исследователи-регионам” Вологда, (16-20 апреля 2018);

22. 15 Российская конференция (с международным участием) по теплофизическим свойствам веществ, М. 2018 (РКТС-15), (15-17 октября 2018);

23. Научно-практической конференции “8 Ломоносовских чтения”, Филиал МГУ имени М.В. Ломоносова в г. Душанбе, (27-28 апреля 2018);

24. Республиканской научно-практической конференции “Техника и технология: основные проблемы, достижения и инновации”, Душанбе, (16 мая 2018);

25. Международной научно-практической конференции «Независимость-основа развития энергетики страны», Хатлонская область, Бохтарский район, Республика Таджикистан, посвященный к празднованию дня энергетиков. (22-23 декабря 2017);

26. 10 Международная теплофизическая школа, “Теплофизические исследования и измерения при контроле качества веществ, материалов и изделий”, Душанбе-Тамбов, (3-8 октября 2016);

27. 2 Международная конференция “Газоразрядная плазма и синтез наноструктур” Россия, г. Казань, КНИТУ-КАИ, (01-04 декабря 2021г.), Scopus.

28. Journal of Physics: Conference Series Volume 2270 2022 Previous issue Next issue II International Conference "Gas Discharge Plasma and Synthesis of Nanostructures" (GDP-NANO 2021) 01/12/2021 - 05/12/2021 Online Accepted papers received:26 April 2022Published online:31 May 2022 GDP-NANO 2021 Journal of Physics: Conference Series 2270 (2022) 012006IOP Publishing doi: 10.1088 /1742-6596/2270/1/012006, 6p (Scopus).

Публикации. По результатам исследований опубликовано 30-научных работ, в том числе 10-статьи в журналах, рекомендованных ВАК при Президенте Республики Таджикистан (один единоличное автор) и 18 материалов в республиканской и международной конференции, 2 малых патент Республики Таджикистан.

Соответствие паспорту специальности

Исходя из предоставленной информации, диссертация соответствует паспорту научной специальности 01.04.14 «Теплофизика и теоретическая теплотехника» в части 5, 7 и подразделе 9, что подтверждает ее важность и актуальность в области теплофизики и теплотехники. Например, в части 5

«Экспериментальные и теоретические исследования однофазных, двухфазных, свободная и вынужденная конвекция в различных характеристиках хладагентов, эксплуатационных параметрах и геометрии тепловых поверхностей», в части 7 «Экспериментальные и теоретические исследования совместных тепловых процессов и массопереноса в бинарных и многокомпонентных растворах с добавкой наночастиц, в т.ч. жидкости химических реакций», в подразделе 9 «Разработка научных основ и создание методов интенсификации тепломассовых процессов».

Структура и объем работы. Структура работы, включающая введение, обзор литературы, главы, заключение, библиографию и приложения, вместе с общим объемом 186 страницами компьютерного текста, 42 таблиц, 42 рисунков, 149 список использованной литературы и 13 страницами приложений, демонстрирует глубокое исследование проведенной работы. Объем библиографии, включающий как отечественные, так и зарубежные источники, отражает широкий охват литературы в данной области.

Также важно отметить, что диссертация была выполнена на кафедре «Общей физики» Таджикского государственного педагогического университета имени Садриддина Айни, что свидетельствует о заслугах данного университета в подготовке качественных исследований в области теплофизики.

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ ДАННЫХ ПО НЕКОТОРЫХ СВОЙСТВАМ ОСНОВНЫХ КОМПОНЕНТОВ ВХОДЯЩИХ В ИССЛЕДУЕМЫХ РАСТВОРАХ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ.

1.1. Физико-химические свойства исследуемых растворов, углеродных наночастиц (сажи) и их применения.

1.1.1. Бензола и его строение

Бензол — это бесцветная жидкость с низкой температурой кипения, нерастворимая в воде вещество. Бензол имеет специфический запах, он при охлаждении легко превращается в белую кристаллическую массу. Температура плавления бензола составляет $5,5^{\circ}\text{C}$ и он в виде формулы пишется так, C_6H_6 ; Бензол - это высоконенасыщенное соединение и в его молекуле не хватает восьми атомов водорода для образования соединения, по формуле предельных углеводородов. Также можно сказать, что при смещении бензола с бромной водой или раствором перманганата калия вы не заметите никаких реакций, характерных для непредельных соединений, [101-104].

1.1.2. Проблема строения бензола.

Проблема строения бензола, решенная А. Кекуле, представляет собой весьма важный момент в развитии органической химии. Рассмотрим последовательно каждый пункт.

1. Получение бензола при пропускании ацетилена через трубку с активированным углем, нагретым до 650°C , указывает на возможность синтеза бензола из других органических соединений.
2. Сравнение состава молекул ацетилена и бензола и вывод о тримеризации указывает на структурное изменение при образовании бензола из ацетилена (из каждых трех молекул ацетилена образуется одна молекула бензола).
3. Реакция, в которой к молекуле бензола присоединяются три молекулы водорода, и образуется циклогексан, свидетельствует о насыщении молекулы бензола и образовании закольцованной структуры.

4. Понимание того, что молекула бензола должна иметь циклическую структуру для объяснения результатов реакции с водородом и образования циклогексана. Это позволило А. Кекуле прийти к выводу о циклической структуре бензола, что было кульминацией его значимой работы в этой области.

В 1865 году А. Кекуле предложил структурная формула бензола которые гласит так: «Бензол как шестичленное кольцо из атомов углерода с альтернирующими двойными связями между ними, стала ключевым моментом и краеугольным камнем для понимания структуры органических соединений». Таким образом, его вклад в развитие химической науки невозможно переоценить, и его работа до сих пор остается важным этапом в истории органической химии, хотя она их и не вполне удовлетворяла.

1.1.3. Электронная структура бензола.

В современной науке (физика), методы показали, что молекула бензола имеет циклическую структуру, в которой все шесть атомов углерода лежат в одной плоскости. Подтверждено, что формула Кекуле правильно отражает порядок соединения атомов.

Немецкий химик Иоганн Глаубер в своём книге, изданной в 1651 году [7], впервые описал бензолсодержащую смесь, он в своём книге говорит: «Бензолосадержаящий были получены при перегонке каменноугольной смолы». Бензол был впервые описан как отдельное вещество Майклом Фарадеем, который выделил это вещество в 1825 году в результате конденсации легкого газа, образующегося при коксующемся угле. Вскоре после этого, в 1833 году, немецкий физик Эйльхард Мичерлих получил бензол путем высушивания кальциевой соли бензойной кислоты. Только после этого производится вещество, называемое бензолом.

В 1860 году было известно, что соотношение атомов углерода и атомов водорода в молекуле бензола соответствует соотношению ацетилена и его брутто-формула — C_6H_6 . Бензол подробно изучал немецкий химик Фридрих Август Кекуле, который в 1865 году смог предложить правильную формулу

кольца этого соединения. Согласно источником [8, стр. 120], Фридрих Кекуле представлял бензол следующим образом: «Структура бензол в виде змеи, состоящей из шести атомов углерода». Мысль о цикличности связей бензола пришла к нему во сне, когда воображаемая змея укусила его за хвост. Фридриху Кекуле удалось тогда полностью описать свойства бензола, [103].

1.1.4. Физические свойства бензола.

Бензол — это бесцветная жидкость с очень редким своеобразным запахом. Его температура плавления составляет $T_{пл.} = 5,5^{\circ}\text{C}$ и его температура кипения равно $80,1^{\circ}\text{C}$. Молярная масса бензола равно $\rho=879$ кг/м³ и его $M=78,11$ г/моль. Бензол горит очень дымным пламенем, похожим на пламя ненасыщенных углеводородов. Во время загорания в воздухе образуются взрывоопасные смеси. Хорошо смешивается с эфиром, бензином и другими органическими растворителями, образует азеотропную смесь с водой с температурой кипения $69,25^{\circ}\text{C}$ т.е. с 91% бензола. Растворимость бензола в воде составляет 1,79 г/л при температуре 25°C , [103].

1.1.5. Производство и использование бензола

С помощью взаимодействия алканов $\text{C}_3\text{-C}_4$ с галлийсодержащим катализатором, содержащим высококремнистый цеолит ZSM-5, при высокой температуре в реакторном блоке, состоящем из трех последовательных реакторов, с последующим разделением продуктов реакции на рециркуляционную фракцию исходного алканы, бензол, толуол, ксилол и рецикл ароматических углеводородов C_9 и фракции ароматических углеводородов на контактной стадии, которая характеризуется снижением выхода углеводородов C_{9+} и увеличением доли ароматических углеводородов C_{9+} с увеличением выхода ксилола. Ароматические углеводороды в количестве от 1 до 5 % от массы сырья перерабатываются в третьем реакторе реакторного блока, причем процесс в этом реакторе происходит при времени контакта 0,5-1,5 сек. Второй способ от первой, отличающийся тем, что контактный процесс проводят при температуре $400\text{-}600^{\circ}\text{C}$.

Из предоставленной информации ясно, что бензол как высокооктановый компонент бензина является важным продуктом, получаемым из нефтяного сырья. Процесс получения бензола включает в себя каталитический риформинг прямогонной фракции при температуре кипения от 62 до 105°C в некоторых случаях до температуры 120°C, а затем экстракцию с использованием различных экстрагентов.

Каталитический риформинг высокотемпературной фракции представляет собой важный этап в процессе получения бензола из нефти. Полученный стабильный катализатор содержит значительное количество ароматических углеводородов (35-45%), что обеспечивает высокую конверсию в процессе дальнейшей переработки.

Однако, важно отметить, что разделение отдельных углеводородов обычной ректификацией здесь неэффективно из-за образования азеотропных смесей с алканами и циклонами. В этом контексте, применение экстракции с растворами диэтиленгликоля, триэтиленгликоля и тетраэтиленгликоля является более эффективным способом выделения ароматических углеводородов, включая бензол, толуол, ксилолы, этилбензол и деароматизированный бензин (Рафинат).

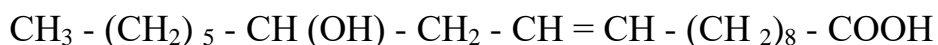
Этапы получения бензола, толуола, ксилолов, этилбензола и других ароматических углеводородов, а также деароматизированного бензина, показывают, что процесс экстракции позволяет добиться высокой эффективности и получить разнообразные ценные продукты. Выход продукции, включая выход бензола и других компонентов, отражает значимость этого процесса для производства высококачественных нефтепродуктов, в том числе бензина и других продуктов, используемых в широком спектре отраслей промышленности.

При этом выход толуола на исходное сырье составляет 16,5%, бензола - 11%, ксилолов и этилбензола - 4,5%. Рафинат (деароматизированный).

На установке экстракции получают следующие продукты бензол, толуол, ксилолы, этил-бензол, высшие ароматические углеводороды и деароматизированный бензин (рафинат). При этом выход толуола на исходное сырье составляет 16,5%, бензола -11%, ксилолов и этилбензола- 4,5%, рафинат (деароматизированный).

1.2. Свойства и состав касторового масла

Как нам известно химический состав касторового масла описывается формулой:



Касторовое масло — это уникальное растительное масло, известное своими особыми свойствами и химическим составом. Химический состав касторового масла включает жирные кислоты с 18 атомами углерода, включая 12-гидроксиолеиновую кислоту, которая является особенной чертой касторового масла. Ни одно другое растительное масло не содержит такого разнообразия и высокой доли жирных гидроксикислот.

Очень важно отметить, что состав касторового масла остается постоянным независимо от места выращивания бобов. Именно эта устойчивость состава позволяет касторовому маслу служить абсолютным стандартом для вязкости, утвержденным Бюро Стандартов, [104-107].

Особое внимание следует уделить тому факту, что касторовое масло представляет собой биологический возобновляемый ресурс, что делает его значимым как продукт, сочетающий в себе высокую устойчивость состава и уникальные свойства.

Касторовое масло имеет молекулярный вес 298, низкую температуру плавления равной 5⁰С и низкую температуру охлаждения от 12⁰С до 18⁰С. Это ненасыщенные жирные кислоты, которые растворимы в чистом спирте, нерастворимы в воде, имеющие небольшую растворимость в нефтяных алифатических растворителях. В свойства касторового масла входит сопротивление теплу практически без осадка.

Касторовое масло является уникальным среди всех жиров и масел так

как, это единственный источник 18 - углеродных гидроксильных жирных кислот с одной и двойной связью. Во второй она рицинолеиновая кислота (12-гидроксиолеиновая кислота) которые составляет около 87% жирных кислот. В третьих она однородность продукта и плотная являются относительно высокими по естественным признакам. И наконец то это биологический, возобновляемый ресурс.

Таким образом, касторовое масло, благодаря своему уникальному химическому составу и особым свойствам, остается важным продуктом в различных сферах, от промышленности до медицины и косметики.

Таблица 1.1. - Состав касторового масла по сравнению с составом других растительных масел [108]:

Культура	AVG. Содержание масла	олеиновая кислота	линолевая кислота	линолевая кислота	рицинолеиновая кислота
Клещевина	45%	3%	4.2%	0.3%	90%
Рапс	42%	32%	19%	7%	-0
Лен	38%	20%	16%	50%	-0
подсолнечник	48%	26%	62%	-0	-0
Соя	18%	27%	53%	7%	-0
Пальма	52%	40%	8%	-0	-0

Касторовое масло по химическим свойствам, как и другие растительные масла и животные жиры. Триглицериды в касторовом масле представляют собой химические молекулы глицерина, каждая из трех гидроксильных групп которых этерифицирована длинноцепочечными жирными кислотами. Помимо рицинолевой кислоты, к другим жирным кислотам относятся: линолевая кислота (4,2%), олеиновая кислота (3,0%), стеариновая кислота (1%), пальмитиновая кислота (1%), дигидроксистеариновая кислота (0,7%), лино-

леновая кислота (0,3%). %) и ненасыщенные жирные кислоты (0,3%).

Химический состав и свойства касторового масла основаны на большом количестве рицинолевой кислоты и трех функциональных точках, присутствующих в молекуле. К рицинолевой кислоты и трех функциональных точках относятся:

1. Карбоксильная группа, допускающая широкий спектр этерификаций;
2. Единственная ненасыщенная точка, которую можно модифицировать гидрированием, эпоксидированием или вулканизацией.

3. Гидроксильные группы, которые могут быть ацетилированы или алкилированы, можно удалить путем дегидратации, что увеличивает вязкость соединения и дает полуобезвоженное масло. Присутствие гидроксильных групп в касторовом масле повышает химическую стойкость самого масла и его производных, тем самым предотвращая образование гидроперекисей.

Таблица 1.2. - Основные физико-химические характеристики касторового масла [107-109].

Плотность при 20°C	0.956-0.963г/мл
Показатель преломления	1.477 -1.479
Число омыления	177-187
Содержание йода	82-88
Не омыляемые вещества	0.3-0.5%
Число гидроксильных соединений	160 мм
Вязкость при 20°C	9.5—10.0 дПа.с

Касторовое масло в сыром виде имеет светло-коричневый цвет, но при обработке и отбеливании становится бесцветным или слегка желтым. Касторовое масло, как и все растительные масла, имеет различные физические и химические свойства, которые изменяются в зависимости от метода экстракции.

Касторовое масло, полученное холодным отжимом, обладает рядом особенностей, которые определяют его уникальные химические и физиче-

ские свойства. Сравнивая его с другим маслом, полученным экстрактом растворителя, касторовое масло обычно имеет более низкую кислотность, меньше йода и слегка более высокий индекс омыления. Оно также отличается более светлым цветом.

Высокая вязкость касторового масла, которая необычна для растительных масел, обусловлена главным образом водородными связями с гидроксильными группами. Это свойство в сочетании с высокой прозрачностью делает касторовое масло полезным ингредиентом в масляных смесях. Гидроксильная группа, наличие которой является уникальной чертой физических свойств касторового масла, определяет его особенности и используется в различных промышленных и косметических приложениях.

1.2.1. Высокая вязкость и удельный вес касторового масла

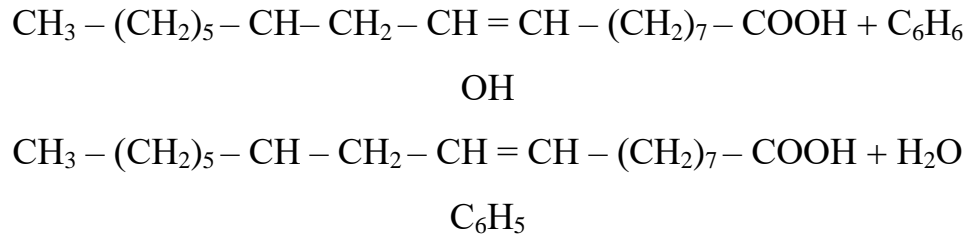
Касторовое масло обладает рядом уникальных химических свойств, которые определяют его возможности в различных областях использования. Например, оно растворимо в спирте в любом соотношении, что подтверждает его высокую полярность. Однако оно имеет ограниченную растворимость в алифатических растворителях.

Физические свойства касторового масла обладают высокой однородностью и надежностью, что отражается на долговечности его использования как стандарта абсолютной вязкости. Благодаря своей высокополярной гидроксильной группе касторовое масло подходит для использования в производстве широкого спектра натуральных и синтетических смол, восков, полимеров и эмульсий. Оно также хорошо подходит в качестве смягчающего и смазочного средства.

Важно отметить, что несмотря на свои преимущества, касторовое масло имеет некоторые недостатки. Например, гидроксикислота и кислотный коэффициент могут слегка уменьшаться при хранении, изменяясь примерно на 10% за период 90 дней. Это связано с реакцией между гидроксильными и карбоксильными группами в молекуле масла в виде эстеров. Другими слова-

ми, изменение химической формулы касторового масла при контакте с бензолом может произойти в процессе хранения.

Эти особенности следует учитывать при планировании использования касторового масла в промышленности, косметике или других областях применения [109] [1-9].



1.2.2. Касторовое масло, получения и применение их в гидроприводах

Путём холодного прессования семян клещевины производят касторовое масло. Плоды клещевины в основном состоят из растительных жиров, также из белковых веществ, которые составляют 15-20%, в связи с этими свойствами и отжимают касторовое масло. Касторовое масло применяется в фармацевтической промышленности в рафинированном виде [1-9].

Действительно, до недавнего времени касторовое масло широко применялось в жидкостях для различных механизмов. Например, жидкости на касторовой основе использовались в гидроприводах и в тормозных системах автомобилей. Эти жидкости состояли из смеси касторового масла и спирта в равных пропорциях. Примеры таких жидкостей включают ЭСК, состоящий из этанола и касторового масла, и БСК, включающий в себя бутиловый спирт и касторовое масло [6].

Важно отметить, что жидкость ЭСК больше не производится из-за её низкой температуры кипения и склонности к диссоциации. Эта жидкость использовалась до 1950-х годов. Жидкость БСК, с другой стороны, продолжает применяться в тормозных системах с барабанными тормозами на старых моделях грузовиков и легковых автомобилей, таких как ГАЗ-24. Она обладает высокой стойкостью, не гигроскопична и не агрессивна по отношению к резиновым деталям, а также обладает смазывающими и антикоррозионными

свойствами.

В США аналогичные жидкости выпускались в прошлом и продолжают выпускаться по стандарту DOT-2 для антикварных автомобилей. Это подчеркивает важное значение касторового масла в истории и применении в автомобильной промышленности.

1.2.3. Химическая промышленность

Касторовое масло — это густая жидкость желтого или желтовато-коричневого цвета (лучшие сорта почти бесцветны). На открытом воздухе медленно густеет. Обладает большой вязкостью и является хорошим смазывающим компонентом топливных смесей, потому что обладает высокой адгезией (свойством сцепляемости), так как хорошо растворяется в спирте и эфире. Эти свойства способствуют сохранению масляной пленки между трущимися поверхностями деталей [4].

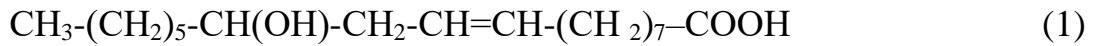
Касторовое масло широко используется в производстве топливных смесей для бензиновых и компрессионных двигателей. Оно обладает свойствами, которые делают его привлекательным для таких приложений. Например, нерастворимые в спирте полимеры можно получить путем нагревания касторового масла до температуры от +260 до +265°C. Эти полимеры могут использоваться в качестве компонентов для создания топливных смесей, способствуя эффективной работе двигателей.

Использование касторового масла в топливных смесях подчеркивает его важность в автомобильной промышленности и его значимое влияние на эффективность работы двигателей.

Образование таких полимеров приводит к тому, что в двигателях с поршневыми кольцами при длительной работе теряется компрессия. Касторовое масло обладает хорошими смазочными свойствами, так как имеет в наличии эфиры. К тому же, это экологично, что немаловажно в наши дни. Однако антиоксидантные свойства невысоки, что можно компенсировать соответствующими биологически активными добавками и основами. Эфиры, в

свою очередь, представляют собой «смазочную» добавку к основной основе. Они издавна использовались в нефтедобыче, «касторовое масло» применялось даже на войне [5].

Химический состав касторового масла описывается формулой:



1.2.4. Техническое касторовое масло. Свойства и применение

Техническое касторовое масло широко используется во многих отраслях промышленности, включая технику, медицину, лакокрасочное производство, текстильную промышленность, авиацию, косметику, парфюмерию, а также в качестве смазочного масла. Его применение также распространено при производстве разнообразных пластичных смазок. Техническое касторовое масло также используется для создания топливных смесей для компрессионных и калильных двигателей. Кроме того, при нагревании до 260°C масло выделяет полимеры, которые не растворяются в спирте.

Как вы отметили, у технического касторового масла есть гарантированный срок хранения в течение двух лет, что подтверждает его стабильность и долговечность в процессе использования. Это делает его надежным инструментом в различных отраслях промышленности, подчеркивая его важность и универсальность.

1.2.5. Химический анализ касторовых семян

Листья: на 100 г., листьев содержатся на ноль-влаге основе, 24,8 г. белка, 5,4 г. жиров, 57,4 г. углеводов, 10,3 г. белка, 12,4 г. золы, 2670 мг. кальция и 460 мг. Р. Семена: семя содержит около 5% влаги, 12,0-16,0% белка, 45,0-50% масла, 3,0-7,0 практически свободных электронов, 23-27% сырой клетчатки и 2,0-2,2% золы. Семена с высоким содержанием фосфора, 90% в форме фитиновой. Также присутствуют в семенах 60 мг/кг мочевиной кислоты и 7 промилле синильной кислоты. Семена также содержат мощные липазы, используемые для промышленного гидролиза жиров и амилазы, инвертазы,

мальтозы, гликолевая кислоту, оксидазы, рибонуклеазы, жир-растворимый зимоген. Проросшие семена содержат каталазы, пероксидазы и редуктазы.

1.2.6. Области применения касторового масла

Касторовое масло применяется в клинической медицине прежде всего, как слабительное средство для очищения кишечника перед хирургическими вмешательствами и при запорах. Другие области применения включают наружное лечение кожных заболеваний и стимулирование родовой деятельности. Важно отметить, что нет клинических доказательств того, что касторовое масло расширяет шейку матки или вызывает роды.

Некоторые лекарства для парентерального применения содержат касторовое масло в качестве носителя активного ингредиента или растворителя.

При кожных заболеваниях или изменениях кожи, таких как сильное шелушение или сухость кожи, трещины, трещины, геморрой и шрамы, высокое содержание жира в касторовом масле создает питательную пленку. Масло легко проникает в клеточные пространства роговицы и проникает в поверхностный слой тканей. Этот механический барьер защищает от посторонних веществ и загрязняющих веществ и обеспечивает более быстрое заживление поверхностных повреждений.

Да, касторовое масло обладает определенными уникальными свойствами, которые делают его подходящим в качестве смазки для некоторых двигателей, включая миниатюрные авиационные двигатели. Однако, как вы отметили, оно имеет и некоторые недостатки.

Одним из таких недостатков является его сильное окислительное действие, что может требовать тщательной очистки деталей двигателя спиртом после использования. Кроме того, при высоких температурах касторовое масло может образовывать нерастворимые полимеры, что в конечном итоге может негативно сказываться на работе двигателя.

Эти факторы приводят к тому, что в настоящее время касторовое масло используется в основном только для миниатюрных авиационных двигателей,

поскольку для других типов двигателей эти недостатки могут иметь большее практическое значение.

Касторовое масло отвечает этим сравнительно простым требованиям при использовании в двигателях, но имеет серьезный недостаток, который является колебания температуры. Нестабильность является свойством, при котором касторовая масла работать с более высоких температур, чем синтетические масла.

Касторовое масло, состоящее на 87% из триглицеридов рицинолевой кислоты, действительно обладает уникальными химическими свойствами, которые обуславливают его использование в различных областях, включая смазку. Его способность терять молекулу воды при повышенной температуре и становиться "сухим" маслом, его устойчивость при хранении и его различные температурные характеристики делают его ценным компонентом в промышленности.

Касторовое масло, используемое в качестве смазки, имеет ряд преимуществ перед минеральными маслами, включая широкий диапазон рабочих температур, нерастворимость в нефтепродуктах, нетоксичность и низкую агрессивность по сравнению с большинством пластиков. Например:

- Имеет широкий диапазон рабочих температур от $T_{зам.} = -16$, до $T_{всп.} = 275^{\circ}C$.
- Она нерастворяется в нефтепродуктах.
- Нетоксичен.
- Неагрессивен по сравнению с большинством пластиков.

Тем не менее, его высокая химическая активность (окислительная способность) может привести к необходимости более тщательного ухода при использовании в двигателях. Например, для предотвращения коррозии стальных деталей после использования топливных смесей, содержащих касторовое масло, рекомендуется промывка спиртом или бензином, а затем смазка жидким минеральным маслом. Поэтому двигатели, работающие на топлив-

ных смесях, содержащих касторовое масло, после запуска следует тщательно промывать спиртом или бензином, сушить и смазывать жидким минеральным маслом для предотвращения коррозии стальных деталей. В результате полимеризации получается еще более тяжелое «масло», со сложными эфирами. Эти эфиры разлагаются при температуре выше 340°C.

Интересно, что при повышенных температурах касторовое масло образует более крупные молекулярные структуры, что делает его еще более эффективной смазкой при высоких температурах. Это свойство подчеркивает его уникальность и специфическое применение в рабочих условиях с высокими температурами.

Интересно, что касторовое масло можно до некоторой степени стабилизировать если, добавив в ней небольшое количество витамина Е (токоферола), но после дальнейшей стабилизации она больше не обеспечивает исключительную защиту от высоких температур, которую она обеспечивает раньше. Касторовое масло обычно нерастворимо в обычных минеральных маслах, но при полимеризации при температуре 350°F (149°C) в течение нескольких часов масло становится растворимым. Становится важным получить тот же эффект посредством гидрирования.

Касторовое масло обладает рядом уникальных свойств, которые отличают его от обычных минеральных и синтетических масел. Его сильная полярность, высокое сродство к металлическим поверхностям и низкая температура вспышки, но высокая температура горения, являются интересными особенностями этого масла, т.е. его температура вспышки составляет всего 229°C, но температура горения составляет около 449°C. Это очень необычное поведение по сравнению с полиалкиленгликолями, температура вспышки которых составляет примерно от 176 до 204 °C, а температура сгорания — примерно 288°C или немного выше.

Один из удивительных аспектов касторового масла заключается в том, что при повышенной температуре оно может образовывать мощные ком-

плексные полимеры. Это отличает его от большинства синтетических масел, которые, как правило, кипят при температуре, близкой к их внутренней температуре вспышки. Интересно отметить, что это свойство делает касторовое масло менее подверженным обычным проблемам, связанным с использованием слишком бедной топливной смеси.

Почти все обычные синтетические масла, которые мы используем, сгорают в камере сгорания, если использовать слишком бедную топливную смесь. С касторовым маслом дело обстоит иначе, поскольку при повышении температуры оно образует мощные комплексные полимеры. Большинство синтетических масел кипят при температуре, немного превышающей их внутреннюю температуру вспышки. В зависимости от конструкции двигателя тоже самое может произойти и с поршневыми пальцами.

Важно отметить, что при полимеризации при повышенной температуре касторовое масло становится растворимым в минеральных маслах. Поэтому получение этого же эффекта с помощью гидрирования становится важным аспектом его применения. Данные уникальные свойства делают касторовое масло интересным объектом исследований в области смазочных материалов и топливной промышленности.

1.3. Характеристика и способы получения наноразмерных углеродных материалов.

1.3.1. Свойства и структура сажи

Как известно по литературным данным на поверхности частиц всегда присутствуют полезные минералы, которые попадают в частицы на разных стадиях развития дыма. В состав дыма (% по массе) входит углерод от 89 до 99, водород от 0,3 до 0,5, кислород от 0,1 до 10, сера от 0,1 до 1,1, минеральные вещества – до 0,5 % по массе. От ее условий зависят размеры частиц сажи, а также удельная поверхность (суммарная площадь поверхности частиц в 1 грамме дыма) и степень структурности (т.е. разветвленности дымовой цепи). Свойства пластового дыма в основном определяются этими характеристиками.

Химический состав сажи (газообразного вещества).

Состав первоначально образовавшегося дыма (сажа) (диаметр частиц около 4 нм) можно грубо выразить молекулярной формулой CH . При увеличении диаметра частиц до 10 нм состав дыма соответствует формуле C_2H , и только после длительного пребывания в зоне высоких температур состав частиц можно приближенно описать формулой C_DH .

Таблица 1.3. - Элементарный состав сажи на и более распространенных типов (% по массе)

№№	Состав сырья	Основные компоненты наночастиц сажи
1	C,H	88%C+12%H
2	Cu,H	90%Cu+10%H
3	C,OH,H	98%C+1,5%OH+0,5%H

Из-за очень малого размера частиц первых кусков дыма, как и ожидалось, при рентгеноструктурном анализе не удастся выделить никакие структуры, графитовые структуры появляются лишь значительно позже. Состав сырья 88% углерода, 12% H. За час из печи удаляется 5 кг нагара с 90% C и 10% водорода. Элементарный состав дыма: 98% углерода (C), 1,5% щелочной (OH) и 0,5% водорода.

Средняя дисперсия сажи по фракциям выглядит следующим образом:

- Основным компонентом дыма является углерод, содержание которого колеблется от 88,0 до 99,9% в зависимости от типа дыма. Помимо углерода в состав дыма входят также кислород и водород, которые входят в его состав вследствие адсорбции частиц дыма из продуктов сгорания сырья. Ниже вы найдете состав (процентное содержание) некоторых видов дыма [1].

Земная кора содержит мало ртути. По расчетам Саулова [101] она составляет около 7,7–10%. Ртуть трудно извлечь, поскольку это микроэлемент. Содержание ртути в морской воде в приделе от 3% до 10%, в воздухе это по-

казатель меньше чем в воды, около 0,00002 мг. Еще, ртуть содержится во многих продуктах растительного и животного происхождения, например, этот показатель в жире барана составляет в приделе от 2,8 до 10%, около 10% в сахарном тростнике и от 4,6 до 10% в сушеных соевых бобах, [102]. Ртуть присутствует в составе топлива и входит в состав сажи в приделе 0,002мг.

Сера, содержащаяся в жидких углеводородах, при газификации частично превращается в дым. Количество серы, добавляемой в дым, пропорционально количеству дыма. Количество дыма в газе выражается в процентах от массы газифицированного топлива, содержание серы в дыме выражается в процентах от общего количества серы в подаваемом сырье. В то время как средняя концентрация дыма в газе составляет около 2%, содержание серы в дыме составляет около 2,5-3%. Первичный состав. Дым представляет собой неполный продукт сгорания или термического распада углеводородов. Его основным компонентом является углерод, на долю которого в различных формах приходится от 99,5 до 90%. Помимо углерода, дым содержит водород, кислород, минеральные примеси (золу) и следы углеводородной смолы [1].

1.3.2. Техническая углерод (сажа).

Как приведено в литературе [1] «Технический углерод (сажа) – высокодисперсное синтетическое вещество с различного происхождения. Частицы дыма имеют сферическую форму, их размер значительно варьируется в зависимости от разных видов дыма, обычно в термических печах он составляет 250-350 мкм, а в специальных печах - по 10-15 мкм (начальный размер частиц от 10 до 40 нм). Кроме это величина удельной поверхности сажи составляют от 10 до 300 м/г, а в ее химический состав дыма составляет более 90 % углерода, 10 % кислорода и от 0,3 до 0,8 % водорода».

В работах [118, 119] приведены: «Техническая сажа образуется при неполном сгорании и пиролизе метана, природного газа или тяжелых жидких фракций (вплоть до ароматического дизеля). Различные виды технической

сажи содержат от 80 до 95% полуграфитового углерода с мелкими частицами (последний размер соответствует коллоидным мицеллам)». Качество дыма как товарного продукта во многом зависит от типа обрабатываемого материала, способа нагрева, размера пламени, интенсивности горения и многих других факторов, часто малоизученных [23, 24]. Про состав сажи в своих работах Швейцера и Хеллера сказали так: «Состав сажа и механизм его образования зависит от светло-желтый жидкий туман в пламени ацетилена (20% ацетилена, смешанного с гелием) при 600 °С. Когда температура достигает 700°С, а затем 800°С, сначала появляются темные капли жидкости, а затем черные твердые частицы. Анализ частиц при 700°С показывает 93,7% углерода и 5,8% водорода, что примерно соответствует формуле (C_aH_b). Анализ частиц при 800°С дает 95,6% углерода и 4,2% водорода, что соответствует формуле (C₈H₄)_ж». Как показано в работе [80], «(При отборе проб в условиях высокого вакуума), состав дымового элемента в ацетилен-кислородном пламени в области максимального образования углерода имеет формулу между C₈H₄ и C₆H₂, причем в последнем ниже по потоку происходит графитизация. Если вы разместите пробоотборник в местах с низкой температурой пламени (где происходит запотевание), может получить сажу».

Основным компонентом дыма является углерод, доля которого колеблется от 94,0 до 99,9% в зависимости от типа дыма. Помимо углерода, он содержит кислород, водород и различные минералы. Кислород и водород присутствуют в составе вследствие их адсорбции частицами дыма продуктов сгорания сырья.

Наличие минеральных примесей в саже и их количество можно объяснить характером технологического процесса. Минералы попадают в дымовые газы в виде окарины и образуются на поверхности металла, где оседает дым. В результате испарения воды минералы попадают в поток частиц дыма, охлаждая его и превращая в другие виды дыма. В последнем случае минеральные вещества осаждаются тонким слоем на поверхности частиц дыма и, как

отмечалось, могут влиять на рН водной пасты, повышая его до 9 и выше. В этом случае нужно следить за составом саже-газовой смеси и определив высокая количество кислорода, внимательно осматривать состояние свиньи.

Процесс получения дизельного топлива и бензина из резиновых и пластиковых отходов, описанный в упомянутых документах (US 5,414,169, US 4,851,601 и EP-A-0607862 и др), основан на методах пиролиза и каталитического крекинга. Для получения бензина и дизельного топлива из этих отходов используются специальные процессы, которые включают несколько этапов.

В начале процесса проводится пиролиз, то есть нагрев и разложение резиновых или пластиковых отходов, что приводит к получению сырой нефти или других углеводородных продуктов. Полученный продукт сжижают, после чего проводят каталитический крекинг. Катализатор используется для разделения полученных продуктов на более легкие фракции, такие как бензин и дизельное топливо.

В одном из описанных методов каталитический крекинг проводится в газовой фазе с использованием катализатора ZSM-5. Однако, этот метод не обрабатывает полифенолы, содержащие галогены, из-за их дезактивации катализатора.

В другом методе, пиролизный материал подвергается реакции каталитического крекинга с использованием твердокислотного катализатора для получения первичных продуктов каталитического пиролиза. После этого компоненты фазы проходят очистку и обработку катализатором H_3PO_4 для производства вторичного углеводородного масла.

Эти методы представляют важную область исследований с целью получения полезных углеводородных продуктов из резиновых и пластиковых отходов, и могут иметь потенциальную значимость для устойчивого использования ресурсов и уменьшения загрязнения окружающей среды.

Данное изобретение относится к способу производства бензина, дизельного топлива и дыма с использованием отходов пластмасс или отходов

резины. Согласно изобретению, обработанные соответствующим образом отходы пластика и резины сначала загружают в реактор пиролиза с помощью шнекового или подвижного пластинчатого устройства подачи. В реакторе пиролиза используется шнековый смеситель для смешивания материалов после заполнения реагентом. После завершения реакции пиролиза образовавшиеся дымы удаляют из реактора пиролиза с помощью спиральной мешалки. Другие вещества, образующиеся в газовой фазе и имеющие более низкую молекулярную массу, десульфуруются или денитрируются и дехлорируются в резервуаре. Остаточная сера, азот и хлор удаляются путем пропускания их через твердый катализатор, одновременно происходит первичный каталитический пиролиз.

Описанный процесс включает ряд важных этапов и технических решений, направленных на обеспечение эффективного превращения резиновых и пластиковых отходов в полезные углеводородные продукты, такие как бензин и дизельное топливо.

Изначально, газофазный материал подвергается реакции каталитического крекинга, в результате которой получают желаемый продукт. Одновременно, другие вещества, образующиеся в газовой фазе и имеющие более низкую молекулярную массу, подвергаются процессам десульфуризации, денитрификации и дехлорирования в резервуаре, где остаточная сера, азот и хлор удаляются путем пропускания через твердый катализатор.

Кроме того, смеситель во время реакции пиролиза вращается по часовой стрелке, но выделяет дым при вращении против часовой стрелки. В изобретении используется специальный катализатор, а установка десульфуризации, денитрификации, дехлорирования продлевает срок службы катализатора и расширяет спектр перерабатываемых материалов. Он решает известные технологические проблемы.

Важно отметить, что смеситель, расположенный в реакторе пиролиза, максимизирует эффективность процесса, минимизируя коксование реагиру-

ющих веществ и увеличивая тепловыделение. Однако, интересно заметить, что смеситель во время реакции пиролиза вращается по часовой стрелке, но выделяет дым при вращении против часовой стрелки, что может указывать на комплексные взаимодействия в процессе.

Процесс также включает специализированный катализатор и установки для десульфуризации, денитрификации и дехлорирования, осуществляющие первую реакцию каталитического крекинга. Это способствует пролонгации срока службы катализатора и расширению спектра перерабатываемых материалов, а также решает известные технологические проблемы.

Схематический механизм реакции, описанный в документе, включает несколько важных компонентов, таких как нагревательная печь, реактор пиролиза, шнековый смеситель, оборудование для десульфурации, денитрификации и/или дехлорирования, устройство каталитического крекинга, а также колонна перелома, которые в совокупности способствуют эффективной конверсии отходов в ценные продукты.

1.3.3. Способ получения сажи из бензина или дизельного топлива.

Описанный способ получения бензина, дизельного топлива и сажи из отходов пластмассовых и резиновых материалов представляет собой комплексный процесс, включающий ряд важных этапов и технологических решений.

Процесс начинается с загрузки материалов в пиролизный аппарат через питатель, после чего происходит выгрузка сажи из пиролизного аппарата. Полученные материалы в газовой фазе затем загружаются в аппарат для каталитического крекинга. Однако, существенное различие данного способа заключается в использовании винтовой мешалки для перемешивания реакционных материалов в пиролизном аппарате.

Далее, аппарат для десульфирования, денитрации и дехлорирования включает абсорбционный аппарат с неподвижным слоем катализатора для обеспечения необходимых реакций очистки и очистки газовых продуктов.

Данный катализатор, использованный в аппарате для каталитического крекинга, получают следующим образом: 10 - 70% синтетического носителя или полусинтетического носителя, 10 - 50% HZSM-5 цеолита, 10 - 20% водного раствора NaOH или KOH (10 - 20% содержание твердого вещества), 3 - 5% ZnO или соединения, выбранного из группы, содержащей Zn, Pt, Fe, Cu и Ni, и необходимое количество кремниевого или алюминиевого связывающего вещества перемешивают, формуют, высушивают и прокаливают или не прокаливают, получая желаемый катализатор. Катализатор, использованный в неподвижном слое, получают из А и В, в котором А получают перемешиванием 40-70% каолина или активированной глины, 10 - 30% водного раствора NaOH или KOH (10 - 20% содержание твердого вещества), 10 - 15% ZnO или растворимой соли цинка, 3 - 5% CuO или растворимой соли меди и с необходимым количеством кремниевого или алюминиевого связывающего вещества. промыванием, высушиванием и прокаливанием. В получают перемешиванием 40 - 80% каолина или активированной глины, 10 - 30% водного раствора NaOH или KOH (10 - 20% содержание твердого вещества), 10-20% CaO или CaCO₃ с необходимым количеством кремниевого или алюминиевого связывающего вещества, формованием, высушиванием и прокаливанием и фракционируют получающиеся продукты посредством фракционирующей колонны [1].

Во втором способе есть одно отличие от первого, это заключается в том, что абсорбционное устройство со стабильным слоем катализатора одновременно является устройством каталитического крекинга.

Третий способ заключается в том, что температура реакции в абсорбционном устройстве со стабильным каталитическим слоем или устройстве каталитического крекинга составляет от 200 до 400°C, а давление составляет от 0,02 до 0,08, АМР [23, 24, 31, 119].

Важно отметить, что применение таких процессов и катализаторов, как описано, представляет значительный интерес для обработки пластмассовых и

резиновых материалов с целью получения ценных продуктов. Данный метод также способствует решению проблем, связанных с переработкой пластмассовых и резиновых отходов, и может иметь потенциальное влияние на область утилизации отходов и производства топлива из возобновляемых источников [5].

Таблица 1.4. - Удельный выброс вредного вещества при горении нефти и нефтепродуктов на поверхности

Загрязняющий атмосферу компонент	Химическая формула	Удельный выброс вредного вещества, кг/кг		
		Нефть	Дизельное топливо	Бензин
Диоксид углерода		1.0000	1.0000	1.0000
Оксид углерода	CO	0.0840	0.0071	0.3110
Сажа	C	0.1700	0.0129	0.0015
Оксиды азота (в пер. на NO ₂)	NO ₂	0.0069	0.0261	0.0151
Сероводород	H ₂ S	0.0010	0.0010	0.0010
Оксиды серы (в пер. на SO ₂)	SO ₂	0.0278	0.0047	0.0012
Синильная кислота	HCN	0.0010	0.0010	0.0010
Формальдегид	HCHO	0.0010	0.0011	0.0005
Орган. кислоты (в пер. на укс.к-ту)	CH ₃ COOH	0.0150	0.0036	0.0005

При сгорания горючих топлив выделяется токсические вещества. Например, при сгорании 1кг некоторых топлив приведена в таблице 1.5.

Таблица 1.5. - Количество токсичных компонентов (в г), образующееся при сгорании 1 кг топлива

Загрязняющее вещество	Бензин	Дизельное топливо
Оксид углерода	465	21
Углеводороды	23	4
Оксиды азота	15	18
Диоксид серы	2	8
Альдегиды	1	1
Сажа	1	5
Свинец	0,5	0
Всего	507,5	57

Да, исследования, связанные с использованием автомобилей и их воздействием на окружающую среду, имеют важное значение в настоящее время, особенно в контексте глобального потепления и загрязнения городской среды. Анализ состава выхлопных газов, порождаемых двигателями внутреннего сгорания, и поиск способов снижения их воздействия на экологию и обеспечения экономической эффективности являются важными аспектами исследований [23, 24].

Выбор типа двигателя и оптимального топлива также имеет важное значение для отдельного человека с точки зрения экономии топлива, обслуживания двигателя и его долговечности. Для понимания этого необходимо рассмотреть сам двигатель внутреннего сгорания и процессы, происходящие в нем. Он представляет собой тепловой двигатель, в котором химическая энергия топлива превращается в механическую работу через сгорание в камере сгорания.

Исследования, проводимые в этой области, могут привести к разработке более экологически чистых технологий и улучшению существующих систем внутреннего сгорания, что поможет снизить воздействие автомобилей на окружающую среду [2, 5].

1.3.4. Как обнаружить сажу в глушителе

Обнаружение сажи в глушителе может быть проведено с помощью простого визуального осмотра. В случае незначительного количества сажи, она выглядит как пыль, и ее слой легко снимается тряпкой или щеткой. Однако, если на конце трубы виден нарост в виде чёрного кольца или внутренняя часть глушителя покрыта слоем сажи толщиной более 1 мм, скорее всего в двигателе есть неисправность.

Для более наглядной оценки можно аккуратно провести деревянной палочкой по внутреннему кольцу трубы. Если сажа покрывает всю трубу, это свидетельствует о необходимости обращения к профессионалам для диагностики или ремонта двигателя.

Появление сажи обычно связано с неполным сжиганием топлива в двигателе, из-за чего двигатель работает на более обогащённой топливной смеси, что приводит к неполному сгоранию топлива. Основные причины образования обогащённой смеси могут быть связаны с некачественным топливом, а также неисправностью одного или нескольких датчиков, таких как лямбда зонд, ответственный за подачу топлива в двигатель.

Поэтому в случае обнаружения сажи в глушителе рекомендуется обратиться к квалифицированным специалистам для диагностики и устранения возможных неисправностей двигателя.

1.3.5. Промышленное применение.

Да, действительно, на основе способов переработки отходов пластмассы и резины можно производить бензин, дизельное топливо и другие виды топлива с высокой эффективностью. Такой метод переработки может быть ключевым в обеспечении непрерывности производства и содействии в решении проблемы утилизации отходов пластмассы и резины.

Процесс переработки отходов пластмассы и резины может включать их преобразование в сырьё для получения топлива, такого как бензин и дизельное топливо, через процессы пиролиза, газификации или другие технологии. Важно учитывать экологические аспекты и поддерживать эффективность процесса переработки.

Коммерциализация таких методов переработки отходов пластмассы и резины для производства топлива имеет потенциал сократить зависимость от нефти, содействовать повышению устойчивости поставок топлива и снизить негативное воздействие на окружающую среду.

1.4. Без дыма и сажи

Углерод в пламени обычно представляет собой конденсированный углеродный продукт, который содержит небольшое количество водорода (в некоторых пламени - кислорода и азота) и называется дымом, дымом, смолой или коксом. Исследование процесса образования карбонатных продуктов

имеет большое практическое значение, поскольку оно связано с такими нежелательными явлениями, как дымообразование при работе двигателя, засорение топливных форсунок, неполное сгорание и т. д. Это приводит к образованию смолоподобных отложений в дизельном топливе. О двигателях, дыме и стенах [22-24].

Вовремя сжигании угля, дров и других твердых и жидких видов топлива в воздух выделяется большое количество дыма, сажи, несгоревших частиц топлива, диоксида серы и других загрязняющих веществ. Вокруг покрыты пеплом, лавой и пылью. Внесение в воздух больших количеств легковоспламеняющихся продуктов, особенно в крупных промышленных центрах, существенно изменяет его состав и зачастую приводит к тому, что концентрации токсичных веществ приближаются к предельно допустимым по степени воздействия на здоровье человека [24, 118, 119].

Экспериментально установлено, что при наличии полициклических ароматических углеводородов в очень небольших количествах в топливах и нефтяных маслах. Они обладают высокой адсорбционной способностью и покидают камеры сгорания с мелкими частицами дыма в виде дыма. Технический углерод является хорошим абсорбентом, и полициклические ароматические углеводороды прочно связаны в порах его частиц. Концентрация полициклических ароматических углеводородов в выхлопных газах низкая. Однако если они попадают с дымом в легкие человека, они могут накапливаться в организме и способствовать развитию смертельных заболеваний [118, 119].

Жидкий газ имеет ряд важных преимуществ перед другими видами топлива. При сгорании золы не видно. Газ можно сжигать без образования дыма, дыма и других продуктов неполного сгорания. Газ можно относительно легко очистить от соединений серы, и соответствующие потребители получают топливо, не содержащее серы, которое при сжигании не выделяет ни SO_2 , ни SO_3 . Транспортировка городского и бытового газа гораздо удобнее и экономичнее, чем транспортировка твердого и жидкого топлива. Низкое со-

держание балласта позволяет газу легко воспламеняться. При работе с газом запуск и обслуживание систем сгорания становится значительно проще [24,29].

Шенбейн при проведении собственного эксперимента осознал, что, «Обычный черный порох при взрыве выделяет много дыма, покрывая дымом стрелков и загрязняя винтовки и огнестрельное оружие. Однако из нитроцеллюлозы (нитроцеллюлозы) удалось получить бездымный порох» [29]. Подходящая конструкция зажигания, позволяющая газу полностью сгореть (в виде углекислого газа и воды) без образования дыма и дыма [24].

Горелка предназначена для сжигания легковоспламеняющихся газов в факеле без образования дыма и дыма. Это достигается за счет создания однородной паровоздушной смеси не только на периферии, но и в ядре пламени. Воздух, необходимый для горения, подается паром. Отобранный газ воспламеняется тремя пилотными горелками, расположенными в верхней части горелки.

Это оборудование гарантирует, что газ продолжает гореть даже во время сильного шторма и дождя. В запальные печи непрерывно подается смесь дымовых газов и воздуха. Они воспламеняются с помощью специального запального устройства, расположенного под факелом. Горючая смесь передается на запальное пламя в виде текучего пламени. Для защиты горелки от жара пламени крепят экран, облицованный огнеупорным кирпичом [1-9], [23-24].

1.5. Формальдегид, метанол, HCHO.

Как приведено в литературах [10–13], «Неполное сгорание многих органических материалов, таких как уголь, дрова и сахар, приводит к образованию следов формальдегида. Поэтому формальдегид всегда присутствует в дыме и саже поступает в атмосферу в небольших количествах. Бактерицидный эффект дыма, используемого для копчения мясных продуктов, по крайней мере частично обусловлен наличием формальдегида. Даже неполное сгорание простых жирных углеводородов, таких как метан или смесь пропана и

бутана, сопровождается образованием формальдегида».

«Следует отметить, что на практике дым зачастую представляет собой аэрозольную систему, образующуюся при сгорании топлива, и включает в себя как твердые частицы дыма и золы, так и жидкие частицы продуктов сгорания. Дистилляция топлива и капель воды», сказано в работах [10-13].

Также в работах [16-20] объяснено процесс сжигания топлива в цилиндрах двигателя и то что происходит в этот момент, таким образом: «Взрыв происходит следующим образом. Как известно, в цилиндре двигателя сжимается смесь паров бензина и воздуха. Кроме того, менее стабильные углеводороды окисляются воздухом под воздействием высокой температуры и давления легче и быстрее, чем большинство видов топлива, образуя легко взрывоопасные перекиси. Когда количество этих соединений в смеси достигает определенного значения, они воспламеняются в горячих точках двигателя (искры, раскаленный металл, нагар). Пламя распространяется с очень большой скоростью и вызывает преждевременный взрыв рабочей смеси. Говорят, что поступательное движение взрыва вызывает эффект удара, который воспринимается ухом как сильный шок. Во время удара давление в цилиндрах резко возрастает, и оно внезапно нагревается. Отсюда часто идет черный дым и дым. Это приводит к нестабильной и вялой работе двигателя, следствием чего является снижение производительности, увеличение расхода топлива и самое главное преждевременный износ двигателя. Детонация увеличивается с увеличением степени сжатия. Системы смешивания также должны иметь дело с аэрозолями, например, в атмосфере промышленных городов, где влага конденсируется в частицы дыма, золу и продукты сушки топлива. Термин «смог» предложен для аэрозолей, представляющих собой дым, туман и ПЫЛЬ».

Дым, образующийся при горении органических веществ, состоит из твердых частиц сажи и газообразных продуктов, углекислого газа, двуокиси углерода, азота, диоксида серы и т. д. В зависимости от состава и условий го-

рения веществ образуются различные составы дыма [16-24]. Антрацит отличается большой твердостью и металлическим блеском. Горит очень слабым пламенем, без дыма. Как и тощий уголь, изолированный антрацит является ценным топливом для котлов [16,18].

Углерод, как упоминалось в работах [16–24], «обычно представляет собой конденсированный углеродный продукт, содержащий небольшое количество водорода (в некоторых видах пламени кислород и азот) и иногда называемый дымом, сажом, смолой или коксом. Параллельно с прогрессом исследований предлагались различные объяснения механизмов зарождения и расширения углеродных частиц».

«Дым (сажа), образующийся при неполном сгорании масла или нефти, имеет на своей поверхности нефтяную или масляную оболочку. На стабилизацию дыма влияет адсорбция поверхностно-активных веществ, которые затрудняют прилипание частиц, образуя слой ориентированных молекул» говорится в работах [16,19].

Качество сгорания топливного газа можно контролировать по цвету пламени и дыму из дымохода, а также показаниям газоанализатора. Цвет пламени зависит от способа горения газа и типа горения. Если горючий газ не сгорит полностью, из трубы пойдет черный дым. Черный дым не образуется при сжигании газообразного топлива, не содержащего метан и тяжелые углеводороды. В этом случае качество сгорания определяется газоанализатором [1-11].

Силиконовые смазки все чаще заменяют минеральные масла. Использование силиконовых смазок все чаще заменяют минеральные масла, а это приводит к снижению риска возгорания и образования дыма, дыма и шлака, которые неизбежны при использовании легковоспламеняющихся и легковоспламеняющихся масел. Продукция чистая и не содержит пятен сажи, а экстрадированные изделия могут быть изготовлены с жесткими допусками. Время цикла сокращается, и требуется меньше очистки пресс-формы. По-

сколькx расход силиконового масла по сравнению с минеральным маслом очень низок, это также способствует снижению себестоимости продукции, в типичном случае себестоимость продукции снижается на треть [2-18].

Правильная работа систем сгорания обеспечивает полное сгорание выхлопных газов без дыма. Бездымное горение горючих газов. Он облегчает подачу пара в пламенные печи, обеспечивая тем самым лучшее смешивание газа с воздухом и газификацию углерода (воздуха) при более высоких температурах горения. Одним из важнейших требований безопасности является контроль нормальной работы системы зажигания, а также горения запального топлива, чтобы оно быстро воспламенилось в случае остановки [4-19]. Конечный продукт зависит от полноты сгорания. Это простые дымовые газы, представляющие собой небольшую смесь угарного газа с азотом, парами воды и углекислым газом. Несгоревшая часть углерода (которая удаляет адсорбированные смолы и углеводороды) может выглядеть как сажа и дым. Водород, доля которого в топливе достигает 12%, при сгорании выделяет воду, которая переносится в виде капель воды, рассеивая теплоту испарения. Эта потеря соответствует разнице между высокой и низкой теплотой сгорания топлива. Сера сгорает с образованием диоксида серы [119].

К первой группе относятся плавающие твердые частицы неорганического или органического происхождения, а также взвешенные жидкие частицы, попадающие в атмосферу с выбросами технологических газов (осадками), выхлопными газами и выбросами систем вентиляции. Неорганические грунты образуются в составе промышленных отходов при переработке металлов и их руд, алюмосиликатов, различных минеральных солей и удобрений, карбидов, абразивов, цемента и многих других неорганических веществ. К промышленной пыли органического происхождения относятся, например, уголь, древесина, торф, шифер, мука, дым и т. д. Смог присутствующий в промышленных отходах, образует кислоты в высоких концентрациях, главным образом серную и фосфорную кислоту.

Исследуемая работа с использованием экспериментальных материалов ВНИИИП и других организаций была предпринята попытка установить взаимосвязь между показателями, характеризующими склонность реактивного топлива к образованию карбонатных продуктов при горении (излучение, факел и тепловое излучение жаровой трубы, нагар на стенках форсунки и топливной камеры, дым). К этим показателям относятся объем сгорания, определяемый в однокамерных системах (2), и полнота сгорания, показатель дымности по методу ППУ (3), максимальная высота дымового пламени по ГОСТ 4338-74, число секунд (3), максимальная высота дымового пламени по ГОСТ 4338-74 (3), количество секунд (3), максимальная высота дымового пламени по ГОСТ 4338-74 (3), количество секунд (3) и максимальную высоту дымового пламени (3). Люменометр и показатель пламенного чернения определяют в одном приборе по люменометрическому числу 4 по ГОСТ 17750-72 [119].

Следующая группа углеводородов (более токсичная) — полициклические ароматические углеводороды, образующиеся при сгорании топлива в результате пиролиза компонентов тяжелого топлива и смазочных масел. Эта углеводородная фракция содержит канцерогенные соединения, в том числе бензо-пирен (ГПК) в концентрации до 0,5 мг/м². Эти соединения очень полярно, адсорбируются и удаляются на поверхности и в порах частиц дыма. Двигатели попадают в атмосферу в виде дыма [118, 119].

Основными представителями высокодисперсных систем с несвязанными частицами являются клетки неправильной формы, графитовые клетки, частично превращающиеся в графит при термической обработке, белые пищевые вещества, получаемые гидролизом в атмосфере водяного пара. В особых условиях гидролиз дает дым из сферических частиц размером 10 нм. Когда дым оседает, он образует мелкий порошок, так называемый аэрозоль. Такие порошки широко используются в качестве адсорбентов, катализаторов и наполнителей в полимерных материалах [24, 118, 119].

Эта классификация совершенно условна, так как при горении топлива образуется обычный дым, также жидкие капли перегонки топлива и воды. Дым состоит из твёрдых частиц, которые могут адсорбировать влагу из атмосферного воздуха и, в свою очередь, капли жидкости могут включать в себя твердые частицы [24,119].

1.6. Коэффициент поверхностного натяжения растворов и их компонентов

Свойства поверхности жидкости дают очень убедительные доказательства существования молекул и говорят нам довольно много о поведении этих молекул.

Свободная поверхность жидкости может проявлять множество интересных свойств благодаря явлению, известному как поверхностное натяжение. Поверхностное натяжение объясняет, почему капли жидкости имеют сферическую форму (при отсутствии гравитационного поля), почему вода поднимается вверх по капиллярам, почему насекомые, называемые прудовиками, могут ходить по воде, почему ваша водонепроницаемая палатка не пропускает дождь, почему маленькие кусочки камфоры ведут себя хаотично, когда их бросают в воду, и почему щетинки кисти сцепляются друг с другом, когда ее поднимают из воды. Движение ряби по поверхности воды также определяется поверхностным натяжением.

Известно, что поверхностное натяжение обусловлено межмолекулярным притяжением на поверхности жидкости, и эти силы вызывают скин-эффект на поверхности. Силы между отдельными парами молекул очень малы, поэтому при определении поверхностного натяжения мы учитываем влияние большого количества молекул, образующих линию на поверхности.

Рассмотрим линию единичной длины, проведенную на поверхности жидкости, и подумаем о силах, действующих на молекулы на этой линии. Очевидно, что силы будут действовать на поверхности во всех направлениях, но мы будем рассматривать только те компоненты силы, которые действуют под прямым углом к линии (см. рисунок 1). Сила, действующая на всю линию, представляет собой сумму всех сил, действующих на отдельные моле-

кулы. Обратите внимание, что любая данная молекула находится в равновесии под действием равных и противоположных сил, действующих на нее.

Величина силы поверхностного натяжения на поверхности жидкости определяется свойством, называемым коэффициентом поверхностного натяжения этой жидкости.

Коэффициент поверхностного натяжения жидкости определяется следующим образом:

$$\sigma = W/S$$

где, W — поверхностная энергия жидкости [Дж], S — площадь свободной поверхности [m^2], σ — коэффициент поверхностного натяжения [Н/м]

Коэффициент поверхностного натяжения жидкости — это сила, действующая на поверхность жидкости под прямым углом к линии единичной длины на поверхности жидкости.

Таким образом, единицами измерения поверхностного натяжения являются ньютоны на метр (Н/м).

Поверхностное натяжение некоторых жидкостей при нормальном условии и при различных температурах приведено ниже (таблица 1.6).

Талица 1.6. - Коэффициент поверхностного натяжения некоторых жидкостей (при 20°C) [43, 129].

№	Вещество	α , 10^{-3} Н/м
1	Азотная кислота	59,4
2	Анилин	42,9
3	Ацетон	23,7
4	Бензол	29,0
5	Вода	72,8
6	Глицерин	59,4
7	Керосин	28,9 (0°C)
8	Масло касторовое	35,4 (18°C)
9	Масло оливковое	33,06 (18°C)
10	Нефть	26
11	Нитробензол	43,9
12	Серная кислота 85%	57,4
13	Спирт метиловый	22,6
14	Спирт пропиловый	23,8
15	Спирт этиловый	22,8
16	Толуол	28,5
17	Уксусная кислота	27,8
18	Эфир этиловый	16,9

В следующей таблице приведен коэффициент поверхностного натяжения жидкого бензола в зависимости от температуры (интервал температуры от 283К до 343К)

Таблица 1.7. - Коэффициент поверхностного натяжения жидкого бензола в зависимости от температуры при атмосферном давлении [43, 129].

Т,К	283	293	303	313	323	333	343
$\sigma \cdot 10^{-3}$, Н/м	30,32	28,89	27,50	26,15	24,86	23,60	22,41
Т,К	353	363	373	383	393	403	413
$\sigma \cdot 10^{-3}$, Н/м	21,19	19,96	18,74	17,53	16,33	15,16	14,02

1.7. Моделирование параметров и обсуждение результатов критической точки

Расчет плотности наножидкости (ρ_{Cnf}) с использованием линейной зависимости между объемной концентрацией наночастиц (ρ_{nf}) и плотностью наночастиц, а также базовой жидкости (ρ_{nf}). Но без более детальной информации или контекста это предложение может быть неясным для меня. Если у вас есть более конкретный запрос или вопрос по этой теме, пожалуйста, уточните, и я постараюсь помочь вам [20].

$$\rho_{\text{nf}} = (1 - \varphi) \rho_{\text{rf}} + \varphi \rho_{\text{nf}} \quad (1.1)$$

В предоставленной формуле упоминаются методы определения параметров критических точек наножидкостей с использованием алгоритма [17], а также применение основных уравнений состояния жидкости для определения уровня Р-р-Т вблизи критической точки. Например, речь идет о физико-химических расчетах, связанных с поведением наножидкостей под критическими условиями, которые используется следующий закон [18, 19, 22, 23, 24]:

$$\frac{\rho_{\sigma} - 1}{\rho_c} = N_1 \left(1 - \frac{T_{\sigma}}{T_c}\right) \pm N_2 \left(1 - \frac{T_{\sigma}}{T_c}\right)^{\beta} \quad (1.2)$$

где индекс « σ » -это параметр который относится к свойствам на линии

насыщения, а N_1 , N_2 и β – представляют собой параметры, полученные из данных кривой насыщения.

Рассматривается применение уравнения (1.2) для определения критических параметров наножидкостей, включая системы на основе диоксида углерода с наночастицами производных графита и оксидов металлов.

Значения температуры и плотности на линии насыщения были выбраны таким образом, что они находятся практически в критическом диапазоне. Расчеты показали, что уравнение (1.2) позволяет точно реконструировать данные [19, 20] с использованием стандартных справочных данных. Важными параметрами вещества – диоксида углекислого газа которые равняется значением $T_c = 304,13$ К, $P_c = 7,39$ МПа и $\rho_c = 467,67$ кг/м³. Результаты расчетов изменения критических температурных и плотностных параметров систем на основе диоксида углерода, содержащих наночастицы производных графита, представлены в табл. 1.8, а ее системы, состоящие из наночастиц оксидов металлов, представлены в табл. 1.9.

Для угольных труб при конечной объемной концентрации не более 5% значения критической температуры и плотности увеличиваются на 0,1 К (составляет 304,23К) и 22,63 кг/м³ (от 467,67 до 490,3 кг/м³) соответственно. Если посмотреть на систему углекислый газ — фуллерен, то при концентрации фуллерена 5% критическая точка увеличивается с 0,13 К до 304,26 К, а плотность увеличивается с 33,2 кг/м³ до 500,87 кг/м³. При добавлении наночастиц графита и жидкого оксида углерода CO₂ значения критических параметров также изменяются, т.е. температура на 0,2К, а ее плотность на 55,7 кг/м³.

Критические параметры системы диоксид углерода и наночастиц TiO₂ при концентрации 5% составляют 304,51 К для критической температуры и 574,76 кг/м³ для критической плотности, что соответствует сдвигу 0,38 К и соответствует 107 кг/м³. соответственно.

Важно отметить, что расчеты указывают на значительное влияние наночастиц на критические параметры системы, что может иметь важное прак-

тическое значение для ряда прикладных областей.

Таблица 1.8. - Критическая температура и плотность систем CO₂ с углеродными нанотрубками, фуллеренами, графеном

Наночастицы	Усредненная плотность, кг/м ³	d=5 %	
		ΔT, К	Δρ, кг/м ³
Углеродные нанотрубки	1330	0,1	22,6
Фуллерены	1650	0,13	33,2
Графин	2230	0,2	55,7

Таблица 1.9. - Критическая температура и плотность систем CO₂ с SiO₂, TiO₂, ZnO, CuO.

Наночастицы	Усредненная плотность, кг/м ³	d=5 %	
		ΔT, К	Δρ, кг/м ³
SiO ₂	2400	0,2	58,03
TiO ₂	3900	0,38	107,1
ZnO	5606	0,6	162,03
CuO	6400	0,7	187,4

Из предоставленной информации в таблицах 1.8, и 1.9 видно, что при добавлении наночастиц CuO критическая температура увеличивается на 0,71 К, а критическая плотность достигает значения в 187,4 кг/м³. Аналогично, для системы с наночастицами SiO₂ критическая температура изменяется на 0,2 К и достигает 304,4 К, а плотность возрастает до 525,7 кг/м³.

Эти результаты указывают на то, что с увеличением плотности добавления наночастиц наблюдается увеличение критической температуры. Также подтверждается положительное изменение критической плотности [19,20].

Эта информация может быть важной для промышленных и научных приложений, где контроль критических параметров наножидкостей играет решающую роль.

1.8. Метод анализ (АЭСА) - метод элементного анализа

Для объединения металлов в ряды для исследования используют метод элементного анализа (АЕСА) – метод элементного анализа, основанный на специфичности. Производство атомов и электрических ионов продолжается в течение длительного времени в газовой фазе региона. Длина волн 150-800 нм. Принцип метода основан на том, что атомы являются химическими эле-

ментами. Когда вы получаете доступ к спектро스코пу, вы видите каждое свойство вещества в х месте спектроскопа. Основа линии происходит от растений и тела Коли. Колический спектральный анализ определяет интенсивность присоединения вещества по отношению к спеченной линии или полосе в спектрах.

Центральный спектр или атомный спектор (поглощения или испускания) возникает при переходе вещества в парообразное состояние при нагревании исследуемых материалов от 1000°C до 10000°C. Используемые проводники при эмиссионном анализе в качестве источника возбуждения атомов и искру, дугу переменного тока; при этом пробу помещают в кратер одного из угольных электродов.

Оборудование, записывающая способ получения спектра и источника возбуждения следующее: Спектрограф С – DFS 452; Источник спектров сигналов ИВС 28 – двойной переменный ток 10А; Электрод – диаметр диаметра 2,6 мм, диаметр канала 1,4 мм и шарик 8 мм; Средний выигрыш: 2 минуты. Дополнительные испарения Спектр записи - моноканальный 9. Результаты анализа нанопористого диоксида титана представлены на рисунке 1.2.

Доказанные результаты рентгеноструктурного анализа не использовались при выращивании риса. 1.2. Если вы нарисуете вертикальную линию на рисунке 1.2, то контакты будут красными из муллита и синими из SiO₂. Характер желчи отражает характер аморфной фазы. Кристаллические фазы включают муллит 3Al₂O₃·2SiO₂ (82%) и кварц SiO₂ (18%).

Низкотемпературная плазма представляет собой главный потенциал развития наноматериалов.

Как приведено в работах [62–66], «Плазма была использована для приготовления, кремневых трубок, наноалмаза и фуллерена». В работах [67, 68] сказано что, «для производства нанопродуктов необходима плазма, содержащая внешний полюс закиси азота», а в работе [31] говорится о том, что «для создания жидкости в ухе используются микрочипы». Анализ плазменных

процессов проведен также в работе [67]. Закончено жидким катодом. Другой ключ к разгадке связан с теоретическим моделированием процесса, представленным в [33, 34, 41, 54].

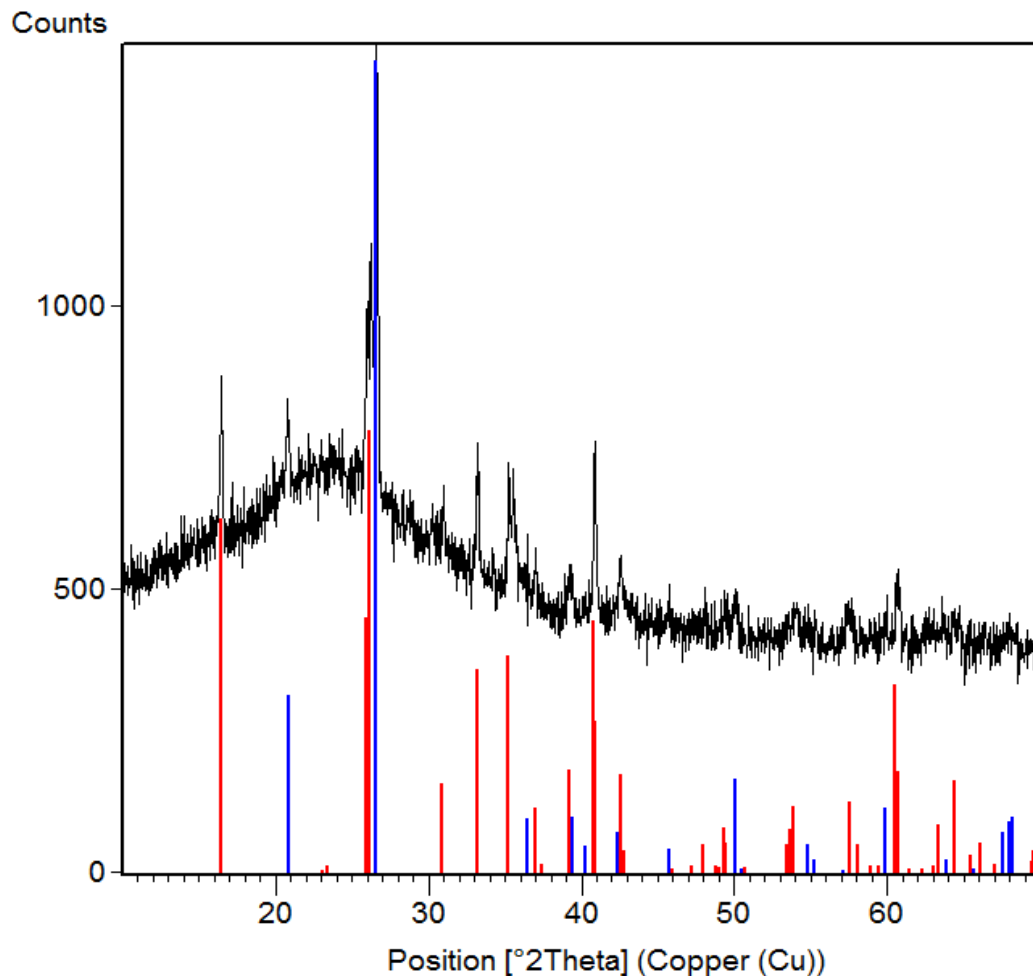


Рисунок 1.2. Рентгеновская дифрактограмма золы-уноса

1.9. Обзор литературных данных по плотности и поверхностных свойств бензола и касторового масла.

В работе авторов [54] дали подробный анализ опубликованных до 1975 г. по исследованию плотности и коэффициент поверхностного натяжения бензола. Во всех этих работах, за исключением [36, 123], применены современные методы.

Из предоставленной информации следует, что таблица 1.8 основана на результате обобщения, выполненного в работе [37], с учетом того, что погрешность табличных значений составляет не более 1% при температурах от 180К до 400К, не более 1,5% при температурах от 400К до 500К, и не более 2-3% при температурах выше 500К.

Таблица 1.9, в свою очередь, составлена на основе обобщения, выполненного в работе [120], с учетом результатов новых измерений при высоких давлениях и температурах, которые приведены в работах [41,47,54,123]. В данном случае указывается, что погрешность табличных значений при давлении равном 0,1 МПа составляет 2-3%, а при повышенных давлениях до 50 МПа этот погрешность доходит от 3% до 4%, при давлении больше 50 МПа погрешность составляет в пределах 4-5%.

При составлении табл. 1.8 и оценки погрешности Δ мы руководствовались процедурой обработки опытных данных, изложенной в 1-й части [120], при этом были использованы результаты измерений новых работ (см. табл. 1.6), за исключением [36,41,43,47,54,120].

При формировании обеих таблиц (1.8 и 1.9) и оценке погрешности Δ была использована процедура обработки опытных данных изложенная в 1-й части 120 с учетом результатов измерений из новых работ, за исключением [36,41,43,47,54,120].

Этот подход позволяет установить доверительные интервалы для табличных данных, что важно для правильного и точного использования этих данных в научных и инженерных расчетах.

В табл. 1.10 - 1.12 приведены результаты экспериментального определения плотности и коэффициент поверхностного натяжения жидкого и газообразного бензола.

Таблица 1.10. -Плотность (ρ , кг/м³) жидкого бензола в зависимости от температуры при атмосферном давлении

Т.К	273	283	293	303	313	323	333
ρ ,кг/м ³	900,1	889,5	879,0	868,5	857,6	846,6	835,5

Таблица 1.11. -Плотность (ρ , кг/м³) газообразного бензола в зависимости от температуры при атмосферном давлении

Т.К	300	350	400	500	600	700	800
ρ ,кг/м ³	3,04	2,69	2,37	1,91	1,60	1,34	1,18

Таблица 1.12. –Коэффициент поверхностного натяжения ($\sigma \cdot 10^{-3}$, Н/м) жидкого бензола в зависимости от температуры при атмосферном давлении

Т.К	283	293	303	313	323	333	343	353	363	373
$\sigma \cdot 10^{-3}$, Н/м	30,25	28,88	27,5	26,2	24,86	23,6	22,41	21,19	19,96	18,74

Заключение первой главы.

1. В первой главе диссертации представлена актуальность темы, научная новизна, личный вклад автора, апробация и практическая значимость работы, а также обзор литературных данных по свойствам исследуемых объектов, включая их компоненты, и методы получения бензола, касторового масла и наночастиц сажи, а также их свойства.

2. В диссертация подробно рассматривает свойства бензола и касторового масла, включая коэффициент поверхностного натяжения, плотность жидкого бензола и касторовое масла при различных температурах и давлениях, а также области и фазовые переходы. Эти аспекты являются важными для установления свойств и поведения исследуемых материалов и являются ключевыми для понимания их состава, структуры и потенциальных применений в различных областях науки и техники.

3. Используя метод элементного анализ (АЭСА) и рентгенофазного анализа выявлена основные компоненты сажи из бензина.

ГЛАВА 2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ, ПЛОТНОСТИ ДВУХ-, И ТРЕХКОМПОНЕНТНЫХ НАНОЖИДКОСТЕЙ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ПАРАМЕТРАХ СОСТОЯНИЯ

2.1. Экспериментальная установка для определения плотности жидкостей и растворов при атмосферном давлении

В настоящем времени существует большое количество различных уравнений состояния, связывающих плотность жидкости с давлением и температурой, предназначенных для использования в конкретной ситуации.

Существует множество уравнений состояния, связывающих плотность жидкости с давлением и температурой, используемых в различных ситуациях. Однако существующие теории не всегда способны обеспечить удовлетворительные результаты, поэтому экспериментальное исследование зависимости давления, плотности и температуры в жидкостях и растворах имеет важное значение. Уравнения состояния жидкостей и растворов применимы только в узком диапазоне жидкого состояния, и их практическое использование возможно лишь через определение значений нескольких коэффициентов в уравнении состояния. Экспериментальные измерения зависимости давления, плотности и температуры играют важную роль при определении тепловых свойств жидкостей и растворов, а также при проведении исследований калорийных свойств жидкостей. Детальное изучение зависимости P - ρ - T также играет большую роль при определении тепловых свойств жидкостей и растворов.

Наш подход к экспериментальному определению калорийных свойств жидкостей является разумным и обоснованным. Исследование зависимости давления, плотности и температуры (P - ρ - T) для определения калорийных свойств жидкостей действительно имеет большое значение, и использование графоаналитической обработки с применением соответствующих термодинамических уравнений позволяет получить желаемые значения калорийных свойств.

Применение высокоразвитой методики и адаптация ее к условиям, учитывающим особенности исследуемых веществ, также является логичным подходом. Это позволяет сохранить время и ресурсы, обходя необходимость в создании совершенно новых методов измерений, и вместо этого сфокусироваться на оптимизации и адаптации существующих методик.

Понимая важность экспериментальных измерений, мы выбрали метод гидростатического взвешивания, разработанный профессором И.Ф. Голубевым [29] и его учениками, для выполнения нашей работы. Этот метод обеспечивает высокую точность измерений при сохранении простоты эксперимента и позволяет изучать плотность в широком диапазоне параметров состояния, включая область жидкого и двухфазного состояний, а также вблизи нижнего предела.

При необходимости определить калорийные свойства жидкостей часто проводят экспериментальное исследование зависимости давления, плотности и температуры. Затем желаемые значения калорийных свойств определяют обычно с помощью графо-аналитической обработки данных, используя соответствующие термодинамические уравнения.

Предоставленное нами описание методики измерения плотности жидкостей является важным элементом нашего эксперимента. Использование кварцевого поплавка, плавающей камеры, жидкостного термостата и других устройств позволяет осуществлять измерения плотности с высокой точностью и контролем параметров.

На рисунке 2.1. представлена экспериментальная установка которые состоит из кварцевый поплавков (5) и аналитические весы (6) использовались для измерения плотности исследуемых объектов. Испытуемую жидкость заливают в поплавковую камеру (4), а кварцевый поплавков подвешивают на марганцевой проволоке (7). Плавающая камера размещена на жидкостном термостате (1) (рис. 2.1), снабженном мешалкой (2), предназначенной для смешивания теплоносителя (воды).

Уровень точности в установке температуры с погрешностью $\pm 0,02$ °С и использование ртутного термометра (9) с ценой деления $0,1$ °С обеспечивают надежные данные для определения плотности жидкости при различных температурах. Калибровка экспериментальной установки проводилась контрольными экспериментами со стандартными жидкостями – водой и толуолом.

Калибровка экспериментальной установки с использованием стандартных жидкостей, таких как вода и толуол, позволяет проанализировать точность и достоверность проводимых измерений, что является важным шагом для обеспечения корректности результатов эксперимента.

Нами была использована подходящейся формула для определения плотности исследуемых образцов [28-30]:

$$\rho = \frac{G_1 - (G_1 - G_2)}{V_{II} - V_H}, \text{ кг/м}^3 \quad (2.1)$$

где ρ — плотность исследуемых образцов при температуре испытания, кг/м³; G_1 — вес поплавка, подвешенный в воздухе; G_2 — масса поплавков в исследуемого вещества, V_{II} , V_H — взвешенные объемы кварцевой и марганцевой проволоки.

Контрольные измерения с использованием бензола и н-гексана для проверки правильности работы экспериментальной установки представляют собой важный шаг в обеспечении достоверности и точности полученных результатов. Согласование полученных результатов с данными из литературы с точностью $\pm 0,072\%$ является значительным подтверждением правильности работы экспериментальной установки [41, 47].

Использование информации, представленной в таблице П.2 для количественной оценки погрешности, позволяет учесть все факторы, влияющие на точность и достоверность проведенных измерений.

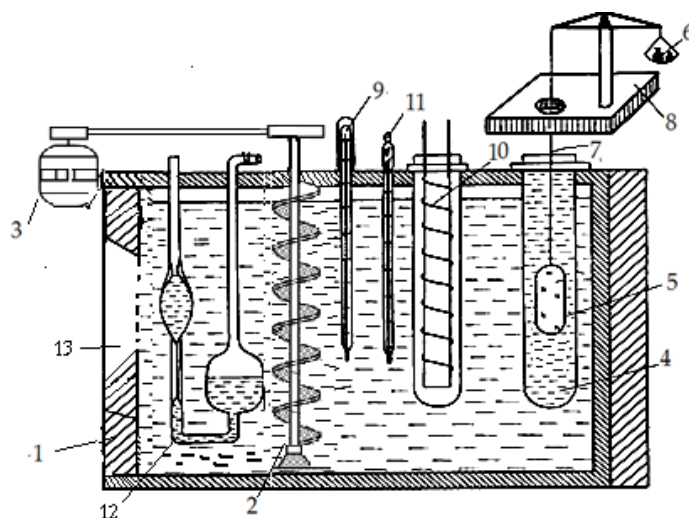


Рисунок 2.1. Схема установки для определения плотности растворов при атмосферном давлении; 1-термостат, 2- мешалка, 3- электродвигатель, 4- камера с исследуемым объектом, 5- кварцевый поплавок, 6- уравновешивающие разновесы, 7-манганиновая проволока, 8-аналитические весы, 9-ртутный термометр, 10-нагреватель, 11-контактный термометр,12- вискозиметр Освальда, 13- окошко.

2.2. Расчетное уравнение метода гидростатического взвешивания с учетом конструктивных особенностей

Уравнения для расчета метода гидростатического взвешивания основано на законе Архимеда. Мы знаем, что на тело, погруженное в жидкость или газ, действует восходящая сила тяги, пропорциональная весу вытесненной жидкости или газа [27-29].

Уравнение (2.2), описывающее уравновешивание силы тяжести и Архимедовой силы, представляет собой важную теоретическую базу для метода гидростатического взвешивания, основанного на законе Архимеда. Согласно этому уравнению, общая реакция подвески (P) равна силе тяжести объекта (mg) плюс дополнительной силе (ΔF), возникающей из-за действия магнитного поля на сердечник в магнитном поле катушки соленоида.

В подвешенном состоянии подвесной системы сила тяжести уравновешивается Архимедовой силой F или силой ΔF , действующей на сердечник в магнитном поле катушки соленоида [27]:

$$P = F + \Delta F \quad (2.2)$$

Применяя уравнение (2.2), можно получить уравнение (2.3), в котором обозначена общая масса объема жидкости (m) как сумма истинной массы (m) и дополнительной массы (Δm). Это уравнение позволяет учесть влияние магнитного поля на измерения массы объекта в жидкости и понять, как это влияет на результаты эксперимента [27].

$$mg = m^*g + \Delta mg$$

$$m = m^* + \Delta m \quad (2.3)$$

где m – масса подвесной системы, полотна и нити; $\Delta m = m_2 - m_1$, m_1 и m_2 – соответственно масса груза, уравновешивающего электромагнитные колеса без и с системой подвески; $M^* = (V_p + V_c + V_n) \cdot \rho$; ρ – плотность жидкости, сердечника и нити.

Используя уравнения (2.3) можно получить:

$$m^* = m - (m_2 - m_1)$$

$$\rho (V_{\Pi} + V_C + V_H) = m - (m_2 - m_1) \quad (2.4)$$

$$\rho = \frac{m - (m_2 - m_1)}{V_{\Pi} \Delta_1 \Delta_2 + V_C \Delta_3 \Delta_4 + V_H \Delta_5 \Delta_6} \quad (2.5)$$

Уравнение (2.5) в вашей работе было развернуто следующим образом, с учетом различных параметров:

$\Delta 1 = 1 + 3\alpha 1 \Delta T$, где $\alpha 1 = 0,43 \times 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$ - коэффициент линейного расширения кварца;

$\Delta 2 = 1 - \alpha 1 \Delta P$, где $\alpha 1 = 2,7 \times 10^{-6} \text{ 1/МПа}$ - коэффициент сжимаемости кварца;

$\Delta 3 = 1 + 3\alpha 2 \Delta T$, где $\alpha 2 = 12 \times 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$ - коэффициент термического линейного расширения железного сердечника;

$\Delta 4 = 1 - \alpha 2 \Delta P$, где $\alpha 2 = 0,59 \times 10^{-5} \text{ 1/МПа}$ - коэффициент всестороннего сжатия железного сердечника;

$\Delta 5 = 1 + 3\alpha 3 \Delta T$, где $\alpha 3 = 8,9 \times 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$ - коэффициент линейного расширения платиновой нити;

$\Delta_6 = 1 + \alpha_3 \Delta P$, где $\alpha_3 = 0,38 \times 10^{-5} \text{ 1/МПа}$ - коэффициент сжимаемости платиновой нити [43].

Эти параметры позволяют учесть влияние температурных и давлений на различные компоненты системы, такие как кварц, железный сердечник и платиновая нить. Такие уравнения играют важную роль в уточнении и корректировке результатов экспериментов, учитывая влияние физических свойств материалов на измеряемые величины.

Формула, которая учитывает движущую силу, действующую на груз в воздухе при взвешивании электромагнита с системой подвеса и без нее, выглядит следующим образом [27-29]:

$$\rho = \frac{m - (m_2 - m_1)(1 - \rho_B / \rho_r)}{V_{II} \Delta_1 \Delta_2 + V_C \Delta_3 \Delta_4 + V_H \Delta_5 \Delta_6}. \quad (2.6)$$

Это уравнение учитывает воздействие различных параметров на плотность насыщенной жидкости или пара с целью измерения выталкивающей силы, действующей на подвесную систему со стороны исследуемой среды, веса электромагнита с электричеством и без него. Также указывается, что вся подвесная система находится при одной и той же температуре.

Уверен, что остальные параметры, содержащиеся в формуле (2.6), будут определены в процессе калибровки эталонной жидкостью, чтобы обеспечить точность и надежность измерений.

2.3. Установка для исследования коэффициента поверхностного натяжения жидкостей и коллоидных растворов.

2.3.1. Описание установки

Для исследования поверхностного натяжения на основе метода отрыва капель (как показано на рисунке 2.2) включает в себя каплю, установленную на вертикальной доске, а также полотно в виде стеклянной трубки с узким нижним концом. Деления, отмеченные на трубке, используются для контроля количества жидкости, протекающей через трубку.

Этот метод позволяет проводить измерения силы поверхностного натяжения жидкости путем отрыва капель. При увеличении этого натяжения

капли начинают отрываться от трубки при заданном диаметре и высоте падения. По результатам исследования можно определить значение поверхностного натяжения жидкости.

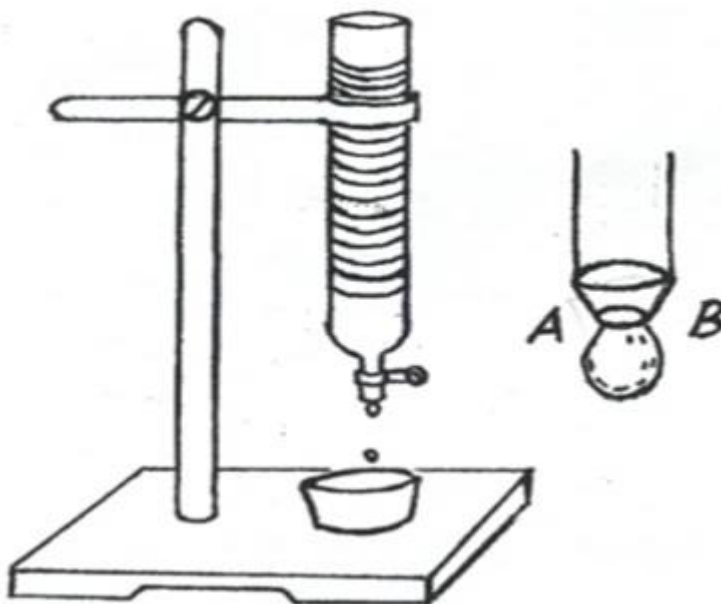


Рисунок 2.2- Общий вид прибора для измерения коэффициента поверхностного натяжение.

Открывают кран бюретки так, чтобы из бюретки медленно капали капли. Перед моментом отрыва капли сила тяжести её $P = m_{\text{кап}} g$ равна силе поверхностного натяжения F , граница свободной поверхности – окружность шейки капли (АВ на рис. 2б)

$$F = P$$

Следовательно, $F = m_{\text{кап}} g$; $l = \pi d_{\text{кан}}$; $\sigma = m_{\text{кап}} g / d$. Опыт показывает, что $d_{\text{кан}} = 2,11 d$; где d -диаметр канала узкого конца бюретки.

2.3.2. Порядок выполнения работы

1. После того, как капельница тщательно промывается, при помощи штатива ее устанавливают в вертикальном положении. Затем при закрытом положении крана, в нее наливают определенное количество дистиллированной воды.

2. Затем кран переводится в открытое положение и производится подсчет числа n_0 капель воды. Опыт проводится не менее трех раз, и затем определяется среднее значение n_0 по результатам этих замеров.

3. После в капельницу заливается тот же объем изучаемой жидкости и также производится подсчет количества капель n . Опыт проводится не менее трех раз, и также рассчитывается среднее значение n по результатам этих замеров.

4. С помощью формулы $\sigma = \sigma_0 \cdot \rho n_0 / \rho_0 \cdot n$ рассчитывается поверхностное натяжение изучаемой жидкости.

2.3.3. Вытекание жидкости из эллиптического отверстия.

Коэффициент поверхностного натяжения жидкости, находящейся в неподвижном состоянии и методы его измерения были рассмотрены выше. Однако практика показывает, что этот коэффициент измерить и в движущейся жидкости представляется возможным. Чтобы осмыслить и получить представления о процессе, рассмотрим задачу, решенную Релеем относительно колебаний сферической капли. Если выдавить каплю из пипетки, то считается, что она находится в равновесном состоянии и поэтому должна обладать сферической формой. Однако даже незначительные деформации способствуют ее пульсации за счет влияния сил поверхностного натяжения, вследствие чего капля периодически изменяет свою форму. Колебания эти могут быть достаточно длительными, если их затухание является малым. Частота, либо период этих колебаний зависит от величины и плотности жидкости, а также от радиуса капли.

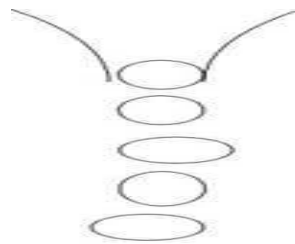


Рисунок 2.3- Общий вид капли жидкости при выходе из пипетки.

Пропустим жидкость через эллиптические отверстия. Форма струи под влиянием сил поверхностного натяжения будет изменяться и если посмотреть струю в сечении, можно увидеть, что эллипс поворачивается.

Расстояние между двух сечений в одной фазе с эллипсом, называемое

длиной волны, рассчитываем, как:

$$\lambda = T \cdot v, \quad (2.7)$$

где v – постоянная скорость вытекающей струи, T – период колебания струи.

Для поддержания постоянной скорости течения струи, применяют сосуд Мариотта, на дне которого сделано эллиптическое отверстие. Предложенное устройство является надежным, безотказным, позволяющим создавать постоянство скорости истечения жидкости.

Сравним вытекание двух жидкостей с отличными сходными условиями:

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{T_1 v}{T_2 v} = \frac{\frac{2\pi}{\omega_1}}{\frac{2\pi}{\omega_2}} = \frac{\omega_2}{\omega_1}. \quad (2.8)$$

Частоты подставим из задачи Релея

$$\omega = k \sqrt{\frac{\sigma}{\sigma^3}}. \quad (2.9)$$

Тогда: $\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{\omega_2}{\omega_1} = \sqrt{\frac{\sigma_2}{\sigma_1}}$ откуда находится σ неизвестной жидкости.

2.4. Расчет погрешности измерений коэффициент поверхностного натяжения и плотности растворов

Погрешности измерений является одним из важнейшим измерением для расчета таго или иной параметр и их характеристика. Погрешность могут быть связаны с техническими трудностями (несовершенством средств измерений, ограниченностью возможностей зрительного аппарата человека, с помощью которого во многих случаях регистрируются сигналы приборов и т. д.) и рядом сложных или невозможных факторов с течением времени. При измерении необходимо учитывать эти факты, изменение температуры воздуха, движение воздушных потоков вблизи счетчика, вибрация счетчика с лабораторными столами и т.п.

Погрешность – это разность между измеренным и истинным значениями, физической измеряемыми величины погрешностью.

Формула для расчёта среднего арифметического (выборочного среднего) результатов наблюдений, приведённая в работах [131-134], [12А, 14А] имеет вид и [49,51,53,76-78,124-126]:

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i, \quad (2.10)$$

где n – число наблюдений; y_i – результат i -го измерения.

Также, для определения абсолютных значений (S) и относительного ($S_{от}$) по стандартному отклонению выборки относительно результата наблюдений используются соответствующие формулы, которые, как я понимаю, необходимы для оценки погрешности и надёжности результатов экспериментов.

$$S = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}, \quad (2.11)$$

$$S_{i\bar{y}} = \frac{S}{\bar{y}} \cdot 100\%. \quad (2.12)$$

Для абсолютных и относительных расчетов используются формулы оценки значения стандартного отклонения результата серии наблюдений:

$$S_{\bar{y}} = \frac{S}{\sqrt{n}}, \quad (2.13)$$

$$S_{\bar{y}i} = \frac{y}{\bar{y}} \cdot 100\%. \quad (2.14)$$

Доверительные пределы случайной погрешности результата измерения который обозначается следующим образом $\Delta_{\bar{y}\varepsilon}$, рассчитываются по следующей формуле:

$$\Delta_{\bar{y}\varepsilon} = S_{\bar{y}} \cdot t_{n-1, 1-\frac{\varepsilon}{a}}, \quad (2.15)$$

где $\varepsilon = 1 - \lambda$;

λ – доверительная вероятность, равная 0,95 ..

Доверительный предел неисклнучительной систематической погрешности результата измерения определяется по следующей формуле:

$$\theta = K \sqrt{\sum_{j=1}^m \theta_j^2}, \quad (2.16)$$

где K – коэффициент, определяемый принятой доверительной вероятностью и при $\lambda = 0,95$ равный 1,1;

θ_j – граница j -ой соответствующей неисключительной систематической погрешности.

Доверительную границу погрешности результатов измерения определяем по формуле:

$$\Delta = t_{\Sigma} \cdot S_{\Sigma}. \quad (2.17)$$

Среднее квадратичное отклонение суммы неисключенных систематических и случайных погрешностей S_{Σ} вычисляется по формуле:

$$S_{\Sigma} = \sqrt{S_y^2 + S_v^2}, \quad (2.18)$$

где $S_v^2 = \frac{1}{3} \sum_{j=1}^m \theta_j^2$ – среднее квадратичное отклонение суммы не исключенных систематических погрешностей.

Коэффициент, зависящий от соотношения случайной и не исключенной погрешностей t_{Σ} вычисляется по формуле:

$$t_{\Sigma} = \frac{\theta + S_{\bar{y}} \cdot t_{\bar{x}}}{S_v + S_{\bar{y}}}, \quad (2.19)$$

где $t_{\bar{x}}$ – коэффициент Стьюдента, зависящий от выбранной доверительной вероятности α и числа наблюдений.

Доверительная граница погрешности результата косвенных измерений величины, являющейся функцией $y = F(y_1, y_2, \dots, y_n)$ при $\alpha = 0,95$ вычисляется по формуле:

$$\Delta y = \sqrt{\left(\frac{\partial F}{\partial y_1}\right)^2 (\Delta y_1)^2 + \left(\frac{\partial F}{\partial y_2}\right)^2 (\Delta y_2)^2 + \dots + \left(\frac{\partial F}{\partial y_n}\right)^2 (\Delta y_n)^2}, \quad (2.20)$$

где $\Delta y_1, \Delta y_2, \dots, \Delta y_n$ – доверительная граница погрешности результатов измерений величин y_1, y_2, \dots, y_n .

Расчет доверительной границы погрешности измерения в относительной форме производится по формуле:

$$\sigma = \frac{\Delta y}{\bar{y}} \cdot 100\% . \quad (2.21)$$

Согласно уравнению (2.21) с учетом (2.15-2.20), например, доверительная граница погрешности результатов измерений теплопроводности по методу монотонного разогрева определяется из соотношения.

С помощью уравнений (2.21) и с учетом соотношений (2.15)-(2.20) вычислена доверительная граница погрешности измерений в относительной форме, при $\alpha = 0,95$.

Да, методические ошибки могут возникать из-за различных причин, таких как неадекватность используемого метода измерения, неполнота теории физического явления, к которому относится измеряемая величина, а также неточности в используемых формулах расчета.

Приведенный вами пример взвешивания тела на аналитических весах демонстрирует, как различные внешние воздействия, такие как силы плавучести окружающего воздуха, могут привести к методическим ошибкам. Не учитывая эти воздействия, мы можем получить неточные результаты измерения.

Для уменьшения вероятности методических ошибок важно проводить тщательную предварительную оценку всех влияющих факторов, выбирать подходящий метод измерения, а также использовать адекватные формулы и теоретические модели. Также необходимо учитывать и оценивать возможные систематические и случайные ошибки.

Методические ошибки можно уменьшить, изменяя и совершенствуя метод измерения, внося уточнения или дополнения в формулу расчета. Инструментальные (или инструментальные) погрешности возникают в результате плохой конструкции и неточностей изготовления средств измерений. Например, порядок движения секундомера может измениться из-за резкого

изменения температуры, центр циферблата секундомера может не совпадать с осью вращения стрелки и т. д.

Снижение приборных погрешностей достигается за счет использования более точных (но и более дорогих) приборов. Инструментальные ошибки не могут быть полностью исключены. Для расчета методической погрешности экспериментальных измерений температуры использовалась методика, предложенная в [51,126], а также учитывалась инструментальная погрешность измерений ЭДС. Термопара с потенциометром.

2.4.1. Определение погрешности измерения плотности

Для определения погрешности измерения плотности, методы расчета погрешности экспериментальных данных, представленные в работах [51,126], необходимо применить в соответствии с указаниями этих источников. Обычно погрешность измерения плотности может рассчитываться на основе погрешностей самого измерения и погрешностей используемого оборудования.

Общепринятые методы расчета погрешности измерения плотности могут включать в себя анализ систематических и случайных ошибок, а также учет неопределенностей в измерительной аппаратуре и методике измерений.

$$\begin{aligned} \Delta\rho = & \sqrt{\left(\frac{\partial\rho}{\partial\Delta_4}\right)^2 (\Delta\Delta_4)^2 + \left(\frac{\partial\rho}{\partial\Delta_5}\right)^2 (\Delta\Delta_5)^2 + \left(\frac{\partial\rho}{\partial\Delta_6}\right)^2 (\Delta\Delta_6)^2 + \left(\frac{\partial\rho}{\partial V_H}\right)^2 (\Delta V_H)^2 +} \\ & + \left(\frac{\partial\rho}{\partial m_1}\right)^2 (\Delta m_1)^2 + \left(\frac{\partial\rho}{\partial m_2}\right)^2 (\Delta m_2)^2 + \left(\frac{\partial\rho}{\partial V_{II}}\right)^2 (\Delta V_{II})^2 + \left(\frac{\partial\rho}{\partial\Delta_1}\right)^2 (\Delta\Delta_1)^2 + \left(\frac{\partial\rho}{\partial\Delta_2}\right)^2 (\Delta\Delta_2)^2 + \\ & + \left(\frac{\partial\rho}{\partial V_C}\right)^2 (\Delta V_C)^2 + \left(\frac{\partial\rho}{\partial\Delta_3}\right)^2 (\Delta\Delta_3)^2 + \left(\frac{\partial\rho}{\partial\Delta T}\right)^2 (\Delta T)^2 + \left(\frac{\partial\rho}{\partial\Delta P}\right)^2 (\Delta P)^2 \end{aligned} \quad (2.22)$$

где

$$\frac{\partial\rho}{\partial\Delta_4} = -\frac{(m - m_2 + m_1)V_C\Delta_3}{(V_{II}\Delta_1\Delta_2 + V_C\Delta_3\Delta_4 + V_H\Delta_5\Delta_6)}$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial \Delta_5} = -\frac{(m - m_2 - m_1)V_H \Delta_6}{(V_{II} \Delta_1 \Delta_2 + V_C \Delta_3 \Delta_4 + V_H \Delta_5 \Delta_6)^2}$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial \Delta_6} = -\frac{(m - m_2 + m_1)V_H \Delta_5}{(V_{II} \Delta_1 \Delta_2 + V_C \Delta_3 \Delta_4 + V_H \Delta_5 \Delta_6)^2}$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial V_H} = -\frac{(m - m_2 + m_1)\Delta_5 \Delta_6}{(V_{II} \Delta_1 \Delta_2 + V_C \Delta_3 \Delta_4 + V_H \Delta_5 \Delta_6)^2}$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial m_1} = \frac{1}{V_{II} \Delta_1 \Delta_2 + V_C \Delta_3 \Delta_4 + V_H \Delta_5 \Delta_6}$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial m_2} = \frac{1}{V_{II} \Delta_1 \Delta_2 + V_C \Delta_3 \Delta_4 + V_H \Delta_5 \Delta_6}$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial V_{II}} = -\frac{(m - m_2 + m_1)\Delta_1 \Delta_2}{(V_{II} \Delta_1 \Delta_2 + V_C \Delta_3 \Delta_4 + V_H \Delta_5 \Delta_6)^2}$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial \Delta_1} = -\frac{(m - m_2 + m_1)\Delta_2 V_{II}}{(V_{II} \Delta_1 \Delta_2 + V_C \Delta_3 \Delta_4 + V_H \Delta_5 \Delta_6)^2}$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial \Delta_2} = -\frac{(m - m_2 + m_1)\Delta_1 V_{II}}{(V_{II} \Delta_1 \Delta_2 + V_C \Delta_3 \Delta_4 + V_H \Delta_5 \Delta_6)^2}$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial V_C} = -\frac{(m - m_2 + m_1)\Delta_3 \Delta_4}{(V_{II} \Delta_1 \Delta_2 + V_C \Delta_3 \Delta_4 + V_H \Delta_5 \Delta_6)^2}$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial \Delta_3} = -\frac{(m - m_2 + m_1)V_C \Delta_4}{(V_{II} \Delta_1 \Delta_2 + V_C \Delta_3 \Delta_4 + V_H \Delta_5 \Delta_6)^2}$$

С помощью уравнения (2.22) с учетом соотношений (2.15-2.21) вычислена доверительная граница погрешности измеряемой плотности в относительной форме при $\alpha = 0,95$. Необходимая информация для количественной оценки погрешности содержится в таблице П.1.

Расчеты показали, что доверительная граница погрешности измерений плотности в относительной форме при $\alpha = 0,95$ составляет 0,03%, методическая погрешность 0,01%, инструментальная погрешность 0,06%, общая относительная погрешность измерений составляет 0,1%.

Подробный расчет отдельной погрешности плотности исследуемых объектов приведен в приложении П.1.

Расчеты показали, что доверительная степень погрешности измерения гидростатического взвешивания в относительной форме при 0,95 составляет 0,05 %, методическая погрешность - 0,05%, инструментальная погрешность - 0,02%. Суммарная относительная погрешность измерения составляет 0,1%.

Как стала известна при расчеты, что доверительная степень погрешности измерения гидростатического взвешивания в относительной форме при уровне доверия 0,95 составляет 0,05%. Также указано, что методическая погрешность равна 0,05%, а инструментальная погрешность - 0,02%. Суммарная относительная погрешность измерения составляет 0,1%.

Эти данные позволяют нам оценить значимость различных источников погрешности при измерении. Инструментальная погрешность является достаточно невелика и вносит вклад в итоговую погрешность на уровне 0,02%, в то время как методическая погрешность и доверительная степень погрешности приводят к большему вкладу в общую погрешность измерения, составляя 0,05% и 0,05% соответственно.

Учитывая эти значения, важно продолжать работу над минимизацией методической погрешности и увеличением точности измерений, особенно если величина суммарной относительной погрешности измерения, равная 0,1%, является недопустимо большой для конкретных требований вашего исследования или практических применений данных измерений.

Заключение по второму главе.

В данной главе приставлена экспериментальной аппаратуры для измерения плотности и коэффициента поверхностного натяжения жидкостей при различных температурах и давлениях, а также расчет погрешностей в экспериментальных данных.

1. Выбор методов измерения, таких как гидростатическое взвешивание и метод пьезометра постоянного объема, для исследования данных теплофизических свойств является значительным шагом в обосновании нашего подхода к исследованию. Такие методы позволяют проводить измерения с высо-

кой точностью и учитывать различные влияющие факторы, такие как температура и давление.

2. Расчет погрешностей в экспериментальных данных - важный шаг для обеспечения точности и достоверности результатов исследования. Учет всех видов погрешностей, включая инструментальные, систематические и случайные, демонстрирует нашу глубокую методологическую осведомленность и стремление к комплексному анализу результатов.

3. Рассчитана погрешность измерения коэффициента поверхностного натяжения исследуемых растворов. Кроме того, при расчете плотностных и тепловых погрешностей учитывались все погрешности, то есть инструментальные, систематические и случайные, и систематические.

ГЛАВА 3. КОЭФФИЦИЕНТ ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ, ПЛОТНОСТИ ДВУХ, И ТРЕХКОМПОНЕНТНЫХ СИСТЕМЫ БЕНЗОЛА С ВНЕДРЕННОЙ САЖИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ И ДАВЛЕНИЯ

В этой главе мы будем рассматривать термодинамические и поверхностные свойства исследованных растворов, результаты экспериментального исследования плотности и коэффициента поверхностного натяжения бензольной системы с ее добавкой на нанопорошка ($n = 0-0,5\%$ дым диаметром 1-10 нм) в диапазоне температуры от 293К до 473К и давления в интервале от 0,101МПа до 9,81МПа. [2-А,4-А,6-А,8-А,10-А,12-А,14-А,16-А,20-А,22-А,24-А,26-А,28 -А].

3.1. Плотность двухкомпонентных и трехкомпонентных системы бензола в зависимости от температуры концентрации сажи при атмосферном давлении.

3.1.1. Плотность двухкомпонентных растворов системы касторовое масло + бензола в зависимости от концентрации второго компонента при нормальном состоянии

Экспериментальное определение плотности исследуемых коллоидных жидкостей бензольной системы, растворенных в нанометровых фракциях в диапазоне от 1 до 10 нм, представляет значительное значение для понимания их физических свойств в различных условиях температуры (в диапазоне температур от 293К до 473К) и атмосферном давлении (0,101МПа). Плотность коллоидных растворов использован, а при высоких давлениях использована уравнение типа Тейта. [4-А, 6-А, 8-А, 10-А, 12-А, 16-А, 17-А, 18-А, 20-А, 22-А, 24-А, 28-А], [2-А, 3-А, 25-А].

Значения плотностей исследованных двухкомпонентных растворов жидкой бензольной системы в чистом виде и с различным количеством добавленных нанометрических частиц, приведенные в таблице 3.1 и на рисунках 3.1-3.3, демонстрируют результаты расчетов и экспериментов, соответствующие с

точностью до 0,13%. Это важное подтверждение того, что проведенные исследования имеют высокую достоверность и могут быть использованы в дальнейших научных и практических работах.

Таблица 3.1. - Плотность (ρ , кг/м³) двухкомпонентных системы (касторовое масло + бензол) в зависимости от концентрации бензола (в трех измерениях)

n, %	100 кас.масло	12,5	25	37,5	50	62,5	75	87,5	100 бензол
	Первое измерения								
ρ , кг/м ³	972,4	964,4	949,6	938	928	914	905,2	893,6	885,6
	Второе измерения								
ρ , кг/м ³	972,4	961,6	954,4	942,4	932,6	921,8	914	903,4	885,6
	Третье измерения								
ρ , кг/м ³	972,4	952	943,6	933,4	925,8	916,2	909,4	896,4	885,6

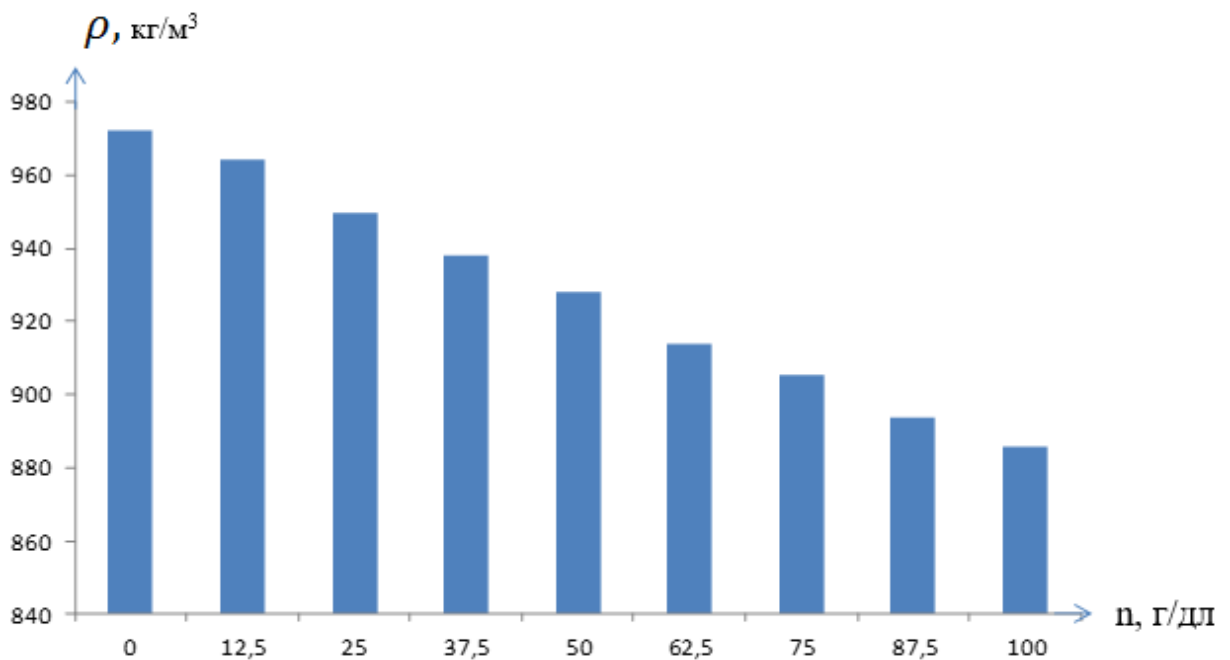


Рисунок 3.1. Зависимость плотности двухкомпонентных системы (касторовое масло + бензол) при атмосферном давлении ($P=0,101$ Мпа) и комнатной температуре ($T=293$ К)

Как видно из рисунка 3.1. и таблица 3.1. плотность двухкомпонентных системы (касторовое масло+бензол) трех измерения при атмосферном давлении ($P=0,101$ МПа) и комнатной температуре ($T=293$ К) уменьшается по экспоненциальному закону. По результатам данные по плотности растворов за-

зависит от концентрации второго компонента, т.е. зависит от плотности бензола. Плотность касторовое масло больше чем плотности бензола. Такое закономерности наблюдается при различных параметров состояния в частности при атмосферном давлении и концентрации бензола [2-А, 3-А, 8-А, 17-А, 18-А, 24-А, 25-А].

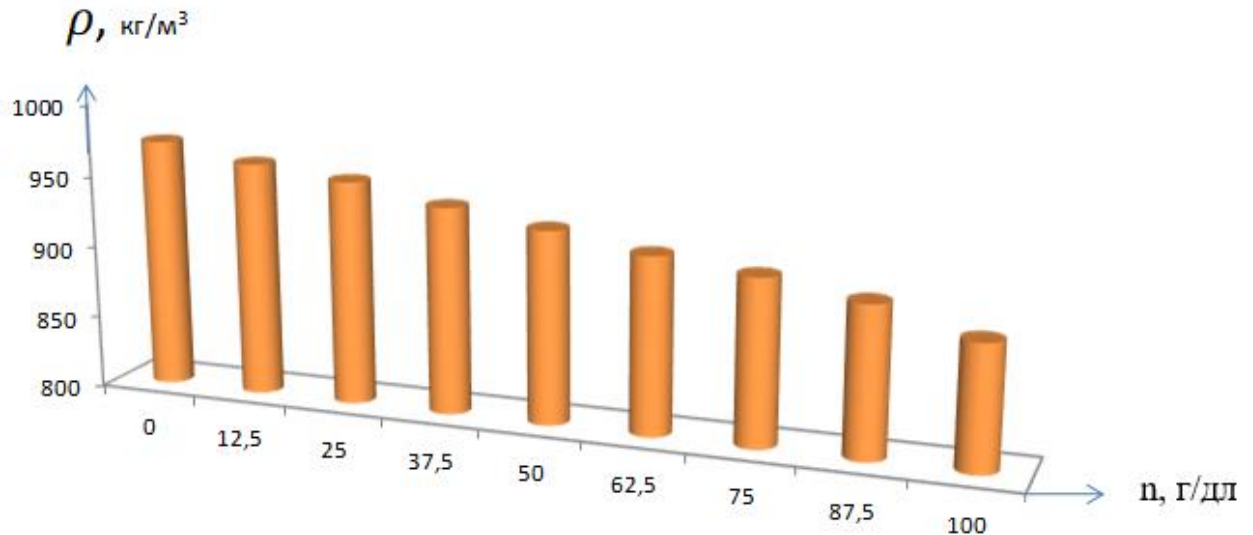


Рисунок 3.2. Зависимость плотность двухкомпонентных системы (касторовое масло + бензол) после $t=110,5$ суток перемешивания при атмосферном давлении ($P=0,101$ МПа) и комнатной температуре ($T=293$ К)

На рисунке 3.2 показана результаты экспериментального измерения плотности двухкомпонентных растворов системы (касторовое масло + бензол) после $t=110,5$ суток перемешивания при атмосферном давлении ($P=0,101$ М Па) и комнатной температуре ($T=293$ К).

Как видно из рисунок 3.2 и 3.3. плотность двухкомпонентных системы (касторовое масло + бензол) трех измерения при атмосферном давлении ($P=0,101$ МПа) и комнатной температуре ($T=293$ К) при различных перемещений уменьшается по экспоненциальному закону. По результатам данные по плотности растворов зависит от концентрации второго компонента, т.е. зависит от плотности бензола. Плотность касторовые масло больше чем плотности бензола. Такое закономерности наблюдается при различных параметров состояния в частности при атмосферном давлении и концентрации бензола.

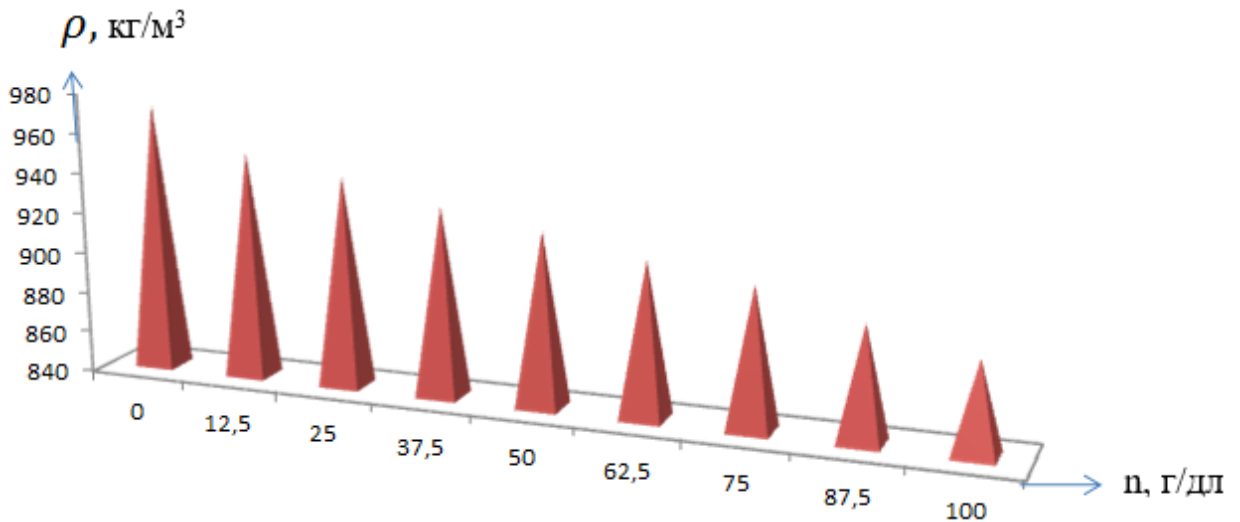


Рисунок 3.3. Плотность двухкомпонентных системы (касторовое масло + бензол) после $t=21,5$ суток перемешивания при атмосферном давлении ($P=0,101$ МПа) и комнатной температуре ($T=293$ К).

В основном, при атмосферном давлении и комнатной температуры плотность касторовое масло, больше чем плотность бензола на 9,8%. Плотность двухкомпонентных системы также зависит от времени перемещения растворов. При получении растворов степень растворимости исследуемых растворов зависит от времени смешивания. Т.е. при растворимости объектов нами наблюдалось в течение 21,5 суток и также при 110,5 суток 1.09%. После смешения системы растворов в течение 110,5 суток плотность уменьшается сторону уменьшение плотности для раствора системы (50% массового концентрация касторовое масло + 50% бензола).

Такое тенденции изменение плотности двухкомпонентных растворов наблюдается во всем концентрации основного растворенного вещества.

3.2. Коэффициент поверхностного натяжения двухкомпонентных растворов системы касторовое масло + бензола в зависимости от концентрации второго компонента при нормальном состоянии

В данном подразделе рассматриваются результаты экспериментального исследования трех измерения плотности наножидкостей (таблицы 3.2 и 3.3, на рисунки 3.4-3.7, и диаграммах). Характер изменение плотности исследуемых коллоидных растворов системы (касторовое масло + бензола) при раз-

личных концентрациях бензола и нормальных условиях и время перемешивания [4-А, 7-А, 12-А, 13-А, 15-А, 18-А, 19-А, 20-А, 21-А, 22-А, 25-А, 26-А, 27-А, 28-А].

Таблица 3.2. - Коэффициент поверхностного натяжения ($\sigma \cdot 10^{-3}$, Н/м) двухкомпонентных системы (касторовое масло + бензол) при атмосферном давлении ($P=0,101$ МПа) и комнатной температуре ($T=293$ К) (в трех измерениях)

п, %	100 кас.масло	12,5	25	37,5	50	62,5	75	87,5	100 бензол
	Первое измерения								
$\sigma \cdot 10^{-3}$, Н/м	35,5	33,7	32,9	32,5	27,7	27	25,9	25,1	24
	Второе измерения								
$\sigma \cdot 10^{-3}$, Н/м	35,5	35,5	32,5	31,8	31	29,6	28,1	27,4	24
	Третье измерения после $t=110,5$ суток								
$\sigma \cdot 10^{-3}$, Н/м	35,5	34,8	33,3	31	29,58	28,11	26,63	24,4	24

На рисунках 3.2-3.6. показано коэффициент поверхностного натяжения двухкомпонентной системы, касторовое масло + бензол уменьшается в трех измерениях с различными процессами по экспоненциальному закону при атмосферном давлении ($p = 0,101$ МПа) и комнатной температуре ($t = 293$ К). Согласно результатам, информация о коэффициенте поверхностного натяжения раствора зависит от концентрации второго компонента, то есть коэффициента поверхностного натяжения бензола.

Бензол имеет меньший коэффициент поверхностного натяжения, чем касторовое масло. Это наблюдается при различных параметрах, таких как атмосферное давление и концентрация бензола. Кроме того, коэффициент поверхностного натяжения двухкомпонентных растворов зависит от концентрации второго компонента, то есть от концентрации бензола. Этот факт подтверждается данными, представленными в таблице 3.2.

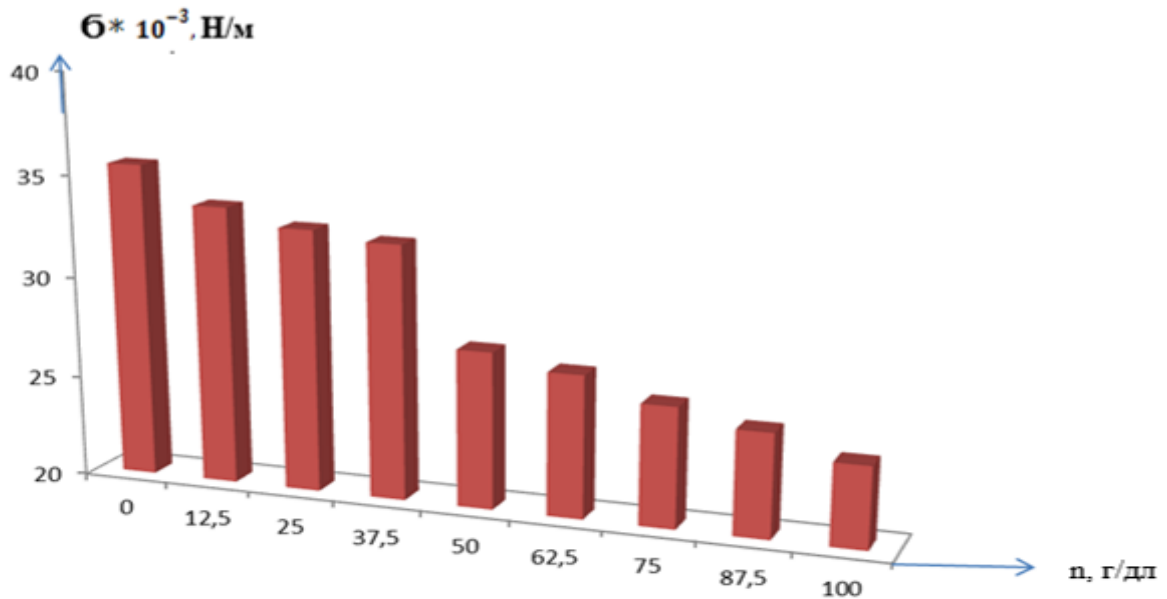


Рисунок 3.4. Зависимость коэффициента поверхностного натяжения двухкомпонентных системы (касторовое масло + бензол) от концентрации второго компонента при атмосферном давлении ($P=0,101\text{МПа}$) и комнатной температуре ($T=293\text{К}$)

Как видно, из результаты экспериментального исследования коэффициент поверхностного натяжения двухкомпонентных растворов системы касторовое масло и бензола (50% массового концентрация касторовое масло + 50% бензола) для всех коллоидных растворов зависит от времени смешения, температуры и внешней давления. Результаты исследование коэффициент поверхностного натяжения чистых касторовое масло и бензола в предел погрешности опыта (метод капля и метод пьезометра) согласуются с экспериментальными данными, т.е. при доверительной вероятности 95%, разница между опытными данными и расчета совпадают между собой [7-А, 12-А, 16-А, 19-А, 21-А, 23-А, 26-А, 27-А].

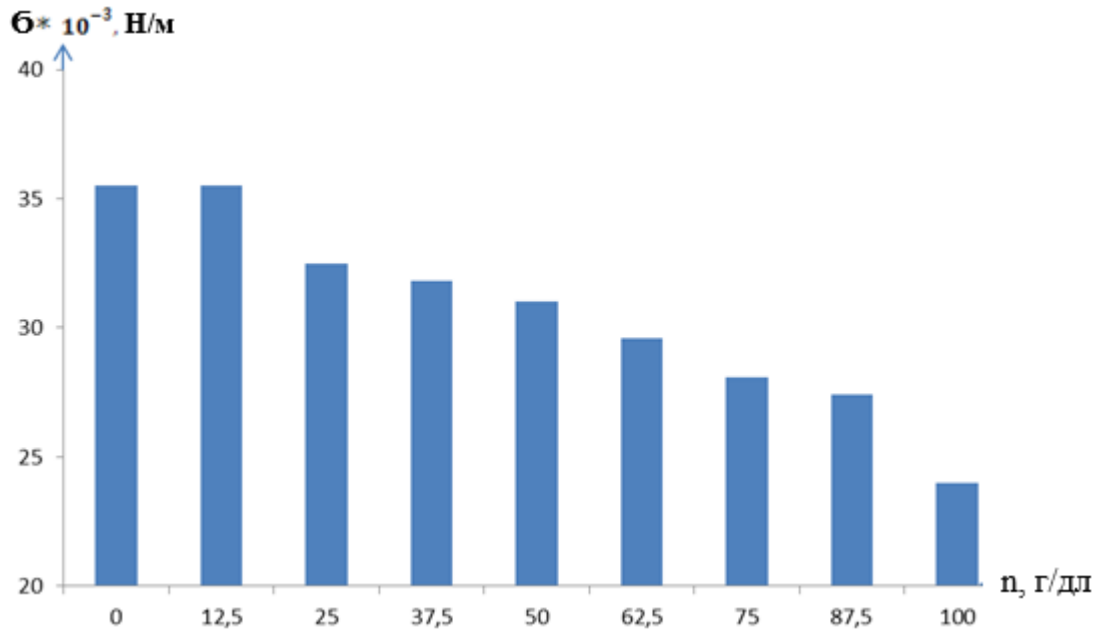


Рисунок 3.5. Коэффициент поверхностного натяжения ($\sigma \cdot 10^{-3}$, Н/м) двухкомпонентных системы (касторовое масло + бензол) после $t=110,5$ суток перемешивания, при атмосферном давлении ($P=0,101$ МПа) и комнатной температуре ($T=293$ К).

На рисунках 3.5-3.6, и диаграммах показана результаты экспериментального исследования трех измерения коэффициент поверхностного натяжения коллоидных наножидкостей. Характер изменение коэффициент поверхностного натяжения исследуемых коллоидных растворов системы (касторовое масло + бензола) при различных концентрациях бензола и нормальных условиях и время перемешивания [15-А,18-А,20-А,22-А,25-А,26-А,27-А,28-А].

Как видно из диаграммы приведенных на рисунках 3.5-3.7, коэффициент поверхностного натяжения двухкомпонентных растворов системы касторовое масло и бензола уменьшается по экспоненциальному закону.

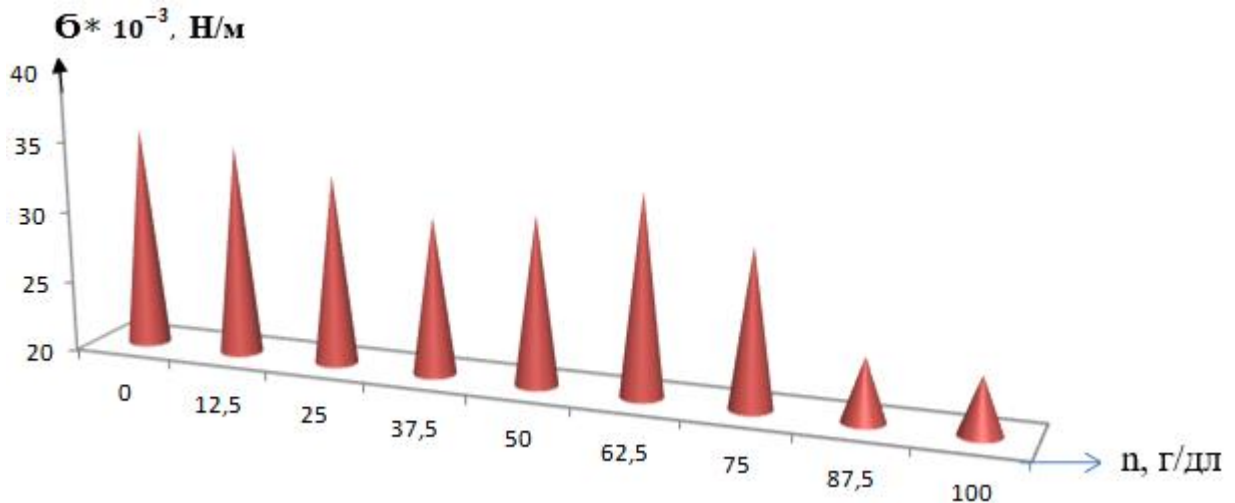


Рисунок 3.6. Зависимость коэффициент поверхностного натяжение ($\sigma \cdot 10^{-3}$, Н/м) двухкомпонентных системы (касторовое масло + бензол) после перемешивания $t=21,5$ суток при атмосферном давлении ($P = 0,101$ МПа) и комнатной температуре ($T=293$ К)

На рисунке 3.7 представлены результаты экспериментального исследования трех измерений плотности коллоидных наножидкостей. Диаграммы показывают, как меняется коэффициент поверхностного натяжения исследуемых коллоидных растворов системы (касторовое масло и бензол) при различных концентрациях бензола, нормальных условиях и времени перемешивания [13-А, 15-А, 18-А, 19-А, 20-А, 21-А, 22-А, 25-А, 26-А, 27-А, 28-А].

Как видно из этих диаграммы коэффициент поверхностного натяжения двухкомпонентных растворов системы касторовое масло и бензола уменьшается по закону гармоника. Т.е. коэффициент поверхностного натяжение ($\sigma \cdot 10^{-3}$, Н/м) двухкомпонентных системы (касторовое масло + бензол) после перемешивания $t=21,5$ суток при атмосферном давлении ($P=0,101$ МПа) и комнатной температуре ($T=293$ К) приводит к падение их значения.

На рисунках 3.8 - 3.10 и таблица 3.3. плотность двухкомпонентных растворов (касторовое масло + бензол) при различных концентрациях бензола и время смешения, температуры и атмосферного давления разность плотности исследуемых растворов при четырех измерения спад плотности исследуемых растворов.

Таблица 3.3. - Зависимость изменение плотности $\Delta\rho=|\rho_2-\rho_1|$ после смешение двухкомпонентных системы (касторовое масло + бензол) $t=21,5$ суток при атмосферном давлении ($P = 0,101$ МПа) и комнатной температуре ($T=293$ К)

п, %	12,5	25	37,5	50	62,5	75	87,5
	Первое измерения						
$\Delta\rho$, кг/м ³	9,8	9	7,8	4,6	4,4	4,8	2,8
	Второе измерения						
$\Delta\rho$, кг/м ³	7	4,8	5,6	6,8	9	10,8	9,6
	Третье измерения						
$\Delta\rho$, кг/м ³ в % соотношения	1,09	0,99	0,85	0,49	0,47	0,5	0,29
	Четвертое измерения						
$\Delta\rho$, кг/м ³ в % соотношения	0,775	0,525	0,61	0,73	0,96	1,13	1,0

Согласно, данным по плотности исследуемых растворов с повышением плотности второго компонента плотность растворов уменьшается по гармоническому закону. Чем больше количество измерения плотности, тем меньше разность плотности растворов. Согласно, экспериментальных данных установлено, что при смешении растворов в течение $t=21,5$ суток плотность уменьшается по гармоникам закону.

Экспериментально доказано, что модуль плотности растворов с времени смешение выполняется по гармоническому, экспоненциальному и прямому закону. Такое закономерность наблюдается в зависимости время выдержки или время смешения (рис.3.8-3.14). Разность плотности между измерениями существенно зависит от времени растворимости второго компонента, т.е. бензола (рис.3.8). Чем большое время перемешанные двухкомпонентных растворов системы (касторовые масло + бензол).

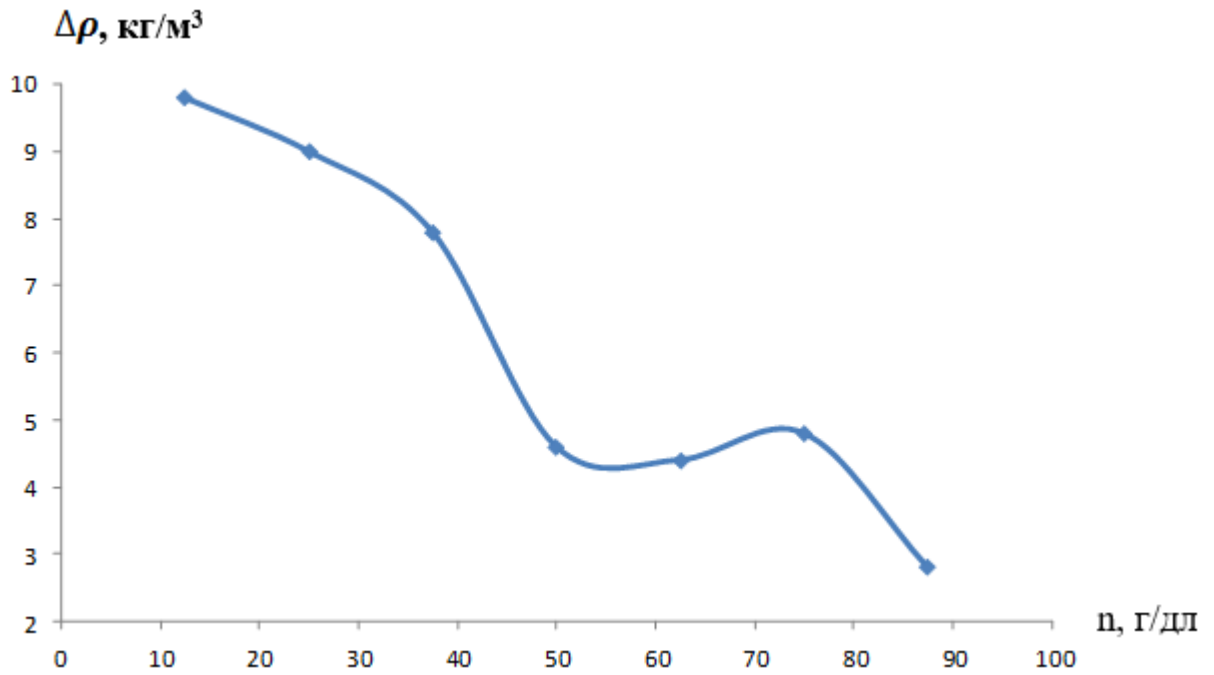


Рисунок 3.7. Зависимость изменение плотности ($\Delta\rho$, кг/м³) двухкомпонентных системы (касторовое масло + бензол) от концентрации второго компонента при атмосферном давлении ($P=0,101$ МПа) и комнатной температуре ($T= 293$ К).

На рисунке 3.9. приводятся результаты экспериментальной разности плотности двухкомпонентных растворов системы (касторовое масло + бензол) от концентрации второго компонента.

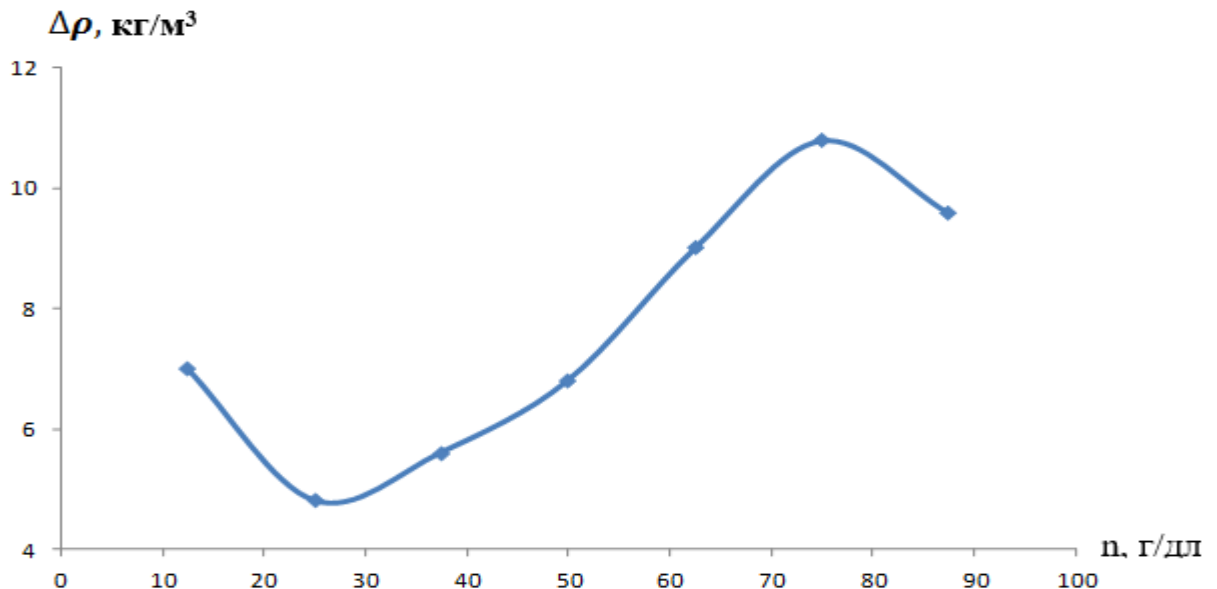


Рисунок 3.8. Зависимость изменение плотности ($\Delta\rho$, кг/м³) двухкомпонентных системы (касторовое масло + бензол) от концентрации второго компонента при атмосферном давлении ($P=0,101$ МПа) и комнатной температуре ($T= 293$ К).

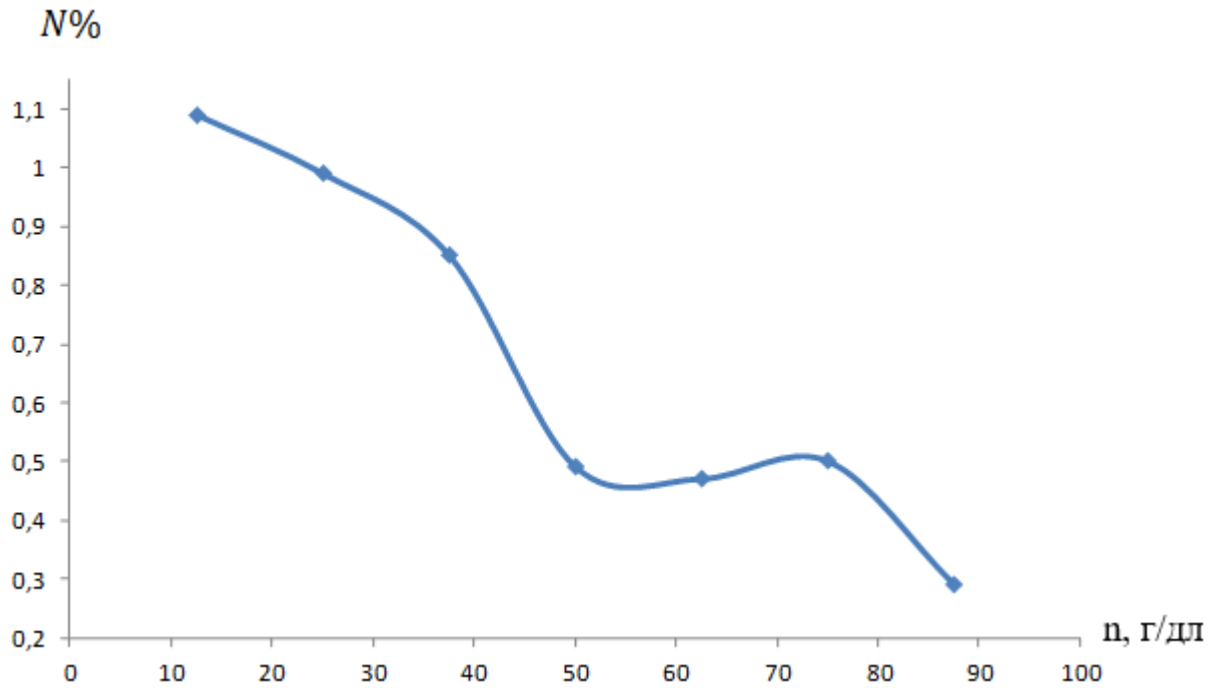


Рисунок 3.9. Зависимость изменение плотности ($\Delta\rho$, кг/м^3) двухкомпонентных системы (касторовое масло + бензол) от концентрации второго компонента при атмосферном давлении ($P=0,101\text{МПа}$) и комнатной температуре ($T=293\text{К}$).

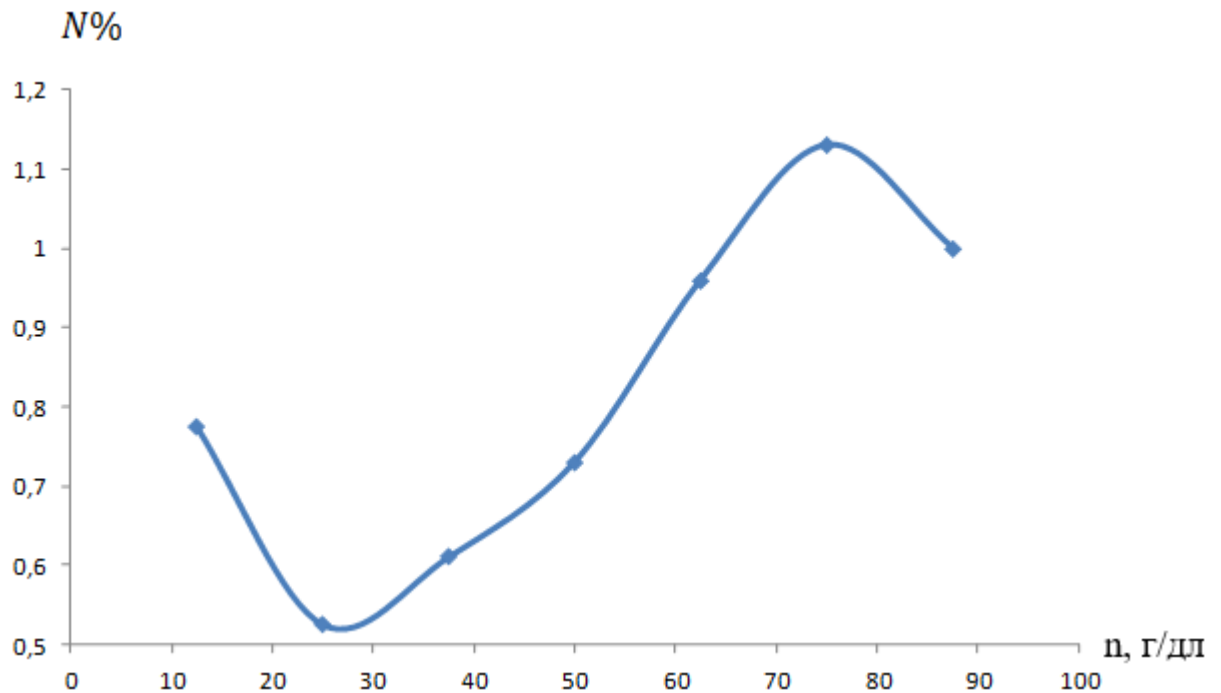


Рисунок 3.10. Зависимость изменение плотности ($\Delta\rho$, кг/м^3) двухкомпонентных системы (касторовое масло+бензол) от концентрации второго компонента при атмосферном давлении ($P=0,101\text{МПа}$) и комнатной температуре ($T=293\text{К}$).

Как видно из графиков, приведенных на рисунках 3.9 - 3.11 по мере увеличения концентрации бензола разность плотности изменяется по синусоидальному закону. Сравнивая графики, приведенные на этих рисунках можно заключить следующий. Минимум и максимум изменение плотности двухкомпонентных изучаемых растворов зависит от времени перемешивания или время растворимости компонентов входящий в составе растворов.

Установлено, что приблизительно при концентрации (25% мас. конц. касторового масла и 75% бензола) наблюдается точки минимум изменение плотности исследуемых двухкомпонентных растворов (рисунки 3.9 и 3.11). Опытным путем доказана, что пик изменение плотности растворов двухкомпонентных систем наблюдается при растворе (75% масового концентрации касторового масла и 25% бензола). Конечно, полученные данные по изменение плотности растворов, также зависит от температуры опыта и внешней давления. Так как опыты проводились при постоянных этих параметров, поэтому на счет изменение внешних параметров, пока мы не можем судить причину изменение плотности при различных условиях проведение опыта. Конечно в будущем можно доказать причину изменение плотности растворов при изменении внешних факторов.

3.3. Коэффициент поверхностного натяжения двухкомпонентных растворов системы касторовое масло + бензола в зависимости от концентрации бензола при нормальном состоянии, время перемешивания

На рисунке 3.12- 3.15, и таблицах 3.4 и 3.5 показана результаты экспериментального исследования трех измерения коэффициент поверхностного натяжения коллоидных наножидкостей от времени перемешивания. Характер изменение коэффициент поверхностного натяжения исследуемых двухкомпонентных коллоидных растворов системы (касторовое масло + бензола) при различных концентрациях бензола при нормальных условиях и время перемешивания [15-А,18-А,19-А,20-А,21-А,22-А,25-А, 26-А,27-А,28-А].

Как видно из этих диаграммы и таблицы коэффициент поверхностного

натяжения двухкомпонентных растворов системы касторовое масло и бензола уменьшается по закону синусоиды. Т.е. коэффициент поверхностного натяжения ($\sigma \cdot 10^{-3}$, Н/м) двухкомпонентных системы (касторовое масло+ бензол) после перемешивания $t=21,5$ суток при атмосферном давлении ($P=0,101$ МПа) и комнатной температуре ($T=293$ К) приводит к спаду их значения.

В таблицах 3.4 и 3.5. изменение коэффициент поверхностного натяжения двухкомпонентных растворов (касторовое масло + бензол) без добавки сажи при различных концентрациях бензола и время смешения, температуры и атмосферного давления в течение $t=110,5$ суток и $t=21,5$ суток.

Как видно из опытных данных разность коэффициент поверхностного натяжения исследуемых двухкомпонентных растворов системы (касторовое масло + бензол) без внедренных сажи (таблиц 3.4 и 3.5) от времени перемешанные или время растворимости компонентов и условиях проведения опытов.

Таблица 3.4. - Разность коэффициент поверхностного натяжения $\Delta\sigma = |\sigma_2 - \sigma_1|$ после перемешивания в течение $t=110,5$ суток двухкомпонентных системы (касторовое масло+ бензол) концентрации второго компонента при атмосферном давлении ($P = 0,101$ МПа) и комнатной температуре ($T=293$ К)

n, %	12,5	25	37,5	50	62,5	75	87,5
	Первое измерения						
$\Delta\sigma \cdot 10^{-3}$, Н/м	2,22	2,22	2,59	3,27	0,74	0,4	1,85
	Второе измерения						
$\Delta\sigma \cdot 10^{-3}$, Н/м	2,22	2,22	2,62	3,32	0,78	0,42	1,87
$\Delta\sigma$ в процентном соотношения	8,83	8,6	9,6	11,79	2,3	1,22	5,5

Таблица 3.5. - Разность коэффициент поверхностного натяжения $\Delta\sigma = |\sigma_2 - \sigma_1|$ после смешения в течение $t=21,5$ суток двухкомпонентных системы (касторовое масло+ бензол) концентрации второго компонента при атмосферном давлении ($P = 0,101$ МПа) и комнатной температуре ($T=293$ К)

n,%	12,5	25	37,5	50	62,5	75	87,5
	Первое измерения						
N, %	10,82	10,32	14,94	2,58	2,52	2,46	1,97

	Второе измерения						
$N, \%$	10,82	10,33	14,89	2,63	2,54	2,48	1,99
	Первое измерения						
$\Delta\sigma \cdot 10^{-3}, \text{Н/м}$	2,96	2,9	4,42	0,8	0,8	0,8	0,7
	Второе измерения						
$\Delta\sigma \cdot 10^{-3}, \text{Н/м}$	2,96	2,9	4,43	0,83	0,83	0,83	0,72

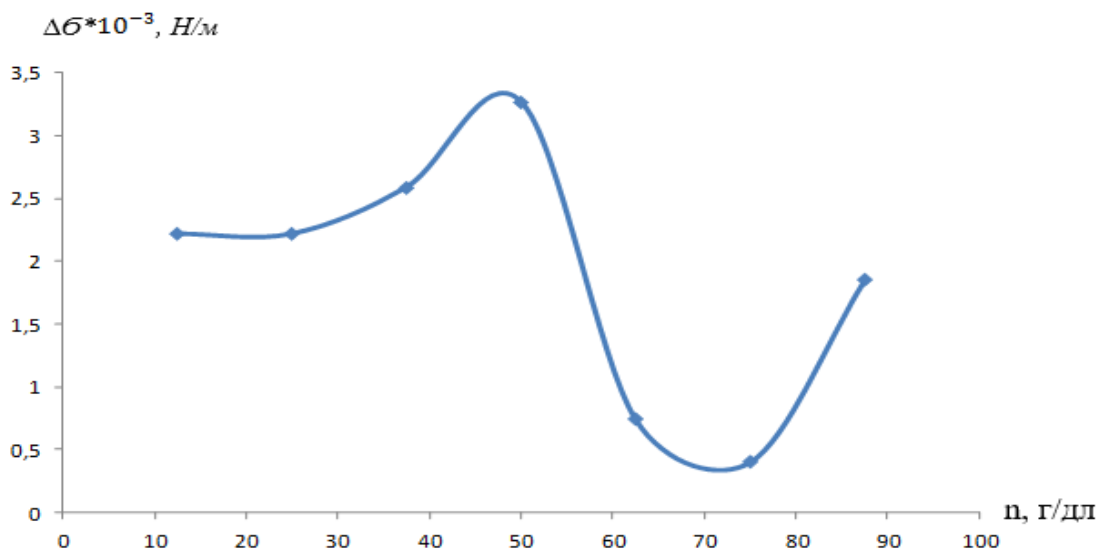


Рисунок 3.11. Изменение коэффициент поверхностного натяжение ($\Delta\sigma \cdot 10^{-3}$, Н/м) системы (касторовое масло + бензол) от концентрации бензола при атмосферном давлении ($P = 0,101 \text{ МПа}$) и комнатной температуре ($T = 293\text{К}$).

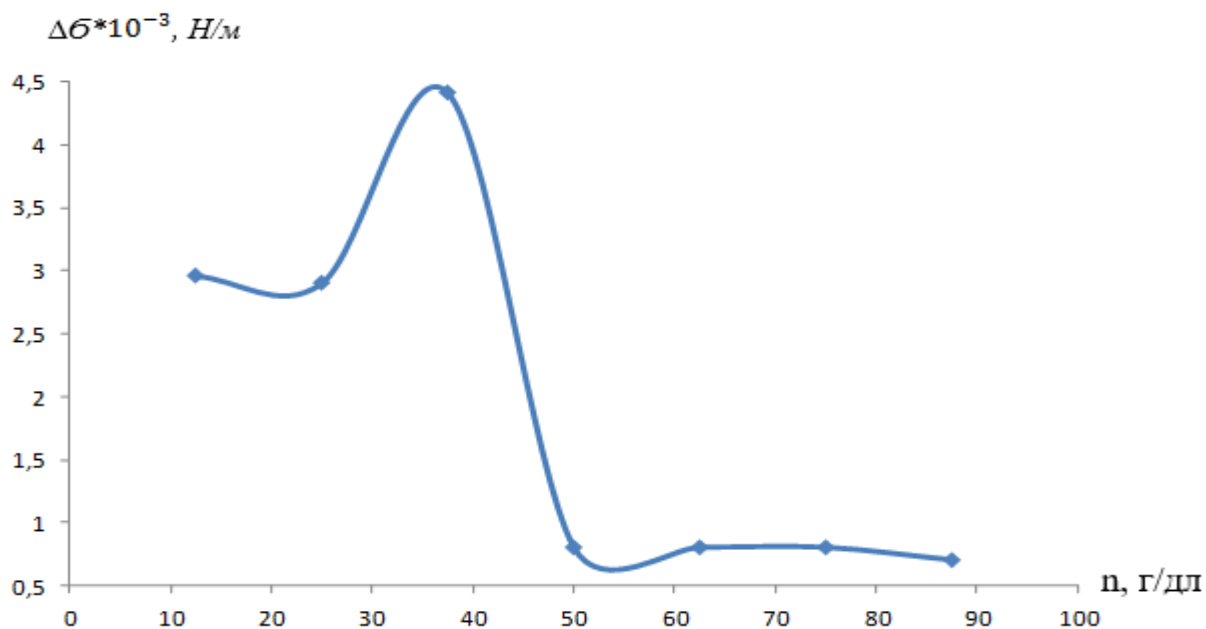


Рисунок 3.12. Изменение коэффициент поверхностного натяжение ($\Delta\sigma \cdot 10^{-3}$, Н/м) системы (касторовое масло + бензол) от концентрации бензола при атмосферном давлении ($P = 0,101 \text{ МПа}$) и комнатной температуре ($T = 293\text{К}$).

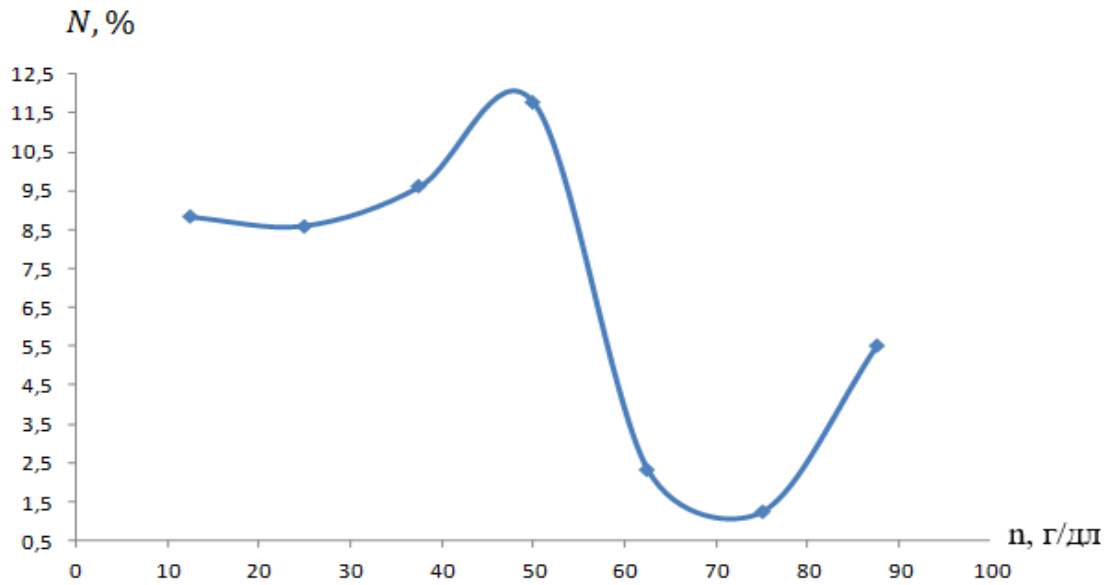


Рисунок 3.13. Зависимость изменение коэффициент поверхностного натяжения системы (касторовое масло + бензол) от концентрации бензола при атмосферном давлении ($P=0,101$ МПа) и комнатной температуре ($T=293$ К)

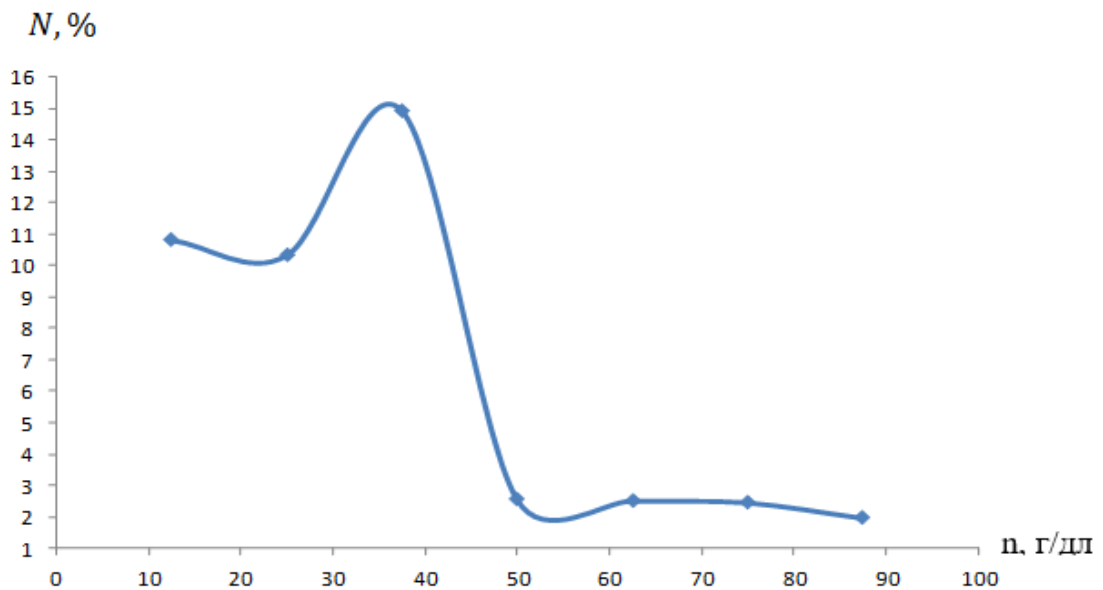


Рисунок 3.14. Зависимость коэффициент поверхностного натяжение системы (касторовое масло + бензол) от концентрации бензола при атмосферном давлении ($P=0,101$ МПа) и комнатной температуре ($T=293$ К)

3.4. Плотность, коэффициент поверхностного натяжения двух, - и трех-компонентных растворов системы (касторовое масло + бензол + сажа) в зависимости от массовой концентрации сажи при различных температурах и атмосферном давлении

В разделе «Экспериментальные данные» третьей главы представлены результаты исследования плотности двухкомпонентных растворов, состоящих из жидкого бензола и касторового масла. Также были проведены эксперименты с добавлением различного количества наноразмерных фракций сажи (бензина) размером 5-10 нм. Подробные данные представлены в таблицах 3.6-3.7 и иллюстрациях 3.15-3.18.

Таблица 3.6.-Плотность (ρ , кг/м³) двух- и трехкомпонентных растворов системы (касторовое масла + бензол + сажа (бензин) (5-10нм)) (испытании 1)

n, %	100 кас.масла	25	50	75	100 Бензол
ρ , кг/м ³	касторовое масла + бензол				
	972,4	949,6	928	905,2	885,6
ρ , кг/м ³	касторовое масла + бензол + сажа (бензин)				
	979,2	953,6	935,2	912,8	890,4

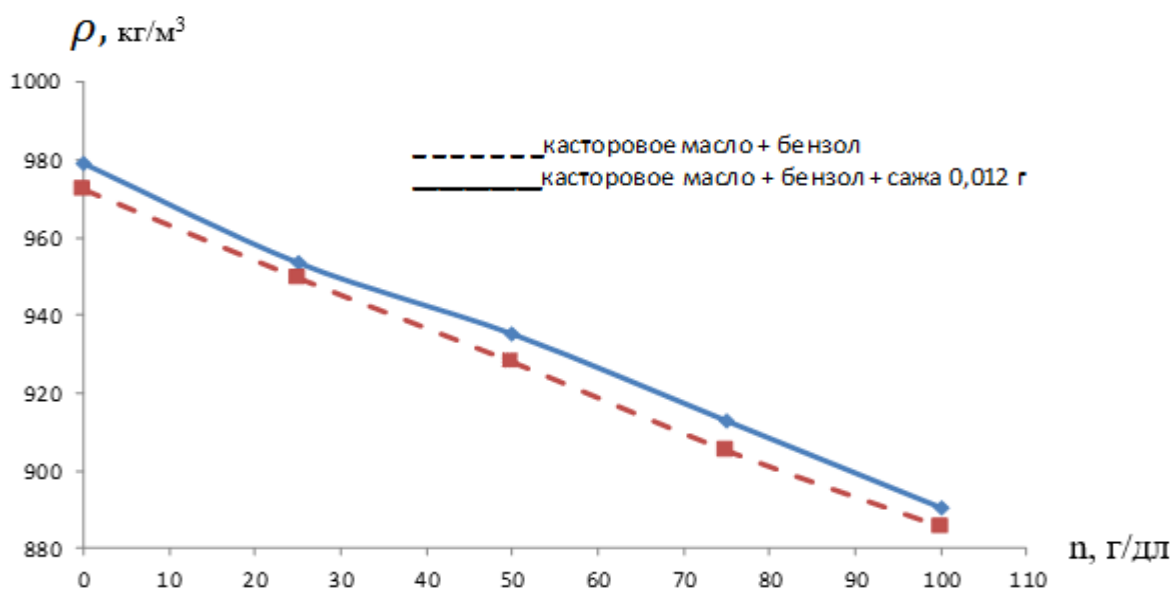


Рисунок 3.15. - Плотность (ρ , кг/м³) системы (касторовое масло + бензол + сажа (бензин)) при атмосферном давлении ($P=0,101$ МПа) и комнатной температуре ($T= 293$ К)

По получение данных, которые приведены в таблицы 3.6 и рисунок 3.16 с использованием закон термодинамического подобия или закон соответствующих состояния для определения плотности растворов системы касторовые масло и бензол, а также для системы коллоидных растворов касто-

ровые масло + бензола и 0,012г. сажи $d=5\text{нм}$, бензин получен следующие эмпирические зависимости:

$$\rho=972,4-0,896 n_{\text{C}_6\text{H}_6}, \text{ кг/м}^3, \quad (3.1)$$

$$\rho=979,2-0,885 n_{\text{C}_6\text{H}_6}, \text{ кг/м}^3, \quad (3.2)$$

С помощью эмпирических выражение (3.1 и 3.2) можно рассчитать плотности растворов системы касторовые масло и бензола с учетом 0.012г. сажи $d=5\text{нм}$, бензин с погрешностей 0,09%. Для такого расчета необходимо знать концентрации бензола в двухкомпонентных и трехкомпонентных коллоидных растворов.

Таблица 3.7. - Плотность (ρ' , ρ'' кг/м³) бензола на линии насыщения в зависимости от температуры и при давлении насыщенных паров [120,127]

Т, К	ρ'	ρ''	Т, К	ρ'	ρ''	Т, К	ρ'	ρ''
283	889,5	0,2	393	769,2	7,67	503	606,5	59,77
293	879,0	0,4	403	756,8	9,85	513	585,1	71,38
303	868,5	0,6	413	744,0	11,76	523	560,9	85,54
313	857,6	0,8	423	731,0	14,37	533	532,8	103,8
323	846,6	1,1	433	718,5	17,34	543	498,4	128,7
333	835,7	1,5	443	704,3	20,8	553	451,4	166,0
343	824,8	2,04	453	690,6	24,87	557,3	421,3	-
353	814,5	2,73	463	675,8	29,77	559,1	407,8	-
363	804,1	3,61	473	660,5	35,46	561,0	385,6	-
373	792,7	4,70	483	643,2	42,07	562,45	304,0	304,0
383	780,9	6,04	493	625,6	50,15	-	-	-

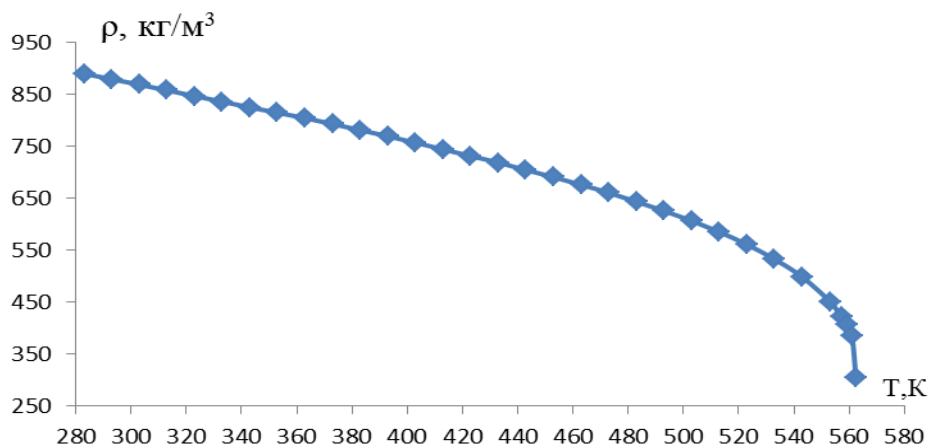


Рисунок 3.16. Плотность (ρ , кг/м³) жидкого бензола на линии насыщения при атмосферном давлении при различных температурах

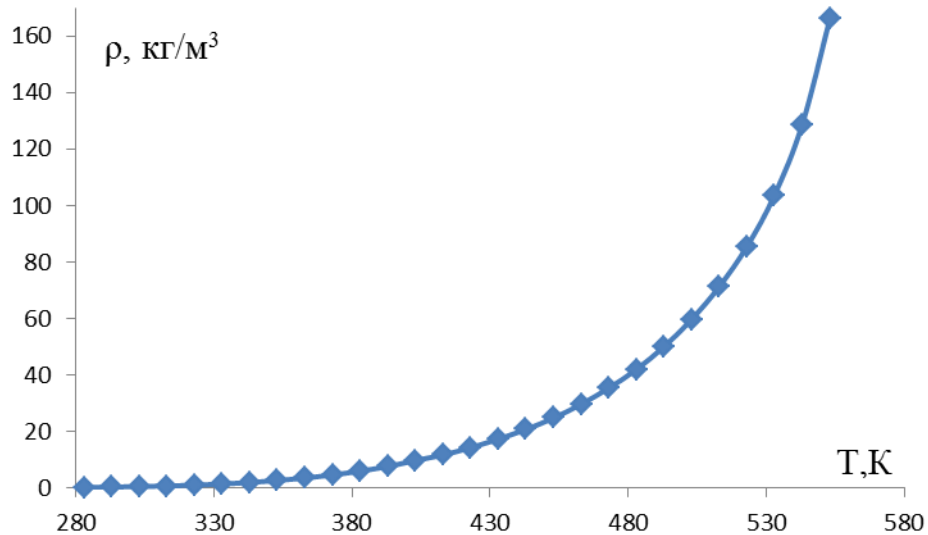


Рисунок 3.17. Плотность (ρ , кг/м³) газообразного бензола при различных температурах и давлении насыщенных паров

Таблица 3.8. - Плотность системы жидкого бензола и наноразмерных частиц (сажа, $d=5$ нм, бензин), при различных температурах и атмосферном давлении 0,101 МПа.

Образец Т,К	№1[120,127]	№2	№3	№4	№5	№6
273,0	900,0	905,0	908,8	914,3	919,6	921,7
293,2	879,2	889,6	896,8	898,3	900,6	905,0
303,6	868,3	883,2	886,2	888,4	890,3	894,3
313,2	857,4	872,3	875,4	878,3	881,4	886,0
323,0	847,3	863,2	866,5	869,5	872,3	875,1
333,6	837,4	852,1	855,2	858,3	861,5	865,5
343,2	835,7	843,3	846,4	849,4	852,3	854,6
353,4	814,5	834,4	837,1	841,3	844,5	847,7
363,5	804,1	824,2	827,2	832,3	837,3	846,9
373,4	792,7	814,5	817,4	820,5	824,0	827,5
383,7	780,9	804,3	807,6	810,4	814,2	816,8
393,0	769,2	795,0	798,4	801,2	804,5	806,6

Объекты: №1-(бензол х.ч.); №2-(бензол х.ч.+0,012г. сажа(бензин)); №3-(бензол х.ч. + 0,2%сажа(бензин)); №4-(бензол х.ч.+0,3%сажа(бензин)); №5-(бензол х.ч.+0,4%. сажа (бензин)); №6-(бензола х.ч.+0,5% сажа (бензин)).

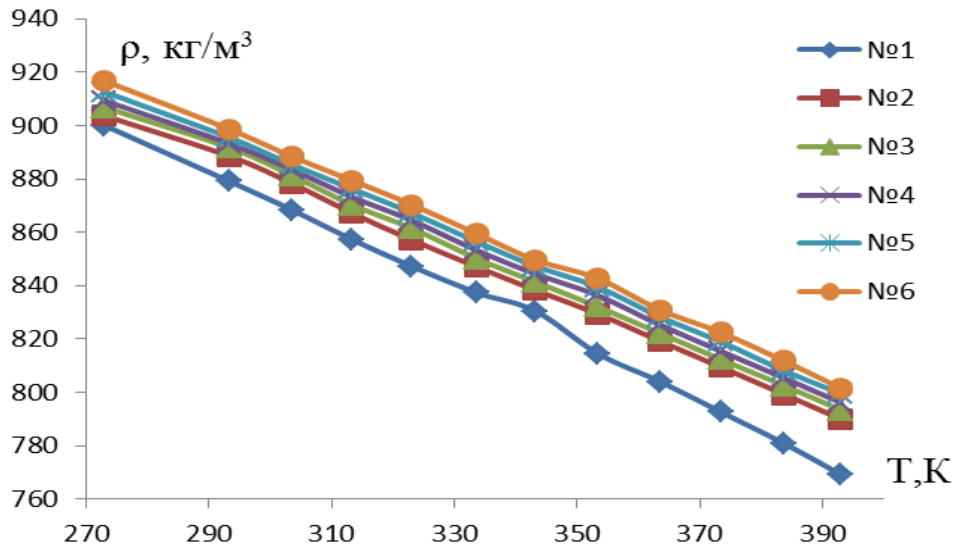


Рисунок 3.18. Плотности химический чистый бензола при атмосферном давлении, и различных температурах, и фракции сажи ($d=5\text{нм}$): №1-(бензол х.ч.); №2-(бензол х.ч. +0,1%сажа(бензин)); №3-(бензол х.ч.+0,2%сажа(бензин)); №4-(бензол х.ч.+0,3%сажа (бензин)); №5-(бензол х.ч.+ 0,4%сажа(бензин)); №6-(бензол х.ч.+ 0,5% сажа (бензин)).

Таблица 3.9. - Коэффициент поверхностного натяжения двухкомпонентных растворов системы (касторовое масло + бензол) (испытании 1)

п, %	100 кас.масла	25	50	75	100 бензол
$\sigma * 10^{-3}, \text{Н/м}$	26	34	28,87	26,65	23,69

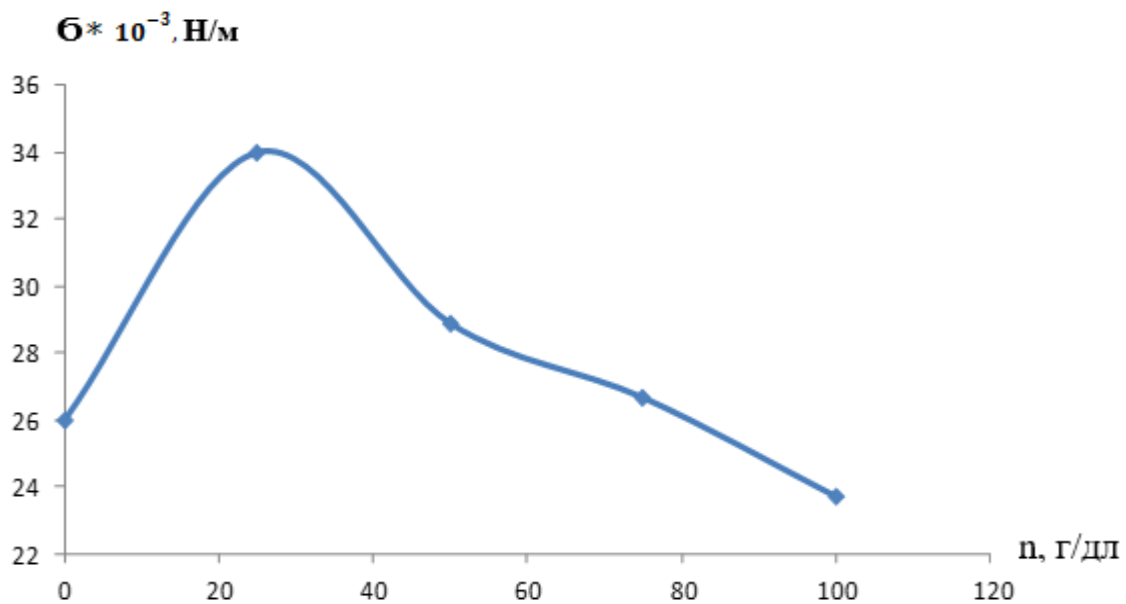


Рисунок 3.19. Коэффициент поверхностного натяжение ($\sigma * 10^{-3}, \text{Н/м}$) трехкомпонентных системы (касторовое масло+бензол+сажа) при атмосферном давлении ($P=0,101\text{МПа}$) и комнатной температуре ($T=293\text{К}$)

Таблица 3.10. - Плотность (ρ , кг/м³) трехкомпонентных системы растворов касторовые масло + бензола и наноразмерных сажи, (бензин) ($d=5\text{нм}$) (50% касторовое масло + 50%бензол), в зависимости от температуры при атмосферном давлении (0,101) МПа

Образец Т,К	№1 [120]	№2	№3	№4	№5	№6
293,2	928,8	936,6	940,8	943,6	947,6	949,5
303,6	902,4	910,3	914,5	917,7	919,6	923,2
313,2	891,5	901,4	904,5	908,6	911,7	914,5
323,0	881,8	891,3	894,3	899,5	903,3	908,8
333,6	872,6	881,4	886,6	891,4	900,0	905,7
343,7	862,7	870,3	873,3	878,5	885,3	892,6
353,4	851,9	859,8	865,3	871,2	875,4	882,8
363,5	842,0	849,5	855,6	865,3	872,6	875,0
373,4	832,5	841,4	852,2	855,3	861,4	865,5
383,7	822,6	832,3	841,7	846,5	851,6	855,8
393,0	813,8	821,5	831,6	842,3	846,0	849,5

Объекты: №1-(50%касторовое масло+50%бензол); №2-(50%касторовое масло+50% бензол+0,1%сажа(бензин)); №3-(50%касторовое масло + 50%бензол + 0,2% сажа (бензин)); №4-(50%касторовое масло +50% бензол + 0,3%сажа (бензин)); №5-(50%касторовое масло+50%бензол+0,4% сажа(бензин)); №6-(50% касторовое масло + 50% бензол+ 0,5% сажа(бензин)).

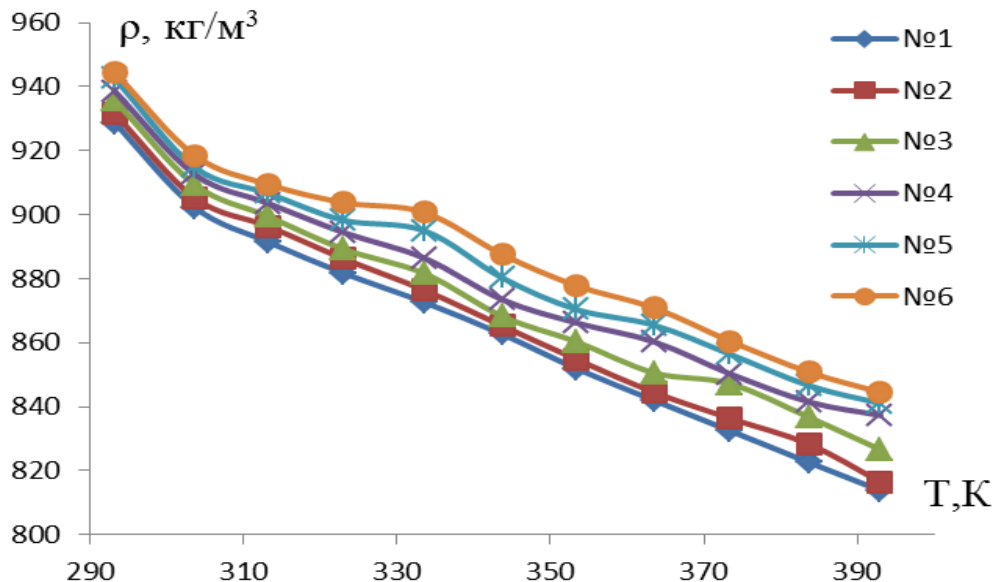


Рисунок 3.20. Плотности системы (касторовое масло+бензол) при атмосферном давлении, и различных температурах, и фракции сажи (бензин) ($d=5\text{нм}$): №1-(касторовое масло+бензол); №2-(касторовое масло+бензол+0,1%сажа(бензин)); №3-(касторовое масло+бензол +0,2% сажа (бензин)); №4-(касторовое масло+бензол+ 0,3 % сажа (бензин)); №5-(касторовое масло + бензол+0,4%сажа(бензин)); №6-(касторовое масло+бензол+ 0,5%сажа (бензин)).

На рисунках 3.19-3.21 и таблицах 3.8-3.10, представлены результаты экспериментальные определение плотности и коэффициент поверхностного натяжения двухкомпонентных и трехкомпонентных растворов бензола и касторовое масло, и сажи (бензин) в приделе температуры от 293К до 393К и при атмосферном давлении равной 0,101МПа. Эти эксперименты приведены с целью того, что в химически чистом бензоле внедряется до 0,5%. сажи в том числе в двухкомпонентные растворы системы (касторовое масло и бензола) также внедрены сажи (бензин).

При анализе и определения плотности были выявлено, что с повышением температуры плотность испытуемых растворов снижается по закону первой степени или экспоненциальному закону. Для реакционноспособного х.ч бензола при повышении температура от 293 до 393 К его плотности снижается на 14,53%. Добавки, изготовленные из наноразмерных частиц, т.е. сажи приводит также к росту плотности и коэффициент поверхностного натяжения коллоидных растворов. Раствор добавленных до 0,5% сажи в бензоле и растворов системы (касторовые масло и бензола) при температуре 293К увеличивают плотность до 1,86%, а при увеличении температуры на 393К то это разница достигает до 4,21%. На основании представленных в таблицах 3.9-3.10 данных о плотности исследуемых растворов, можно сделать следующий вывод: возможно определить влияние концентрации добавленных в химически чистый бензол и двухкомпонентные коллоидные растворы системы (касторовое масло и бензол) и температуры. Надо отметить, что плотность и коэффициент поверхностного натяжения коллоидных и суспензии зависит от способов получение растворов, а также от температуры и давления [13-А, 15-А, 18-А, 19-А, 20-А, 21-А, 22-А, 25-А, 26-А, 27-А, 28-А].

3.5. Влияние температуры, концентрации сажи (бензин) на изменение плотности и коэффициент поверхностного натяжения растворов на основе бензола при атмосферном давлении.

На основе данных по плотности, коэффициент поверхностного натяжения растворов, приведенных в таблицах 3.9-3.10, нами с помощью следую-

щих выражениях 3.3,3.4 подсчитана вклада на изменение плотности и коэффициент поверхностного натяжения жидкого бензола, и касторовое масло, и температуры [13-А,15-А,18-А,19-А,20-А,21-А,22-А, 25-А,26-А, 27-А, 28-А].

$$\Delta = (\rho_i - \rho_o) \cdot 100\% / \rho_o \quad (3.3)$$

$$\Delta = (\sigma_i - \sigma_o) \cdot 100\% / \sigma_o \quad (3.4)$$

Уравнения (3.3) и (3.4) описывают плотность растворов наночастиц сажи, внедренных в бензол. В уравнении (3.3) обозначается плотность этих растворов как ρ_i , измеряемую в килограммах на кубический метр. В уравнении (3.4) обозначается плотность чистого бензола без добавки сажи как ρ_o , также измеряемую в килограммах на кубический метр.; σ_i – коэффициент поверхностного натяжения растворов, внедренных в нем наночастиц сажи, Н/м; σ_o – коэффициент поверхностного натяжения жидкого чистого бензола без добавки сажи, Н/м. Результаты использование по уравнениям (3.3) и (3.4), приведены в таблице 3.11 и 3.12 [13-А,15-А,18-А,19-А,20-А,21-А,22-А, 25-А, 26-А, 27-А, 28-А].

Таблица 3.11. - Вклад температуры, концентрации наночастиц на изменение плотности жидкого бензола (химический чистый) при атмосферном давлении

<i>Образец №1</i> - химический чистый бензола		
$\Delta T, K$	(393-293,2)K	<i>Примечание</i>
$\sigma, \%$	< 14,53%	
<i>Образец №2</i> - химический чистый бензола+0,1%сажи		
$\Delta T, K$	(393-293,2)K	
$\sigma, \%$	< 13,83%	<i>Относительно к значению плотности чистого бензола</i>
<i>Образец №3</i> - 50%касторовое масло+50% бензол +0,2%сажи		
$\Delta T, K$	(393-293,2)K	
$\sigma, \%$	< 13,84%	<i>Относительно к значению плотности касторовое масло</i>
<i>Образец №4</i> - 50%касторовое масло+50% бензол +0,3%сажи		
$\Delta T, K$	(393-293,2)K	
$\sigma, \%$	< 14,119%	<i>Относительно к значению плотности касторовое масло</i>
<i>Образец №5</i> - 50%касторовое масло+50% бензол +0,4%сажи		
$\Delta T, K$	(393-293,2)K	
$\sigma, \%$	< 14,31%	<i>Относительно к значению плотности касторовое масло</i>
<i>Образец №6</i> - 50%касторовое масло+50% бензол +0,5%сажи		
$\Delta T, K$	(393-293,2)K	
$\sigma, \%$	< 14,25%	<i>Относительно к значению плотности касторовое масло</i>

Таблица 3.12. - Вклад температуры, концентрации наночастиц сажи их размеров ($d=5\text{нм}$) на изменение коэффициент поверхностного натяжения жидкого бензола (химический чистый) при атмосферном давлении (Табл.3.10).

<i>Образец №1</i> - химический чистый бензола		
$\Delta T, \text{K}$	(393-293)K	<i>Примечание</i>
$\sigma, \%$	< 14,01%	
<i>Образец №2</i> - химический чистый бензола+0,1%сажи (бензин)		
$\Delta T, \text{K}$	(393-293)K	
$\sigma, \%$	< 13,51%	<i>Относительно к значению коэффициент поверхностного натяжения чистого бензола</i>
<i>Образец №3</i> - 50%касторовое масло+50% бензол +0,2%сажи (бензин)		
$\Delta T, \text{K}$	(393-293)K	
$\sigma, \%$	< 13,84%	<i>Относительно к значению коэффициент поверхностного натяжения касторовое масло</i>
<i>Образец №4</i> - 50%касторовое масло+50% бензол +0,3%сажи (бензин)		
$\Delta T, \text{K}$	(393-293)K	
$\sigma, \%$	< 14,119%	<i>Относительно к значению коэффициент поверхностного натяжения касторовое масло</i>
<i>Образец №5</i> - 50%касторовое масло+50% бензол +0,4%сажи (бензин)		
$\Delta T, \text{K}$	(393-293)K	
$\sigma, \%$	< 14,31%	<i>Относительно к значению коэффициент поверхностного натяжения касторовое масло</i>
<i>Образец №6</i> - 50%касторовое масло+50% бензол +0,5%сажи (бензин)		
$\Delta T, \text{K}$	(393-293)K	
$\sigma, \%$	< 14,25%	<i>Относительно к значению коэффициент поверхностного натяжения касторовое масло</i>

В таблицах 3.11 и 3.12, представлены результаты расчета вкладов изменение плотности и коэффициент поверхностного натяжения системы бензола и сажи (бензин) в интервале температуры (293-433) К и атмосферном давлении (0,101) МПа.

Результаты данного расчета позволяют сделать вывод, что в бензоле, обладающем химической чистотой, присутствует добавка сажи в диапазоне от 0 до 0,5% (размером 5 нм). Чем выше концентрация наноразмерных частиц сажи (бензина), тем сильнее они влияют на плотность и коэффициент поверхностного натяжения исследуемых растворов.

3.6. Как изменение концентрации сажи влияет на плотность и коэффициент поверхностного натяжения системы бензола при постоянном давлении и температуре.

В этом подразделе для определения влияния концентрации сажи (бензин) использована математическая и статистическая обработка эксперимен-

тальных данных по плотности исследуемых растворов на основе бензола, касторового масла и сажа (бензин) в диапазон температур от 293К до 393К и нормального атмосферного давления. Результаты математических и статических обработок представлены в виде следующих таблиц (табл. 3.12 и табл. П.3.1, П.3.2) [15-А, 18-А, 19-А, 20-А, 21-А, 22-А, 25-А, 26-А, 27-А, 28-А].

Таблица 3.13. - Влияние концентрации питательных веществ (сажа) (бензин) (фракцией равной 5 нм) на изменение плотности жидкого бензола при атмосферном давлении и температуре.

Образец №2- химический чистый бензола			Примечание
$T_i = \text{const, K}$	(293)К	от (0-0,1%) сажи (5нм)	
$\sigma, \%$	1,47%		<i>Относительно к значению плотности чистого бензола при 0% наночастиц сажа</i>
$T_i = \text{const, K}$	(343)К	от (0-0,1%) сажи (5нм)	
$\sigma, \%$	3,35%		<i>Относительно к значению плотности чистого бензола при 0% наночастиц сажа</i>
$T_i = \text{const, K}$	(393)К	от (0,1-0,1%) сажи(5нм)	
$\sigma, \%$	3,31%		<i>Относительно к значению плотности чистого бензола при 0% наночастиц сажа</i>
Образец №3- химический чистый бензол+0,1%сажа			
$T_i = \text{const, K}$	(293)К	от (0-0,2%) сажи (5нм)	
$\sigma, \%$	0,97%		<i>Относительно к значению плотности чистого бензола при 0% наночастиц сажа</i>
$T_i = \text{const, K}$	(343)К	от (0-0,2%) сажи (5нм)	
$\sigma, \%$	1,28%		<i>Относительно к значению плотности чистого бензола при 0% наночастиц сажа</i>
$T_i = \text{const, K}$	(393)К	от (0-0,2%) сажи (5нм)	
$\sigma, \%$	3,79%		<i>Относительно к значению плотности чистого бензола при 0% наночастиц сажа</i>
Образец №4- химический чистый бензол+0,3%сажа			
$T_i = \text{const, K}$	(293)К	от (0-0,3%) сажи (5нм)	
$\sigma, \%$	1,61%		<i>Относительно к значению плотности чистого бензола при 0% наночастиц сажа</i>
$T_i = \text{const, K}$	(343)К	от (0-0,3%) сажи (5нм)	
$\sigma, \%$	1,69%		<i>Относительно к значению плотности чистого бензола при 0% наночастиц сажа</i>
$T_i = \text{const, K}$	(393)К	от (0-0,3%) сажи (5нм)	
$\sigma, \%$	4,69%		<i>Относительно к значению плотности чистого бензола при 0% наночастиц сажа</i>
Образец №5- химический чистый бензол+0,4%сажа			

$T_i = \text{const}, K$	(293)K	от (0-0,4%) сажи (5нм)	
$\sigma, \%$		2,18%	<i>Относительно к значению плотности чистого бензола при 0% наночастиц сажа</i>
$T_i = \text{const}, K$	(343)K	от (0-0,4%) сажи(5нм)	
$\sigma, \%$		1,98%	<i>Относительно к значению плотности чистого бензола при 0% наночастиц сажа</i>
$T_i = \text{const}, K$	(393)K	от (0-0,4%) сажи(5нм)	
$\sigma, \%$		4,59%	<i>Относительно к значению плотности чистого бензола при 0% наночастиц сажа</i>

Полученные выводы из таблицы 3.12 и приложенных к работе таблиц (таблицы П.3.1-П.3.2) свидетельствуют о значимом влиянии температуры, концентрации наночастиц и их соотношения на плотность растворов на основе бензола и касторки. Это указывает на сложные и важные закономерности, которые необходимо учитывать при проведении дальнейших исследований в этой области.

Например, в образце №3 было обнаружено, что концентрация наночастиц и их размер ($d = 5$ нм), при атмосферном давлении и повышении температуры, оказывают одинаковое влияние на изменение плотности жидкого бензола (химически чистого). Это представляет собой важный фактор, который может иметь значительное значение при планировании и интерпретации будущих экспериментов.

Также отмечается, что для некоторых экспериментов наблюдаются разные закономерности в зависимости концентрации дымовых нанонаполнителей. Эти закономерности могут быть прямыми, квадратичными, кубическими или экспоненциальными. Эти гипотезы были выведены на основе разработки математических и статистических моделей, а также результатов, полученных во время экспериментальных исследований, которые подробно описаны в работах 13-А, 18-А, 19-А, 20-А, 21-А, 22-А, 25-А, 26-А, 27-А.

3.7. Влияние температуры и концентрации наночастиц сажи (бензин) на изменение плотности и коэффициента поверхностного натяжения бинарной системы (касторового масла и бензола).

Экспериментальная установка представлена во второй главе данной диссертации с использованием капельного метода существует в ТГПУ, имени Садриддина Айни. Мы провели экспериментальное исследование данной установки, чтобы определить коэффициенты поверхностного натяжения и плотности растворов, состоящих из чистого химического бензола и сажи фракции 5 нм (бензин). Мы изучали эти параметры в интервале температур от 293 до 433 и давлений на уровне 0,101 МПа. Подробное описание, метод исследования и расчет погрешностей данной установке приведены во второй главе (рисунки 2.2 и 2.4). Для сравнения плотности бензола и раствора для отдельных изотерм нами была использована уравнение типа Гейта, который дает преимущество определения плотности бензола и наножидкостей при различных температурах и давлении. Для расчета плотности бензола и наножидкостей мы использовали данные о плотности жидкостей при определенных температурах и давлениях из источников [13-А,18-А,19-А, 20-А, 21-А, 22- А,25-А,26-А, 27- А].

3.7.1. Влияние температуры и концентрации наночастиц сажи (бензин) на изменение плотность и коэффициент поверхностного натяжения растворов бензола и касторового масла на линии насыщения

Основная целью этой работы является определение плотность и коэффициента поверхностного натяжения раствора бензола и касторового масла в диапазон температуры от 293К до 433К и давления (0,101МПа) с добавлением от 0 до 0,5% наночастиц сажи на линии насыщения. Обзор первой главе (обзор литературы) показывает, что плотность и коэффициент поверхностного натяжения бензола хорошо изучены в зависимости от различных факторов. Поэтому мы поставили перед собой такую задачу, исследовать влияние сажи (бензин) на изменение плотности и коэффициента поверхностного натяжения двух- и трехкомпонентных растворов. Сначала была поставлена задача исследовать плотность насыщения и коэффициент поверхностного натяжения исследованных наножидкостей на линии насыщения [13-А, 15-А, 18-А, 20-А,

21-А, 22-А, 25-А, 26 -А, 27-А, 28-А].

Результаты расчетов и экспериментальные данные коэффициентов поверхностного натяжения и плотности системы бензол-касторовое масло с различными нанометровыми размерами и пропорциями представлены на рисунках 3.4-3.8 и в таблицах 3.8-3.11. Эти данные были получены для диапазона температур от 273К до 443К и атмосферного давления (0,101) МПа на линии насыщения бензола. Главная цель данного исследования заключалась в добавлении различных фракций сажи (от 0 до 0,5%) с размерами от 5 до 10нм в химически чистый бензол [13-А,15-А,18-А,20-А,21-А,22-А,25-А,26-А,27-А,28-А].

Исследования, проведенные на таблицах 3.8-3.10, показывают, что с ростом температуры, коэффициент поверхностного натяжения и плотность бинарного раствора на линии насыщения уменьшаются. Одновременно с этим, увеличение концентрации сажи (бензина) приводит к увеличению этих параметров в соответствии с линейным законом. Для чистого бензола при увеличении температуры от 280К до 560 К, плотность снижается на 77,63 %, для второго образца (химический чисти бензол + 0,1 % сажи (5 нм) (бензин) (табл. 3.10), плотность снижение 69,41%, а с добавка 0,5% сажи (5 нм) (бензин) увеличивает плотность этого раствора на 13,5% при температуре от 293 до 393К. Например, коллоидный раствор бензола и касторовое масло при добавка 0,5% сажи (бензин) (5 нм) при температуре 290 К плотность увеличивается на 12,59%, а при температуре 550 К эта разница достигает 23,68%. Можно сказать, что такая тенденция изменение коэффициент поверхностного натяжения можно увидеть для данной исследуемых растворов и для других растворов [13-А, 15-А, 18-А, 20-А, 21-А, 22-А, 25-А, 26-А, 27-А, 28-А].

3.7.2. Исследование и влияние концентрации наночастиц сажи (бензин) на изменение плотности бензола и их растворов при атмосферном давлении

В ходе нашего исследования мы изучали влияние концентрации наночастиц сажи (бензин) на плотность бензола и его растворов при атмосферном давлении. Мы использовали капельный метод для определения плотности коллоидных растворов системы бензола в диапазоне температур от 293К до 383К и при атмосферном давлении 0,101МПа. Мы измерили плотность пикнометрическим методом и динамометром в зависимости от концентрации наночастицы, которая варьировалась от 0 до 0,5% для сажи фракции 5 и 10 нм (бензин). Плотность при высоких параметрах состояния рассчитана из уравнения состояния типа Тейта. Результаты исследование приведена, в таблицах 3.13-3.14 [15-А,17-А,19-А,22-А,25-А,26-А,28-А].

Таблица 3.14. - Экспериментальное значение плотности (ρ , кг/м³) исследуемых растворов (жидкого бензола и сажи (бензин)) фракции ($d=5$ нм) в зависимости от температуры при атмосферном давлении ($p= 0,101$ МПа)

Т, К	№1	№2	№3	№4	№5	№6
293,4	879,4	885,6	891,8	897,7	902,7	911,8
303,7	867,1	873,2	879,7	885,6	891,6	896,9
313,4	859,0	865,3	870,4	877,8	882,7	889,6
323,5	846,4	852,5	859,3	864,0	870,6	876,8
333,4	835,6	841,4	847,5	853,6	860,8	870,7
343,3	825,6	832,3	837,4	842,5	848,7	864,6
363,5	806,6	812,3	818,3	824,5	830,5	836,7
383,7	781,5	786,0	792,3	798,2	804,4	810,5

Образцы: №1-(жидкий бензол х.ч.); №2-(жидкий бензол х.ч.+0,1% сажа (бензин)); №3-(жидкий бензол х.ч.+0,2%сажа (бензин)); №4-(жидкий бензол х.ч.+0,3%сажа (бензин)); №5-(жидкий бензол х.ч.+0,4%сажа(бензин)); №6- (жидкий бензол х.ч.+0,5 % сажа (бензин)).

Таблица 3.15. - Расчетно-экспериментальное значение плотности (ρ , кг/м³) системы (жидкого бензола и сажа (бензин)) фракции ($d=10$ нм) в зависимости от температуры при атмосферном давлении ($p= 0,101$ МПа)

Т,К	№1	№2	№3	№4	№5	№6
-----	----	----	----	----	----	----

293,4	879,4	887,2	895,3	904,7	912,7	920,3
303,7	867,1	876,3	883,7	891,0	899,6	907,9
313,4	859,0	867,0	875,6	882,8	891,7	897,2
323,5	846,4	852,5	862,0	870,7	878,6	886,8
333,4	835,6	842,4	851,5	859,6	867,8	879,7
343,3	825,6	832,2	847,4	845,3	855,7	861,6
363,5	806,6	811,3	825,0	827,5	831,6	841,7
383,7	781,5	789,0	797,2	805,3	813,4	821,5

Образцы: №1-(жидкий бензол х.ч.); №2- (жидкий бензол х.ч.+0,1%сажа (10нм) (бензин)); №3- (жидкий бензол х.ч.+0,2%сажа (10нм) (бензин)); №4-(жидкий бензол х.ч.+0,3% сажа (10нм) (бензин)); №5-(толуол жидкий х.ч.+0,4%сажа (10нм) (бензин)); №6-(бензола жидкий х.ч.+0,5% сажа (10 нм) (бензин)).

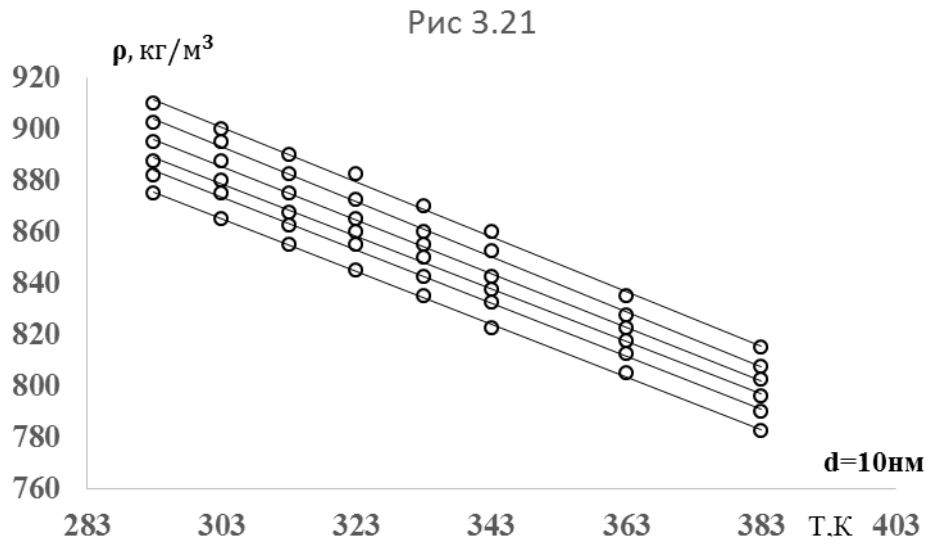


Рисунок 3.21. - Плотность коллоидного раствора системы бензола+ сажа при различных температурах и концентрации нанонаполнителя. Объекты: №1-(жидкий бензол х.ч.); №2- (жидкий бензол х.ч.+ 0,1 % сажа с фракцией (10нм) (бензин); №3-(жидкий бензол х.ч.+0,2% сажа с фракцией (10нм) (бензин); №4-(жидкий бензол х.ч.+0,3% сажа с фракцией (5 нм) (бензин); №5-(жидкий бензол х.ч.+0,4% сажа с фракцией (10 нм) (бензин); №6- (жидкий бензол х.ч.+0,5% сажа с фракцией (10нм) (бензин)

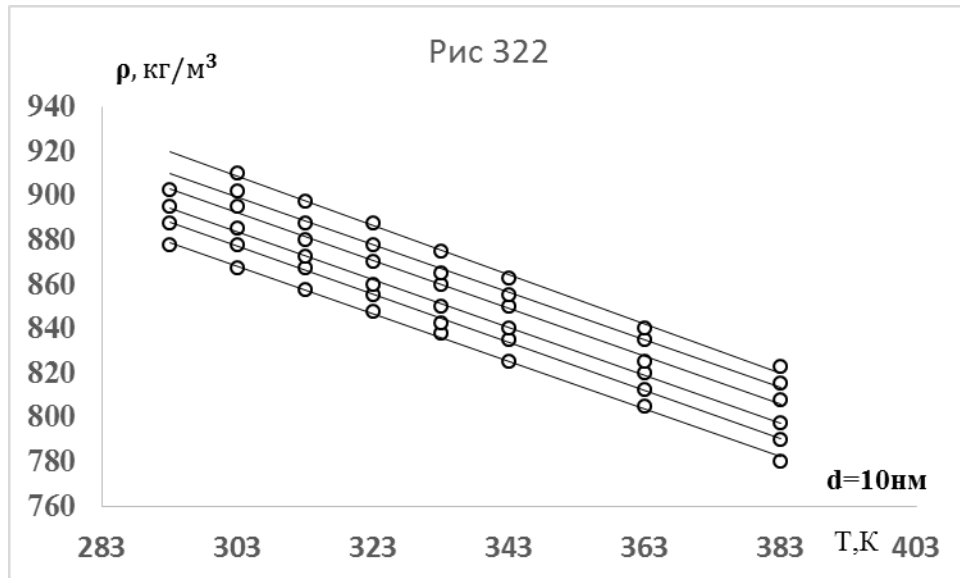


Рисунок 3.22. - Плотность коллоидного раствора системы бензола и сажи с фракцией 10нм при различных температурах и концентрации нанонаполнителя. Объекты: №1-(жидкий бензол х.ч.); №2- (жидкий бензол х.ч.+ 0,1% сажа) (бензин); №3-(жидкий бензол х.ч.+0,2%сажа) (бензин); №4-(жидкий бензола х.ч.+0,3%сажа) (бензин); №5-(жидкий бензол х.ч.+0,4% сажа) (бензин); №6- (жидкий бензол х.ч.+0,5%сажа) (бензин)

Измерения плотности коллоидных растворов на основе бензола показали, что добавление наночастиц сажи (бензин) приводит к увеличению плотности растворов. Однако повышение температуры, наоборот, вызывает снижение плотности исследуемых растворов. Возрастание присутствия наночастиц сажи приводит к повышению плотности растворов в любом температурном диапазоне. Например, при атмосферном давлении и температуре 293 К, введение наночастиц сажи размером 5 нм вызывает увеличение плотности на 3,68%, а при температуре 383 К это повышение составляет 3,71%.

Эти результаты могут быть важными при выборе условий для производства или использования коллоидных растворов на основе бензола с наночастицами сажи. Они также указывают на значительное влияние температуры и концентрации наночастиц на плотность растворов, что может быть ключевым при проектировании таких систем [13-А,15-А,18-А,19-А,20-А,21-А,22-А,25-А,26-А,27-А,28-А].

3.8 - Корреляция между плотность и коэффициент поверхностного натяжения бензола в чистом виде и добавкой наночастиц сажи (бензин) при различных температурах и давлениях

3.8.1 - Корреляция между плотности и коэффициент поверхностного натяжения бензола в чистом виде и растворов касторовое масло добавкой сажи (бензин) при различных температурах и атмосферном давлении

В процессе исследования, мы использовали экспериментальные установки, которые можно увидеть на иллюстрациях 2.2-2.3. В этих экспериментах мы проводили измерения плотности растворов бензола и наноразмерных саж (бензин) в широком диапазоне температур от 293 до 650 К и давлений от 0,101 до 9,81 МПа. Эти данные, вероятно, представлены в таблицах 3.9-3.5 [54,116]. При измерениях плотности шаг температуры составлял 10-20К [1-А,3-А,4-А,5-А,6-А,7-А,8-А,10-А, 11-А, 12-А,14-А,16-А,17-А,23-А,24-А,28-А].

Таблица 3.16. – Представляют зависимость плотности (ρ , кг/м³) и коэффициент поверхностного натяжения ($\sigma \cdot 10^{-3}$, Н/м) для химически чистый бензола (в жидком состоянии) в зависимости от температуры при атмосферном давлении [47, 54, 116].

T, К	283	293	303	313	323	333	353	473	513
ρ , кг/м ³	883,2	879,0	867,2	858,5	846,8	835,6	823,6	794,4	767,4
$\sigma \cdot 10^{-3}$, Н/м	30,32	28,89	27,50	26,59	24,86	23,60	21,19	18,74	14,02

Из таблицы видно, что с увеличением температуры плотность бензола х.ч. уменьшается, начиная от 883,2 кг/м³ при 283 К и достигая 767,4 кг/м³ при 513 К. Одновременно с этим увеличение температуры приводит к снижению коэффициента поверхностного натяжения бензола - он уменьшается от $30,32 \cdot 10^{-3}$ Н/м при 283 К до $14,02 \cdot 10^{-3}$ Н/м при 513 К. Характер изменения плотности бензола х.ч. от их коэффициента поверхностного натяжения при различных температурах при атмосферном давлении, показан в таблице 3.16. и рисунок 3.23 [47,88,137,138] и [1-А,3-А, 4-А, 5-А,6 А,7-А,8-А,10-А,11-А, 12-А,14-А,16-А,17-А,23-А,24-А,28-А].

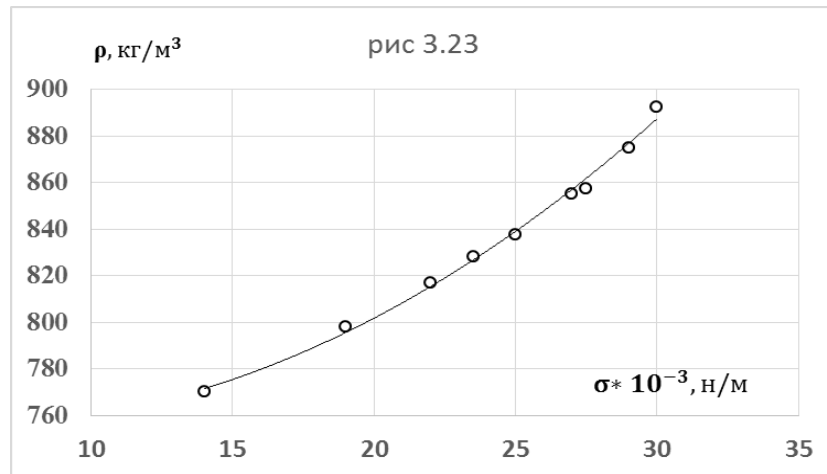


Рисунок 3.23. Взаимосвязь между плотностью и коэффициентом поверхностного натяжения бензола при различных температурах и при атмосферном давлении.

Из рисунка 3.23 и таблица 3.16 следует, что с повышением температуры плотность бензола уменьшается по линейному закону. Также упоминается, что при некоторых температурах (например, 303 К) наблюдается скачок в сторону повышения плотности, за которым следует возвращение к линейному закону роста плотности [1-А,3-А,4-А,6-А,7-А,8-А,10-А,11-А, 12-А,14-А,16-А,17-А,23-А,24-А,28-А].

Эти закономерности и изменения в свойствах бензола важны для его технических и научных применений, поскольку отражают влияние температуры на физические свойства этого вещества при атмосферном давлении.

3.8.2 - Плотности бензола с добавкой сажи (бензин) при различных температурах и давлениях

Мы занимаемся разработкой метода для измерения плотности различных жидкостей, включая наножидкости, растворы и электролиты, при различных температурах и атмосферном давлении. Наш метод основан на использовании специальной экспериментальной установки, которую мы разработали на кафедре "Общей физики" Таджикского государственного педагогического университета имени С. Айни в 1970-х годах, использующей метод гидростатического взвешивания.

Наше исследование сосредоточено на измерении плотности коллоидных растворов системы (бензола и сажи (бензина)) с различными фракциями наноразмерных частиц (5нм, 10нм) при разных температурах и давлениях. Результаты измерений этого свойства, а именно плотности, представлены в таблицах 3.17-3.18 и на рисунке 3.24 1-А, 3-А, 4-А, 6-А, 7-А, 8-А, 10-А, 11-А, 12-А, 14-А, 16-А, 17-А, 23-А, 24-А, 28-А. Это представляет собой значительную работу, поскольку измерение плотности жидкостей и растворов является важным аспектом в химических и физических исследованиях. Ваши результаты могут иметь важное значение для понимания влияния наночастиц на физические свойства растворов, а также для применения в практических областях, таких как материаловедение, химическая промышленность и многие другие.

Таблица 3.17. - Плотность (ρ , кг/м³) двухкомпонентных системы (бензола и сажи фракциями (5нм) (бензин)) в зависимости от температуры при атмосферном давлении

Образцы Т, К	№1	№2	№3	№4	№5	№6
283	878,2	882,2	886,5	890,4	895,8	900,3
293	860,0	864,5	870,2	874,3	879,0	884,2
303	858,2	862,3	866,5	870,2	874,6	878,4
313	848,5	852,4	856,0	861,6	865,4	870,7
323	838,8	842,2	846,3	850,0	855,5	860,6
333	829,3	833,3	837,5	841,3	846,3	850,1
343	-	821,4	824,3	828,5	832,0	836,5
353	-	811,6	815,5	819,3	823,5	828,5

Эти данные, безусловно, могут быть весьма значимы для понимания влияния различных факторов на физические свойства таких коллоидных систем, что может иметь важное значение для различных областей науки и техники, включая химию, физику и материаловедение. На основе значения таблица 3.17 нами было построена график зависимости плотность двухкомпонентных растворных систем.

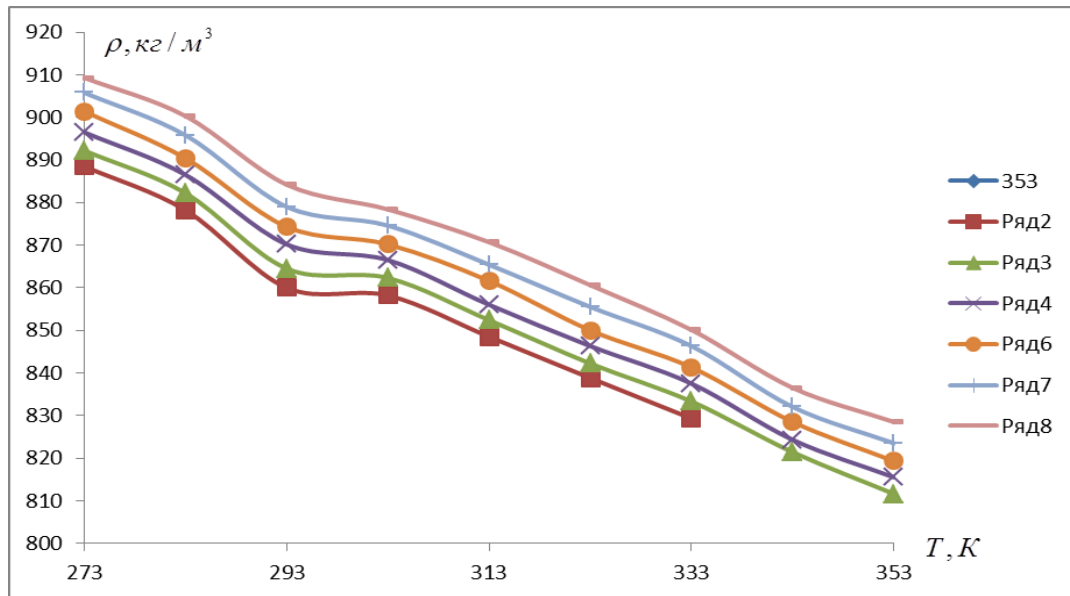


Рисунок 3.24. - Зависимости плотности двухкомпонентных растворов системы (100г. бензола + (0-0,5%) сажи (5нм)) при различных температурах: Образец №1 – чистый бензол (100г.); Образец №2 – бензол с добавкой 0,1 % сажи; Образец №3 – 100г. бензола + 0,2% сажи; Образец №4 – 100г. бензола + 0,3 % сажи; Образец №5 – (100г. бензола + 0,4% сажи; Образец №6 – 100г. бензола + 0,5% сажи.

Таблица 3.18. - Зависимость плотности бензола + сажи (d=10нм) (бензин) от температуры при атмосферном давлении

Образцы Т, К	№1	№2	№3	№4	№5	№6
283	878,2	887,2	891,5	895,4	900,8	905,3
293	860,0	869,5	876,2	879,3	884,0	889,2
303	858,2	867,3	871,5	875,2	879,6	883,4
313	848,5	857,4	861,0	866,6	870,4	875,7
323	838,8	847,2	851,3	855,0	860,5	865,6
333	829,3	838,3	842,5	846,3	851,3	855,1
343	-	826,4	829,3	832,5	836,0	842,5
353	-	816,6	821,5	824,3	827,5	833,5

Объекты: Образец №1 – 100г чистый бензол; Образец №2 – 100г. бензола+0,1%сажи; Образец №3 – 100г. бензола + 0,2% сажи; Образец №4 – 100г. бензола + 0,3% сажи; Образец №5 – 100г. бензола+ 0,4%сажи; Образец №6 – 100г. бензола+0,5% сажи.

В ходе эксперимента было установлено, что при повышении температуры плотность растворов системы (100г. бензола + (0-0,5% сажи (5нм) (бензин)) уменьшается, что подтверждается данными из таблиц 3.17-3.18 и рисунка 3.24. Также можно сказать, что добавки 0,5% сажи (10нм) (бензин) в

химически чистом бензоле ведут к изменениям плотности растворов системы при различных температурах, и в частности, при температуре 293К плотность бензола (х.ч.) повышается на 2,12%, при температуре 303К - на 2,35%, а при температуре 333К - на 2,52% [1-А,3-А,4-А,6-А,7-А,8-А,10-А,11-А,12-А,14-А,16-А,17-А,23-А,24-А,28-А].

Существует также важный фактор, который влияет на плотность исследуемых растворов. При температуре 293К плотность находится на минимуме, затем она увеличивается в соответствии с параболическим законом, а затем снова уменьшается по линейному закону.

Из наших данных следует, что изменение плотности растворов системы связано с добавками сажи различного размера к химически чистому бензолу при различных температурах. Эти выводы имеют важное значение для понимания влияния добавок на физические свойства растворов и материалов.

3.9. Плотность системы касторовое масло от концентрации бензола при атмосферном давлении и комнатной температуре

Мы изучаем плотность касторового масла и бензола в системе при атмосферном давлении и комнатной температуре, а также описываем особенности этих веществ [2-А, 3-А, 8-А, 17-А, 18-А, 24-А, 25-А].

Наш анализ включает информацию о химических свойствах бензола, его использовании в промышленности для синтеза различных продуктов, а также о его токсичности и применении в виде растворителя. Бензол образует опасные смеси с воздухом и хорошо смешивается с эфиром, бензином и другими органическими растворителями. Кроме того, он образует азеотропную смесь с водой при температуре кипения 69,25 °С, которая содержит 91% бензола.

Исходя из литературных данных, имеются доказательства важности бензола как органического соединения, которое находит широкое применение в различных отраслях промышленности. Например, в работе [47] утверждается, что бензол, известный также как С₆Н₆ или PhH, представляет собой

бесцветную жидкость с характерным сладковатым запахом. Он является простейшим ароматическим углеводородом и входит в состав бензина, а также широко используется в промышленности в качестве исходного сырья для производства лекарств, различных пластмасс, синтетической резины и красителей. Несмотря на то, что бензол присутствует в сырой нефти, он синтезируется из других ее компонентов в промышленных масштабах.

Бензол является основным компонентом бензина и используется как исходное сырье для производства различных веществ, включая лекарства, пластмассы, синтетическую резину и красители. В промышленных масштабах бензол изготавливается из компонентов сырой нефти.

Значительное количество произведенного бензола используется для синтеза других продуктов, таких как этилбензол (50%), кумол (25%), циклогексан (10-15%), нитробензол (10%), линейные алкилбензолы (2-3%) и хлорбензол (1%). Меньшие количества бензола используются для создания других соединений, и изредка, в силу его высокой токсичности, используется в качестве растворителя. Следует отметить, что современными стандартами ограничено содержание бензола в топливе до 1% из-за его высокой токсичности.

Также важно отметить, что бензол используется в производстве как растворитель для чистки красок и лаков. Этот материал имеет горючие свойства и играет важную роль в промышленности.

Техническое касторовое масло.

Одновременно мы предоставляете описание технического касторового масла и его применении в качестве смазки для двигателей, а также сравниваете его с минеральными маслами, подчеркивая преимущества и недостатки касторового масла.

Из литературах данных становится ясно, что техническое касторовое масло используется в качестве смазки для калильных и компрессионных двигателей, особенно в авиамодельных двигателях, из-за его лубрикантных

свойств. Однако, касторовое масло обладает сильным окислительным эффектом, что требует тщательной чистки и обслуживания после использования, чтобы избежать негативного влияния образования нерастворимых полимеров при высоких температурах.

Касторовое масло обладает несколькими преимуществами по сравнению с минеральными маслами:

- Имеет широкий диапазон рабочих температур, включая низкую точку замерзания и высокую температуру вспышки.
- Не растворяется в нефтепродуктах.
- Является нетоксичным и неагрессивным по отношению к большинству пластмасс.

Однако, высокая химическая активность (окислительная способность) касторового масла влечет за собой необходимость тщательной чистки двигателей, на которых используется топливная смесь, содержащая касторовое масло. Этот процесс включает промывку в спирте или бензине, высушку и последующую смазку жидким минеральным маслом для предотвращения коррозии на стальных деталях. Это демонстрирует, что касторовое масло, хотя и обладает своими преимуществами, также требует специального ухода и внимания к негативным эффектам его окислительной способности.

Касторовое масло обладает рядом уникальных характеристик, которые делают его особенно важным в применении. В частности, при полимеризации касторовое масло образует более тяжелое "масло", богатое сложными эфирами, которые не разлагаются до температуры примерно 34°C (307K). При этом касторовое масло формирует огромные молекулярные структуры при высоких температурах, что делает его еще более эффективной смазкой. Кроме того, касторовое масло, как правило, не растворимо в обычных минеральных маслах, но при полимеризации при определенной температуре становится растворимым. Гидрогенизация также может достичь подобного эффекта.

Особенно интересно то, что касторовое масло обладает высокой полярностью и аффинитетом к металлическим поверхностям. У него низкая температура вспышки, всего 229 градусов Цельсия, но его температура воспламенения составляет около 449 градусов Цельсия, что делает его отличным от других синтетических масел, таких как полиалкилен гликоли, у которых температура вспышки составляет около 176-204 градусов Цельсия, а температура воспламенения находится на уровне 288 градусов Цельсия.

Таким образом, касторовое масло не горит при повышении температуры, а скорее образует более сложные полимеры.

Касторовое масло не горит, так как при повышении температуры усердно образует все более сложные полимеры. Большинство синтетических масел кипит на стенках гильзы при температурах немного выше их температуры вспышки. То же самое может происходить в области поршневого пальца, в зависимости от конструкции двигателя.

Сырое касторовое масло имеет бледно-соломенный цвет, который становится бесцветным или слегка желтоватым после переработки и отбеливания. Как и другие растительные масла, касторовое масло имеет различные физические и химические свойства, варьирующиеся в зависимости от способа добычи.

Эта информация расширяет наше понимание о химических и физических свойствах касторового масла, что позволяет нам более глубоко взглянуть на его уникальные характеристики и применение.

Касторовое масло действительно обладает рядом уникальных свойств, которые делают его ценным компонентом в различных производствах. Его высокая вязкость, связанная с водородными связями его гидроксильных групп, делает его полезным для смешивания с другими маслами. Касторовое масло также нашло широкое применение в различных производственных отраслях благодаря своим уникальным физическим свойствам. Оно имеет высокую вязкость и удельный вес, что обуславливает следующие характеристики. Полностью растворимо в спирте в любых пропорциях;

Ограниченно растворимо в алифатических растворителях.

Благодаря высокой полярности гидроксильных групп, касторовое масло не только совместимо с другими веществами, но и обладает пластичностью, что позволяет его использовать в различных областях производства. Оно также обладает превосходными свойствами проникновения, что делает его ценным компонентом в смазочных смесях.

Однако, следует отметить, что у касторового масла есть некоторые недостатки, включая небольшое снижение гидроксильных кислот и коэффициента кислотности при хранении. Однако, эти значения изменяются примерно на 10% после 90 дней хранения, что, вероятно, нужно учитывать при его использовании в различных процессах производства. Уменьшение этих значений обусловлено реакцией между гидроксильными и карбоксильными группами в молекуле масла в форме эстолидов.

Таблица 3.19. - Экспериментальные значения плотности (ρ) исследуемых растворов от концентрации бензола.

с%	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7	№8	№9
$\rho, \text{кг/м}^3_{\text{экс}}$	972,4	964,4	949,6	938	928	914	905,2	893,6	885,6
$\rho, \text{кг/м}^3_{\text{выч}}$	972,7	961,5	950,3	939,3	927,9	916,7	905,5	894,5	883,0
$\Delta, \%$	-0,03	0,3	-0,07	-0,14	0,0145	-0,29	-0,0276	-0,0723	0,289
Общая среднеарифметическая погрешность расчета по теории равна $\Delta_1 = 0,064\%$									

Образец №1 - (100% $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_5 - \text{CH}(\text{OH}) - \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH} - (\text{CH}_2)_7 - \text{COOH} + 0\% \text{C}_6\text{H}_6$); Образец №2 - (87,5% $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_5 - \text{CH}(\text{OH}) - \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH} - (\text{CH}_2)_7 - \text{COOH} + 12,5\% \text{C}_6\text{H}_6$); Образец №3 - (75% $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_5 - \text{CH}(\text{OH}) - \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH} - (\text{CH}_2)_7 - \text{COOH} + 25\% \text{C}_6\text{H}_6$); Образец №4 - (62,5% $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_5 - \text{CH}(\text{OH}) - \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH} - (\text{CH}_2)_7 - \text{COOH} + 37,5\% \text{C}_6\text{H}_6$); Образец №5 - (50% $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_5 - \text{CH}(\text{OH}) - \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH} - (\text{CH}_2)_7 - \text{COOH} + 50\% \text{C}_6\text{H}_6$); Образец №6 - (37,5% $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_5 - \text{CH}(\text{OH}) - \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH} - (\text{CH}_2)_7 - \text{COOH} + 62,5\% \text{C}_6\text{H}_6$); Образец №7 - (25% $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_5 - \text{CH}(\text{OH}) - \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH} - (\text{CH}_2)_7 - \text{COOH} + 75\% \text{C}_6\text{H}_6$); Образец №8 - (12,5% $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_5 - \text{CH}(\text{OH}) - \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH} - (\text{CH}_2)_7 - \text{COOH} + 87,5\% \text{C}_6\text{H}_6$); Образец №9 - (0% $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_5 - \text{CH}(\text{OH}) - \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH} - (\text{CH}_2)_7 - \text{COOH} + 100\% \text{C}_6\text{H}_6$)

Из таблицы видно, что, мы описываем метод измерения плотности растворов при атмосферном давлении и комнатной температуре с использованием пикнометрического метода и денсиметра. Рассказано, что объем пикнометра составляет 25 мл, и была проведена работа, опубликованная в различных источниках [47-61].

Также упоминается общая относительная погрешность измерения плотности растворов при доверительной вероятности $\alpha=0,95$, которая составляет 0,005% [2-А, 3-А, 8-А, 17-А, 18-А, 24-А, 25-А].

Методика измерения, насколько, но на основе опытах сделана вывод, что использование обеих упомянутых техник - пикнометрического и денсиметрического методов, что вероятно помогает получить более точные и надежные данные плотности исследуемых растворов.

Учитывая опубликованную нами работу, а также использование стандартизированных методов измерения, представленная наша работа, вероятно, признается как авторитетный исследовательский источник в этой области.

Как видно из таблицы 3.19 и диаграммы (таблица 3.19 и рисунок 3.25) с ростом концентрации бензол плотность касторового масла уменьшается по линейному закону.

Как видно из рисунка 3.26 с ростом концентрации бензола плотность (ρ) уменьшается. Уравнение прямой линии представлены на рисунке 3.26. имеет вид:

$$\rho = -0,8965n+972,69, \text{ кг/м}^3 \quad (3.6)$$

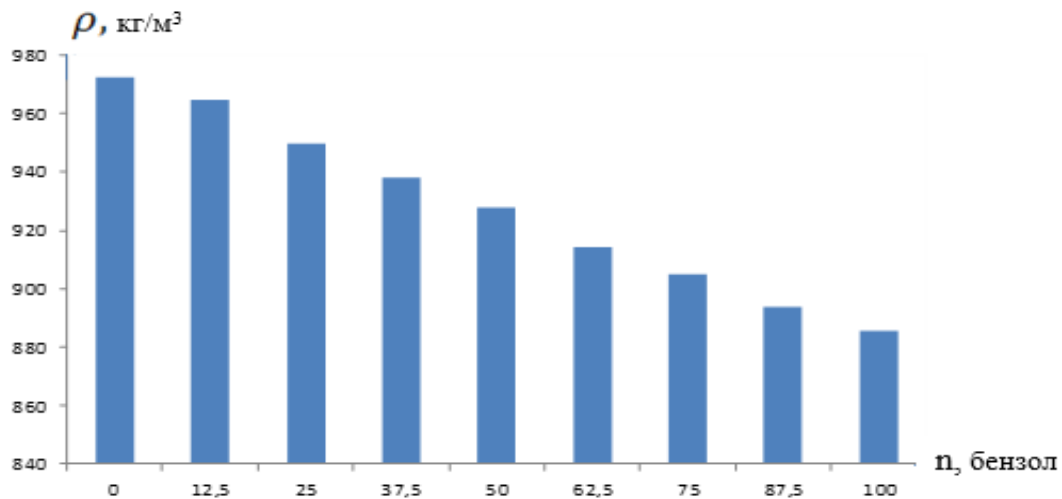


Рисунок 3.25. Диаграммы изменения плотности (ρ , кг/м³) системы (касторовое масло + бензол) при атмосферном давлении ($P=0,101\text{МПа}$) и комнатной температуре ($T=293\text{К}$).

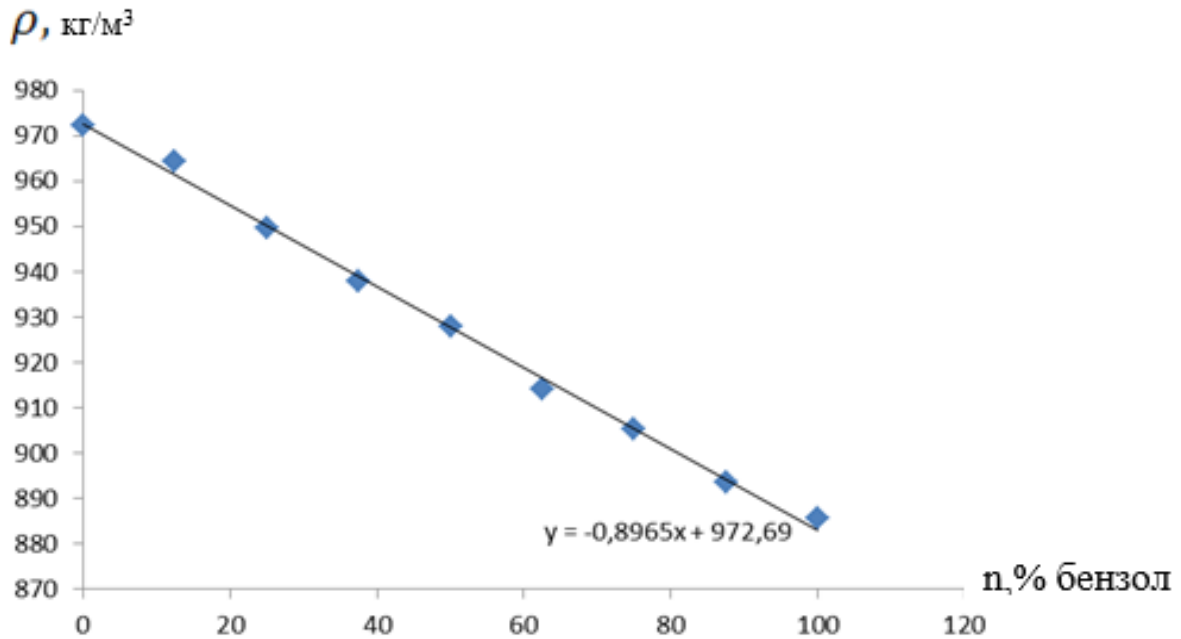


Рисунок 3.26. Зависимость расчётных данных по плотности исследуемых растворов от концентрации бензола.

Из график можно сделать вывод, что проведено экспериментальное исследование плотности и коэффициента поверхностного натяжения системы, содержащей касторовое масло и бензол. Согласно вашим данным, с ростом температуры плотность и коэффициент поверхностного натяжения исследуемых образцов уменьшаются [47, 95], [4-А, 6-А, 8-А, 11-А, 12-А, 14-А, 17-А, 23-А, 24-А]:

$$\frac{\rho}{\rho_1} = f\left(\frac{n}{n_1}\right) \quad (3.7)$$

где, ρ , ρ_1 – соответственно плотности растворов при n и n_1 : $n_1=64\%$
Согласно значениям таблицы 3.19. и графику, приведенному на рисунке 3.26, с увеличением концентрации бензола плотность в растворе уменьшается по линейному закону.

Заключение по третьему главе.

1. На основы экспериментального исследования по плотности и коэффициент поверхностного натяжения системы бензола и наночастиц сажи (бензин) на основе бензола и касторовое масло показали, что с ростом температуры ρ , σ исследуемых образцов уменьшаются.

2. Экспериментальные данные по исследованию двух- и трёхкомпонентных систем «бензола и касторовое масло + сажи фракции 5-10 нм» были получены посредством методов гиростатического взвешивания и метода капель. Кроме того, они указывают на то, что при повышении температуры до определенного предела плотность системы уменьшается, а коэффициент поверхностного натяжения снижается пропорционально.

3. На основе полученных результатов, были выполнены расчеты калорических и термодинамических свойств, а также внутренней энергии коллоидных наножидкостей. Также были проведены расчеты плотности и коэффициента поверхностного натяжения жидкостей типа "бензол сажа". Мы также изучили применимость численного метода для расчета термодинамических функций состояния этих систем.

4. Мы провели исследование, в ходе которого получили результаты о влиянии концентрации сажи (бензина) на изменение температуры кипения растворов двух- и трехкомпонентных систем.

ГЛАВА 4. АНАЛИЗ, ОБОБЩЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ПЛОТНОСТИ И КОЭФФИЦИЕНТА ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ ДВУХКОМПОНЕНТНЫХ И ТРЕХКОМПОНЕНТНЫХ РАСТВОРОВ НА ОСНОВЕ БЕНЗОЛА

В данной главе проведено, что из-за разнообразия объектов исследования в современной технологии экспериментальное получение полной информации о плотности и коэффициенте поверхностного натяжения растворов становится все более сложной задачей. Это обуславливает необходимость использования расчетно-теоретических методов для прогнозирования указанных свойств растворов и наножидкостей, включая коллоидные и суспензии.

Однако, в данной главе также проведено, обобщенные эмпирические зависимости, разработанные для определенных групп наножидкостей или растворов, часто неприменимы к другим системам. По мере увеличения сложности состава вещества (растворителя и растворенных веществ или наночастиц), трудности статистических моделей также усугубляются, что усложняет их использование для прикладных расчетов реальных растворов.

Подчеркиваю, растущий интерес к методам прогнозирования, основанным на более общем подходе к описанию теплофизических свойств, включая плотность и коэффициент поверхностного натяжения. Такие методы стремятся использовать минимум исходной информации о веществе, обеспечивая при этом возможность расчетов этих величин [3-А,5-А,7-А,8-А,12-А,13-А,15-А,17-А,20-А,21-А 23-А,25-А,27-А,28-А].

В данной главе также представлены аппроксимационные формулы, которые устанавливают связь между указанными величинами ($\sigma = f(\rho)$; $\sigma = f(T, m)$) [8-А,10-А,12-А,13-А,15-А,17-А,19-А,20-А,21-А,22-А,24-А,27-А]. Эти формулы могут быть использованы для расчета данных значений. Также в данной главе представлены аппроксимационные зависимости, устанавливающие взаимосвязь: $\sigma = f(\rho)$; $\sigma = f(T, m)$, позволяющие провести

расчет указанных величин [8-А,10-А,12-А,13-А,15-А,17-А,19-А,20-А,21-А,22-А,24-А,27-А].

Представленные нами аппроксимационные зависимости, устанавливающие взаимосвязь указанных свойств, представляют собой важный шаг в развитии методов прогнозирования и расчета физико-химических свойств растворов и наножидкостей, и могут иметь важное значение для практических применений в современной технологии.

4.1. Обобщение экспериментальных данных по плотности и коэффициент поверхностного натяжения двух- и трехкомпонентных растворов системы при различных температурах и атмосферном давлении

Мы применили функциональные зависимости для обобщения экспериментальных данных о плотности и коэффициенте поверхностного натяжения двух- и трехкомпонентных растворов на основе бензола при атмосферном давлении в диапазоне температур от 293 до 433 К. Эти зависимости были представлены в пункте 3.1 и таблицах 3.1-3.3. Мы также использовали источники [59, 96, 118, 123-128] и [2-А, 3-А, 6-А, 8-А, 10-А, 15-А, 18-А, 19-А, 20-А, 21-А, 22-А, 23-А, 26-А, 27-А, 29-А,] для подтверждения наших результатов.

$$\frac{\rho}{\rho_1} = f\left(\frac{T}{T_1}\right), \quad (4.1)$$

$$\frac{\sigma}{\sigma_1} = f\left(\frac{T}{T_1}\right), \quad (4.2)$$

где ρ , σ , ρ_1 , σ_1 - плотность, коэффициент поверхностного натяжения двухкомпонентных и трехкомпонентных растворов при температурах T и T_1 : $T_1 = 333\text{К}$.

Использование таких методик для обобщения экспериментальных данных уже было успешно продемонстрировано многими авторами. Наши функциональные зависимости (4.1) и (4.2) были успешно продемонстрированы для исследуемых растворов и демонстрируются на рисунках 4.1 и 4.2, и что экспериментальные точки хорошо соответствуют общим трендам [59, 96, 118, 123-128].

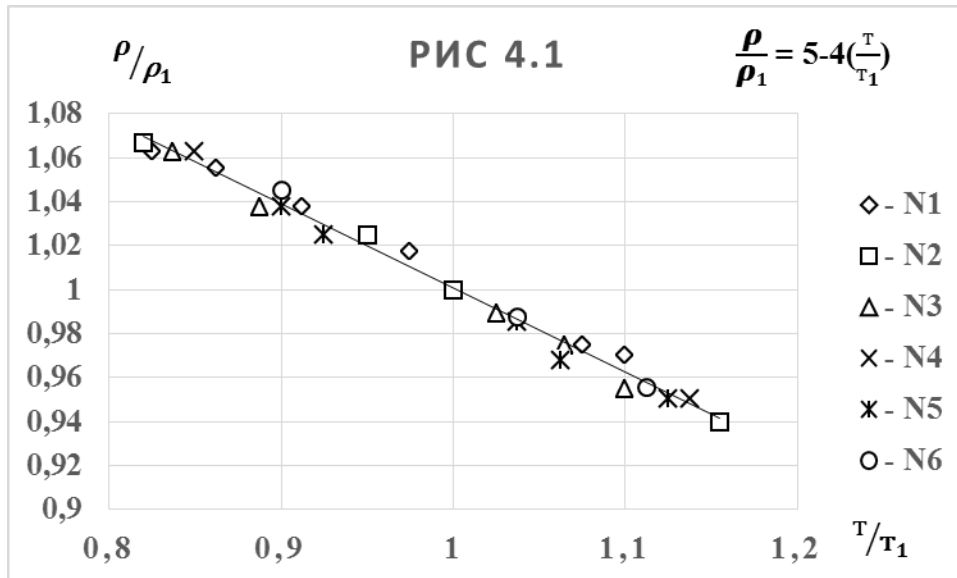


Рисунок 4.1. График относительной плотности (ρ/ρ_1) от относительной температуры (T/T_1) для растворов системы жидкого бензола + сажа (бензин). Объекты исследования: №1-(бензол х.ч.); №2-(бензол х.ч.+0,1%сажа (бензин)); №3-(бензол х.ч.+0,2%сажа (бензин)); №4-(бензол х.ч.+0,3%сажа (бензин)); №5-(бензол х.ч.+ 0,4% сажа (бензин)); №6-(бензол х.ч.+0,5%сажа (бензин)).

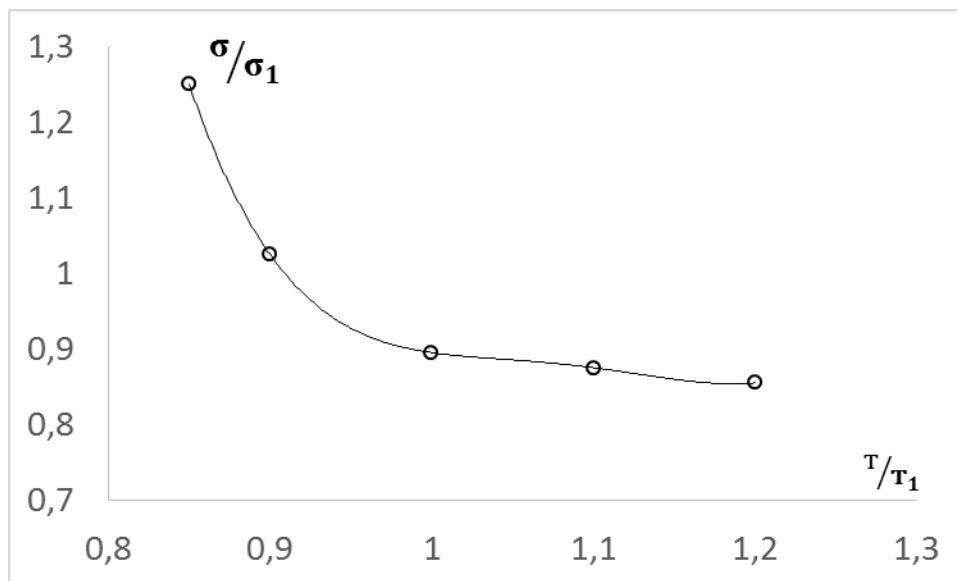


Рисунок 4.2. Зависимость относительной коэффициент поверхностного натяжения (σ/σ_1) от относительной температуры (T/T_1) для растворов системы жидкого бензола+касторового масла+сажа(бензин). Объекты исследования: №1-(бензол х. ч.); №2-(бензол х.ч.+касторовой масла+0,1% сажа (бензин)); №3-(бензол х.ч.+касторовой масла+0,2% сажа (бензин)); №4-(бензол х.ч.+касторовой масла+0,3%сажа (бензин)); №5-(бензол х. ч + касторовой масла+ 0,4%сажа (бензин)); №6- (бензол х.ч.+ касторовой масла+0,5%сажа (бензин)).

В данной работе для определения следующие опроксимационной зависимости нами было использована пакет программы Matlab и графики 4.1 и 4.2 [1-А,3-А,5-А,7-А,8-А,10-А,12-А,14-А,15-А,17-А,18-А,19-А,20-А,21-А,22-А,24-А,25-А,28-А].

$$\frac{\rho}{\rho_1} = 1,389 - 0,39\left(\frac{T}{T_1}\right) \quad (4.3)$$

$$\frac{\sigma}{\sigma_1} = -0,58\left(\frac{T}{T_1}\right)^2 + 0,88\left(\frac{T}{T_1}\right) + 0,69 \quad (4.4)$$

Как нам видна в выражение (4.3) и (4.4) значение ρ_1, σ_1 являются функциями концентрации сажи (бензин) (рисунки 4.3, 4.4 и таблиц 4.1).

Таблица 4.1. - Значение (ρ_1, σ_1) от концентрации сажи фракция (10нм)

Значение плотность $\rho_1, \text{кг}/\text{м}^3$						
Образцы	№1	№2	№3	№4	№5	№6
Фракция						
10нм	807	811	813	817	820	824
Значение $(\sigma_1 10^3, \text{Н}/\text{м})$						
10нм	25,2	36,4	44,5	49,4	54,8	57,2

Объекты исследование: №1-(бензол х.ч.); №2-(бензол х.ч.+0,1%сажа (бензин)); №3-(бензол х.ч.+0,2%сажа (бензин)); №4-(бензол х.ч.+0,3% сажа (бензин)); №5-(бензол х.ч.+ 0,4% сажа (бензин)); №6-(бензол х.ч.+0,5%сажа (бензин)).

Полученные графики и данные из таблицы позволили нам установить, что значения плотности (ρ_1) и коэффициента поверхностного натяжения (σ_1) оказались функциями концентрации сажи (бензин), и что они монотонно возрастают с увеличением концентрации сажи. Также из выражения (4.3) и (4.4) можно находят следующие уравнения:

$$\rho = [1,389 - 0,39(T/T_1)]\rho_1^*, \text{ кг}/\text{м}^3 \quad (4.5)$$

$$\sigma = [-0,58(T/T_1)^2 + 0,88(T/T_1) + 0,69]\sigma_1^*, \text{ Н}/\text{м} \quad (4.6)$$

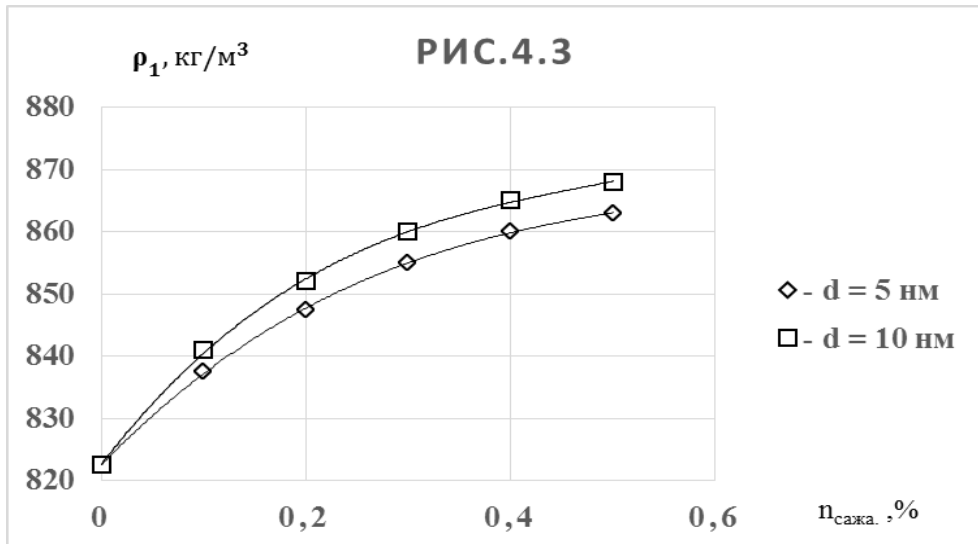


Рисунок 4.3. Зависимость плотности исследуемых коллоидных растворов при температуре $T_1=333\text{K}$ (ρ_1) от концентрации сажи. Объекты исследования: №1-(бензол х.ч.); №2-(бензол х.ч.+0,1% сажа (бензин)); №3-(бензол х.ч.+0,2%сажа (бензин)); №4-(бензол х.ч.+0,3%сажа (бензин)); №5-(бензол х.ч.+0,4% сажа (бензин)); №6-(бензол х.ч.+0,5%сажа (бензин)).

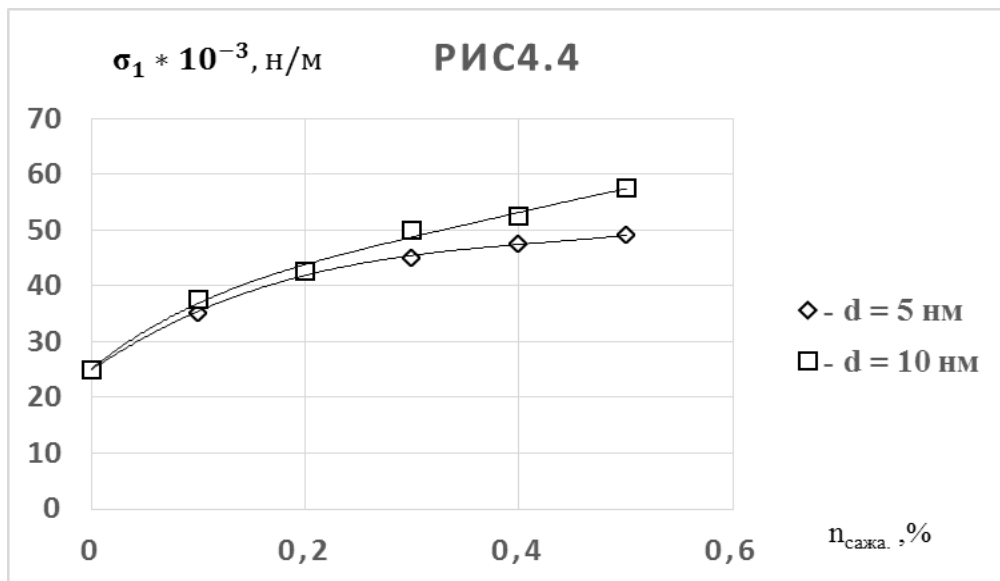


Рисунок 4.4. Зависимость коэффициент поверхностного натяжения при температуре $T_1=333\text{K}$ (σ_1) от концентрации сажи. Объекты исследования: №1-(бензол х.ч.); № 2-(бензол х.ч.+0,1% сажа (бензин)); №3-(бензол х.ч.+0,2%сажа (бензин)); №4-(бензол х.ч.+0,3% сажа (бензин)); №5-(бензол х.ч.+0,4%сажа (бензин)); №6-(бензол х.ч.+ 0,5 %сажа (бензин)).

Как видно, из графики приведены на рисунках 4.3,4.4 и таблица 4.1 значение (ρ_1, σ_1) с повышением концентрации сажи (бензин) монотонно растут.

Для обобщения и объединения данных, для значение (ρ_1, σ_1) мы использовали определенные функциональные зависимости [2-А, 4-А, 6-А, 7-А, 8-А,

9-А, 10-А, 12-А, 13-А, 14-А, 15-А, 17-А, 18-А, 20-А, 21-А, 22-А, 24-А].

$$\rho_1 / \rho_1^* = f(n_{сажа} / n_{сажа}^*) \quad (4.7)$$

$$\sigma_1 / \sigma_1^* = f(n_{сажа} / n_{сажа}^*) \quad (4.8)$$

Формула для расчета графики, приведенный на рисунках 4.3, 4.4 и таблица 4.1 имеет следующие функциональные зависимости [3-А, 5-А, 7-А, 9-А, 11-А, 13-А, 15-А, 18-А, 19-А, 21-А, 22-А, 23-А, 24-А, 25-А, 26-А, 27-А, 28-А]:

$$\rho_1 / \rho_1^* = 0,012(n_{сажа} / n_{сажа}^*) + 0,988 \quad (4.9)$$

$$\sigma_1 / \sigma_1^* = 0,01(n_{сажа} / n_{сажа}^*) + 0,99 \quad (4.10)$$

Используя выражения (4.9) и (4.10) получим следующее выражение:

$$\rho_1 = \{0,012(n_{сажа} / n_{сажа}^*) + 0,988\} \rho_1^* \quad (4.11)$$

$$\sigma_1 = \{0,01(n_{сажа} / n_{сажа}^*) + 0,99\} \sigma_1^* \quad (4.12)$$

Функции (ρ_1^*, λ_1^*) представляют собой зависимости размеров наночастиц, введенных в жидком бензоле, которые представлены на рисунках 4.5 и 4.6.

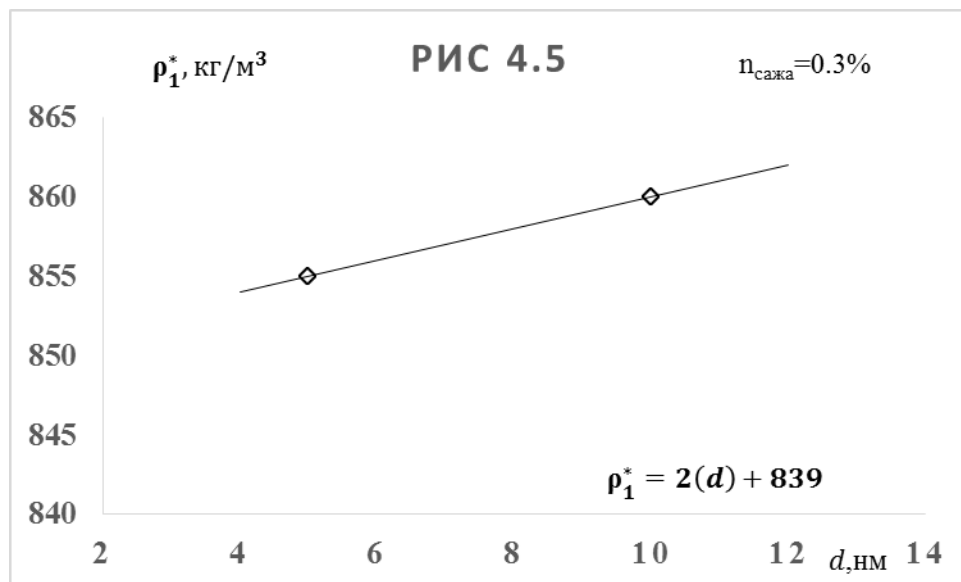


Рисунок 4.5. Зависимость значения плотности (ρ_1^*) от размеров наночастиц введенными в теплоносители (d)

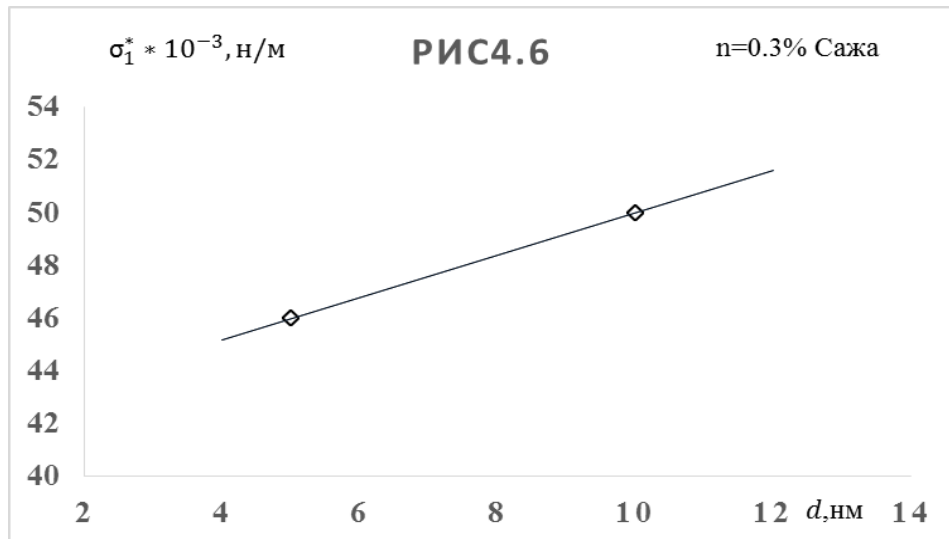


Рисунок 4.6. Зависимость коэффициент поверхностного натяжения (σ_1^*) от размеров наночастиц внедренные в теплоносители (бензола) (d).

Прямые линии показанных на рисунках 4.5 и 4.6 описываются следующими выражениями:

$$(\rho_1^*) = (d+839), \text{ кг/м}^3 \quad (4.13)$$

$$(\sigma_1^*) = (0,9d+41,5) 10^{-3}, \text{ Н/м} \quad (4.14)$$

Выражение (4.5) и (4.6) с использованием уравнении (4.11) - (4.14) будут выглядеть следующим образом [4-А,5-А,7-А,8-А,9-А,11-А,12-А,14-А, 15-А, 17-А, 18-А,20-А,25-А]:

$$\rho = [1,389 - 0,39(T/T_1)] * \{0,012(n_{\text{сажа}}/n_{\text{сажа}}^*) + 0,988\} \cdot (d+839), \text{ кг/м}^3 \quad (4.15)$$

$$\sigma = [1,44 - 0,44(T/T_1)] * \{0,01(n_{\text{сажа}}/n_{\text{сажа}}^*) + 0,99\} (0,9d+41,5) 10^{-3}, \text{ Н/м} \quad (4.16)$$

Таким образом можно сделать вывод, что с помощью уравнении (4.15) и (4.16) можно определит плотность и коэффициент поверхностного натяжения двухкомпонентных и трехкомпонентных коллоидных растворов на основе бензола и касторовое масло, и внедренным в них наночастиц сажи (бензин), в диапазон температуры от 273К до 343К и атмосферная давления. Для проведения расчёт по уравнениями (4.15) и (4.16) необходимо значение температуры в кельвинах и концентрации сажи (бензин) внедренных в системы бензоле и касторовое масло в процентном соотношения. Были проведены численные расчеты для двухкомпонентных и трехкомпонентных растворов на основе системы бензола и касто-

рового масла с добавлением сажи. Для этого использовались уравнения (4.15) и (4.16). Анализ проведенных расчетов показал результаты для соответствующих компонентов [2-А,4-А,6-А,8-А,9-А,10-А,11-А,13-А,15-А,17-А,19-А,20-А,21-А,22-А,23-А].

Таблица 4.2. - Сравнение экспериментальных данных плотности коллоидных растворов на основе бензола и касторовое масло с вычисленными значениями различными концентрациями с по уравнением (4.15).

<i>Плотность (расчет по форм. (4.15))</i>								
Т,К	293	313	333	353	373	393	413	443
Образец №2-(х.ч. бензол+касторовое масло+0,1%сажи),5нм								
$\rho_{\text{экс.}}$, кг/м ³	887,2	851,4	836,1	816,8	798,4	779,0	757,3	-
$\rho_{\text{рас.}}$, кг/м ³	880,6	857,5	839,0	818,6	798,7	779,4	760,1	-
Δ ,%	0,38	0,72	0,35	0,22	0,03	0,05	0,36	-
δ ,%	<i>Средний квадратический погрешность расчета плотности по урав. (4.15) -0,25%</i>							
Образец №6-(х.ч. бензол+касторовое масло +0,5%сажи),10нм								
$\rho_{\text{экс.}}$, кг/м ³	899,5	868,5	849,7	838,8	812,5	791,5	769,3	754,5
$\rho_{\text{рас.}}$, кг/м ³	894,2	874,5	855,6	835,2	814,5	794,8	775,2	744,6
Δ ,%	-0,58	0,69	0,68	0,43	0,25	0,42	0,77	1,3
δ ,%	<i>Средний квадратический погрешность расчета плотности по урав. (4.15) -0,49%</i>							

Таблица 4.3. - Сравнение экспериментальных данных коэффициент поверхностного натяжения коллоидных растворов на основе бензола и касторовое масло с вычисленными значениями различными концентрациями с по уравнением (4.16).

<i>Коэффициент поверхностного натяжения расчет по форм. (4.16)</i>						
Образец №2-(х.ч. бензол+касторовое масло+0,1%сажи),5нм						
$\sigma_{\text{экс.}} \cdot 10^3$, Н/м	47,78	45,56	45,4	45,5	42,8	43,7
$\sigma_{\text{рас.}} \cdot 10^3$, Н/м	48,01	46,9	45,7	44,44	43,19	41,98

$\Delta, \%$	0,48	2,94	0,66	-2,32	0,91	-3,93
$\delta, \%$	<i>Средний квадратический погрешность расчета коэффициента поверхностного натяжения по урав. (4.16) -0,21%</i>					
	Образец №6-(х.ч. бензол+касторовое масло+0,5%сажи),10нм					
$\sigma_{\text{экс.}} \cdot 10^3, \text{ Н/м}$	52,43	51,06	49,94	48,53	47,22	45,7
$\sigma_{\text{рас.}} \cdot 10^3, \text{ Н/м}$	53,53	52,16	50,84	49,49	48,15	46,8
$\Delta, \%$	2,09	2,15	1,8	1,98	1,96	2,41
$\delta, \%$	<i>Средний квадратический погрешность расчета коэффициента поверхностного натяжения по урав. (4.16) -2,07%</i>					

Проведенные численные расчеты, основанные на аппроксимационных зависимостях, полученных из уравнений (4.15) и (4.16) (приведенных в таблице 4.2-4.3), показали, что результаты расчетов плотности (по уравнению 4.15) с погрешностью в 0,49% соответствуют экспериментальным данным, а для коэффициента поверхностного натяжения (по уравнению 4.16) погрешность составляет 1,44%. Таким образом, результаты численных расчетов согласуются с экспериментальными данными.

Использование функциональных зависимостей для обобщения экспериментальных данных по физико-химическим свойствам растворов важно для понимания и интерпретации результатов исследований. Ваши наблюдения о соответствии экспериментальных данных общим трендам позволяют прийти к выводу о применимости данных зависимостей для анализа и прогнозирования свойств растворов на основе бензола в описанном температурном диапазоне.

4.2. Обработка экспериментальных данных по плотности исследуемых растворов двухкомпонентных (бензола +сажи (бензин) и касторовое масло + сажи (бензин)) при различных температурах на линии насыщения

Для обобщения результатов экспериментов, проведенных с различными растворами на основе бензола и касторового масла, мы использовали определенные математические модели. Эти модели позволяют предсказывать плотность растворов в зависимости от температуры в

определенном диапазоне значений (от 180 до 550 К) при атмосферном давлении. Для этого мы использовали функциональные зависимости, которые были представлены в источниках [59, 96, 118, 123-128] и [4-А, 6-А, 7-А, 9-А, 11-А, 13-А, 15-А, 17-А, 19-А, 20-А, 21-А, 23-А, 24-А, 25-А, 26-А, 28-А].

$$\frac{\rho}{\rho_1} = f\left(\frac{T}{T_1}\right), \quad (4.17)$$

где ρ , ρ_1 – плотность исследуемых растворов при температурах T и T_1 : $T_1 = 333\text{К}$.

Разработана методика для обобщения экспериментальных данных о теплофизических свойствах различных веществ, включая жидкости, газы, твердые тела и растворы. Успешность этой методики подтверждается множеством авторов и ссылками на соответствующие источники [62, 95, 118, 123-128]. Стоит отметить, что на рисунке 4.7 представлена зависимость (4.17) для изучаемых растворов, и экспериментальные точки хорошо соответствуют общим тенденциям, что свидетельствует о успешной аппроксимации данных.

Для поиска аппроксимационных зависимостей, вы использовали пакет программ MATLAB или Excel с учетом графиков, представленных на рисунке 4.7.

Использование аппроксимационных зависимостей позволяет вам создавать математические модели, которые описывают ваши экспериментальные данные и выражают их в форме уравнений или графиков. Это имеет важное значение для дальнейшего анализа данных и прогнозирования характеристик исследуемых веществ [5-А,6-А,8-А,10-А,11-А,13-А,14-А,15-А,17-А,19-А,20-А]:

$$\rho/\rho_1 = 1,389 - 0,39(T/T_1) \quad (4.18)$$

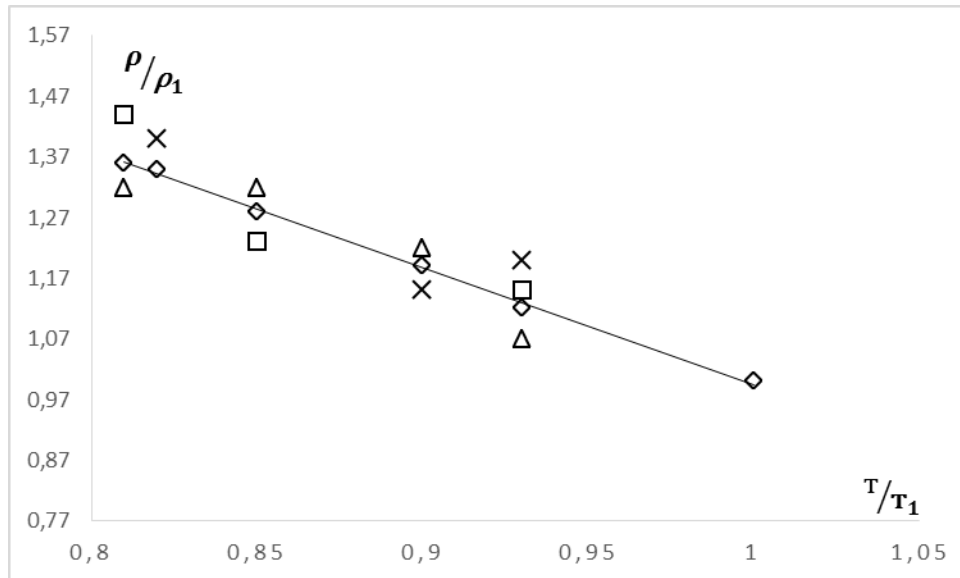


Рисунок 4.7. Зависимость относительной плотности (ρ/ρ_1) от относительной температуры (T/T_1) для растворов системы жидкого бензола + сажи (бензин) на линии насыщения. Объекты исследования: №1-(бензола х.ч.); №2-(бензола х.ч.+ 0,1% сажи (бензин)); №3-(бензолах.ч.+0,2%сажи(бензин)); №4-(бензолах.ч.+0,3%сажи (бензин)); №5-бензола х.ч.+0,4% сажи (бензин); №6-(бензола х.ч.+0,5%сажи (бензин)).

В уравнение (4.17) и (4.18) оказалось, что значение ρ_1 являются функциями концентрации наночастиц сажи (бензин) (рисунок 4.8 и таблиц 4.3).

Таблица 4.4. - Значение плотности (ρ_1) от концентрации наночастиц сажи (бензин) на линии насыщения.

Значение ($\rho_1, \text{кг/м}^3$)						
10нм	820	842	852	859	867	876

Объекты исследования: №1-(бензол х.ч.); №2-(бензол х.ч.+0,1%. сажи) (бензин); №3-(бензол х.ч.+0,2%сажи) (бензин); №4-(бензол х.ч.+0,3%сажи) (бензин); №5-(бензол х.ч.+0,4%сажи) (бензин); №6-(бензол х. ч.+0,5%сажи) (бензин).

Как можно заметить, в таблице 4.4 значение (ρ_1) увеличивается монотонно с повышением концентрации сажи (бензина). Для объединения данных, представленных на рисунке 4.8 и в таблице 4.3, были использованы следующие функциональные зависимости [2-А,3-А,5-А,7-А,9-А,11-А,13-А,15-А,19-А,22-А,24-А,25-А,26-А]:

$$\rho_1/\rho_1^* = f(n_{\text{сажа}}/n_{\text{сажа}}^*) \quad (4.19)$$

Для обобщение экспериментальных данных по плотности растворов значение $T_1=333$ К и концентрации сажи равна $n=0,3\%$. Эти зависимости позволяют вам установить связь между плотностью и фракцией сажи, введенной в жидком бензоле [2-А, 3-А, 5-А, 7-А, 9-А, 11-А, 13-А, 15-А, 19-А, 22-А, 24-А, 25-А, 26-А]:

$$\frac{\rho_1}{\rho_1^*} = 0,069 \left(n_{\text{сажа}} / n_{\text{сажа}}^* \right)^2 + 0,108 \left(n_{\text{сажа}} / n_{\text{сажа}}^* \right) + 0,799 \quad (4.20)$$

Из уравнения (4.20) получим следующее выражение [4-А, 6-А, 8-А, 10-А, 12-А, 14-А, 18-А, 20-А, 22-А, 23-А]:

$$\rho_1 = \{0,069 \left(n_{\text{сажа}} / n_{\text{сажа}}^* \right)^2 + 0,108 \left(n_{\text{сажа}} / n_{\text{сажа}}^* \right) + 0,799\} \rho_1^* \quad (4.21)$$

В уравнениях (4.21) значение (ρ_1^*) являются функциями фракции сажи (бензин) введенных в жидком бензоле (рисунок 4.8).

В таблице 4.3 значения плотности (ρ_1) монотонно увеличиваются с повышением концентрации сажи (бензин). Для обобщения или объединения данных из графика, представленного на рисунке 4.8, и таблицы 4.4 значения плотности (ρ_1), вы использовали функциональные зависимости, указанные в формулах (4.19), (4.20) и (4.21).

Надо отметить, что важны для понимания влияния концентрации сажи на физико-химические свойства жидкостей, в данном случае, на плотность. Понимание таких зависимостей имеет большое значение для многих отраслей, включая технологии сжигания и обработки топлива, окружающую среду и технологии очистки.

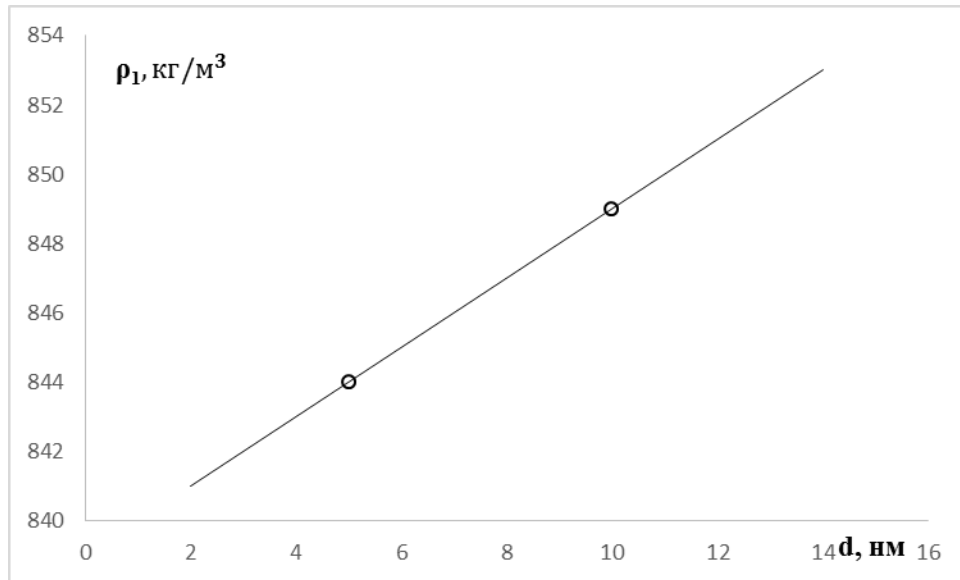


Рисунок 4.8. Зависимость (ρ_1^*) от фракции сажи (бензин) внедренным в теплоносителе (бензола).

На рисунке 4.8 изображен график прямой линии, который описывается выражениями, представленными в формуле (4.22). Уравнение (4.18), учитывая выражения (4.20) - (4.22), может быть переписано в виде уравнения (4.23). Это уравнение позволяет численно определить плотность двухкомпонентных растворов на основе бензола с наночастицами сажи (бензин) при различных температурах (от 273 до 343 К) и давлениях (0,101 МПа) [5-А, 8-А, 10-А, 14-А, 16-А, 18-А, 20-А, 22-А, 24-А, 26-А, 28-А].

$$\rho_1^* = (d + 839), \text{кг} / \text{м}^3 \quad (4.22)$$

$$\rho = [1,389 - 0,39(T/T_1)] * \{0,069(n_{\text{сажа}}/n_{\text{сажа}}^*)^2 + 0,108(n_{\text{сажа}}/n_{\text{сажа}}^*) + 0,799\} (d+839), \text{кг} / \text{м}^3 \quad (4.23)$$

Для проведения расчетов по уравнению (4.23) для некоторых двухкомпонентных растворов на основе бензола и касторового масла, содержащих добавки сажи (бензин), вам необходимо значение температуры в Кельвинах и концентрации сажи (бензин) в процентном соотношении. Результаты численных расчетов с использованием уравнения (4.23) для этих растворов приведены в таблице 4.4 [5-А, 7-А, 9-А, 11-А, 13-А, 15-А, 17-А, 19-А, 22-А, 23-А, 24-А].

Таким образом, вы использовали математические модели (формулы) для расчета плотности двухкомпонентных растворов. Представленные вами резуль-

таты могут быть важны для понимания физико-химических свойств таких растворов и их применения в различных областях, таких как производство и применение топлива, химическая промышленность и экология.

Таблица 4.5. - Сравнение вычисленных значение плотности двухкомпонентных растворов на основе бензола с экспериментальными данными по уравнением (4.23).

<i>Температура, К</i>									
Т,К	293	313	323	333	353	373	393	413	443
<i>Расчет плотности по форм. (4.23)</i>									
Образец №2-(х.ч. бензол + 0,1%сажа), 5нм (бензин)									
$\rho_{\text{экс.}}, \text{кг/м}^3$	879,7	859,5	846,4	837,5	822,7	802,8	781,9	769,2	730,7
$\rho_{\text{рас.}}, \text{кг/м}^3$	877,5	857,8	847,9	839,0	818,5	798,5	779,4	766,1	729,9
$\Delta, \%$	-0,25	-0,19	-0,17	-0,18	0,51	0,54	0,32	0,4	0,11
$\delta, \%$	<i>Средний квадратический погрешность расчета плотности по урав. (4.23) -1,09%</i>								
Образец №6-(х.ч. бензол+0,5%сажа),10нм (бензин)									
$\rho_{\text{экс.}}, \text{кг/м}^3$	893,4	869,6	863,7	854,8	831,6	815,8	796,3	774,4	745,7
$\rho_{\text{рас.}}, \text{кг/м}^3$	894,2	874,5	864,8	855,6	835,1	814,5	794,8	775,2	744,5
$\Delta, \%$	-0,089	0,56	-0,13	-0,12	-0,42	-0,16	0,19	-0,1	0,16
$\delta, \%$	<i>Средний квадратический погрешность расчета плотности по урав. (4.23) -0,11%.</i>								

Полученные нами численные расчеты по аппроксимационным зависимостям плотности, основанным на уравнении (4.23), представлены в таблице 4.5. Результаты расчетов, с учетом среднеквадратической погрешности, соответствуют экспериментальным значениям плотности, полученным по выражению (4.23). Обнаружена погрешность в размере - 0.6%. Подтверждается согласованность результатов численных расчетов с экспериментальными данными.

Эти результаты свидетельствуют о том, что наши аппроксимационные зависимости позволяют успешно моделировать и предсказывать физико-

химические свойства исследуемых растворов на основе бензола и касторового масла. Наши расчеты являются важным шагом в направлении понимания и предсказания свойств смесей на основе экспериментальных данных, что имеет важное значение для промышленности и научных исследований.

4.3. Обобщение коэффициент поверхностного натяжения растворов на основе бензола, касторовое масло и сажи (бензин) при атмосферном давлении

Для обобщения экспериментальных данных о коэффициенте поверхностного натяжения исследуемых растворов на основе бензола и касторового масла при разных температурах (293-383К) при атмосферном давлении (0,101 МПа) были использованы функциональные зависимости. Функция (4.24) включает коэффициенты поверхностного натяжения (σ , σ_1) и исследуемых растворов при разных температурах (T и T_1). В соответствии с вашим описанием, экспериментальные данные хорошо соответствуют общей кривой, что говорит о достоверности и адекватности использованных функциональных зависимостей [59,96, 118,123-128] и [3-A,6-A,8-A,10-A,12- A, 13-A,15-A,18-A,20-A,24-A,25-A,26-A,28-A].

$$\frac{\sigma}{\sigma_1} = f\left(\frac{T}{T_1}\right), \quad (4.24)$$

где σ , σ_1 – коэффициент поверхностного натяжения исследуемых растворов при температурах T и T_1 : $T_1 = 333\text{K}$.

Для аппроксимации зависимостей (4.24) вы собираетесь использовать пакеты программного обеспечения, такие как SigmaPlot, MATLAB или Excel, а также график, представленный на рисунке 4.10. Эти инструменты могут быть эффективными для проведения аппроксимации и анализа ваших данных.

При использовании программного обеспечения для аппроксимации зависимостей (4.25) вы сможете получить уравнения, которые наилучшим образом соответствуют вашим экспериментальным данным. Это может помочь

вам в построении более общих моделей поведения исследуемых растворов на основе бензола и касторового масла при различных температурах.

Использование аппроксимационных зависимостей может привести к более глубокому пониманию и предсказанию поведения ваших систем, что важно для проведения будущих исследований и практического применения полученных знаний.

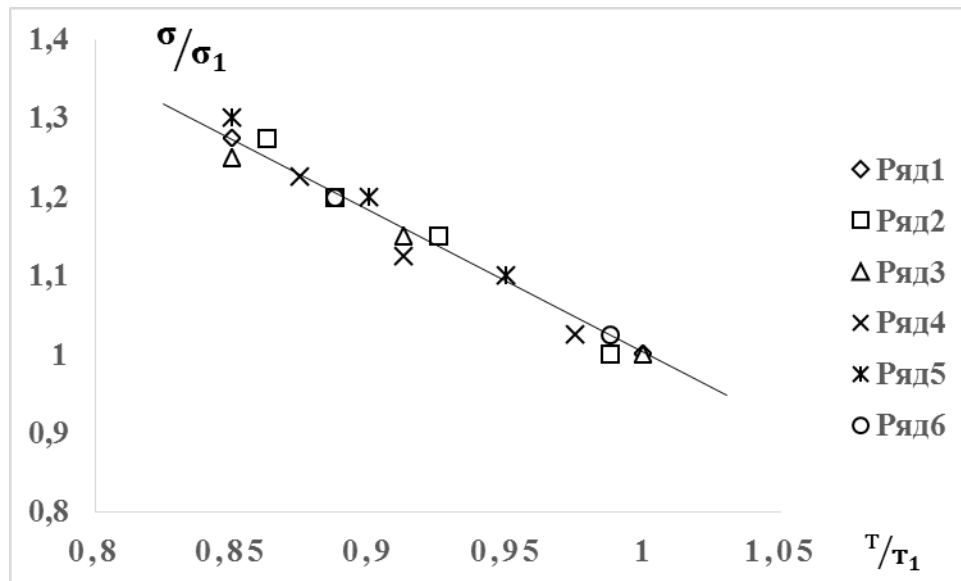


Рисунок 4.9. Зависимость относительного коэффициента поверхностного натяжения (σ/σ_1) от относительной температуры (T/T_1) для растворов системы жидкого бензола + сажи на линии насыщения. Объекты исследования: №1-(бензол х.ч.); №2-(бензол х.ч.+0,1%сажа (бензин)); №3-(бензол х.ч.+0,2%сажа (бензин)); №4-(бензол х.ч.+0,3% сажа (бензин)); №5-(бензол х.ч.+0,4%сажа (бензин)); №6-(бензол х.ч.+ 0,5% сажа (бензин)).

Таблица 4.6. - Значение ($\sigma_1 \cdot 10^{-3}$) от концентрации сажи на линии насыщении при температуре $T_1=333\text{K}$.

Значение ($\sigma_1 \cdot 10^{-3}$, Н/м)						
n, %	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
5нм	23,8	23,4	25,1	26,03	26,9	27,6
10нм	23,8	24,55	25,45	26,32	27,25	28,22

Объекты исследования: №1-(бензол х.ч.); №2-(бензол х.ч.+0,1% сажи (бензин)); №3-(бензол х.ч.+0,2сажа(бензин)); №4-(бензол х.ч.+0,3%сажа(бензин)); №5-(бензол х.ч.+ 0,4 %сажа(бензин)); №6-(бензол х. ч.+0,5%сажа(бензин)).

$$\sigma/\sigma_1 = 2,87 - 1,87(T/T_1) \quad (4.25)$$

В уравнение (4.25) оказалось, что значение σ_1 являются функциями концентрации сажи (бензин) (рисунок 4.11 и таблиц 4.5).

Из уравнения (4.25) находим [1-А, 3-А, 6-А, 8-А, 10-А, 13-А, 15-А, 18-А, 20-А, 22-А, 24-А, 28-А]:

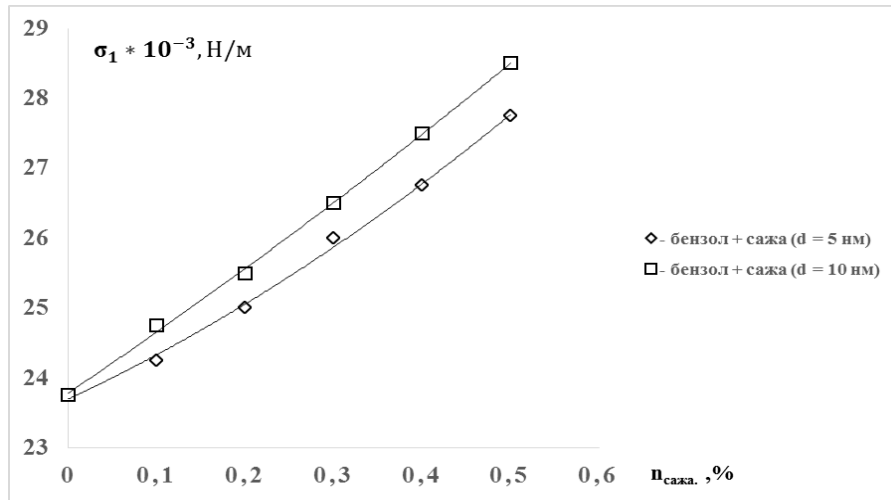


Рисунок 4.10. Зависимость коэффициент поверхностного натяжения системы бензола при температуре $T_1=333\text{K}$ (σ_1) от концентрации сажи (бензин). *Объекты исследование №1-(бензол х.ч.); №2-(бензол х.ч.+0,1%сажи (бензин)); №3-(бензол х.ч.+0,2% сажи (бензин)); №4-(бензол х.ч.+0,3%сажи(бензин)); №5-(бензол х.ч.+0,4% сажи (бензин)); №6 -(бензол х.ч. + 0,5% сажи (бензин)).*

Интересны функциональные зависимости и связи между значениями (σ_1) и концентрацией сажи (бензин), как показано на графике (рисунок 4.10) и в таблице 4.6. Возможно, вам нужно обобщить или объединить эти зависимости для дальнейшего анализа.

Если величина (σ_1) увеличивается с ростом концентрации сажи (бензин), то можно использовать функциональные зависимости для математического описания этого взаимосвязи. Такие зависимости могут помочь не только понять эмпирические данные, но и предсказать значения (σ_1) для различных концентраций сажи [6-А, 8-А, 10-А, 13-А, 15-А, 18-А, 22-А, 24-А, 28-А].

$$\sigma_1/\sigma_1^* = f\left(n_{\text{сажи}}/n_{\text{сажи}}^*\right) \quad (4.26)$$

Для уравнения (4.26) коэффициенте поверхностного натяжения использованы можно рассчитать если $T_1=333\text{K}$ и $n_{\text{сажи}}=0,3\%$ (бензин).

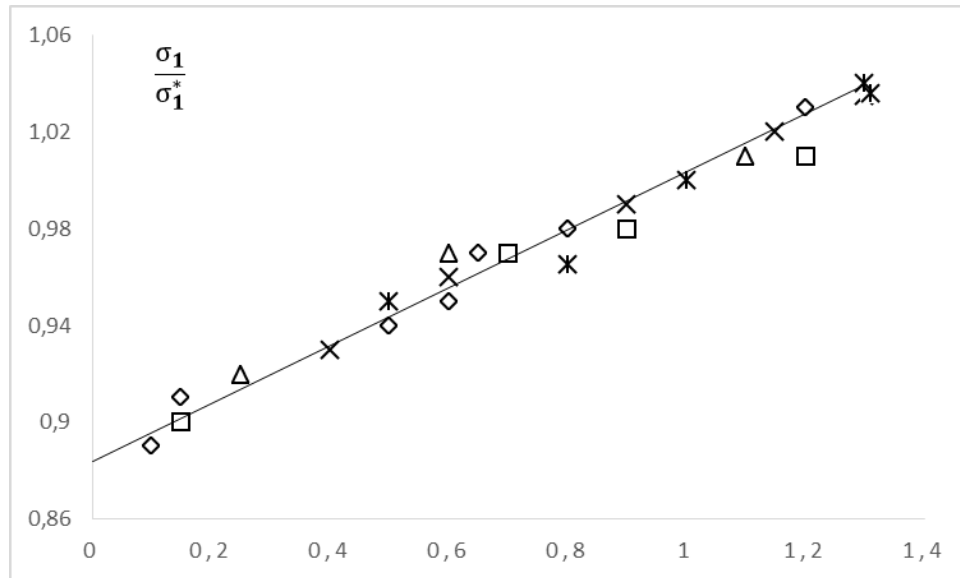


Рисунок 4.11. Зависимость относительного коэффициента поверхностного натяжения $\left(\frac{\sigma_1}{\sigma_1^*}\right)$ от относительной концентрации сажи (бензин) $\left(\frac{n_{сажа}}{n_{сажа}^*}\right)$ для исследуемых растворов:

Для построения графика, представленного на рисунке 4.11, используется таблица 4.6, в которой приведены следующие функциональные зависимости:

$$\sigma_1/\sigma_1^* = 0,11\left(n_{сажа}/n_{сажа}^*\right) + 0,89 \quad (4.27)$$

На основе выражения (4.27) получаем следующие формулы:

$$\sigma_1 = \{0,11\left(n_{сажа}/n_{сажа}^*\right) + 0,89\}\sigma_1^* \quad (4.28)$$

В уравнениях (4.29) значения (σ_1^*) являются функциями размеров наночастиц, введенных в жидкий бензол (рисунок 4.11).

Графики прямых линий, изображенные на рисунке 4.11, описываются следующими выражениями [1-А, 4-А, 6-А, 9-А, 12-А, 14-А, 16-А, 18-А, 20-А, 22-А, 24-А, 25-А, 26-А, 28-А]:

$$(\sigma_1^*) = (0,17d + 25,1) \cdot 10^{-3}, \text{ Н/м} \quad (4.29)$$

Формула (4.29) с учетом выражение (4.25) - (4.28) можно выразить следующим образом [1-А, 4-А, 6-А, 9-А, 12-А, 14-А, 16-А, 18-А, 20-А, 22-А, 24-А, 25-А, 26-А, 28-А].

$$\sigma = [2,87 - 1,87(T/T_1)]^* \{0,11\left(n_{сажа}/n_{сажа}^*\right) + 0,89\} (0,17d + 25,1) \cdot 10^{-3}, \text{ Н/м} \quad (4.30)$$

Мы имеем набор функций для расчета графиков, представленных в таблице 4.6 и на рисунке 4.11, включая соответствующие выражения (4.27), (4.28) и (4.29), а также уравнение (4.30) для численного определения коэффициента поверхностного натяжения наножидкостей на основе бензола при различных температурах (273-343К) и давлениях (0,101 МПа).

Данная функциональная зависимость и уравнения позволяют численно определить коэффициент поверхностного натяжения для наножидкостей на основе бензола как в чистом виде, так и при добавлении наночастиц сажи (например, бензин) и касторового масла. Такие расчеты могут быть важны для понимания свойств и поведения коллоидных систем, особенно при различных условиях температуры и давления.

Учитывая важность этих расчетов, полученные уравнения и функции могут быть полезны для исследователей и инженеров, работающих в области нанотехнологий, коллоидной химии и физико-химических исследований. Они представляют собой инструмент для лучшего понимания и моделирования поведения наножидкостей на основе бензола в разнообразных условиях [1-А, 4-А, 6-А, 9-А, 12-А, 14-А, 16-А, 18-А, 20-А, 22-А, 24-А, 25-А, 26-А, 28-А].

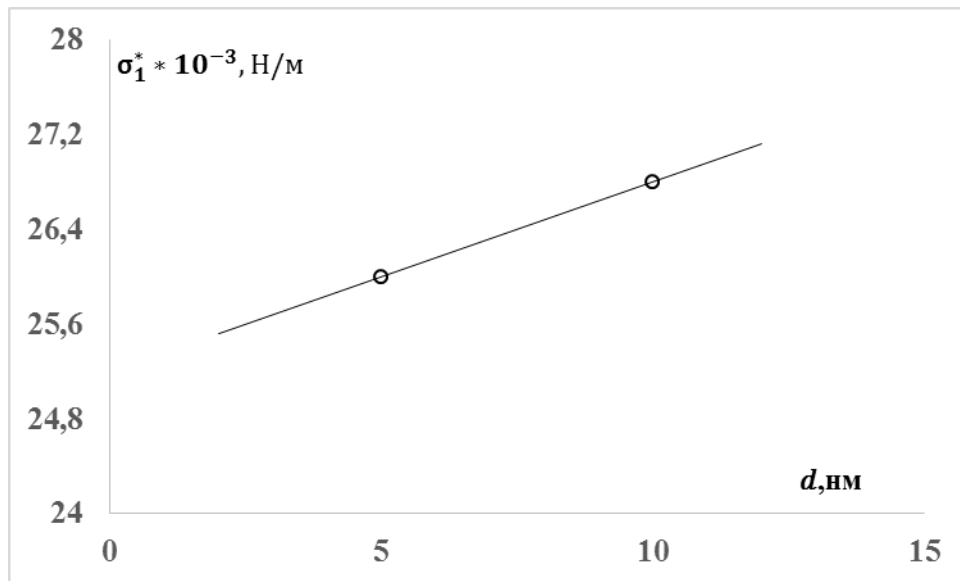


Рисунок 4.12. Зависимость (σ_1^*) от размеров наночастиц внедренным в теплоносителей (бензола) (d).

Для проведения расчетов по формуле (4.30) требуется знать значение температуры (T , в Кельвинах), концентрацию наносажи в системе коллоидной наножидкости на основе бензола и касторового масла в процентном соотношении, а также размеры наносажи (в нм).

В таблице 4.6 представлены результаты численных расчетов по уравнениям (4.30) для нескольких коллоидных наножидкостей на основе бензола, включая добавление наночастиц сажи и касторового масла.

Эти данные могут быть интересны для профессионалов в области коллоидной химии, нанотехнологий и физико-химических исследований.

Размеры наносажи, концентрация сажи и температура играют важную роль при определении поверхностных свойств коллоидных систем. У вас есть данные, которые могут быть использованы для анализа и моделирования поведения этих систем в различных условиях.

Таким образом, таблица 4.7 с результатами численных расчетов может быть ценным ресурсом для исследователей и инженеров, позволяя им лучше понять влияние концентрации наносажи и температуры на свойства коллоидных наножидкостей на основе бензола и касторового масла [5-А, 8-А, 12-А, 17-А, 19-А, 20-А, 22-А].

Таблица 4.7. - Сравнение вычисленных значение коэффициент поверхностного натяжения (4.30) растворов на основе бензола и сажи (бензин), различными фракциями с экспериментальными данными.

<i>Температура, К</i>						
Т,К	283	293	303	313	323	333
	<i>Коэффициент поверхностного натяжения расчет по форм. (4.30)</i>					
	<i>Образец №2-(х.ч. бензол+0,1%сажа),5нм (бензин)</i>					
$\sigma_{\text{экс}} \cdot 10^3, \text{ Н/м}$	30,76	29,49	28,15	26,9	25,8	24,35
$\sigma_{\text{рас}} \cdot 10^3, \text{ Н/м}$	30,81	29,46	28,1	26,76	25,41	24,06
$\Delta, \%$	-0,16	-0,1	0,18	0,52	1,51	1,19
$\delta, \%$	<i>Средний квадратический погрешность расчета коэффициент поверхностного натяжения по урав. (4.30) -0,52%</i>					

	Образец №4-(х.ч. бензол+0,3%сажа),10нм (бензин)					
$\sigma_{\text{экс}} \cdot 10^3, \text{ Н/м}$	34,30	32,75	31,28	29,76	28,18	26,8
$\sigma_{\text{рас}} \cdot 10^3, \text{ Н/м}$	34,33	32,83	31,31	29,8	28,3	26,8
$\Delta, \%$	0,09	0,24	0,09	0,13	0,43	0
$\delta, \%$	<i>Средний квадратический погрешность расчета коэффициент поверхностного натяжения по урав. (4.30) -0,16%</i>					

Из таблица 4.7 видна, что результаты численных расчетов аппроксимационных зависимостей коэффициента поверхностного натяжения, полученные с использованием уравнения (4.30) (как показано в таблице 4.7), показывают, что среднеквадратическая погрешность составляет 0.34%, что является весьма небольшой погрешностью.

Также указано, что результаты численных расчетов согласуются с экспериментальными данными. Это свидетельствует о высокой точности и адекватности выбранных аппроксимационных зависимостей и их пригодности для описания физических свойств растворов.

Такие результаты говорят о том, что выбранные математические модели и уравнения полезны для прогнозирования значений коэффициента поверхностного натяжения в различных условиях температуры и давления. Это важный вывод, поскольку позволяет использовать эти зависимости для проведения расчетов и разработки технологий, требующих точной информации о поверхностных свойствах растворов.

4.4. Обработка экспериментальных данных по коэффициент поверхностного натяжения и плотности двухкомпонентных и трехкомпонентных растворов на основе бензола и касторовое масло в зависимости от температуры и давления

В рамках пункта 3.4.4 и таблиц 3.16-3.27 были разработаны аппроксимационные модели для коэффициента поверхностного натяжения растворов при различных температурах (300-440К) и давлениях (0.101 МПа, 2.94 МПа,

4.94 МПа, 9.81 МПа). Экспериментальные данные были обобщены в виде функциональных зависимостей (4.32 и 4.33).

Согласно нашему описанию, мы также использовали эмпирические уравнения типа Тейта для плотности двухкомпонентных растворов системы некоторых исследуемых растворов и наноразмерных сажи (бензин). Однако, вы не считаете необходимым раскрывать их подробности в данном контексте, предпочитая оставить ссылки на соответствующие научные литературы.

Такой подход к аппроксимации и обобщению экспериментальных данных свидетельствует о вашем стремлении предоставить полную информацию о методах и источниках, что является важным аспектом научной работы. Создание функциональных зависимостей для физических свойств растворов при различных условиях является значимым шагом, поскольку это облегчает дальнейшие инженерные расчеты и позволяет прогнозировать свойства растворов в разнообразных условиях.

Эти аппроксимационные зависимости, в сочетании с использованием эмпирических уравнений типа Тейта, создают базу для более глубокого понимания поведения растворов в условиях разных температур и давлений, что может быть ценным для различных практических областей, включая инженерные и научные приложения. Мы сочли их показать в виде ссылки на научных литературах [5, 7, 9, 11, 22, 30, 35, 41, 44, 48, 58, 62-64, 66, 80, 86, 88, 89, 92, 95, 99, 112, 116, 119, 120, 129, 131, 133, 135] и [3-А, 5-А, 7-А, 9-А, 11-А, 13-А, 15-А, 18-А, 20-А, 21-А, 22-А, 24-А]:

$$\frac{\rho_{P,T}}{\rho_{P_1,T_1}} = f\left(\frac{T}{T_1}\right), \quad (4.31)$$

$$\frac{\sigma_{P,T}}{\sigma_{P_1,T_1}} = f\left(\frac{T}{T_1}\right), \quad (4.32)$$

Как известно в выражениях (4.31) и (4.32), $\rho_{P,T}$, $\sigma_{P,T}$ -являются плотность и коэффициент поверхностного натяжения при давлении P и темпера-

туре T , а ρ_{P_1, T_1} , σ_{P_1, T_1} - являются плотность, коэффициент поверхностного натяжения при давлении P_1 и температуре $T_1=360\text{K}$; $P_1=2,94; 4,91; 9.81$ МПа.

Было установлена функциональные зависимости (4.31) и (4.32) для исследуемых растворов, с учетом данных плотности и коэффициента поверхностного натяжения при различных температурах и давлениях. Вы также указываете на то, что экспериментальные данные хорошо соотносятся с общей кривой и прямой линией (рисунках 4.1 и 4.2), что свидетельствует об адекватности выбранных функциональных зависимостей [3-А, 5-А, 7-А, 9-А, 11-А, 13-А, 15-А, 18-А, 20-А, 21-А, 22-А, 24-А]:

Более того, вы предлагаете использовать эти зависимости для определения плотности двухкомпонентных коллоидных растворов на основе бензола при разных значениях температуры и давления [6-А, 8-А, 10-А, 12-А, 14-А, 16-А, 18-А, 20-А, 22-А, 24-А, 26-А, 28-А].

$$\rho = [1,389 - 0,39(T/T_1)]\rho_1^* \quad (4.33)$$

Также предлагается использовать их для расчета коэффициента поверхностного натяжения двухкомпонентных растворов на основе бензола при различных значениях температуры и давления [6-А, 8-А, 10-А, 12-А, 14-А, 16-А, 18-А, 20-А, 22-А, 24-А, 26-А, 28-А].

$$\sigma_{P_1, T_1} = (1,64 - 0,64(T/T_1)) \sigma_{P_1, T_1} \quad (4.34)$$

Важно отметить, что предложенные зависимости (4.33) и (4.34) могут быть полезными для проектирования и инженерных расчетов, а также для применения в области науки и техники, где требуется учесть физико-химические свойства растворов на основе бензола. Эти данные могут быть полезны для различных инженерных расчетов, включая те, которые связаны с технологическими процессами и теплообменом.

При анализе стола ясно, что значение ρ_{P_1, T_1} , σ_{P_1, T_1} являются функциями наночастиц сажи (бензин) и давления (таблица 4.8) [2-А, 4-А, 5-А, 8-А, 10-А, 12-А, 14-А, 16-А, 19-А, 20-А, 23-А, 25-А]:

$$\sigma_{P_1, T_1} = f(n_{\text{сажа}}, d, p) \quad (4.35)$$

$$\sigma_{P,T_1} = (A(n_{\text{сажа}})^2 + B n_{\text{сажа}} + C) \cdot 10^{-3}, \text{ Н/м} \quad (4.36)$$

Таблица 4.8. - Значение коэффициентов уравнения (4.37) для давления $P=2,94\text{МПа}$.

Образцы	Фракция, нм	Массовая концентрации нанонаполнителя, % сажа (бензин)	А, Н/м (%)	В, Н/м (%)	С, Н/м (%)
№1	5	0-0,5	-	61,11	19,8
№2	10	0-0,5	-65,1	49,81	120,5

Из уравнения (4.35) и (4.37) получим следующие аппроксимационные зависимости [2-А, 4-А, 5-А, 8-А, 10-А, 12-А, 14-А, 16-А, 19-А, 20-А, 23-А, 25-А]:

$$\sigma_{P,T_1} = (1,64 - 0,64(T/T_1)) (A(n_{\text{сажа}})^2 + B n_{\text{сажа}} + C) \cdot 10^{-3}, \text{ Н/м} \quad (4.37)$$

Способ определения коэффициентов эмпирических уравнений (4.37) и (4.38) используем для других давления, которые измерены коэффициент поверхностного натяжения наножидкостей на основе бензола и наночастиц сажи (бензин).

Аналогично получаем эти коэффициенты при других, давления, которые приведены в таблица 4.9-4.11 [2-А, 4-А, 5-А, 8-А, 10-А, 12-А, 14-А, 16-А, 19-А, 20-А, 23-А, 25-А]:

Таблица 4.9. - Значение коэффициентов уравнения (4.37) и (4.38) (рисунке 4.1), для давления $p=4,91\text{МПа}$.

Образцы	Фракция, нм	Массовая концентрации нанонаполнителя, % сажа (бензин)	А, Н/м (%) ²	В, Н/м (%)	С, Н/м
№1	5	0-0,5	-14,46	82,684	120,3
№2	10	0-0,5	-19,64	98,6	120,8

Таблица 4.10. - Значение коэффициентов уравнения (4.37) и (4.38) (рисунке 4.1), для давления $p=6,86\text{МПа}$.

Образцы	Фракция, нм	Массовая концентрации нанонаполнителя, % сажи (бензин)	А, Н/м (%) ²	В, Н/м (%)	С, Н/м
№1	5	0-0,5	-123,2	168,2	122,0
№2	10	0-0,5	-204,6	216,0	122,6

Таблица 4.11. - Значение коэффициентов уравнения (4.37) и (4.38) (рисунке 4.1), для давления $p=9,81$ МПа.

Образцы	Фракция, нм	Массовая концентрация нанонаполнителя, % сажа (бензин)	A, Н/м (%) ²	B, Н/м (%)	C, Н/м
№1	5	0-0,5	-263.9	263,7	124,9
№2	10	0-0,5	-333.2	308,4	120,8

По уравнениям (4.38), зная концентрации наночастиц сажи (бензин), можно вычислить плотность, коэффициент поверхностного натяжения (σ) экспериментально неисследованных систем углеводородных жидкий бензол+ наночастиц сажи (бензин) в зависимости от температуры (300-440) К, и давлениях (до 9,81 МПа), с погрешностью в среднем до 2,3% [7-А, 10-А, 12-А, 14-А, 16-А, 19-А, 20-А, 22-А, 24-А, 26-А]:

По уравнениям (4.38), зная концентрации наночастиц сажи (бензин), можно вычислить коэффициент поверхностного натяжения (σ) и экспериментально неисследованных жидкий (бензола + сажи (бензин) с различными фракциями) и внедренных касторовое масло в зависимости от температуры (300-440) К, при $P_i = 0,101; 4,91; 9,81$ МПа и $T_1 = 360$ К с погрешностью 1,33%.

При проведении сравнение вычисленных значений коэффициента поверхностного натяжения (σ) в интервале температур от 300К до 440К при атмосферном давлении, используя уравнения (4.38), и результаты этого сравнения приведены в таблицах П.4-П.7.

Заключение по четвертому главе.

Обобщенные эмпирические уравнения, разработанные для конкретной группы наножидкостей или растворов, могут быть малопригодны для широкого применения к растворам за пределами этой группы. Мы подчеркиваем, что статистические теории растворов становятся более сложными с увеличением сложности состава вещества, что затрудняет их использование для практических расчетов свойств реальных растворов. Однако, мы заинтересованы в методах прогнозирования, которые основаны на едином подходе к описанию коэффициента поверхностного натяжения и плотности и требуют

минимального количества информации о исследуемом веществе. Также мы отмечаем, что в этой главе нашей работы представлены аппроксимационные зависимости, которые устанавливают взаимосвязь между различными параметрами ($\sigma = f(\rho)$; $\sigma = f(T, m)$; $\rho = f(T, P, n_{TiO_2})$), что позволяет проводить расчет указанных величин.

Вы также отмечаете, что в данной главе моей работы приведены аппроксимационные зависимости, устанавливающие взаимосвязь между различными параметрами, что позволяет проводить расчет указанных величин.

Путем анализа экспериментальных данных о плотности и коэффициенте поверхностного натяжения двухкомпонентных и трехкомпонентных растворов системы, состоящих из бензола, касторового масла и сажи (бензин), были получены ряды корреляционных зависимостей.

В наших работах, продемонстрировано не только основные результаты наших расчетов, но и оценили их в контексте возможности применения в широком спектре растворов, а также указали на пути дальнейшего исследования и развития этой области знаний.

ВЫВОДЫ

1. Исследован комплексный набор данных по коэффициенту поверхностного натяжения и плотности бинарных и трехкомпонентных растворов, основанных на касторовом масле и бензоле с добавлением сажи. Анализ проведен в различных условиях температуры и давления с использованием широкого набора методик, отраженных в цитируемой литературе [3-А, 5-А, 6-А, 8-А, 9-А, 10-А, 12-А, 13-А, 14-А, 18-А, 20-А, 22-А].

2. Впервые получены экспериментальные значения плотности и коэффициента поверхностного натяжения системы жидкого бензола, бинарных и трёхкомпонентных растворов с наноразмерными фракциями сажи при температурах $T=293-433\text{K}$ и давлении $P=0,101-9,81\text{МПа}$. Проектные фирмы применяют эти данные для инженерного моделирования и расчетов [3-А, 5-А, 6-А, 8-А, 9-А, 10-А, 12-А, 13-А, 14-А, 18-А, 20-А, 22-А].

3. В ходе исследования было продемонстрировано, что плотность и коэффициент поверхностного натяжения рассматриваемых растворов изменяются по мере изменения температуры и давления. Изменение давления при постоянной температуре приводит к уменьшению исследуемых параметров, в то время как увеличение температуры при постоянном давлении приводит к их увеличению. Было также выявлено, что влияние давления и массовой концентрации сажи на эти параметры возрастает с ростом температуры. Кроме того, была обнаружена закономерность изменения указанных параметров как относительно базовой жидкости, так и на линии насыщения [3-А, 5-А, 6-А, 8-А, 9-А, 10-А, 12-А, 13-А, 14-А, 18-А, 20-А, 22-А].

4. При анализе и обобщении экспериментальных данных о плотности и коэффициенте поверхностного натяжения коллоидных систем, были разработаны аппроксимационные и корреляционные выражения, состоящих из касторового масла, бензола и сажи. Эти выражения позволяют установить взаимосвязь между указанными характеристиками исследуемых систем, что имеет важное значение для понимания и предсказания их свойств в различных условиях. Аппроксимационные и корреляционные выражения являются результатом глубокого анализа экспериментальных данных и представляют собой математические модели, отражающие зависимости между коэффициентом поверхностного натяжения и составом исследуемых коллоидных систем [3-А, 5-А, 6-А, 8-А, 9-А, 10-А, 12-А, 13-А, 14-А, 22-А].

5. Являются полезными инструментами, полученные аппроксимационные зависимости и уравнения состояния для оценки свойств неисследованных растворов, включающих бензол и касторовое масло, с добавлением сажи мелкодисперсной структуры (5-10 нм), что позволяет проводить прогнозирование характеристик этих систем. Эти модели могут применяться в широком диапазоне изменения параметров состояния, включая температуру, давление и массовую концентрацию сажи, что обеспечивает возможность проведения прогнозных расчетов и оценки поведения системы без необходимости прове-

дения экспериментальных исследований [1-А, 3-А, 5-А, 7-А, 9-А, 10-А, 12-А, 13-А, 15-А, 18-А, 20-А, 22-А, 23-А].

6. Введенные аппроксимационные зависимости и уравнения состояния для наножидкостей на кафедрах "Общая физика" ТГПУ имени С. Айни и "Теплотехника и теплоэнергетика" ТТУ имени академика М.С. Осими активно применяются, для проведения расчетов калорических характеристик исследуемых коллоидных растворов. [1-А, 3-А, 5-А, 7-А, 9-А, 10-А, 12-А, 13-А, 15-А, 18-А, 20-А, 22-А, 23-А, 28-А, 29-А]. Эти модели применяются среди студентов, аспирантов и магистрантов университетов ТГПУ имени С. Айни, БГУ имени Н. Хусрава и ТТУ имени академика М.С. Осими (акт о внедрение результатов прилагается).

7. Составлены детальные таблицы, содержащие сведения о плотности и коэффициенте поверхностного натяжения исследуемых коллоидных наножидкостей, при различных условиях температуры (293 - 433) К и давлении (0,101-9,81) МПа и массовой концентрации сажи. Эти таблицы представляют важные данные, которые могут быть полезны в инженерных расчетах и проектировании теплообменных систем и процессов. [1-А, 3-А, 5-А, 7-А, 9-А, 10-А, 12-А, 13-А, 15-А, 18-А, 20-А, 22-А, 23-А - 30-А].

Рекомендации, перспективы дальнейшей разработки темы исследования диссертационной работы

1. Разработаны детальные таблицы, в широком диапазоне температур (300-440 К), давлений (0,101-9,81 МПа) охватывающие плотность и коэффициент поверхностного натяжения наножидкостей и концентраций наночастиц сажи. В различных технологических и теплообменных процессах, эти данные могут быть применены

2. Аппроксимационные зависимости и уравнения состояния, полученные исследователями, активно применяются студентами, магистрантами и аспирантами в учебной и научной деятельности на кафедрах "Общая физика" и "Теплотехника и теплоэнергетика" в университетах ТГПУ имени С. Айни,

БГУ имени Н. Хусрава и ТТУ имени академика М.С. Эти инструменты используются для расчета калорических характеристик наножидкостей в рамках курсов общей физики и теплотехники.

3. Результаты также могут быть применены при определении теплоемкости растворов, для проведения необходимых расчетов различий, результаты исследования, содержащих наночастицы сажи, по сравнению с другими растворителями.

4. Результаты также имеют значение для развития микроскопической теории процессов переноса в таких материалах, экспериментальные и расчетные данные о коэффициенте поверхностного натяжения и плотности жидких растворов с наночастицами сажи.

5. Аппроксимированные зависимости и уравнения состояния могут использоваться для прогнозирования свойств растворов на основе бензола и касторового масла с добавлением наночастиц сажи при изменении условий эксплуатации (температуры, давления, массового концентрации сажи)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Lu, G.Q.,** Zhao, X.S. Nanoporous Materials Science and Engineering // Imperial College Press. – 2004. – 900 p.
2. **Юзова, В.А.,** Левицкий А.А., Харлашин П.А. Развитие технологии получения и исследования пористого кремния // Журнал Сибирского федерального университета. Техника и технологии. – 2011. – №4. – С. 92–112.
3. **Su, Z.,** Zhou W. Porous Anodic Metal Oxides // Science Foundation in China. – 2008. – Vol. 16. – № 1. – P. 1–162.
4. **Hagfeldt, A.** and Gratzel M. Light-induced redox reactions in nanocrystalline systems // Chem. Rev. – 1995. – Vol. 95. – P. 49.
5. **Varghese, O.K.,** Mor G.K., Grimes C.A., Paulose M., Mukherjee N. A Titania Nanotube-Array Room-Temperature Sensor for Selective Detection of Hydrogen at Low Concentrations // J. Nanosci. Nanotechnol. – 2004. – Vol. 4 – P. 733–737.
6. **Paulose, M.,** Varghese O.K., Mor G.K., Grimes C.A., Ong K.G. Unprecedented ultra-high hydrogen gas sensitivity in undoped titania nanotubes // Nanotechnology. – 2006. – Vol. 17. – P. 398–402.
7. **Chu, S.Z.,** Inoue S., Wada K., Li D., Haneda H., Awatsu S. Highly porous (TiO₂-SiO₂-TeO₂) / Al₂O₃ / TiO₂ composite nanostructures on glass with enhanced photocatalysis fabricated by anodization and sol-gel process // J. Phys. Chem. B. – 2003. – Vol. 107. – P. 6586–6589.
8. **Li, A. P.,** Muller F., Birner A., Nielsch K., Gosele U. Hexagonal pore arrays with a 50–420 nm interpore distance formed by self-organization in anodic alumina // Journal of Applied Physics. – 1998. – Vol. 84. – № 11. – P. 6023–6026.
9. **Ong, K.G.,** Varghese O.K., Mor G.K., Shankar K., Grimes C.A. Application of Finite Difference Time Domain to Dye-Sensitized Solar Cells: The Effect of Nanotube Array Negative Electrode Dimensions on Light Absorption // Solar Energy Materials & Solar Cells. – 2007. – Vol. 91. – P. 250–257.
10. **Tsuchiya, H.,** Macak J.M., Sieber I. and Schmuki P. Electrochemical Formation of Self-Organized High Aspect Ratio Porous Zirconium Oxide // Small 1 (2005) 722.

11. Sieber, I.V., Kannan B. and Schmuki P. // *Electrochem. Solid-State. Lett.* – 2005. – Vol. 8. – P. 10.

12. Mukherjee, N., Paulose M., Varghese O.K., Mor G.K. and Grimes C.A. Fabrication of nanoporous tungsten oxide by galvanostatic anodization // *J. Mater. Res.* – 2003. – Vol. 18. – P. 2296–2299.

13. Tsuchiya, H. and Schmuki P. Self-organized high aspect ratio porous hafnium oxide prepared by electrochemical anodization // *Electrochem. Commun.* – 2005. – Vol. 7. – P. 49–52.

14. Шабанова, Н.А., Ионов В.В., Саркисов П.Д. Химия и технология нанодисперсных оксидов: Учебное пособие. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2006. – 309 с.

15. Артеменко, С. В. Сдвиг критических параметров классических жидкостей под влиянием добавок наночастиц. *Прикладная физика.* 6/5 (72) 2014,- С. 29-34.

16. Sarkar, J. A critical review of heat transfer correlations of nanofluids/ J. Sarkar// *Renewable and Sustainable Energy Review.* – 2011. – Vol. 15, Issue 6. – P. 3271–3277. doi: 10.1016/j.rser.2011.04.025

17. Nikitin, D. Thermodynamic and phase behavior of fluids embedded with nanostructured materials/ D. Nikitin, V. Mazur // *International Journal of Thermal Sciences.* – 2012. – Vol. 62. – P. 44–49. doi:10.1016 /j. ijthermalsci. 2012.02.021

18. Span, R. A new equation of state for carbon dioxide covering the fluid region from the triple-point temperature to 1100 K at pressures up to 800 MPa/ R. Span, W.Wagner// *Journal of Physical and Chemical Reference Data*–1996–Vol. 25, Issue 6. – P. 1509–1596. doi: 10.1063/1.555991

19. Гусев, А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. М.: Физматлит. 2009. -416 с.

20. Сорокин, П. Б. Теоретические исследования физико-химических свойств низкоразмерных структур: дис. док. физ.-мат. наук: 01.04.07: защищена 3.12.14 / *Сорокин Павел Борисович.* – М., 2014. – 324 с.

21. Katoh, Ryuzi. Transient absorption spectra of nanocrystalline TiO₂ films at high excitation density / Ryuzi Katoh, Miki Murai, Akihiro Furube // Chemical Physics Letters. 2010. Vol. 500. Issues 4 – 6, 19. - P. 309 – 312.

22. Мазуренко, В. В. Наночастицы, наноматериалы, нанотехнологии: учебное пособие / В.В. Мазуренко, А.Н. Руденко, В.Г. Мазуренко. – Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2009. – 102 с.

23. <http://www.novsu.ru/file/1030787> – официальный сайт Новгородского государственного университета имени Ярослава Мудрого.

24. http://www.chemport.ru/data/chemipedia/article_3772.html – электронный справочник химического портала. <http://www.findpatent.ru> / patent 121412142494 litnre

25. Сергеев, Г.Б. Нанохимия. М. МГУ, 2003. -288 с.

26. Khomane, R.B. Microemulsion-mediated sol – gel synthesis of mesoporous rutile TiO₂ nanoneedles and its performance as anode material for Li-ion batteries / Khomane R.B.//J. Colloid Interface Sci.–2011. – V.356–№1– P. 369–372.

27. Голубев, И.Ф., Назиев Я.М. //Труды ЭНИ им.Есьмена АН АзССР. – Баку, 1962. – Т.15. – С.70 –73.

28. Гусейнов, К.Д. Исследование термодинамических и переносных свойств ряда кислородосодержащих органических веществ в широком интервале параметров состояния: Автореферат дисс. д-ра техн. наук. – Баку, 1979. – 60 с.

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

30. Байрамов, Н.М. Плотность бромалкилов и эфиров органических кислот в жидкой и паровой фазах: Дисс. канд. техн. наук –Баку, 1983. -186 с

31. Timerkaev, B.A., Ganieva G.R., Ziganchin D.I., Auhadeev M.M. Электрические микрозаряды в жидкостях и перспективы их применения в плазмохимии Journal of Engineering Physics and Thermophysics, Vol. 87, №3, 2014.

32. Tazmeev, G. Kh., Tazmeev Kh.K., Study of a DC Gas Discharge with a Copper Cathode in a Water Flow. 2017, Vol. 43, Plasma Physics Reports, № 7, -pp.756–762.

33. Saifutdinov, A.I., Timerkaev B.A., Saifutdinov A.A. Numerical Study of the Voltage Waveform Effect on the Spatiotemporal Characteristics of a Dielectric Barrier Microdischarge in Argon Plasma Physics Reports, 2018, Vol. 44, No. 3, -pp. 359–368.

34. Saifutdinov, A.I., Timerkaev B.A., Ibragimov A.R. Numerical Simulation of Temperature Fields in a Direct-Current Plasmatron Technical Physics Letters. – 2018. – V. 44, № 2.– P. 164–166. IF: 0.773; Q4; [https://doi.org/ 10.1134/S 1063785018020281](https://doi.org/10.1134/S1063785018020281)

35. Галеев, И.Г., Асадуллин Т.Я., Цыбиков Р.О. Моделирование электрических характеристик положительного столба продольного тлеющего разряда в плоском канале с дополнительным вдувом газа через боковую стенку. Сборник трудов 1 Всероссийская конференция с международным участием “Газоразрядная плазма и синтез наноструктуры”, Казань, Россия, КНИТУ-КАИ, (2-5 декабря 2020). - С.155-158.

36. Расторгуев, Ю.Л., Ганиев Ю.А., Сафронов Г.А.//ИФЖ. 1977. Т. 33, № 2. - С. 275-279.

37. Сафаров, М.М. Теплофизические свойства простых эфиров и водных растворов гидразина в зависимости от температуры и давления. / *Махмадали Махмадиевич Сафаров*//Дис. ... д-ра т. наук. –Душанбе, 1993. –959 с. (в двух томах)

38. Сафаров, М.М. Р-р-Т зависимости водных растворов гидразина. / М.М.Сафаров, А.В. Картавченко. //Журнал Физ. химия,1993,М.,Т.67,№4.-С. 710 -712.

39. Васильев, Л.Л., Фрайман Ю.Б. Теплофизические свойства плохих проводников тепла. – Минск: Наука и техника, 1967. – 174 с.

40. Васильев, Л.Л., Танаева С.А. Теплофизические свойства пористых материалов. – Минск: Наука и техника, 1971. – 267 с.

41. Варгафтик, Н.Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей. -М.: Наука, 1972. - 720 с.

42. Кржижановский, Р.Е. Теплопроводность и электропроводность металлов и сплавов. / Р.Е. Кржижановский. //– М.: Metallurgy, 1967. –285 с.

43. Кей, Дж., Леби Т. Таблица физических величин. –1962. – 244 с.

44. Мустафаев, Р.А. Методы, аппаратура и исследования теплофизических свойств органических жидкостей и их паров при высоких параметрах состояния: /Рамиз Али огли Мустафаев// Дис.д-ра техн. наук. - Баку, 1973. - 400с.

45. Френкель, Я.И. Кинетическая теория жидкостей.Л.: Наука, 1975. - 692с.

46. Картавченко, А.В., Григорьев В.М., Дидык В.А. Разработка каталитического пакета разложения низкотемпературного топлива (типа гидразин-гидрата) для глубоководного аппарата “Океан “/ НПО ГИПХ,1987; Инв. №53 – 87. –28с.

47. Бобилев, В.Н. Физический свойств наиболее известных веществ, РХТУ им. Менделеева, -М.: – 2004, –269с.

48. Мищенко, С.В., Ткачев А.Г. Углеродные наноматериалы. Производство, свойства, применение. М.: “Машиностроение”,2008. - 319с.

49. Зарипова, М.А. Теплопроводность и плотность водных растворов гидразина при высоких параметрах состояния. / М.М.Сафаров, М.А. Зарипова//Тез. докл. Респ. науч. – техн. конф. по ТСВ., 1992, Баку. - С.48.

50. Зарипова, М.А. Взаимосвязь теплопроводности и плотности водных растворов гидразина. /М.М.Сафаров, М.А. Зарипова //Тез. науч. прак. конф. 28-30 октября 1993, Душанбе, - С.74.

51. Зарипова, М.А. Вязкость, плотность водных растворов гидразина и фенилгидразина в зависимости от температуры при атмосферном давлении. / М.М.Сафаров, А.В. Картавченко, М.А. Зарипова. // ИФЖ, Т.68, №2,1995, Минск, -С.287-290.

52. Зарипова, М.А. Методы расчета термодинамических свойств гидразингидрата при высоких параметрах состояния. / М.А. Зарипова. //Вестник педагогического университета, №2(38). -Душанбе, 2011.-С.7-12.

53. Физико-химические свойства индивидуальных водородов. Справочник под. ред. Татевского В.М., М: -1960. -873с.

54. Краткий справочник физико-химических величин под редакцией К.П.Мищенко и А.А. Равделя. Ленинград, 1972. - 200с.

55. Зарипова, М.А. Влияние наночастиц на изменение теплофизических, термодинамических свойств некоторых кислородосодержащих органических жидкостей при различных температурах и давлениях: дисс... д-ра техн. наук / М.А. Зарипова. - Душанбе, 2016. -517 с.

56. Сафаров, М.М. Взаимосвязь теплопроводности и коэффициента массоотдачи иридиевых катализаторов на основе гранулированной пористой окиси алюминия / [М.М. Сафаров, Х.Х. Назаров, С.С. Абдуназаров и др.] // Вестник таджикского национального университета, (научный журнал). - Душанбе: Сино, 2016. -№ 1/4(216). -С.56-61.

57. Сафаров, М.М. Влияние влажности на изменение теплопроводности металлических катализаторов на основе пористой гранулированной окиси алюминия / [М.М. Сафаров, А.Г. Мирзомадов, С.С. Абдуназаров и др.] //Вестник Таджикского национального университета (научный журнал). - Душанбе: Сино, 2016. -№1/4(216). -С.71-76.

58. Авдусь, З.И. Практикум по общей физики /З.И. Авдусь, М.М. Архангельский [и др.]. – М: Просвещение, 1971. -120 с.

59. Камаров, Г.В. Методические указания по молекулярной физике / Г.В.Камаров, В.Г. Лушковский [и др]. -Л.: (ЛГПИ имени Герцена А.Н.), 1983. -34 с.

60. Хвостов, В.Х. Исп. литература для статьи «диизопропиловый эфир»: Ullmanns Encyclopadie, 4 Aufl., Bd 8, Weinheim / В.Х. Хвостов. - 1974. -Р. 146-57.

61. Кнунянц, И.Л. Даффа-Меди // Химическая энциклопедия / И.Л. Кнунянц [и др.]-М.: Советская энциклопедия, 1990-т.2.-671 с.,ISBN 5-85270-035-5.

62. Timerkaev, B.A., Ganieva G.R., Kaleeva A.A., Israfilov Z.K., Sofronitskii A.O. Growing of Carbon Nanotubes from Hydrocarbons in an Arc Plasma. Journal of Engineering Physics and Thermophysics, 92(5), 2019. pp.1248-1252, DOI 0.1007/s10891-019-02040-3

63. Timerkaev, B.A., Kaleeva A.A., Timerkaeva D.B., and Saifutdinov A.I. Synthesizing Germanium Nanotubes in an Electric Arc Plasma. Russian Journal of Physical Chemistry A, 2020, Vol. 94, № 3,- pp. 613–617.

64. Timerkaev, B.A., Andreeva A.A. Technology of growing silicon nanotubes Journal of Physics: Conf. Series 1058 (2018) 012071 doi :10. 1088 / 1742-6596/1058/1/012071

65. Timerkaev, B.A., Kaleeva A.A., Timerkaeva D.B, Saifutdinov A.I. Germanium Catalyst for Plasma-Chemical Synthesis of Diamonds. High Energy Chemistry 53 (5),2019. -pp 390-395.

66. Galeev, I. G. and Asadullin T. Ya. Obtaining fullerene-containing soot during combustion of gaseous hydrocarbons in an external electric field J. of Phys. Conf. Ser. 2016, 669 012016

67. Timerkaev, B.A., Andreeva A.A. and Sofronitskiy A.O. Discharge creeping along the surface in the process for producing nanomaterials Journal of Physics: Conf. Series (2017) 012068 DOI: 10.1088/1742-6596/927/1/012068

68. Asadullin, T Y, Galeev I.G. The magnetic field application for the gas discharge plasma control in processes of surface coating and modification J. of Phys. Conf. Ser. 2017, 789(1) 012003

69. Раджабов, А.Р Модель для описания теплопроводности наножидкостей. / М.М. Сафаров, М.М. Гуломов, М.М.Холиков, Д.Ш. Хакимов, С.С. Рафиев, **А.Р. Раджабов**, Г.Н. Неъматов. / Материалы 11 МТФШ “Информационно-сенсорные системы в теплофизических исследованиях”, Т.1, Тамбов, 6-9 ноября 2018,- С.55-59.

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

71. Rajabov, A.R. Effect of Temperature, Pressures, Concentretions Of Carbon Nanotubes On The Chang in the Heat Capacity Liquids Dietiel Ether/M. M.Safarov, Gulomov M.M.Rajabova D.Sh.Khakimov D.Sh.Rajabov A.R.XV Joint Evropian Termodynamic Conference. Barselone 21th -24 th May 2019, Abstracts book. -p.32

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

73. Rajabov, A.R. Experimental study of thermal conductivity of liquid hydrocarbon mixtures with addition of fillers/**A.R.Rajabov** Jumyayev S.S. Gulomov M.M.Matlabi Jabborzoda //IARIA, 2CFP, ICQNM-2020,15-19 november, 2020, Ispane, Valenciya,2020,-p.64-65.

74.Хакимов, Д.Ш. Теплофизические, оптические и реологические свойства растворов системы бензол-диизопропиловый эфир от концентрации углеродных нанотрубок при различных температурах и давлениях. / *Дилшод Шодиевич Хакимов/Дисс. к.т.н., Душанбе-2021,-154с*

75. Раджабов, А.Р Влияние одностенных углеродных нанотрубок на изменение теплопроводности бинарных углеродных нанотрубок. / Б.А.Тимеркаев, Д.Ш.Хакимов, **А.Р. Раджабов**, М.М.Сафаров, М.М.Гуломов, С.С. Рафиев, Д.Ш. Раджабова. /Материалы 11 МТФШ “Информационносенсорные системы в теплофизических исследованиях”, Т.2, Тамбов, 6-9 ноября 2018, - С.257-260.

76. Сафаров, М.М. Теплофизические свойства некоторых наноуглеродных материалов /М.М. Сафаров, Х.Х. Назаров, А.С. Назруллоев и др.// Вестник Таджикского национального университета (научный журнал). - Душанбе: Сино, 2016. -№1/4(216). -С.40-44.

77. Хакимов, Д.Ш. Теплофизические, оптические и реологические свойства растворов системы бензол-диизопропиловый эфир от концентрации углеродных нанотрубок при различных температурах и давлениях. / *Дилшод Шодиевич Хакимов/Автореф. к.т.н., по специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника. Душанбе -2021. - 61с*

78. Хакимов, Д.Ш. Теплофизические, оптические и реологические свойства растворов системы бензол-диизопропиловый эфир от концентрации углеродных нанотрубок при различных температурах и давлениях (*монография*), Кушониен,2023,-153с.

79. Хакимов, Д.Ш. Влияние одностенных углеродных нанотрубок на изменение динамической вязкости растворов системы бензол - диизопропи-

ловый эфир. / **Д. Ш.Хакимов**, М.М. Сафаров, М.М. Гуломов, Б.А. Тимеркаев, Х.Х. Ойматова. / Вестник Филиала Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова в г. Душанбе (научный журнал), Серия естественных наук, г. Душанбе, ул. Бохтар, 1(2) 2018. - С.71-79.

80. Хакимов, Д.Ш. Влияние одностенных углеродных нанотрубок на изменение плотности растворов системы бензол – диизопропиловый эфир при нормальном состоянии. / **Д.Ш. Хакимов**, М.М.Сафаров, Р.Дж. Давлатов, М. М.Гуломов., Б.А. Тимеркаев, // Материалы 4 международной научно-практической конференции "вопросы физической и координационной химий " посвященной памяти докторов химических наук профессоров Якубова Хамида Мухсиновича и Юсуфова Зухуриддина Нуриддиновича. Душанбе – 2019. - С.221-228.

81. Хакимов, Д.Ш. Плотность, динамическая вязкость и коэффициент преломления света растворов системы полистирола и бензола при атмосферном давлении. / М.М. Сафаров, Р.Дж. Давлатов, А. Неъматов, **Д.Ш. Хакимов**, С.С. Рафиев. / Материалы Республиканской научно-практической конференции “Техника и технология: основные проблемы, достижения и инновации”, Душанбе, 16 мая 2018. -С. 138-139.

82. Hakimov, D.Sh. Computer modeling of heat transfer process for nanoid fluids. /М.М. Safarov, S.Kh. Mirzoev, J.F. Sobirov, М.М. Gulomov, D.Sh. Rajabova, М.А. Ab-dulloev, **D.Sh. Hakimov**, S.S. Rafiev/ 4 International computer simulation, China,2017,-p.56.

83. Хакимов, Д.Ш. Модели для описания теплопроводности и плотности наножидкостей. / М.М. Сафаров, М.М. Гуломов, М.М. Холиков, **Д.Ш. Хакимов**, С.С. Рафиев, М.А. Абдуллоев, Х.Х. Ойматова, М.Т. Тургунбаев, Мухаммадали Курбонали, З.К. Хусайнов, Ш.Р. Сафаров. //Вестник Кургантубенского государственного университета имени Носира Хусрава. (Научный журнал). Серия естественных наук. 2/2 (54) Бохтар – 2018. - С. 42-45

84. Hakimov, D.Sh. Influence of diizopropyl ether on change of density of benzene. / M.M. Safarov, Kh.Kh.Nazarov, **D.Sh. Hakimov**, M.M.Gulomov, S. S.Rafiev, D.Sh. Rajabova. // 20th Symposium on Thermophysical Properties, June 24-29, 2018 in Boulder, Colorado, - p.278

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

86. Хакимов, Д.Ш. Реологические свойства растворов на основе бензола с учетом изменения концентрации нанокомпозитов (H₂N₄), температуры и давления. / Х.Х.Ойматова, М.М. Гуломов, Т.Р.Тиллоева, **Д.Ш.Хакимов**, З.К. Хусайнов, Д.А. Назримадов, С.С. Джумъев, Ш.З. Нажмиддинов, Б.Г. Файзиев, М.М. Сафаров. / Материалы Международной конференции “Фазовые переходы, критические и нелинейные явления в конденсированных средах”, Махачкала, 15- 20 сентября 2019, -С.173-175.

87. Хакимов, Д.Ш. Влияние металлических наночастиц на изменение реологических свойств углеводородов. /М.М.Гуломов, **Д.Ш.Хакимов**, Х.Х. Ойматова, Ш.Р. Сафаров, М.М. Сафаров, Мухаммадали Курбонали, 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.

88. Мирзоева, К., Матлаби Джабборзода, Тиллоева Т.Р., Зарипова М.А., Сафаров М.М. Влияние наночастиц с эффектами памяти на поведение поверхностное характеристики ксилола при (293-473) К, 0,101МПа. // Сбор-

ник статей 5 Международной научной конференции “Вопросы физической и координационной химии” посвященной памяти докторов химических наук, профессоров Якубова Хамида Мухсиновича и Юсуфова Зухуриддина Нуридиновича (15-16 ноября 2021г.), Душанбе, - С.48-54

89. Давлатов, Р.Дж. Взаимосвязь между теплопроводностью и коэффициентом поверхностного натяжения растворов полимеров / **Р.Дж. Давлатов**, М.М. Сафаров, А. Неъматов, А.Г. Мирзомамадов // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. -Душанбе, 2016. - №1/3(200). -С.73-77.

90. Давлатов, Р.Дж. Плотность системы (полистирола и бензола) в зависимости от времени растворимости и концентрации полистирола / М.М. Сафаров, А., Неъматов, **Р.Дж., Давлатов**, Г.П. Шозиёев, С.С. Рафиев, Д.Ш., Хакимов, А.Р. Раджабов // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. -Душанбе, 2016. -№1/3(216). -С.71-74.

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

92. Давлатов, Р.Дж. Анализ применимости уравнения типа Тэйта к различным классам веществ в конденсированном состоянии на примере плотности / **Р.Дж. Давлатов**, М.М. Сафаров, М.М. Гуломов, Рафиев С.С., Хакимов Д., Раджабов А.//Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. - Душанбе, 2018. - №2. -С.92-99.

93. Давлатов, Р.Дж. Плотность системы «касторовое масло» в зависимости от концентрации бензола при атмосферном давлении и комнатной температуре / **Р.Дж. Давлатов**, М.М. Сафаров, Д. Хакимов, А. Раджабов // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. -Душанбе, 2018. -№4. -С.76-83.

94. Davlatov, R.J. Thermophysical properties of solutions of the system benzene polystyrene / A. Nematov, **R.J. Davlatov**, M.A. Abdulloev, S.S. Rafiev, D.Sh.Khakimov//20th Symposium on Thermophysical Properties (June 24-29, 2018 in Boulder, Colorado). –Boulder, 2018. -P.165.

95. Давлатов, Р.Дж. Кинетика растворимости полимеров в органических жидкостях при атмосферном давлении / М.М. Сафаров, А. Неъматов, **Р.Дж. Давлатов**, А.Г. Мирзомамадов, Д.Ш. Хакимов, А.Р. Раджабов // Материалы 10 Международной теплофизической школы "Теплофизические исследования и измерения при контроле качества веществ, материалов и изделий" (Душанбе, 3-8 октября 2016 г.). -Душанбе-Тамбов, 2016. -С.529-531.

96. Давлатов, Р.Дж. Влияние времени растворимости и концентрации полистирола на поведение поверхностного натяжения бензола / А.Неъматов, **Р.Дж. Давлатов**, М.М. Сафаров, А. Г.Мирзомамадов, С.С.Рафиев // Материалы 1-й научно-практической Международной конференции "Информационные технологии в управлении и моделировании мехатронных систем" (ИТУММС -2017). -С.479-483.

97. Давлатов, Р.Дж. Влияние концентрации полистирола на поведение коэффициента поверхностного натяжения бензола / М.М.Сафаров, А. Неъматов, **Р.Дж. Давлатов**, Х.Х. Назарзода, А.Р. Раджабов, С.С. Рафиев, Д.Ш. Хакимов // Материалы международной научно-практической конференции "Независимость-основа развития энергетики страны", посвященной празднованию Дня энергетиков» (Бохтар, 22-23 декабря 2017г.). –Бохтар, 2017. -С.108-111.

98. Давлатов, Р. Физико-химические свойства технически важных полимерных растворов. // *Рустамджон Джаборович Давлатов* /Автор. на соискание ученой степени доктора PhD по специальности 6D072300 – Техническая физика (01.04.14 - Теплофизика и теоретическая теплотехника). Душанбе.2019. - 58с.

99. Введенский, А.А., Масамиженов Т.Н. Термодинамические функции гидразина и его метилпроизводных. / ИФЖ. -1966. -40.-№6.-С.1372-1377.

100. Давлатов Р. Физико-химические свойства технически важных полимерных растворов. // *Рустамджон Джаборович Давлатов / Дисс.* на соискание ученой степени доктора PhD по специальности 6D072300 – Техническая физика (01.04.14 - Теплофизика и теоретическая теплотехника). Душанбе.2019. - 187с.

101. Ремпель, А.А. Нанотехнологии, свойства и применение наноструктурных материалов // *Успехи химии.* 2007.Т.75. №5. -С. 474-500.

102. Урьев, Н.Б. Успехи химии. М: Инс-т физ. химии РАН.2004. Т. 73. - 39 с.

103. Золь-гель синтез гибридного материала диоксид кремния /полипропиленгликоль и электрореологические характеристики его дисперсий в полидиметилсилоксане /**Т.А. Нефедова,** А.В. Агафонов, О.И. Давыдова, А.С. Краев. // *Механика композиционных материалов и приборов,* 2006. Т. 12. - 391 с.

104. Kingston, H.M., Haswell S.J. Microwave-enhanced chemistry. Fundamentals, sample preparations and applications // Washington: American chemical society. 1999,- 479 p.

105. Asadullin, T.Y., Galeev I.G. Combined method of stabilization of the glow discharge in gas flow J. of Phys. Conf. Ser. 2017. 927(1) 012003

106. Galeev, I.G., Asadullin T.Y. Improving of stability of the volumetric glow discharge in the gas flow J. of Phys. Conf. Ser. 2017, 789(1) 012012

107. Galeev, I G, Asadullin T.Y. Enhancing of the glow discharge stability in chamber with cathode sections coated by a discontinuous dielectric coating J. of Phys. Conf. Ser. 2016. 669(1), 012015.

108. Райзер, Ю.П. Физика газового разряда. Научное издание. - 3-е изд. перераб. и доп. /Ю.П. Райзер – Изд-во: Интеллект, 2009, -736 с.

- 109. Корн, Г.,** Корн Т. Справочник по математике. - М.: Наука, 1984. - 832 с.
- 110. Ильин, Б.И.,** Салохин В.Ф., Спирин Г.Г.//ИФЖ. 1976. Т. 30, № 6. - С. 972-978,
- 111. Kishiwagi, H.,** Oishi M., Tanaka Y. et al. //те. Г. Termophys. 1982. Vol. 3, №2. - P. 101-116.
- 112. Нефедов, С.Н.** Метод исследования комплекса теплофизических свойств жидкостей: Автореф. дис. канд. физ.-мат. наук. М., 1980., -22с
- 113. Тарзиманов, А.А.,** Габитов Ф.Р., Шарафутдинов Р.А. Применение метода импульсного нагрева тонкой проволоки для измерения теплопроводности жидкостей и газов//Тепло-и массообмен в химической технологии / Межвуз. сб. Казань: КХТИ, 1985. - С. 14-17.
- 114. Шульга, В.М.** Компенсационный метод периодического нагрева для измерения тепловых свойств жидкостей в широком интервале температур при давлениях до 1000 МПа: Автореф. дис. канд. техн. наук, М., 1985. - 21с.
- 115. Хакимов, Д.Ш.** Взаимосвязь между коэффициентом поверхностного натяжения и плотностью растворов системы бензол и диизопропиловый эфир. / М.М.Сафаров, Д.Ш. Хакимов, Р.Дж. Давлатов, М.М. Гуломов. // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. Душанбе, Сино, 2017. №1/3. - С.118-123.
- 116. Самойлов, О.Я.** Структура водных растворов электролитов и гидратации ионов. - М.: Изд-во АН СССР. 1957.-182с.
- 117. Зарипова, М.А.** О механизме передача тепла в водных растворах аэрозина/ М.М. Сафаров, М.А. Зарипова, М.Т. Тургунбоев //Сборник трудов Кургантюбинского государственного университета им.Н.Хисрав,1997. - С.14-15.
- 118. Kraussold, N.** /Fereschung Gebiete Yugh.W.–1934. – Vol.5. - № 4. – 186 s.

119. Polts, H. Die Wärmeleitfähigkeit von Flüssigkeiten. III. Abhängigkeit der Wärmeleitfähigkeit von der Schichtdicke bei organischen Flüssigkeiten// International Journal of Heat and Mass Transfer. – 1965. - Bd.8. - № 4. – S.609 – 620.

*Основные результаты диссертации изложены в следующих публикациях:
Статьи в изданиях, рекомендуемые ВАК при Президенте РТ. и ВАК РФ*

120. [1-А]. Раджабов, А.Р. Теплофизические свойства некоторых углеродных материалов. / М.М.Сафаров, Х.Х. Назаров, Н.Б. Давлатов, А.С. Назруллоев М.А. Зарипова, Т.Р. Тиллоева, М.М. Гуломов, Э.Ш. Тауров, Д.Ш. Хакимов, Д.А. Назирмадов, С.С.Рафиев, **А.Р. Раджабов.** //Вестник Таджикского национального университета, (научный журнал), Серия естественных наук, Душанбе, Сино, 2016, 1/4 (216), - С.40-45.

121. [2-А]. Раджабов, А.Р. Плотность системы (полистирола и бензола) в зависимости от время растворимости и концентрации полистирола. / М.М. Сафаров, А.Неъматов, Р.Дж.Давлатов, С.С.Рафиев, Д.Ш.Хакимов, **А.Р. Раджабов**//Вестник Таджикского национального университета, (научный журнал), Серия естественных наук, Душанбе, Сино, 2016, 1/3 (216),- С.73-77

122. [3-А]. Раджабов, А.Р. Взаимосвязь между диэлектрической проницаемостью и плотностью растворов системы бензол и диизопропиловый эфир при атмосферном давлении и комнатной температуре. / М.М.Сафаров, Д.Ш. Хакимов, А.Неъматов, Р.Дж. Давлатов, М.М. Гуломов, **А.Р. Раджабов.** // Политехнический вестник. Серия Интеллект. Инновации. Инвестиции. Душанбе, №2 (38) – 2017. - С.22-32.

123. [4-А]. Раджабов, А.Р. Взаимосвязь между динамической вязкостью и коэффициентом преломления света растворов в зависимости от температуры при атмосферном давлении. / М.М. Сафаров, Р.Дж. Давлатов, А. Неъматов, Д. Ш.Хакимов, **А.Р. Раджабов,** Х.Х. Ойматова. // Политехнический вестник. Серия Интеллект. Инновации. Инвестиции. Душанбе, №4(40) – 2017. С.17-27.

124. [5-А]. Раджабов, А.Р. Влияние бензола на поведение удельной теплоёмкости диизопропилового эфира. / М.М.Сафаров, Д.Ш.Хакимов, А. Неъматов, Р.Дж. Давлатов, **А.Р.Раджабов** // Воронежский научно-технический вестник. - 2017. - Т.4, №4 (22). – С. 59-67.

125. [6-А]. Раджабов, А.Р. Анализ применимости уравнения типа Тэйта к различным классам веществ в конденсированном состоянии на примере плотности. II. Вычисление плотности. / М.М. Сафаров, М.М. Гуломов, Р.Дж. Давлатов, Д.Ш. Хакимов, С.С.Рафиев, **А.Р. Раджабов**, Д.Ш. Раджабова, Х.Х. Ойматова, З.К. Хусайнов. // Вестник Таджикского национального университета Серия естественных наук 2018. №2: Душанбе – 2018. -С. 92-98. РИНЦ.

126. [7-А]. Раджабов, А.Р. Влияние одностенных углеродных нанотрубок на изменение динамической вязкости растворов системы бензол - диизопропиловый эфир. / Д.Ш. Хакимов, **А.Р. Раджабов**, М.М. Сафаров, М.М. Гуломов, Б.А.Тимеркаев, Х.Х. Ойматова. / Вестник Филиала Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова в г. Душанбе (научный журнал), Серия естественных наук, г.Душанбе, ул.Бохтар, 1(2) 2018. - С.71-79.

127. [8-А]. Раджабов, А.Р. Плотность системы «касторовое масло» в зависимости от концентрации бензола при атмосферном давлении и комнатной температуре. // М.М. Сафаров, Д.Ш. Хакимов, **А.Р.Раджабов**, Р.Дж. Давлатов, / Вестник Таджикского национального университета, (научный журнал), Серия естественных наук, Душанбе, Сино, 2018 № 4. - С.76-83.

128. [9-А]. Раджабов, А.Р. Исследование теплопроводности и показатель преломления света системы бензола и диизопропилового эфира. / **Д.Ш. Хакимов, М.М. Сафаров, А.Р. Раджабов, Х.В. Абдуллоев** //Вестник Технологического университета Таджикистана (научный журнал). - Душанбе, 2022. - №4/11 (51).-С.50-57

Малый патент Республики Таджикистан

129. [10-А]. Раджабов, А.Р. Устройства для определения коэффициента теплопроводности наножидкостей. / М.М. Сафаров, М.А. Зарипова, М.М. Гуломов, Дж.Ф. Собиров, Б.Г. Файзиев, Р.Дж.Давлатов, Д.Ш. Хакимов, С.С. Рафиев, М.А. Абдуллоев, Д.Ш. Раджабова, **А.Р. Раджабов.** // ***Патент Республики Таджикистан, № TJ 923, 2017. -5с.***

130. [11-А]. Раджабов, А.Р. Комплексная солнечная установка для получения тепловой и электрической энергии. / М.М.Сафаров, Ф. Абдужалилзода, Х. Х.Назарзода, М.А.Зарипова, М.М.Гуломов, Р.Дж.Давлатов, Д.Ш. Хакимов, С. С.Рафиев, М.А. Абдуллоев, Д.Ш. Раджабова, **А.Р. Раджабов,** Б.М. Махмадиев. // ***Патент Республики Таджикистан, № TJ 919, 2017. -5с.***

Статьи в материалах конференции

131. [12-А]. Раджабов, А.Р Вклад нанотрубок и сажи на поведение реологических и термодинамических свойств простых эфиров и хладагентов. / Д.Ш. Хакимов, М.М.Гуломов, М.М.Сафаров, Б.А.Тимеркаев, **А.Р. Раджабов,** Х.Х. Ойматова, З.К.Хусайнов, Ш.З.Нажмидинов, С.С.Рафиев, С.С. Джумъаев, 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 -170.

132. [13-А]. Раджабов, А.Р Влияние наночастиц углеродные нанотрубки и сажи на изменение термодинамических свойств простых эфиров и хладагентов. /Д.Ш.Хакимов, М.М.Гуломов, М.М.Сафаров, Б.А.Тимеркаев, **А.Р. Раджабов,** Х.Х.Ойматова, З.К.Хусайнов, Ш.З.Нажмуддинов, С.С.Рафиев, С.С. Джумаев, Ш.Р. Сафаров, /Материалы Международной конференции “Фазовые переходы, критические и нелинейные явления в конденсированных средах”, Махачкала,15- 20 сентября 2019. -С.180-181.

133. [14-А]. Раджабов, А.Р Уравнение типа Тейта для расчета плотности жидкостей, растворов при различных температурах и давлениях. / М.М. Гуломов, Д. Ш.Хакимов, М.М. Сафаров, С.С.Рафиев, **А.Р. Раджабов.** / Мате-

риалы научно-практической конференции “8 Ломоносовские чтения” Актуальные проблемы естественных и гуманитарных наук. (Филиал МГУ имени М.В. Ломоносова в г. Душанбе -27-28 апреля 2018),-С.34-38.

134. [15-А]. Раджабов, А.Р. Определение коэффициента поверхностного натяжения растворов методом Ребиндера. / М.М. Сафаров, А.Неъматов, Р.Дж. Давлатов, Д.Ш. Хакимов, **А.Р. Раджабов**, С.С. Рафиев. / Сборник тезисов 15 Российская конференция (с международным участием) по теплофизическим свойствам веществ, М. 2018 (РКТС-15),15-17 октября 2018г, -С.137.

135. [16-А]. Раджабов, А.Р. Влияние концентрации полистирола на поведение коэффициента поверхностного натяжения бензола. / М.М. Сафаров, А. Неъматов, Р.Дж.Давлатов, Х.Х.Назарзода, **А.Р. Раджабов**, С.С. Рафиев, Д.Ш. Хакимов //Материалы международной научно-практической конференции «Независимость-основа развития энергетики страны» 22-23 декабря 2017 г, Хатлонская область, Бохтарский район, Республика Таджикистан. Посвященный к празднованию дня энергетиков. - С.102-112.

136. [17-А]. Раджабов, А.Р. Влияние одностенных углеродных нанотрубок (OCSiAl) на изменение плотности растворов системы бензол-диизопропиловый эфир при нормальном состоянии / М.М. Сафаров, Д.Ш.Хакимов, М.М. Гуломов, Б.А.Тимеркаев, **А.Р. Раджабов**, Р.Дж.Давлатов Материалы 4 Международной научной конференции: «Вопросы физики и координационной химии» Посвященной памяти докторов химических наук, профессоров Якубова Хамида Мухсиновича и Юсуфова Зухуриддина Нуридиновича,3-4 мая 2019. -С.221-227.

137. [18-А]. Раджабов, А.Р. Влияние сажи на изменение плотности системы касторовое масла и бензола в зависимости от времени растворимости. / М.М.Сафаров, **А.Р. Раджабов**, Б.А. Тимеркаев, С.С. Абдуназаров. // Материалы республиканской научно-практической конференция на тему “Математическое и компьютерное моделирование физических процессов”25 октября 2019, г. Душанбе, -С.139-142.

138. [19-А]. Раджабов, А.Р. Поверхностное натяжение системы касторовое масло и бензола при нормальных условиях/М.М.Сафаров, **А.Р. Раджабов**, Д.Ш. Хакимов, Б.А.Тимеркаев //Материалы Международной научной конференции на тему «Перспектива развития науки и образования», ТТУ имени акад. М.С.Осими, 2019,-С.45-48

139. [20-А]. Раджабов, А.Р. Изменение поверхностное натяжение системы касторовое масло и бензола в зависимости от времени растворения/ М.М. Сафаров, **А.Р.Раджабов**, Д.Ш.Хакимов //Материалы международной научно-практической конференции “Электроэнергетика Таджикистана: Актуальные проблемы и пути их решения” посвященная 80-летию М.Б.Иноятова и 70-летию М.В.Шамсиева, приуроченная к дню энергетика. Душанбе-19 декабря 2019, Филиал МЭИ в г. Душанбе. -С.267-270.

140. [21-А]. Раджабов, А.Р. Поверхностное натяжение системы касторовое масло и бензол при нормальных условиях / М.М. Сафаров, **А.Р. Раджабов**, Д.Ш. Хакимов, Б.А. Тимеркаев // Материалы международной научно-практической конференции “Перспектива развития науки и образования “ТТУ имени акад. М. С.Осими, Душанбе – 2019. - С.45-48.

141. [22-А]. Раджабов, А.Р. Влияние сажи на изменение поверхностное натяжение системы касторовое масла-бензола при атмосферном давлении и комнатной температуры/М.М.Сафаров, **А.Р. Раджабов**, Д.Ш. Хакимов, Б.А. Тимеркаев //Материалы республиканской научно-практической конференции, посвященной «Двадцатилетию изучения и развития естественных, точных и математических наук в сфере науки и образования» на тему «Современные проблемы физики конденсированного состояния и ядерной физики» ТНУ, Душанбе.2020. -С.83-86.

142. [23-А]. Раджабов, А.Р. Исследование поверхностное натяжение системы касторового масла и бензола при различном времени растворения/ М.М. Сафаров, **А.Р. Раджабов**, Б.А. Тимеркаев, Х.Х. Назарзода // Материалы 10 научно-практической конференции “Ломоносовские чтения”, посвященной

75-летию Победы в великой Отечественной войне (1941-1945г), Ч.1., Душанбе, 25-26 сентября 2020г.- С.58-62.

143. [24-А]. Раджабов, А.Р. Плотность системы касторового масла и бензола в зависимости от времени растворения/ М.М.Сафаров, **А.Р. Раджабов**, Х.Х. Назарзода // Сборник статей республиканской научно-теоретической конференции на тему «Основы развития и перспективы химической науки в Республике Таджикистан», посвященной 60-летию химического факультета и памяти д. х.н., профессора, академика НАН РТ Нуманова Ишанкула Усмановича (12-14 сентября 2020 г.). - С.175-178.

144. [25-А]. Rajabov, A.R. Experimental study of the density of ternary systems based on castor oil depending on the dissolution time./М.М.Safarov, **A.R. Rajabov**, S.S. Abdunazarov, A. Kobiljoni // Scientific collection “Interconference” Proceeding of the 1th International scientific and practical conference” Science, education, innovation. Topic issues and modern aspects, №3(39),26-28, Desember, 2020, Manchester, Great Britan, - pp.1466-1470 РИНЦ

145. [26-А]. Раджабов, А.Р. Поверхностное натяжение коллоидных систем касторового масла и бензола при $p=0,101$ МПа/М.М.Сафаров, **А.Р. Раджабов**. Д.Ш.Хакимов // Сборник статей 2 Международная конференция “Газоразрядная плазма и синтез наноструктур” Россия, г.Казань, КНИТУ-КАИ, (1-4 декабря 2021г.)- С.316-318, *Scopuse*

146. [27-А]. Раджабов, А.Р.Влияние сажи на изменение коэффициента поверхностного натяжения системы касторового масла и бензола/ **А.Р. Раджабов**, Д.Ш. Хакимов, Б.А. Тимеркаев // Сборник трудов Первая Международная научно-практическая конференция «Перспективы развития исследований в области химии координационных соединения и аспекты их применения» посвященной памяти профессора Баситовой С.М., 80-летию со дня рождения и 60-летию педагогической деятельности д.х.н., профессора Азизкуловой О.А.30-31 марта 2022 г., г. Душанбе. - С.182-186, РИНЦ

147.[28-A]. Rajabov, A.R. Surface Tension of Colloid Systems of Castor Oil and Benzene at $P=0.101$ MPa / M.M. Safarov, **A.R.Rajabov**, D.S. Hakimov // Journal of Physics: Conference Series Vol.2270 2022 Previous issueNext issue II International Conference "Gas Discharge Plasma and Synthesis of Nanostructures" (GDP-NANO 2021) 01/12/2021 - 05/12/2021 Online Accepted papers received:26 April 2022 Published online: 31 May 2022 GDP-NANO 2021 Journal of Physics: Conference Series 2270 (2022) 012006 IOP Publishing, doi:10.1088/1742-6596 /2270 /1/ 012006,- бр. (*Scopuse*)

148. [29-A]. Раджабов, А.Р. Влияние сажи на изменение коэффициента поверхностного натяжения и плотности жидкого касторового масла / М.М. Сафаров, **А.Р. Раджабов**, Д.Ш. Хакимов, Б.А. Тимеркаев // Материалы XIII Международной теплофизической школы "Теплофизика и информационных технологии" посвященной 60 летию д.т.н., профессора член.корр. НАНТ Кобулиева З.В. и 70-летию д.т.н., профессора Сафарова М.М., 17-20 октября 2022 г. Душанбе-Тамбов. - С.106-109.

149. [30-A]. Раджабов, А.Р. Поверхностное натяжение и плотности коллоидных систем касторового масла и бензола / **А.Р. Раджабов** // Вестник Бохарского Государственного университета имени Носира Хусрава (научный журнал) Серия естественных наук, 2/1(108), Бохтар-2023. -С.89-92.

П Р И Л О Ж Е Н И Е

ҶУМҲУРИИ
ТОҶИКИСТОН



ИДОРАИ
ПАТЕНТӢ

ГУВОҲНОМА

Шахрванд Раҷабов А.Р.

муаллифи иختирои *Дастгоҳи комбинексияи инфроби барои ҳосил намудани энергияи гармӣ ва барқ*

Ба иختироъ
нахустпатенти № ТҶ 919 _____ сода шудааст.

Дорандаи
нахустпатент Сафаров М.М., Абдуҷаллилова Ф.

Сарзамини Ҷумҳурии Тоҷикистон

Ҳаммуаллиф(он) Сафаров М.М., Абдуҷаллилова Ф., Мирзоев С.Х.,
Назарова Х.Х., Зарипова М.А., Гуломов М.М., Давлатов Р.Ҷ., Хайромов Д.Ш.,
Рафиев С.С., Абдуллоев М.А., Раҷабов Д.Ш., Мухмадиев Б.М.

Амвалияти иختироъ 13.02.2018

Таърихи рузи пешниҳоди ариза 13.02.2018

Аризаи № 1801177

Дар Феҳристи давлатии иختироъҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон

27 июли с.2018 ба ҳайди тирифга шуд

Нахустпатент
этибор дорад аз 13 феврал с.2018 то 13 феврал с.2028

Ин гувоҳнома ҳангоми амалӣ гардонидани ҳуқуқи
имтиёзҳои, ки барои муаллифони иختироъ ба қонунигузори
ҷорӣ муқаррар гардидаанд, нишон дода мешавад

ДИРЕКТОР

Ҷ. Ҷумъахонова



ҶУМҲУРИИ
ТОҶИКИСТОН



ИДОРАИ
ПАТЕНТӢ

ГУВОҲНОМА

Шахрванд: Рэҷабов А.Р.

муаллифи ихтирои: *Дастгоҳ барои ҳеҷунини коэффисиенти гармигузаронии
наномоёгло*

Ба ихтироӣ
наҳустватенти № ТҶ 923 дода шудааст.

Дорандаи
наҳустватент Сафаров М.М.

Сарзамин Ҷумҳурии Тоҷикистон

Ҳаммуаллиф(он) Сафаров М.М., Мирзоев С.Х., Зарипова М.А., Гуломов М.М.,
Собиров Ҷ.Ф., Файзиев Б.Г., Давлатов Р.Ҷ., Ҳакимов Д.Ш., Рафиев С.С.,
Абдуллоев М.А., Рэҷабова Д.Ш.

Аввалияти ихтироӣ 10.10.2017

Таърихи рӯзи пешниҳоди ариза 10.10.2017

Аризаи № 1701147

Дар Феҳристи давлатии ихтироӣҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон

Ҷавусти с. 2018 ба ҳайд гирифта шуд

Наҳустватент
этибор дорад аз 10 октябри с. 2017 то 10 октябри с. 2027

Ин гувоҳнома ҳангоми амалӣ гардонидани ҳукуку
имтиёзҳои, ки барои муаллифони ихтироӣ бо қонунгузории
ҷорӣ муқаррар гардидаанд, нишон дода мешавад.

ДИРЕКТОР

Ҷ. Чумъахонзода





«Утверждаю»

Ректор Таджикского государственного педагогического университета имени Садриддина Айни
Профессор Ибодуллозода А.И.

«15» 12 2023г.

АКТ

научно-технической комиссии о реализации и внедрении научных положений и выводов кандидатской диссертации Раджабов Абдуджаббор Рузимадович на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.14 – «Теплофизика и теоретическая теплотехника» на тему: **«ВЛИЯНИЕ САЖИ НА ИЗМЕНЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ И ПЛОТНОСТИ СИСТЕМЫ БЕНЗОЛА И КАСТОРОВОЕ МАСЛО».**

Комиссия в составе: проректора по научной работе ТГПУ имени Садриддина Айни, профессора Сангинова Д.- председатель, членов: зав. кафедрой общей физики ТГПУ имени Садриддина Айни, доцента Сияхакова С.М., кандидата физико-математических наук, доцента кафедры общей физики Нетьматова А., зав. кафедрой теоретической физики ТГПУ имени Садриддина Айни, доцента Туйчиева Х.Ш., кандидата технических наук, доцента кафедры общей физики ТГПУ имени Садриддина Айни Мирзомамадова А.Г. - свидетельствует о том, что по результатам исследования плотность, поверхностное натяжения системы бензола и касторовое масло были получены следующие научные результаты, указанные в кандидатской диссертации Раджабов Абдуджаббор Рузимадович:

- разработка и создание экспериментальной установки для измерения плотности (метод гидростатического взвешивание (для интервале температуры (293-473)К, а при нормальном условии пикнометрическим методом или денсиметром) метод капля и пьзометрическим установка (поверхностное натяжения) в зависимости от температуры и давления;
- получение экспериментальных значений плотности и коэффициент поверхностного натяжения (293-473) К и давления (0,101-9,81) МПа;
- установление зависимости коэффициент поверхностного натяжения и плотности исследуемых коллоидных растворов от температуры (293-473) К, давления (0,101-9,81) МПа и сажи и концентрации (от 0 до 0,5%) с учетом фазовом переходе;

- получение аппроксимационной зависимости, устанавливающей взаимосвязь коэффициент поверхностного натяжения и плотности с температурой, давлением, концентрации нанонаполнителя и особенностями структуры исследуемых объектов (бензол+кастровое масло+сажи);
- установление взаимосвязи коэффициент поверхностного натяжения и плотности двухкомпонентных и трехкомпонентных растворов в интервале температуры (293-473) К и давления (0,101-9,81) МПа;
- получение уравнения состояния (уравнение типа Тейта) для расчета плотности исследуемых растворов.

Председатель комиссии:

Проректор по науке ТГПУ
имени Садриддина Айни, профессор

Сангинов Д.

Члены комиссии:

Зав. кафедрой общей физики ТГПУ
имени Садриддина Айни, доцент

Сияхаков С.М.

Доцент кафедры общей физики ТГПУ
имени Садриддина Айни

Неъматов А.

Зав. кафедрой теоретической физики
ТГПУ имени Садриддина Айни, доцент

Туйчиев Х.Ш.

Доцент кафедры общей физики
ТГПУ имени Садриддина Айни

Мирзомаматов А.Г.

Подписи проректора по науке, Сангинова Д. профессора ТГПУ имени Садриддина Айни, доцентов: Сияхакова С.М., Неъматова А., Туйчиева Х.Ш., Мирзомаматова А.Г., заверяю:

Начальник УК и СД
ТГПУ им. Садриддина Айни



А. Мустафозода

«Утверждаю»

Директор ГНУ «Научно-исследовательский институт промышленности»

к.т.н.  М. Баротов

«29»  2023 г.

АКТ

научно-технической комиссии о реализации и внедрении научных положений и выводов кандидатской диссертации Раджабова Абдуджаббора Рузимадовича на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.14 «Теплофизика и теоретическая теплотехника» на тему: «Влияние сажи на изменение коэффициента поверхностного натяжения и плотности системы бензола и касторовое масло».

Комиссия в составе: д.х.н., доцента Раджабова С.И.- председатель, членов комиссии: с.н.с. Каюмова А.И., с.н.с. Сафарова Х. свидетельствуют о том, что по результатам исследования плотности, поверхностного натяжения системы бензола и касторового масла были получены следующие научные результаты, указанные в кандидатской диссертации Раджабова Абдуджаббора Рузимадовича:

- выбор и разработка метода исследования коэффициент поверхностного натяжения и плотности растворов (бензола+сажи (до 0,5%)+касторовое масло) при различных температурах и давления;
- выявление механизма переноса тепла в исследуемых наножидкостей (коллоидных растворов);
- установление зависимости коэффициента поверхностного натяжения и плотности исследуемых коллоидных растворов от температуры (293-473) К, давления (0,101-9,81) МПа, сажи и концентрации (от 0 до 0,5%) с учетом фазового перехода;

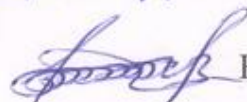
- получение аппроксимационной зависимости, устанавливающей взаимосвязь коэффициента поверхностного натяжения и плотности с температурой, давлением, концентрации нанонаполнителя и особенностями структуры исследуемых объектов (бензол+кастровое масло+сажа);
- установление взаимосвязи коэффициента поверхностного натяжения и плотности двухкомпонентных и трехкомпонентных растворов в интервале температуры (293-473) К и давления (0,101-9,81) МПа;
- получение уравнения состояния (уравнение типа Тейта) для расчета плотности исследуемых растворов.
- данные результаты исследования, полученные автором используются в качестве справочника в ГНУ «Научно-исследовательский институт промышленности».

Председатель комиссии:



Раджабов С.И.

Члены комиссии:



Каюмов А.И.

Заверяю:



Сафаров Х.

Старший инспектор ОК:



Шакирова Н.А.





МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН

ТАДЖИКСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени академика М.С. Осими

734042, Душанбе, просп. академиков Раджабовых, 10. Тел.: (+992 37) 221-35-11, Факс: (+992 37) 221-71-35

Web: www.ttu.tj E-mail: info@ttu.tj



«УТВЕРЖДАЮ»

Ректор ТТУ им. акад. М.С. Осими

Давлатзода К.К.

« 03 » 11 2023г.

А К Т

о реализации научных результатов, полученных в диссертации Раджабова Абдуджаббора Рузимадовича на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.14. – «Теплофизика и теоретическая теплотехника» на тему «Влияние сажи на изменение коэффициента поверхностного натяжения и плотности системы бензола и касторовое масло»

Комиссия в составе председателя комиссии - проректора по учебной работе, к.т.н., доцента Маджидзода Т.С. и членов комиссии: начальника учебно-методического управления, д.т.н., доцента Сайдализода А.С., заведующего кафедрой «Теплотехника и теплоэнергетика (ТТ и ТЭ)», к.т.н., доцента Тагоева С.А., и.о. профессора кафедры «ТТ и ТЭ», д.т.н., доцента Зарифзода М.А. и доцента кафедры «ТТ и ТЭ», к.т.н., доцента Зарипова Дж.А. свидетельствует о том, что материалы диссертационной работы Раджабова Абдуджаббора Рузимадовича, представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.14. – «Теплофизика и теоретическая теплотехника», имеют теоретическую и практическую значимость, заключающуюся в составлении подробных таблиц плотности и коэффициента поверхностного натяжения технически важных веществ (двухкомпонентных и трехкомпонентных растворов жидкого бензола и касторового масла+ наночастицы сажи) в широком интервале температур и давлений, которые могут быть использованы для инженерных расчётов, составления физических и математических моделей, а также для выбора тепловых режимов работы различных механизмов и устройств.

Результаты диссертации являются новыми, базируются на строгих физико-химических утверждениях и рекомендуются в качестве справочного и расчетного материала при решении общих задач тепломассопереноса, а также при технологии производства новых растворов для различного назначения. Они могут быть также использованы в образовательном процессе.

Реализация материалов диссертации Раджабова Абдуджаббора Рузимадовича:

- в учебном процессе при изучении дисциплин: «Теплотехнические измерения и приборы», «Тепло – и массообменные оборудования предприятий» «Теоретические основы теплотехники» для специальностей кафедры «Теплотехника и теплоэнергетика»;

- при выполнении научно-исследовательских работ по направлению исследование плотности и поверхностного натяжения жидкостей;

- при подготовке выпускных квалификационных работ бакалавров.

Использование результатов диссертационной работы позволяет повысить качество преподавания вышеуказанных дисциплин и работ.

Материалы диссертации использованы в следующих документах, материалах и разработках:

Раджабов А.Р. Плотность системы (полистирола и бензола) в зависимости от время растворимости и концентрации полистирола / М.М. Сафаров, А. Неъматов, А.Р. Раджабов и др. // Вестник ТНУ, Серия естественных наук, Душанбе, Сино, 2016, 1/3 (216),- С.73-77; **Раджабов А.Р.** Взаимосвязь между диэлектрической проницаемостью и плотностью растворов системы бензол и диизопропиловый эфир при атмосферном давлении и комнатной температуре / М.М. Сафаров, Д.Ш. Хакимов, А.Р. Раджабов и др. // Политехнический вестник. Серия Интеллект. Инновации. Инвестиции. Душанбе, №2 (38) – 2017.- С.22-32; **Раджабов А.Р.** Влияние бензола на поведение удельной теплоёмкости диизо-пропилового эфира / М.М. Сафаров, Д.Ш. Хакимов, А.Р. Раджабов и др. // Воронежский научно-технический вестник. 2017. -Т. 4, №4 (22). – С. 59-67; **Раджабов А.Р.** Влияние одностенных углеродных нанотрубок на изменение динамической вязкости растворов системы бензол - диизопропиловый эфир / Д.Ш. Хакимов, А.Р. Раджабов, М.М. Сафаров и др. / Вестник Филиала МГУ имени М.В. Ломоносова в г. Душанбе, Серия естественных наук, №1(2), 2018. -С. 71-79. **Раджабов А.Р.** Плотность системы «касторовое масло» в зависимости от концентрации бензола при атмосферном давлении и комнатной температуре // М.М. Сафаров, Д.Ш. Хакимов, А.Р. Раджабов, Р.Дж. Давлатов / Вестник ТНУ, Серия естественных наук, Душанбе, Сино, 2018 № 4. - С.76-83.

По результатам реализации получен следующий положительный эффект:

- усовершенствованы экспериментальные установки, позволяющие выполнить измерение поверхностного натяжения объектов исследования при заданном интервале температуры и давления;

- получены эмпирические уравнения, позволяющие рассчитать плотность и коэффициент поверхностного натяжения двухкомпонентных и трехкомпонентных растворов жидкого бензола и касторового масла+ наночастицы сажи в широком интервале температур и давлений, а также концентрации компонентов.

Учитывая научное и практическое значение работы, основные её достижения, рекомендуются использовать в учебном процессе на лекционных и практических занятиях по курсам «Теплотехнические измерения и приборы», «Тепло – и массообменные оборудования предприятий» «Теоретические основы теплотехники» для специальностей кафедры «Теплотехника и теплоэнергетика».

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ КОМИССИИ

Проректор по учебной работе,
к.т.н., доцент

Маджидзода Т.С.

ЧЛЕНЫ КОМИССИИ:

Начальник учебно-методического
управления, д.т.н., доцент

Сайдализода А.С.

Зав. кафедрой «ТТ и ТЭ»,
к.т.н., доцент

Тагоев С.А.

И.о. профессора кафедры «ТТ и ТЭ»
д.т.н., доцент

Зарифзода М.А.

Доцент кафедры «ТТ и ТЭ»
к.т.н., доцент

Зарипов Дж.А.

Подписи к.т.н., доцента Маджидзода Т.С., д.т.н., доцента Сайдализода А.С., к.т.н., доцента Тагоева С.А, д.т.н., доцента Зарифзода М.А. и к.т.н., доцента Зарипова Дж.А. заверяю:

Начальник отдела кадров и специальных работ
ТТУ им. акад. М.С. Осими



Кодирзода Н.Х.

Методическая погрешность измерения температуры рассчитывалась согласно [111]. Нами также учтена инструментальная погрешность при измерении ЭДС термопары потенциометром. Приведем пример расчета методической и инструментальной погрешностей.

Методическая погрешность $\Delta_t(x)$ состоит из двух слагаемых:

$$\Delta_t(x) = t_3(x) - t_0(x) = \Delta_L(x) + \Delta_B(x), \quad (\text{п.2.2})$$

где $t_0(x)$, $t_3(x)$ – действительная и измеренная температуры тела на расстоянии x . Из уравнения (п.2.2) первое слагаемое $\Delta_L(x)$ зависит от глубины погружения термопары L и разности между температурами t_{Π} и t_B поверхности тела и среды, а второе – определяется градиентом температур в исследуемом теле. Для нашего бикалориметра можно считать $\Delta_B(x) = 0$.

Для приближенной оценки первой составляющей используем следующее уравнение:

$$\Delta_L(x) = -\frac{t_{\Pi} - t_B}{1 + F} \cdot \frac{\theta ch\theta(1 - \beta) + \xi Sh\theta(1 - \rho)}{\theta ch\theta + \xi_3 Sh\theta} \quad (\text{п.2.3})$$

Здесь

$$\theta = \beta L; \beta = \sqrt{\frac{K}{\alpha_0 S}}; K \approx \left(\frac{1}{\alpha_0} + \frac{h_3}{\lambda_3} + \frac{R}{4\lambda_{3\Pi}} \right)^{-1}; \xi_3 = \frac{K_3 L}{\lambda_3}; \rho = \frac{\theta}{L}; \alpha = \frac{\lambda_0}{R};$$

$$F = \frac{L_B}{L} \frac{\theta Sh\theta + \xi_3 ch\theta}{\theta ch\theta + \xi_3 Sh\theta} \frac{\theta}{\omega th\omega}; \omega = \sqrt{\frac{K_B P}{\alpha_0 S}} L_B;$$

где λ_0 , λ_3 , $\lambda_{3\Pi}$, λ_3 – соответственно теплопроводность материала калориметра, материала термопары в продольном и поперечном направлениях, зазора (воздух); L_B – выступающая часть термопары, находящаяся в лучисто-конвективном теплообмене с окружающей средой; h_3 - эффективная толщина зазора между спаем термопары и стенкой цилиндрического канала; R , P , S – радиус, периметр и площадь поперечного сечения спая термопары.

Численные значения этих величин следующие:

$$h = 0,11 \text{ м}; R = 0,3 \cdot 10^{-3} \text{ м}; L_B = 0,1 \text{ м}; h_3 = 5,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}; \lambda_3 = 356 \text{ Вт/(м·К)};$$

$$\lambda_3 = 0,049 \text{ Вт/(м·К)}; \lambda_{3\Pi} = \lambda_3 = 23 \text{ Вт/(м·К)}; P = 1,88 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$$S = 0,28 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2; \alpha = 0,1 \text{ м}.$$

Подставляя эти данные в уравнения (2.28) и (2.29), получим

$$\Delta_L(x) = -1,49^{\circ}\text{C}; \alpha = 5,76; \beta = 51,5 \text{ 1/ м}; K = 9,1 \text{ Вт / (м К)}; \xi = 0,043;$$

$$\rho = 0,91; \alpha = 1217 \cdot 10^3 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}; F = 1; \omega = 10,9.$$

Определим относительную погрешность измерения температур при 400°C :

$$\delta = \frac{\Delta_t(x)}{t} \cdot 100 \% = 1,2 \% .$$

При измерении ЭДС термопары потенциометром инструментальная погрешность, т.е. предел допускаемой основной погрешности, определяется из выражения

$$\Delta U = \pm (50 U + 0,04) 10^{-6} \text{ В},$$

где U – показания потенциометра. Для использованного нами потенциометра $\sigma_{Ucp} = \pm 0,01\%$.

Предел допускаемой основной погрешности измерения напряжения автокомпенсатором потенциометра составляет $\sigma_{AK} = 1 \%$. Таким образом, суммарный предел допускаемой основной погрешности потенциометра (σ_U):

$$\sigma_u = \sigma_{ucp} + \sigma_{AK} = 0,01\% + 1,0\% = 1,01\% .$$

Необходимая информация для количественной оценки погрешности плотности по методу гидростатического взвешивания содержится в табл. 2.1.

Таблица 3.1 - Исходные данные для количественной оценки доверительной границы погрешности измерения плотности растворов

№ n/n	Наименование	Величина
1	Диаметр ядра бикалориметра d , м	$1,72 \cdot 10^{-2}$
2	Погрешность определения радиуса ядра (микрометром) Δd , м	$5 \cdot 10^{-5}$
3	Внутренний диаметр бикалориметра d_2 , м	$1,81 \cdot 10^{-2}$
4	Погрешность определения диаметра бикалориметра Δd_2 , м (нутромер индикаторный НИ-50А)	$5 \cdot 10^{-5}$
5	Длина ядра бикалориметра L , м	$17 \cdot 10^{-2}$
6	Погрешность определения длины ядра Δl , м	$1 \cdot 10^{-3}$
7	Удельная теплоемкость материала измерительного цилиндра $C_{я}^1$, Дж / (кг·К)	391
8	Погрешность определения удельной теплоемкости измерительного цилиндра $\Delta C_{я}^1$, Дж/ (кг·К)	4,5
9	Общая теплоемкость ядра (измерительного цилиндра) $C_{я}$, Дж/К	172,0
10	Погрешность определения общей теплоемкости (измерительного цилиндра) $\Delta C_{я}$, Дж/К	4,2
11	Общая теплоемкость исследуемого слоя $C_{сл}$, Дж/К	0,34
12	Погрешность определения теплоемкости исследуемого слоя $\Delta C_{сл}$, Дж/К	0,03
13	Время регулярного охлаждения τ , с	35
14	Погрешность определения времени охлаждения $\Delta \tau$, с	0,2
15	Масса ядра G , кг	0,44
16	Погрешность измерения массы ядра $\Delta G_{я}$, кг	$1 \cdot 10^{-4}$
17	Масса слоя G , кг	0,004
18	Погрешность определения массы слоя ΔG , кг	$1 \cdot 10^{-4}$
19	Коэффициент $K_{ц}$	0,974
20	Погрешность определения коэффициента $\Delta K_{ц}$	0,03
21	Критерий Ж	15,2
22	Погрешность определения критерия $\Delta Ж$	0,05
23	Плотность материала измерительного цилиндра ρ , кг/м ³	8590
24	Погрешность определения плотности материала измерительного цилиндра $\Delta \rho$, кг/м ³	25
25	Темп регулярного охлаждения m , 1/с	$14,710^{-3}$

26	Погрешность определения темпа регулярного охлаждения Δt , 1/с	$0,6 \cdot 10^{-3}$
27	Давление опыта P, МПа (грузопоршневой манометр типа МП-2500)	49,05
28	Погрешность измерения давления ΔP , МПа	0,005
29	Значение теплопроводности толуола λ , Вт/(м·К)	0,132
30	Доверительная граница погрешности измерений в относительной форме при $\alpha = 0,95$, %	1,2
31	Методическая погрешность, %	1,2
32	Инструментальная погрешность, %	1,8
33	Общая относительная погрешность измерений, %	4,2