

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ
ТАДЖИКИСТАН
ТАДЖИКСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени С.АЙНИ.**

На правах рукописи
УДК 536.32.45.62;44

НОРОВ Зафарджон Юлдошевич

**ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОГО НАНОПОРОШКА НА
ПОВЕДЕНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ, ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ
И КИНЕТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВОДЫ**

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 МИА, академик ИАРТ, доктор технических
наук, профессор
Сафаров Махмадали Махмадиевич**

Душанбе – 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Наименование	Стр.
	ОСНОВНЫЕ УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ.....	5
	ВВЕДЕНИЕ	6
Глава 1.	ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ ДАННЫХ ПО НЕКОТОРЫМ СВОЙСТВАМ ВОДЫ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	14
1.1.	Основные физико-химические свойства и теплопроводность воды при атмосферном давлении.....	14
1.2.	Заключение к первой главе.....	18
Глава 2.	ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ И ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ЖИДКОСТЕЙ И РАСТВОРОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ, ДАВЛЕНИЯ И КИНЕТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЗЕРНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	19
2.1.	Экспериментальная установка по измерению теплопроводности растворов в зависимости от температуры по методу монотонного разогрева.....	19
2.2.	Экспериментальная установка для комплексного определения теплофизических свойств при различных температурах и давлениях.....	24
2.3.	Устройство для определения электрофизических свойств магнитных жидкостей в зависимости от давления и магнитного поля (Патент РТ №ТJ 372).....	31
2.4.	Экспериментальная установка для определения коэффициента адсорбции и массоотдачи зернистых материалов (Малый патент РТ №ТJ 824, № ТJ 825).....	32
2.5.	Расчетная формула для определения коэффициентов адсорбции и массопереноса сыпучих материалов.....	34
2.6.	Расчет погрешности измерений теплофизических, электрофизических и кинетических свойств веществ.....	34
2.7.	Заключение к второй главе.....	38
Глава 3.	ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ, КИНЕТИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СИСТЕМЫ ВОДА-ТЕРМИЧЕСКИЙ НАНОПОРОШОК В ЗАВИСИ-	40

	МОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ И ДАВЛЕНИЯ.	
3.1.	Процесс термического разложения, самодиффузия и самоохладение.....	40
3.2.	Теплопроводность и электропроводность водных растворов термического нанопорошка (ТНП) в зависимости от температуры при атмосферном давлении.....	41
3.2.1.	Теплопроводность водных растворов термического нанопорошка (ТНП) в зависимости от температуры при атмосферном давлении.....	41
3.3.	Теплопроводность системы вода + герметик (ТНП) в зависимости от температуры и давления	52
3.4.	Эффективная теплопроводность системы (родниковая вода + герметик (ТНП)) в зависимости от температуры и давления.....	55
3.5.	Электропроводность водных растворов термического нанопорошка (ТНП) в зависимости от температуры при атмосферном давлении.....	61
3.6.	Кинетические свойства водных растворов термического нанопорошка (ТНП) в зависимости от времени увлажнения.....	70
3.6.1.	Коэффициент адсорбции водных растворов термического нанопорошка (ТНП) в зависимости от времени увлажнения.....	70
3.6.2.	Коэффициент набухания термического нанопорошка (ТНП) в зависимости от времени увлажнения родниковой водой.....	76
3.6.3.	Коэффициент массопереноса термического нанопорошка (ТНП) в зависимости от времени увлажнения родниковой и речной водой.....	85
3.7.	Заключение по третьей главе.....	93
Глава 4.	АНАЛИЗ, ОБОБЩЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ПО ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИМ, ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИМ И КИНЕТИЧЕСКИМ СВОЙСТВАМ ИССЛЕДУЕМЫХ РАСТВОРОВ.....	95
4.1.	Анализ экспериментальных данных по тепловым свойствам.....	95
4.2.	Обобщение экспериментальных данных по теплофизи-	96

	ческим и электрофизическим свойствам исследуемых растворов при атмосферном давлении.....	
4.3.	Обработка и обобщение экспериментальных данных по теплопроводности исследуемых растворов в зависимости от температуры и давления.....	109
4.4.	Обработка экспериментальных данных по теплоемкости исследуемых растворов при различных температурах и давлениях.....	115
4.5.	Взаимосвязь теплопроводности с теплоемкостью растворов при высоких параметрах состояния.....	116
4.6.	Обработка экспериментальных данных по кинетическим свойствам исследуемых герметиков (ТНП) при влиянии различных факторов.....	119
4.6.1.	Аппроксимационные зависимости для определения коэффициента адсорбции исследуемых герметиков (ТНП)..	119
4.6.2.	Аппроксимационные зависимости для определения коэффициента набухания исследуемых герметиков (ТНП) .	120
4.6.3.	Аппроксимационные зависимости для определения коэффициента массопереноса исследуемых герметиков (ТНП) ..	121
4.7.	Заключение по четвертой главе.....	122
	ВЫВОДЫ.....	123
	Рекомендации к использованию полученных данных	124
	ЛИТЕРАТУРА.....	126
	ПРИЛОЖЕНИЕ.....	148

ОСНОВНЫЕ УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

λ – коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)

C_p - удельная изобарная теплоемкость, Дж/(кг· К)

τ – время,с

T – температура, К

Q- количество теплоты, Дж

Fo – критерий Фурье

P- давление, Па

ΔT - разность значений температур, К

Pr - критерий Прандтля

Gr - критерий Грасгофа

ρ – плотность, кг/м³

ОУНТ- одностенные углеродные нанотрубки,

α –доверительная вероятность,

α_p – коэффициент теплового расширения, К⁻¹

β_T - изотермическая сжимаемость, Па⁻¹

P_i - внутреннее давление, Па

C_V - изохорная теплоемкость, Дж/(м³· К)

M - молярная масса, кг/моль

m- темп регулярного охлаждения, с⁻¹

U- показания потенциометра, мВ

α - коэффициент теплоотдачи излучением,

ε –степень черноты,

ν –коэффициент кинематической вязкости, м²/с

d- диаметр ядра бикалориметра, мм

ТНП-термической нанопорошок,

ТФС – теплофизические свойства,

АУ – адсорбционная установка,

ТТУ- Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими

ВВЕДЕНИЕ

Как известно, оценка степени развитости промышленного сектора страны оценивается не только объемом и численностью разнообразия производимой продукции, но и ее качеством, главными из которых являются параметры электро- и теплофизики и кинетики изучаемых материалов (коэффициенты адсорбции, набухания и массопереноса).

Повышение эффективности, надежности и продуктивности технологических процессов во многом предопределяется точными и достоверными данными по теплофизическим и электрофизическим, а также и кинетическим свойствам рабочих тел в зависимости от изменения температуры и давления в большом диапазоне их изменения. Использование приближенных значений этих величин неприемлемо, поскольку это может стать следствием завышения истинных габаритов устройств, а также понижению экономической и технической эффективности установок и процессов.

С учетом вышесказанного точное исследование этих свойств является одним из предопределяющих факторов выбора рабочего вещества, нормирования и налаживания технологического процесса и т.д.

Актуальность диссертационной работы. На сегодняшний день в силу развития сортамента предлагаемой продукции, что в свою очередь связано с большими температурами и давлениями, стало причиной создания и интенсифицирования процессов, устройств, механизмов и др., широко используемых в топливной, химической, текстильной, металлургической, машиностроительной и других отраслях.

В результате механического и теплового воздействия в радиаторах автомобильного транспорта появляются трещины. Во избежание подобных ситуаций в теплоноситель подобных систем при установленных параметрах состояния добавляют в определенном количественном соотношении нанопорошок герметика (далее герметик (ТНП)). В процессе работы двигателя часть нанопорошка растворяется, а часть его заполняет образовавшиеся трещины.

Таким образом, растворившись, нанопорошок кардинально влияет на теплофизические, электрофизические и кинетические параметры теплоносителя. Учитывая данный факт, следует обратиться к относительно точному исследованию вышеперечисленных свойств данных веществ, а именно растворов воды и нанопорошка герметика при различных параметрах состояния (температура и давление), поскольку вносит весомый вклад в исследовании свойств жидкостей и растворов, с помощью которых описывают процессы гидродинамики и теплообмена, необходимых при проектировании механизмов и устройств. Современную теорию жидкого состояния, молекулярно-кинетическую теорию газов и жидкостей также практически невозможно представить без знания значений этих величин (теплопроводность, теплоемкость, удельное электросопротивление, электропроводность, коэффициенты адсорбции, массопереноса и набухания), поскольку они способствуют более подробному и качественному описанию механизмов межмолекулярного взаимодействия, физико-химических превращений и переноса тепла.

Цель диссертационной работы: исследование теплопроводности, теплоемкости, электропроводности, коэффициентов набухания, адсорбции и массопереноса системы растворов воды (дистиллированная, водопроводная, родниковая вода месторождений Ширгина, Вранга, Зонда, Ямчуна) и термического нанопорошка (до 12г.) в интервале температур (293-413) К и давлений (0,101-14,52) МПа.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- выбор и соответствующая разработка метода расчета тепло-, электрофизических, а также кинетических свойств изучаемой системы растворов (вода +герметик (ТНП));
- исследование процесса переноса тепла в перечисленных образцах;

- разработка и создание экспериментальной установки для исследования теплопроводности, теплоемкости, адсорбции и массопереноса при различных параметрах состояния;
- получение экспериментальных значений по теплопроводности, теплоемкости при температурах (293-573) К, удельному электросопротивлению, электропроводности при температурах (293-338) К и давлениях (0,101-14,52) МПа;
- установление взаимосвязи и зависимости перечисленных параметров растворов от изменения температуры, давления, массы температурного нанопорошка герметика (ТНП), особенностей структуры образцов, а также чистоты растворителей и получение на их основе соответствующих аппроксимационных зависимостей;

Научная новизна работы заключается в следующем:

- разработаны методы расчета тепло-, электрофизических свойств, коэффициентов адсорбции и массопереноса для исследуемых растворов;
- разработаны экспериментальные установки для измерения теплофизических и электрофизических свойств;
- получены экспериментальные данные по теплофизическим (при температурах от 293 до 573 К и давлениях от 0,101 до 14,52 МПа), электрофизическим (при температурах от 293 до 338К и давлении $P = 0,101$ МПа) и кинетическим свойствам исследуемых растворов (вода + до 12г. термического нанопорошка (ТНП));
- получены аппроксимационные зависимости, и корреляционные функции, устанавливающие взаимосвязь теплопроводности, теплоемкости, электропроводности от коэффициентов адсорбции, массопереноса и набухания изучаемых образцов при различных параметрах состояния ($T = 293-413$), $P = (0,101-14,52)$ МПа.

На защиту выносятся:

- методы расчета тепло- и электрофизических свойств категории изученных растворов и анализ процесса тепло- и электропереноса в них;

- аппроксимационные зависимости для выполнения расчета комплекса тепло-, электрофизических и кинетических свойств предложенной системы растворов (вода-герметик (ТНП)) в больших пределах изменения температуры и давления;
- усовершенствованные варианты измерительных установок, а также обоснование их использования для реализации поставленных экспериментальных задач по исследованию кинетических свойств растворов и зернистых материалов;
- результаты опытных исследований по теплоемкости, теплопроводности при $T=(293-413)$ К, $P=(0,101-14,52)$ МПа и электропроводности при $T=(293-338)$ К, $P = 0,101$ МПа;
- расчетные данные по кинетическим свойствам исследуемых термических нанопорошков (ТНП).

Объект исследования: термический нанопорошок (герметик (ТНП)), дистиллированная вода, вода различных родников Таджикистана (Ширгина, Врагна, Зонга и Ямчуна).

Практическая ценность работы:

- теоретически обосновано прогнозирование ТФС и ЭФС исследуемых растворов с учетом их молекулярных структур;
- создана модель структуры водных растворов исследуемых образцов, выполнен комплексный анализ относительно вопросов тепло-, массо-, электропереноса, по результатам которого рассчитаны соответствующие коэффициенты перечисленных параметров в изучаемых параметрах;
- выполнена соответствующая модернизация экспериментальных устройств, предназначенных для опытного исследования комплекса свойств (тепло-, электрофизических) в условиях лаборатории;
- в результате исследования комплекса свойств веществ по теплофизическим, электрофизическим и кинетическим характеристикам веществ был пополнен банк данных новыми данными.

Достоверность полученных результатов и выводов в данной диссертационной работе подтверждается применением хорошо известных методик, которые приобрели широкую известность и достаточно часто используются в научно-технических исследованиях при разработке и и соответствующего применения химических реагентов в области машиностроения и т.д.

Результаты исследования внедрены:

- результаты проведенных исследований по теплофизическим, электрофизическим и кинетическим свойствам водных растворов системы (вода+ термический нанопорошок (ТНП)) внедрены в Институте промышленности Министерства промышленности и новых технологий РТ, при расчетах технологических процессов, а результаты экспериментов в качестве справочного материала;
- выведенные аппроксимационные выражения, описывающие процесс теплопроводности, теплоемкости, коэффициент адсорбции и массопереноса, а также электропроводности используются в соответствующих инженерно-технических расчетах в Институте промышленности Республики Таджикистан;
- составлены подробные таблицы по свойствам (теплофизическим) технически значимых растворов в широком интервале температур (293-413) К и давлений (0,101-14,52) МПа, которыми могут воспользоваться расчетно-проектные организациями и учреждениями при расчете и реализации различных технологических процессов;
- усовершенствованные измерительные устройства, предназначенные для измерения электрофизических свойств растворов и жидкостей нашли свое применение в научных и учебных лабораториях кафедры физики Таджикского аграрного университета им. Ш. Шохтемура преподавателями при выполнении диссертационных работ и студентами при выполнении дипломных, курсовых и лабораторных работ.

Личный вклад автора в формулировке цели, постановке основных задач исследования и выборе соответствующих методик и способов для их решения, установлении процессов и физических явлений в опытах по измерению теплопроводности, теплоемкости, электропроводности, коэффициенту адсорбции, массопереноса, набухания, а также соответствующей обработке и анализе этих результатов, на основе которых им были получены и сформулированы соответствующие выводы работы.

Апробация работы. Основные результаты настоящей работы докладывались и обсуждались на: Республиканской научно-технической и международной конференции (г.Душанбе, Худжанд, Исфара), 8^{-ой} Международной теплофизической школе, посвящённый 60-летию профессора Сафарова М.М. – Душанбе -Тамбов, 2012г; Первом Международном Лыковском научном чтении, посвященному 105-летию академика А.В. Лыкова. “Актуальные проблемы сушки и термовлажностной обработки материалов в различных отраслях промышленности и агропромышленном комплексе», Минск, 22-23 сентября 2015; 10^{-ом} Всероссийском симпозиуме с международным участием, Термодинамика и материаловедение. Физико-технический институт имени А. Ф. Иоффе, РАН, 7-11 сентября 2015. Санкт Петербург; Международные научные исследования», I-ой Международной научно-практической конференции «Проблемы и перспективы современной науки», 2015, Москва; 15-ом Минском Международном форуме по тепло- и массообмену, Минск-23-26 мая 2016; 10-ой школе-семинаре молодых ученых и специалистов академика РАН В.Е. Алемасова “Проблемы тепломассообмена и гидродинамики в энергомашиностроении”, Казань, 2016; 10 ICTP, “ Thermophysical properties measurements in the quality control of substances, materials and products ”, Dushanbe -Tambov, 3-8 October 2016; IARIA, 2CFP, ICQNM -2020, 15-19 November, 2020; *Ispane, Valenciya, 2020*; International Conference on Theoretical Physics and Applied Physics (TPAP-2020) November 20-22, 2020, Xiamen, China; Rostock-2020, Germany, 8-9, October 2020;

Публикации. По результатам работы опубликовано 20, в том числе 6 научных статей, в рекомендуемых журналах ВАК при Президенте РТ, и получено 2 малых патента Республики Таджикистан и 12 материалов опубликовано в научных форумах.

Объем и структура работы. Настоящая диссертационная работа включает введение, обзор литературы по тематике исследования, четыре главы, выводы по проведенному исследованию, использованную литературу и приложение. Работа изложена на 211 страницах компьютерного текста и содержит 80-таблицу, 58-рисунков, 182 наименований библиографических ссылок и 65 страницы приложения.

Первая глава посвящена обзору литературы и соответствующему анализу работ по данному направлению.

Во второй главе представлены подробные схемы измерительных устройств и соответствующие подробные описания к ним, которые предназначены для исследования теплопроводности, электропроводности и кинетических свойств, позволяющих проводить опыты при различных параметрах состояния. Также в данной главе приведена оценка погрешности данных устройств.

Третья глава отведена экспериментальному исследованию ряда свойств, таких как электро-, теплофизические и кинетические свойства водных растворов в широком диапазоне изменения параметров состояния. Патент Республики Таджикистан за № ТЈ 824, 2016г.

В четвертой главе представлен анализ и обобщение результатов опытных данных перечисленных выше данных по теплофизическим, электрофизическим и кинетическим свойствам изучаемых веществ. На основе выполненного анализа и обобщения получен ряд аппроксимационных и корреляционных зависимостей.

В приложении показаны подробные таблицы, в которых представлены сравнения экспериментальных значений по теплопроводности, электропроводности и кинетическим характеристикам водных растворов в большом ди-

апазоне изменения параметров состояния с расчетными данными, которые были получены путем вычисления по выведенным эмпирическим уравнениям. Также в приложении представлены исходные данные для количественной оценки погрешности измерения электропроводности, теплопроводности, теплоемкости и коэффициентов адсорбции и массопереноса изучаемых веществ.

Работа выполнена на кафедре “Общей физики” Таджикского государственного педагогического университета имени С. Айни.

Глава 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ ДАННЫХ ПО НЕКОТОРЫМ СВОЙСТВАМ ВОДЫ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ.

1.1. Основные физико-химические свойства и теплопроводность воды при атмосферном давлении.

В 2010 - 2014 году, к.т.н., доцент Аминов Ш.А. под руководством заслуженного деятеля науки и техники Таджикистана, д.т.н. профессора Сафарова М.М. выполнил исследовательскую работу по данной тематике, которую успешно защитил в г. Казань, КНИТУ-КАИ имени А.Н. Туполева [3-11].

Вода является самым распространенным теплоносителем с большим количеством аномалий, требующих тщательного изучения степени их влияния на течение процессов. На такое многообразие аномалий влияет ее структурное строение, которая напоминает равнобедренный треугольник с двумя атомами водорода в основании и одним атомом кислорода на вершине этого треугольника с длиной гидроксильной связи $0,9572 \text{ \AA}$ и валентным углом НОН $104,6^\circ$ [16,19]. Ядра молекулы воды окружают 10 электронов. Двое из них вращаются вокруг ядра кислорода [12,18,21,25,45,77,125].

Современное представление о воде показывает, что углы ее молекулы наделены четырьмя зарядами – двумя положительными и двумя отрицательными, от которых зависит разворачивание молекулы таким образом, чтобы один атом водорода располагался непосредственно между двух атомов кислорода (рисунок 1).

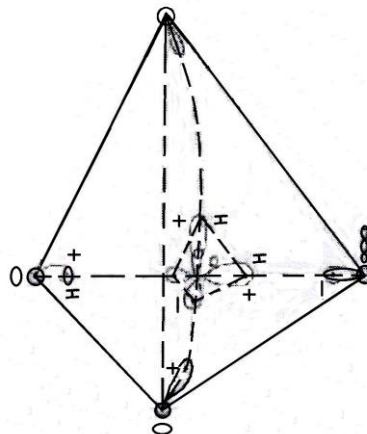


Рисунок 1.1. Структура воды [19,21,83,84,101].

Связь, именуемая водородной, у молекулы воды имеется 4 (2 донора и 2 акцептора). Посредством данных связей молекула воды взаимодействует с соседними молекулами и молекулами других веществ. Водородная связь очень прочна и склонна к изгибу [12,14,19,45,46, 77,83,84,101].

Холл [127], считает, что вода имеет только две – рыхлую (льдоподобную, ажурную) и плотноупакованную (с разным молярным объемом) структуру. Согласно Самойлову [100,101], льдоподобная структура имеет тип льда – f , а плотноупакованная вода – это мономеры воды, которые замещают пустоты в ажурном типе структуры, созданного молекулами, имеющих Н-связь.

В таблице 1.1 показаны физико-химические параметры воды.

Таблица 1.1. Основные физико-химические свойства воды при атмосферном давлении, и температуре $T = 293$ К

Молекулярная масса μ , кг/моль	Температура кипения T , К	Температура плавления T , К	Плотность d , кг/м ³	Вязкость, Па·с	Теплопроводность, Вт/(м·К)
0,018	373	273	1000	$1,03 \cdot 10^{-3}$	0,564

Сегодня известны более ста работ, посвященных исследованию теплопроводности этой уникальной жидкости, такие как: Барата и Нетлетона [8], Пауэлла [77], Варгафтика Н.Б. и др. [19-21], Александрова и Трахтенгерца [2,20], Ле Нейндра и др. [71], Расторгуева и др [79], Кастелли и Станли [102], Минамиями, Яты [66], Тарзиманова и Лазового [110,111], Таказивы, Нагашимы, Танишиты [118], Александрова А.А. и др. [1], Сироты, Латунина, Беляевой [105] и Спирина [107], (таблица 1.3). В 1964 году на VI Международной конференции (1963 г.), посвященной изучению свойств водяного пара были предложены скелеты соответствующих таблиц международного статуса (МСТ-1964), в которых в основном приведены данные по ее теплопроводности при $T=273\div 973$ К и $P=0,1\div 50$ МПа, однако в 1974 году на очередной конференции (VIII Международная конференция) по результатам более глубокого изучения было выявлено [85,88], что некоторые области нуждаются в дополнении и изменении.

Сравнением новых данных было установлено удовлетворительное согласие результатов исследований различных авторов, главным образом при $T=(274\div 473)$ К совпадает с отклонением не более 1%, а при $T > 473$ К не более 2%. Согласно [2], при $T = (273 - 473)$ К отклонение по теплопроводности составляет $\pm 1\%$, что позволило в указанном температурном диапазоне использовать воду (таблица 1.2) в качестве эталонного образца для апробирования и градуировки устройств, предназначенных для исследования теплопроводности.

В работах [2,25,111,116] доказано, что теплопроводность воды с ростом температуры от точки плавления до 413К также растет, а затем до критической температуры уменьшается, в то время как теплопроводность большинства жидкостей при росте температуры, наоборот, уменьшается. Данное поведение зависит от ее структурного строения. Другое свойство воды это то, что она является самой теплопроводной жидкостью, но этот параметр все же меньше относительно своего твердого состояния приблизительно на 75%. Также согласно Фрицу [126] и Польшу [85,135] вода имеет большую поглонительную способность и при $T = 293$ К вклад от собственного излучения весьма мало, а при высоких показателях температуры экспериментальные данные отсутствуют. Согласно расчетам [18] при температуре 473 К и толщине слоя воды 0,5 мм вклад данного показателя может составить 0,2%.

Теплопроводность различных жидкостей была изучена авторами множества работ [25 - 47].

Таблица 1.2. Рекомендованные значения теплопроводности воды на линии насыщения [80,109], ($\lambda \cdot 10^3, \text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$), при $T = (273 - 573)$ К

T	λ	T	λ	T	λ	T	λ	T	λ
273	565	343	658	403	683	463	669	523	617
283	599	353	664	413	684	473	663	633	605
303	615	363	671	423	683	483	656	543	592
313	628	373	676	433	680	493	648	553	577
323	640	383	679	443	677	503	638	563	562
333	649	393	682	453	674	513	628	573	544

Пальмер [76,103] в своих трудах отметил, что особый механизм переноса, свойственный воде, проявляется тогда, когда молекулы приобретают способность создания водородной связи между собой. Существуют две основные причины, которые влияют на теплопроводность воды: это появление цепочки в направлении температурного градиента и организация дополнительного теплопереноса по длине цепочки вследствие обрыва связи на одном конце и ее восстановления на ином. Пальмер предположил, что подобным образованием связей можно дать определение как высокой теплопроводности гидроксосоединений, так и положительному знаку температурного коэффициента ее теплопроводности. Согласно оценкам Пальмера, перенос тепла посредством водородных связей может соответствовать порядка 80% от общего количества. Другими словами Пальмер оценивает вклад переноса тепла посредством водородных связей в гидроксильных жидкостях, но этот способ не дает возможности объяснить температурный рост теплопроводности, поскольку согласно его рассуждениям, рост температуры приводит к все большему числу разрыва водородных связей, а это в свою очередь приводит к снижению данного параметра. Снижение теплопроводной способности раствора с ростом концентрации второго компонента можно описать, полагаясь на рассуждения Пальмера [76] и Эйкена [38], в которых показана особенность вклада водородных связей в общую теплопроводность воды, заключающаяся в том, что передача тепла между молекулами интенсифицируется при наличии дополнительной связи между ними.

Вода и водные растворы в физике жидкого состояния представляют собой особый источник информации, поскольку ей присущи множество аномалий [62,79].

В работе Мищенко и Соколова [60] представлено описание диаметрального изменения свойств ее растворов даже при относительно малых изменениях температуры, оказывающая влияние на его структуру.

Согласно расчетам Цвинки молекулы воды располагаются на определенном расстоянии от ионов под давлением $\sim 50,66$ МПа. Таким образом, вы-

явлено, что на поведение теплоемкости и теплопроводности в процессе переноса тепла весомое значение оказывает именно состояние воды и определяется взаимодействием ион-вода (рисунок 1.1).

1.2. Заключение к первой главе.

В данной главе представлен литературный обзор по свойствам основных компонентов исследуемых нами веществ с целью установления степени разработанности и изученности этих компонентов, с целью установления новизны работы и ее актуальности.

Также приведено подробное описание структура воды, ее аномальных качеств, которые влияют на теплофизические свойства под действием различных значений давления и температуры.

Глава 2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ И ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ЖИДКОСТЕЙ И РАСТВОРОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ, ДАВЛЕНИЯ И КИНЕТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЗЕРНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ.

2.1. Экспериментальная установка по измерению теплопроводности растворов в зависимости от температуры по методу монотонного разогрева

Исследование теплопроводности образцов мы воспользовались методом монотонного разогрева, представленный профессором Е.С. Платуновым [73]. На рисунке 2.1 изображено устройство, основанное на данной методике (ИТЛ-400) [132-А], [133-А], [139-А], [140-А], [144-А].

Монотонный тепловой режим представляет собой метод приближенного анализа уравнения теплопроводности нелинейного типа. Монотонный тепловой режим предполагает плавный прогрев либо охлаждение в условиях изменения температуры в больших пределах [73]. Этот метод представляет собой обобщенный вариант квазистационарных методов при переменных ТФС $[\lambda = \lambda(t); a = a(t); c\rho = c\rho(t)]$ и скоростях нагрева (охлаждения) $b = f(x, \tau)$. Эти методы хороши тем, что путем проведения одного опыта выявить температурную зависимость образцов (динамические методы).

Предложенный метод нашел большую востребованность в измерениях теплопроводности, теплоемкости и температуропроводности жидкостей, растворов, твердых тел, сыпучих материалов и др. [7,8,13,14,24-26,28-30,34-36,39, 47-51, 57,61-66,91-99,105,110,115,118,128,133,134],[132-А],[133-А], [139-А], [140-А], [144-А], а устройство основанная на данной методике представлено на рисунке. Медная ячейка в устройстве предусмотрена для помещения в нее образца (4). Кроме этого, в приборе есть контактная пластина 3 и стержень 5 (изолирован), к которым тепло подается от основания 1. Также выполняется изолирование ячейки 4 и пластин 2,3. Медь в виде мате-

риала для изготовления этих деталей установки выбиралась для избежания температурного перепада.

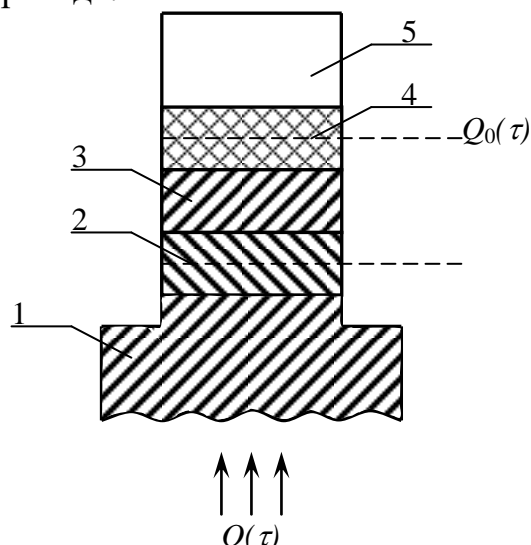


Рисунок 2.1. Тепловая схема метода: 1–основание; 2–пластина; 3–пластина контактная; 4–медная ячейка с исследуемым объектом; 5–стержень.

Тепловым потоком $Q_T(\tau)$ от основания нагреваются пластины 2, 3 ячейка с образцом и стержень 5. Габариты системы выбираются исходя из того, чтобы аккумулируемые потоки с ячейкой и пластиной были не менее 5-10раз меньше, которые способен поглотить стержень.

Расчетная формула, согласно выражению (2.1) примет вид [73],[132-А], [133-А], [139-А], [140-А], [144-А]:

$$Q_0(\tau) = \frac{\Delta T_0 S}{P} = \left(\frac{1}{2} C_0 + C_c \right) \cdot v_0, \quad (2.1)$$

где $Q_0(\tau)$ – тепловой поток, распределенный в стержне, Вт; ΔT_0 – перепад температуры на образце, К; P – теплосопrotивление пластины 3 и стержня, $\text{м}^2\text{К/Вт}$; C_0 – общая теплоемкость образца, Дж/К; C_c – общая теплоемкость стержня, Дж/К; v_0 – скорость нагрева ячейки, К/с, а S – площадь ее поперечного сечения, м^2 ;

$$Q_T(\tau) = K_T^* \cdot v_T = \left(\frac{1}{2} C_T + C_n + C_0 + C_c \right) \cdot v_0, \quad (2.2)$$

где $Q_T(\tau)$, K_T^* , v_T , C_T – тепловой поток, пропускаемый пластиной 2, Вт, коэффициент пропорциональности (для эффективной теплопроводности), Вт/К ;

перепад температуры, К и ее общая теплоемкость соответственно, Дж/К; C_n – общая теплоемкость пластины 3, Дж/К.

Как уже было отмечено, между пластиной 3 и стержнем возникает тепловое сопротивление, которое можно определить согласно [132-А], [133-А], [139-А], [140-А], [144-А]:

$$P = P_0 + P_K, \quad (2.3)$$

где P_0 – теплосопротивление исследуемого вещества, м²К/Вт; P_K – поправка возникающего теплосопротивления в местах контакта, заделок либо неидентичности термопар, м²К/Вт. P_0 для образца можно определить с помощью:

$$P_0 = \frac{h}{\lambda}, \quad (2.4)$$

где h , λ – высота ячейки до уровня заполнения вещества, м, и его теплопроводность, Вт/(м·К).

На основе (2.1)-(2.4) тепловое сопротивление образца приобретает следующий вид [132-А], [133-А], [139-А], [140-А], [144-А]:

$$P_0 = \frac{\Delta T_0 S (1 + \sigma_c)}{\Delta T_t \cdot K_T} - P_K, \quad (2.5)$$

где σ_c – поправка на теплоемкость ячейки с изучаемым материалом:

$$\sigma_c = \frac{C_0}{2(C_0 + C_c)}, \quad (2.6)$$

где C_c , C_0 – общая теплоемкость стержня, Дж/К [46], образца, Дж/К. Для образца теплоемкость рассчитывается:

$$C_0 = C_0(t) \cdot m_0, \quad (2.7)$$

где $C_0(t)$ – удельная теплоемкость образца и ячейки, Дж/(кг · К);

m_0 – масса образца, кг:

$$C_c = C_M(t) \cdot m_c, \quad (2.8)$$

где $C_M(t)$ – удельная теплоемкость меди, Дж/(кг · К); m_c – масса стержня, кг.

Влияние σ_c чаще всего составляет не более 5-10% и может быть выбрана по приближенным данным для теплоемкости изучаемых веществ.

Теплопроводность пластины определяется в виде [132-А],[133-А],[139-А],[140-А],[144-А]:

$$K_T = K_T^* \frac{C_c}{\frac{1}{2}C_T + C_n + C_c}. \quad (2.9)$$

По (2.4) выводим [132-А],[133-А], [139-А], [140-А], [144-А]:

$$\lambda = \frac{h}{P_0}. \quad (2.10)$$

Результаты расчетов теплопроводности переводят к усредненной температуре, т.е.

$$\bar{t} = t_c + 0,5A_t \cdot n_0, \quad (2.11)$$

здесь \bar{t} – средняя температура образца, °С; t_c – температура непосредственного измерения, °С; A_t – чувствительность термопары (хромель-алюмель), К/мВ; n_0 – температурный перепад на образце, мВ.

Автоматизированное устройство, которое применяется для экспериментального изучения ряда теплофизических характеристик изображено на рисунке 2.2. Параметры K_T и P_K являются постоянными прибора и находятся путем его градуировки.

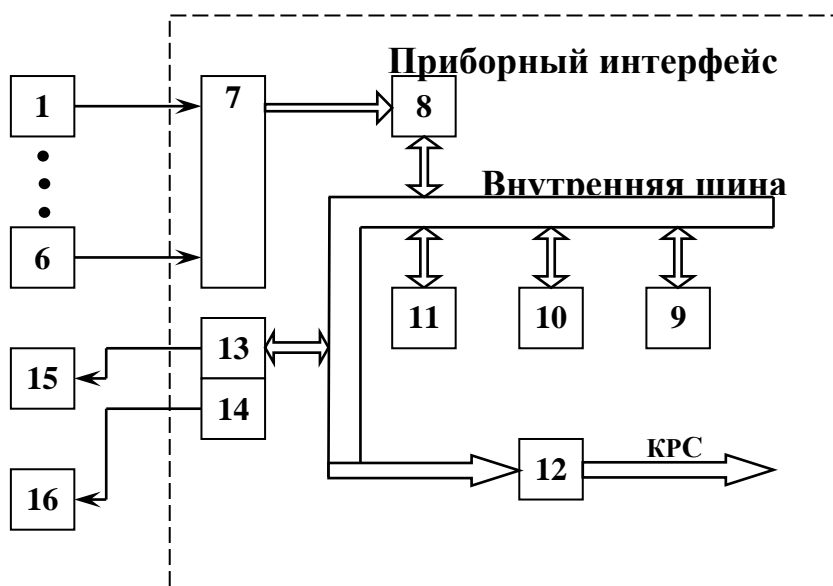


Рисунок 2.2. Блок-схема автоматизированного теплофизического комплекса. 1-6 – Датчики температур; 7 – Аналоговый коммутатор; 8 – АЛУ; 9 – Flash память; 10 – Таймер; 11 – Логика управления; 12 – UART – асинхронный последовательный приемопередатчик; 13, 14 – ЦАП; 15 – Регулятор температур основания; 16 – Регулятор температур адиабатической оболочки.

Расчет теплопроводности образцов осуществляется за счет известных данных разности температур на тепломере ΔT_i и образце ΔT_0 (мкВ), n_T и n_0 соответственно, показания которых снимают с прибора.

2.2. Экспериментальная установка для комплексного определения теплофизических свойств при различных температурах и давлениях.

Для измерения теплофизических величин (теплопроводность, теплоемкость и температуропроводность) используются разные опытные устройства [1,2,12,14,29,54],[138-А],[140-А],[144-А],[145-А].

Так, теплопроводность жидкостей и газов экспериментально исследуется при помощи цилиндрического бикалориметра с применением метода регулярного теплового режима первого рода [1-3,12,14,24-26,34,-39,53,54,63,65,68,69,119,120,124],[138-А],[140-А],[144-А],[145-А].

Основными элементами прибора являются: сосуд высокого давления, цилиндрический бикалориметр, зеркальный гальванометр и электроизмерительные приборы. Измерение ТФС веществ выполняется различными - как стационарными, так и нестационарными методами. Например, теплопроводность и теплоемкость веществ в твердом состоянии исследуют с применением метода монотонного разогрева. Данный метод был разработан и предложен со стороны профессора Платунова Е.С. и его учеников. Температуропроводность этих же материалов либо измеряют другим устройством, либо рассчитывают на основе значений плотности по формуле [138-А], [140-А], [144-А], [145-А]:

$$a = \frac{\lambda}{C_p \rho}, \text{ м}^2/\text{с} \quad (2.12)$$

где λ - коэффициент теплопроводности веществ, Вт/(м·К); C_p - удельная изобарная теплоемкость, Дж/(кг·К); ρ - плотность веществ, кг/м³.

Измерительный ($l=17$ см) и компенсационный ($l=5$ см) цилиндры вместе образуют ядро бикалориметра, которые в свою очередь изготовлены из красной меди. Цилиндры соединены с помощью ниппеля. Ядро оснащено нагревателем малой мощности, куда также устанавливается и горячий спай

термопары. Измерение теплопроводности жидкостей заключается в измерении температурного перепада, возникающего между ядром устройства и внешним цилиндром, в котором установлено ядро. Устройство собирается исключительно из точных измерительных приборов, таких как аналитические весы марки ВЛГ-200Г, цилиндр из титана с наружным диаметром 100 мм, электронноследящая система, грузопоршневый манометр и т.д.

Целью изобретения нового устройства является повышения и функций качества теплопроводности, плотности, температуропроводности, теплоемкости при одном замере.

Экспериментальное устройство схематически показано в виде рисунка 2.3).

Устройство состоит из медного *a*-калориметра (1) наружным диаметром 100 и высотой 180мм с полостью диаметром 20мм.

Испытуемое вещество (жидкость, раствор) (2), после чего устанавливается металлическая пробка (12) и тонкостенная металлическая трубка (3), внутри которой размещается и горячий спай термопары (5) и маломощный нагреватель (6,13), который посредством разделительного трансформатора подключен к сети переменного тока 220В. Второй спай устанавливают в корпус внешнего цилиндра (4), в высверленное отверстие диаметром 6мм. Основная термопара соединена с гальванометром (7), который можно заменить самописцем, микровольтамперметром марки М-95, компьютером и др. В ходе опыта изменение температуры фиксируется хромель-алюмелевой термопарой диаметром $d = 0,15$ мм. Для этого ее горячий спай необходимо установить на корпусе наружного цилиндра, а холодный спай (10) в сосуд Дьюара (8), заполненного смесью воды и льда (9). Ее концы также соединены с гальванометром (11). Расчет тепло - и температуропроводности зависит от значения темпа охлаждения, фиксируемого между тонкостенной трубкой (3) и наружным цилиндром (1), который вычисляется в виде [138-А], [140-А], [144-А], [145-А]:

$$m = \frac{\ln \Theta_2 - \ln \Theta_1}{\tau_2 - \tau_1} \cdot \frac{1}{c} \quad (2.13)$$

где Θ_1, Θ_2 - перепад температуры между тонкостенной трубкой и внешним цилиндром в момент времени τ_1 и τ_2 .

Значения Θ_1, Θ_2 - устанавливаются путем градуировочных опытов.

Для того, чтобы за один опыт исследовать и тепло- и температуропроводность изучаемых растворов и жидкостей предлагаются нижеследующие выражения [138-А],[140-А],[144-А],[145-А]:

$$\lambda = AC_p m, \frac{Bm}{M \cdot K} \quad (2.14)$$

$$a = Km, \frac{M^2}{c} \quad (2.15)$$

здесь A и K - постоянные установки, устанавливаемые аналитическими способами [54],[138-А], [140-А], [144-А], [145-А].

$$K = \frac{1}{\left(\frac{2,405}{R}\right)^2 + \left(\frac{\pi}{l}\right)^2}, M^2 \quad (2.16)$$

где l, R –высота и радиус полости соответственно, в которую заливают жидкость либо раствор для исследования.

Значение A вычисляется из контрольных измерений, а C_p представляет собой удельную изобарную теплоемкость тонкостенной металлической трубки (справочные данные).

Удельная изобарная теплоемкость рассчитывается по нижеследующей формуле, если известны значения плотности этих веществ [138-А], [140-А], [144-А], [145-А]:

$$C_p = \frac{\lambda}{a\rho}, \frac{Дж}{кг \cdot K} \quad (2.17)$$

В правую часть выражения (2.17) входят ТФС, определяемые экспериментально. Также, зная значения плотности изучаемых веществ, их ТФС (тепло- и температуропроводность, а также и теплоемкость) можно исследовать одним опытом. Показано, что погрешность измерения ТФС жидкостей и растворов, в основном зависит от метода исследования и измерительных приборов. В предложенном нами способе эти погрешности составляют: для

теплопроводности - 2,5 % ; для температуропроводности - 3%; и теплоемкости - 3%. Устройство, аналогично другим, подвергается контрольным измерениям с применением эталонов (толуол, воздух и вода), ТФС которых хорошо изучены и представлены в справочниках.

Отличием предложенного варианта установки (рисунок 2.3) является то, что ядро *a*-калориметра выполнено с полостью для размещения образца исследования (жидкость, раствор), в которую непосредственно вставляется трубка с маломощным нагревателем и горячий спай термопары, соединенной к микровольтамперметру марки М-95, вместо которого можно также применить и самописец, гальванометр, либо компьютер. Однако **главное отличие** прибора заключается в расчете темпа охлаждения образца, для чего измеряется разность температур между тонкостенной трубкой и (корпусом), необходимой для расчета темпа охлаждения нагретого в *a*-калориметре образца, в результате чего за один опыт можно определить и теплоемкость и тепло- и температуропроводность опытных образцов (жидкость, раствор) [138-А], [140А], [144-А], [145-А] (рисунок 2.3).

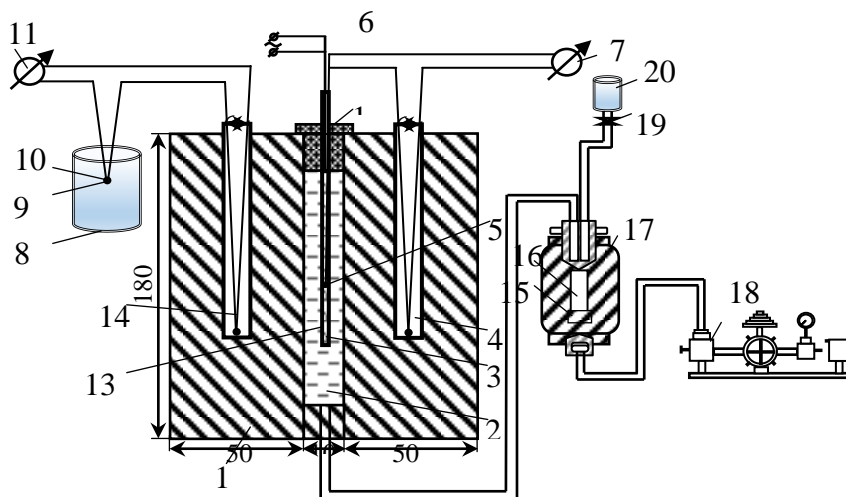


Рисунок 2.3. Схема установки для комплексного определения теплофизических свойств растворов и наножидкостей (Патент РТ №ТТ 100, 2007г.).

Устройством, представленным на рисунке 2.3, изучена теплопроводность образцов при изменении температуры [86, 124,126].

Основными элементами прибора являются: бикалориметр цилиндрический, пережимной сосуд высокого давления (13), манометр грузопоршневый МП-2500 (16) и ряд электроизмерительных приборов.

Температура в опытах фиксировалась термопарой дифференциальной (хромель-алюмель ($\varnothing=0,15\text{мм}$)) с потенциометром Р37-1 (0,001-класс точности). Для создания разности потенциала устройство снабжено сосудом Дьюара, который предназначен для размещения холодного спая данной термопары, поскольку сосуд в опытах был заполнен водой со льдом.

Изменение температуры на граничных слоях образца фиксировалась подобной выше термопарой. Диаметр нагревателя (нихромовая проволока) составлял 0,15мм. Горячий спай этой термопары установлен непосредственно в отверстие измерительного цилиндра, а холодный в отверстие наружного. Термопара в свою очередь были подключены к гальванометру типа М 17/2.

Нагреватель и горячий спай термопар были изолированы от испытуемого вещества и находились при постоянном давлении (атмосферное).

У нагревателя была произведена изоляция (стеклоткань, пропитанная клеем БФ-2). Нагревателем создавалась разность температур порядка (1,31-0,65) К, соответствующая 320 и 160 давлениям шкалы гальванометра. Толщина слоя образца выбиралась с учетом исключения конвекции.

Центровку цилиндров осуществляли микроскопом типа МИР-2, а расстояние между ними (зазор) непосредственно или с помощью микроскопа. Используя микрометр, был определен диаметр внутреннего цилиндра по окружности и по длине в трех точках. Часовой индикатор был применен для измерения диаметра наружного цилиндра. Полировка и хромирование позволило снизить теплотери излучением. Для проведения опыта важно, важно обеспечить вертикальное расположение устройства. Использование электрической печи позволяет задавать высокие температуры. Применяемая в работе печь состоит из трех основных частей (10,12,14). Печь имеет форму цилиндра диаметром 180x110мм. Нагреватель в ней расположен на внутренней поверхности, который представляет из себя нихромовую проволоку диаметром

1 мм. В качестве изоляции был использован асбест. Данный вариант печи позволяет обеспечить нагрев бикалориметра за относительно короткое время. Торцы печи также были изолированы (снаружи), а ее питание обеспечивалось посредством стабилизатора напряжения. Фиксирование и регулировка напряжения выполнялась вольтметром, а термопара и гальванометр (ГСП-47) служили для контроля над отсутствием разности температур (по высоте прибора).

Пережимной сосуд высокого давления (13) имеет следующие показатели: материал - сталь марки IX18H9T, диаметр – 100x28, длина - 300мм, диаметр соединительных патрубков – 6x3мм. В него включен специальный разделитель (полиэтиленовый мешочек) (14), погруженный в глицерин (15), посредством которого оказывалось давление с использованием грузопоршневого манометра марки МП-2500 (16). Для измерения давления опыта дополнительно был применен манометр типа МО-600. Аналогично другим установкам, данное устройство также прошло тестирование с использованием эталонных образцов (воздух и толуол) при атмосферном давлении. На воспроизводимость получаемых данных опыты проводились при разных толщинах слоя и в разное время. Сравнение относительно данных, полученных другими исследователями, представлено на рисунках 2.4, 2.5.

На рисунках также представлены данные [24,25], согласно которым наши данные удовлетворительно согласуются с литературными [24] практически при всех температурах с погрешностью не более 4,2%. Согласно сравнительному анализу, было выявлено, что погрешность составляет не более 4,2%. После того как контрольные измерения дали хорошие результаты мы исследовали наши образцы.

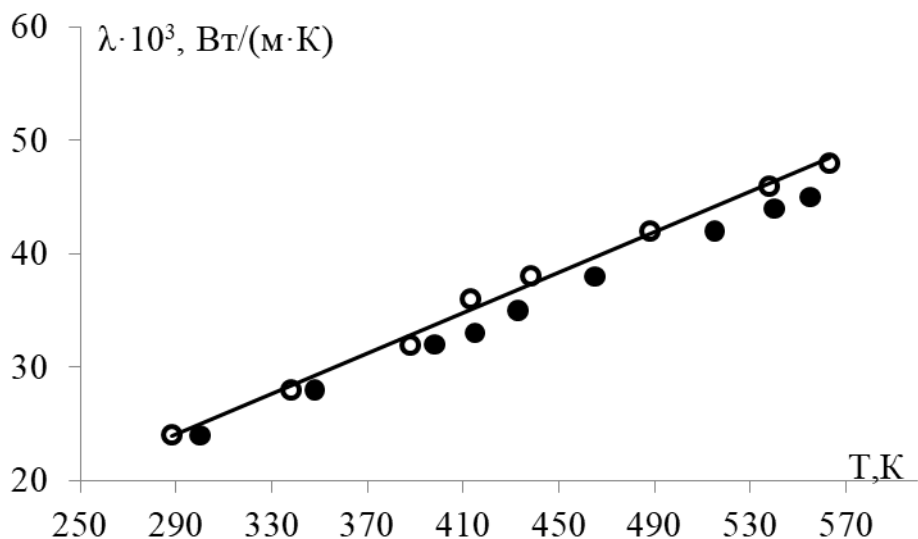


Рисунок 2.4. Сравнение экспериментальных значений теплопроводности воздуха с данными [24,25]: о – данные [24,25]; ● - наши данные.

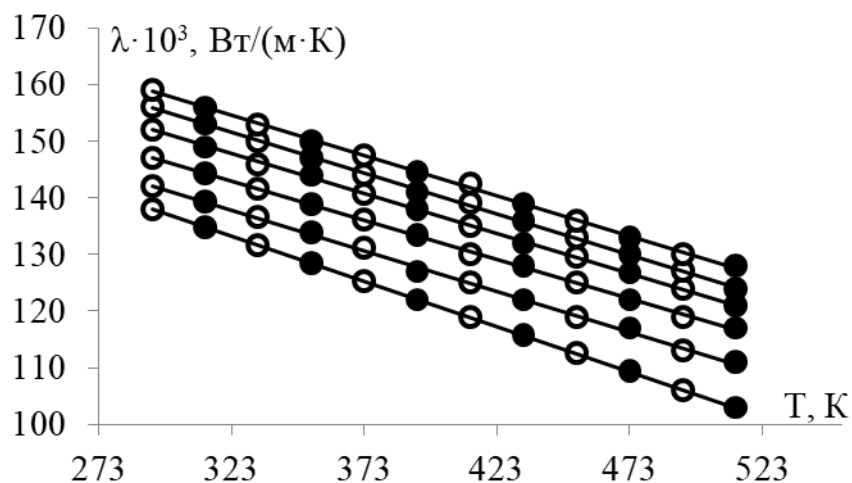


Рисунок 2.5. Сравнение экспериментальных значений теплопроводности толуола при различных температурах и давлениях с данными [24,25]; о – данные [24,25]; ● - наши данные.

2.3. Устройство для определения электрофизических свойств магнитных жидкостей в зависимости от давления и магнитного поля (Патент РФ №ТЖ 372)

Данное изобретение представляет собой устройство, состоящее из лабораторного автотрансформатора, двух электродов и амперметров, переменного резистора, последовательно соединенной индукционной катушки с полиэтиленовой ячейкой, заполненной образцом исследования, внутри, которая в свою очередь соединена с тонометром и реостатом.

Установка также позволяет проводить экспериментальные исследования касательно электропроводных свойств магнитных жидкостей путем воздействия на образец магнитного поля и в условиях комнатной температуры.

В комплект установки входят следующие приборы: лазерная установка, штатив с ячейкой и опытным образцом, на тыльной поверхности которой заделан спай термопары, присоединенной к микровольтнаноамперметру, ЛАТР с амперметром и переменным резистором, находящихся в последовательном соединении с соленоидом. Внутри соленоида размещен образец в полиэтиленовой ячейке, соединенной тонометром [125].

Близкой по своей сущности данной установке является установка для исследования влияния магнитного поля на температуропроводность этих жидкостей, главными элементами которой являются амперметр и инфракрасный детектор [54].

Установка предназначена для повышения точности получаемых данных по электропроводности магнитных жидкостей в зависимости от давления и магнитной индукции (рисунок 2.6).

Устройство работает следующим образом:

Ячейка 2, наполненная исследуемым веществом, с верхней части имеет соединение с тонометром 4, а снизу с двумя электродами 1. Ячейка внутри катушки устанавливается исходя из условий, исключающих их контактирование. После установления нужного положения ячейки внутри катушки (3), закрепленной на штативе, ЛАТРОм 7 подают напряжение от 3 до 8В, тем самым создавая магнитное поле, давление опыта также изменяется от 0,1 до 29,34 МПа. Переменным резистором 8 выполняется регулирование силы тока от 0,4 до 0,97А, которые находятся в последовательном соединении с катушкой 3. После подачи напряжения между двумя электродами возникает ток, который измеряется амперметром.

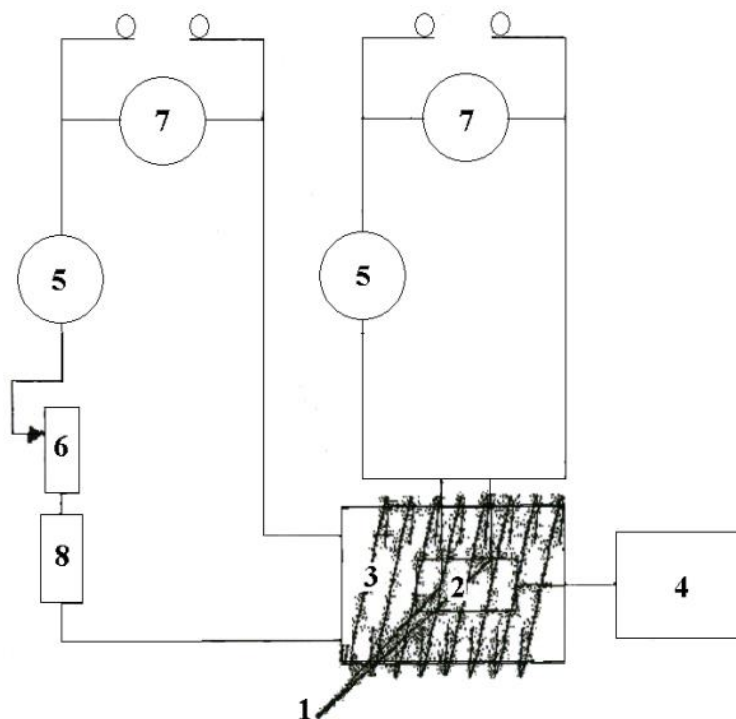


Рисунок 2.6.Блок схема экспериментальной установки для измерения электрофизических свойств электролитов при атмосферном давлении.

2.4. Экспериментальная установка для определения коэффициента адсорбции и массоотдачи зернистых материалов (Малый патент РТ №ТJ 824, № TJ 825).

Кинетические характеристики образцов нами были исследованы устройством, изображенном на рисунке 2.7. Предложенное устройство собрано из двух основных частей - это сосуд цилиндрикообразный с сеткой и секундомер с электронными весами (класс точности 0,001 г). Диаметр сетки соответствует внутреннему диаметру сосуда, диаметр которого 5 см, высота 8 см. Ячейки сетки имеют площадь 1 мм^2 каждая. Сперва проводят взвешивание пустого сосуда, затем с водой, а взвешивание образцов производится вместе с сеткой. Последние взвешиваются после каждого промежутка времени увлажнения (30 мин.) [127-145],[138-А], [140-А], [144-А], [145-А], [151-А],[152-А]:

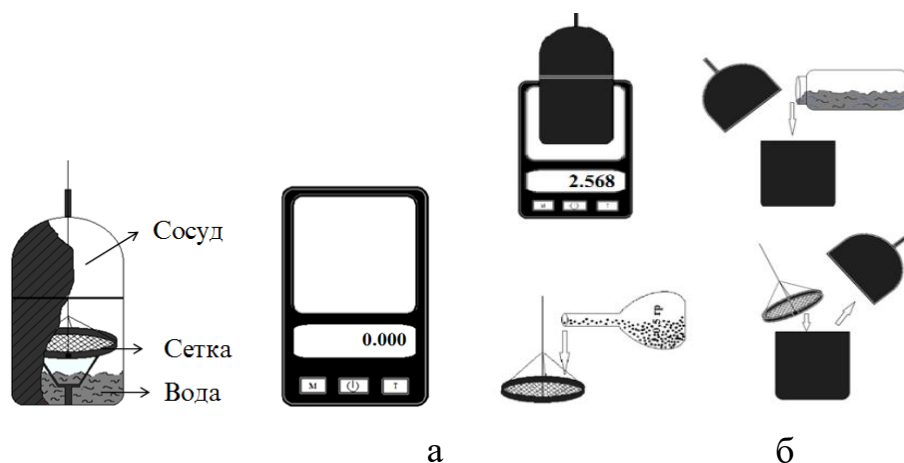


Рисунок 2.7. Экспериментальная установка для определения коэффициента адсорбции и массоотдачи: а – установка; б – электронные весы.

С помощью экспериментальной установки, приведенной на рисунке 2.7 к.т.н., и.о. доцентами кафедры общей физики ТГПУ имени С.Айни Мирзомаматовым А.Г. и Абдуназаровым С.С. ТЭИ г. Бохтар выполнены диссертационные работы, которые успешно защитили [127-145]. Надо отметить, что настоящая работ с вышеупомянутыми кандидатами наук была выполнена параллельно, но с другими объектами исследования. В качестве образцов был использован термический нанопорошок (герметик).

Порядок проведения эксперимента

1. В первую очередь в измерительный сосуд (А) наливаем воду около 4–5 гр.
2. Насыпаем исследуемый порошок на поверхность сетки (В). Насыщение порошка проводим 25 – 30 минут.
3. После 30 минут открываем крышку сосуда и измеряем массу порошка с помощью электронных весов (Е). Эта процедура повторяется через каждые 30 мин. До полного смачивания образца. Результаты измерения каждого грамма порошка приведено в таблице №2.

2.5. Расчетная формула для определения коэффициентов адсорбции и массоотдачи сыпучих материалов.

Адсорбцию и массоперенос в изучаемых термических нанопорошках, которые широко применяются по полученным данным опытов рассчитыва-

ют согласно (Малые патенты РТ за номерами №ТJ 824, 2016; №ТJ 825,2016) [151-А] и [152-А]

$$\Gamma = \left[\frac{m - m_0}{\mu \cdot m_0} \right], \text{ (МОЛЬ/КГ)} \quad (2.18)$$

$$\beta = \left[\frac{m - m_0}{S \cdot t} \right], \text{ (КГ/М}^2\text{С)} \quad (2.19)$$

Для проверки полученных данных по коэффициентам адсорбции, набухания и массопереноса по предложенному способу и экспериментальной установке, разработанной профессором М.М.Сафаровым и его учениками (Патент РТ за номерами №ТJ 490,2010; №ТJ 824,2016; №ТJ 825,2016) были проведены контрольные измерения. В качестве контрольных образцов были использованы следующие материалы: для коэффициента адсорбции и массопереноса использован пористый гранулированный оксид алюминия Al_2O_3 имеющий цилиндрическую форму размером (2-3) мм, общая удельная поверхность равна приблизительно 80 г/см^2 ; для коэффициента набухания использовали полимерные материалы.

2.6. Расчет погрешности измерений теплофизических, электрофизических и кинетических свойств веществ.

Для того, чтобы убедиться в достоверности полученных опытом результатов, необходимо было выяснить погрешность, с которой проводились эти опыты, для чего мы воспользовались способом, описанным в [27,28,31-35,40,49-51,54,57,61,63,66,71,79,87,89,90,105,107,109,112-114,115,123,125, 133, 134, 138,144,145],[138-А],[140-А],[144-А] ,[145-А]. Среднеарифметическое значение (выборочное среднее) \bar{y} для результата ряда опытов находим согласно:

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i, \quad (2.20)$$

где n – количество опытов; y_i – результат i -го измерения.

По выражениям (2.21) и (2.22) вычисляются абсолютная S и относительная $S_{отн}$ величины выборочного среднего квадратичного отклонения результата одного наблюдения:

$$S = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y - \bar{y})^2}, \quad (2.21)$$

$$S_{\bar{y}} = \frac{S}{\bar{y}} \cdot 100\%. \quad (2.22)$$

Для определения абсолютной $S_{\bar{y}}$ и относительной $S_{\bar{y}_{\text{от}}}$ со среднеквадратичной погрешностью по итогам ряда опытов определялись:

$$S_{\bar{y}} = \frac{S}{\sqrt{n}}, \quad (2.23)$$

$$S_{\bar{y}_{\text{от}}} = \frac{y}{\bar{y}} \cdot 100\%. \quad (2.24)$$

Доверительная граница случайной погрешности, допущенной в экспериментах $\Delta_{\bar{y}_{\text{от}}}$ вычисляется в виде:

$$\Delta_{\bar{y}_{\text{от}}} = S_{\bar{y}} \cdot t_{n-1, 1-\frac{\varepsilon}{a}}, \quad (2.25)$$

где $\varepsilon = 1 - \lambda$;

λ – доверительная вероятность, принятая 0,95.

Доверительная граница не исключенной систематической погрешности, согласно результатам опытов θ вычисляется:

$$\theta = K \sqrt{\sum_{j=1}^m \theta_j^2}, \quad (2.26)$$

где K – коэффициент, равный 1,1 при условии, что $\lambda = 0,95$;

θ_j – граница j -ой соответствующей неисключительной систематической погрешности.

Доверительная граница погрешности по данным опытов находим:

$$\Delta = t_{\Sigma} \cdot S_{\Sigma}. \quad (2.27)$$

Суммарную погрешность неисключенных систематических и случайных отклонений S_{Σ} в среднеквадратичной форме моно рассчитать в соответствии:

$$S_{\Sigma} = \sqrt{S_y^2 + S_v^2}, \quad (2.28)$$

где $S_v^2 = \frac{1}{3} \sum_{j=1}^m \theta_j^2$ – суммарная неисключенная систематическая погрешность в среднеквадратичной форме.

t_{Σ} - представляет собой коэффициент соотношения случайного с неисключенным отклонением, который определяется в виде:

$$t_{\Sigma} = \frac{\theta + S_{\bar{y}} \cdot t_{\bar{x}}}{S_v + S_{\bar{y}}}, \quad (2.29)$$

где $t_{\bar{x}}$ – коэффициент Стьюдента, зависящий от α (доверительная вероятность, численное значение которой равно 0,95) и количества проведенных экспериментов.

Доверительный предел погрешности относительно результата косвенных измерений, представляющие собой функцию $y = F(y_1, y_2, \dots, y_n)$ при $\alpha = 0,95$ и рассчитывается согласно:

$$\Delta y = \sqrt{\left(\frac{\partial F}{\partial y_1}\right)^2 (\Delta y_1)^2 + \left(\frac{\partial F}{\partial y_2}\right)^2 (\Delta y_2)^2 + \dots + \left(\frac{\partial F}{\partial y_n}\right)^2 (\Delta y_n)^2}, \quad (2.30)$$

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

Расчет доверительного предела относительной погрешности экспериментов выполняется согласно:

$$\sigma = \frac{\Delta y}{\bar{y}} \cdot 100\%. \quad (2.31)$$

В соответствии с выражением (2.10) с учетом (2.20) и (2.34), к примеру погрешность результатов измерений теплопроводности, полученных на установке, работающей методом монотонного разогрева, можно вычислить следующим образом:

$$\Delta \lambda = \sqrt{\left(\frac{\partial \lambda}{\partial h}\right)^2 (\Delta h)^2 + \left(\frac{\partial \lambda}{\partial (\Delta T_0)}\right)^2 (\Delta T_0)^2 + \left(\frac{\partial \lambda}{\partial S}\right)^2 (\Delta S)^2 + \left(\frac{\partial \lambda}{\partial (\Delta T_1)}\right)^2 (\Delta T_1)^2 + \left(\frac{\partial \lambda}{\partial K_T}\right)^2 (\Delta K_T)^2 + \left(\frac{\partial \lambda}{\partial \sigma_c}\right)^2 (\Delta \sigma_c)^2 + \left(\frac{\partial \lambda}{\partial P_K}\right)^2 (\Delta P_K)^2} \quad (2.32)$$

$$\text{где } \frac{\partial \lambda}{\partial h} = \frac{1}{P_0} = \frac{1}{2,4 \cdot 10^{-4}} = 0,41 \cdot 10^4$$

$$\frac{\partial \lambda}{\partial (\Delta T_0)} = \frac{h}{S(1 + \sigma_c) - P_K \Delta T_t \cdot K_T} = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{1,76 \cdot 10^{-4} (1 + 1,07 \cdot 10^{-2}) - 2,11 \cdot 10^{-3} \cdot 80 \cdot 0,331} = 8,97 \cdot 10^{-2}$$

$$\frac{\partial \lambda}{\partial S} = \frac{h}{\Delta T_0 (1 + \sigma_c) - P_K \Delta T_t \cdot K_{T_0}} = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{210 (1 + 1,07 \cdot 10^{-2}) - 2,11 \cdot 10^{-3} \cdot 80 \cdot 0,331} = 2,35 \cdot 10^{-5}$$

$$\frac{\partial \lambda}{\partial (\Delta T_1)} = \frac{h}{\Delta T_0 S (1 + \sigma_c) - P_K K_T} = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{210 \cdot 1,76 \cdot 10^{-4} (1 + 1,07 \cdot 10^{-2}) - 2,11 \cdot 10^{-3} \cdot 0,331} = 0,1364$$

$$\frac{\partial \lambda}{\partial K_T} = \frac{h}{\Delta T_0 S (1 + \sigma_c) - P_K \Delta T_t} = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{210 \cdot 1,76 \cdot 10^{-4} (1 + 1,07 \cdot 10^{-2}) - 2,11 \cdot 10^{-3} \cdot 80} = 3,8 \cdot 10^{-2}$$

$$\frac{\partial \lambda}{\partial \sigma_c} = \frac{h}{\Delta T_0 S - P_K \Delta T_t \cdot K_{T_0}} = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{210 \cdot 1,76 \cdot 10^{-4} - 2,11 \cdot 10^{-3} \cdot 80 \cdot 0,331} = 0,264$$

$$\frac{\partial \lambda}{\partial P_K} = \frac{h}{\Delta T_0 (1 + \sigma_c) - \Delta T_t \cdot K_{T_0}} = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{210 \cdot 1,76 \cdot 10^{-4} (1 + 1,07 \cdot 10^{-2}) - 80 \cdot 0,331} = 1,89 \cdot 10^{-4}$$

Формулой (2.10) и (2.20)-(2.33), при условии $\alpha = 0,95$ (доверительная вероятность) производится расчет погрешности экспериментов.

Согласно методике [86] мы исследовали инструментальную погрешность замеров температуры опыта (термо - ЭДС термопары потенциометром). Требуемые данные для количественной оценки погрешности сведены в таблице П.1.

Согласно выполненным вычислениям, доверительная граница погрешностей экспериментального исследования теплопроводности веществ в соответствии с методом монотонного разогрева с учетом принятой $\alpha = 0,95$ - относительная 1,9%, методическая и инструментальная погрешности равны 0,2% и 1,1% соответственно, а общая относительная погрешность результатов экспериментов составляет 3,2%. Согласно (2.17) доверительная граница погрешности результатов экспериментов по теплоемкости, выполненных методом монотонного разогрева рассчитывается в виде [138-A], [140-A], [144-A], [145-A]:

$$\Delta C_\delta = \sqrt{\left(\frac{\partial \tilde{N}_\delta}{\partial G}\right)^2 (\Delta G)^2 + \left(\frac{\partial C_p}{\partial \hat{E}_\delta}\right)^2 (\Delta \hat{E}_\delta)^2 + \left(\frac{\partial \tilde{N}_\delta}{\partial t_T}\right)^2 (\Delta t_T)^2 + \left(\frac{\partial C_p}{\partial b_c}\right)^2 (\Delta b_c)^2 + \left(\frac{\partial C_p}{\partial C_c}\right)^2 (\Delta C_c)^2}, \quad (2.33)$$

где

$$\frac{\partial C_p}{\partial G} = -\frac{1}{G} \left[\frac{K_T(t_C) \Delta t_T(\tau)}{b_C(\tau)} - C_C(t_C) \right]; \quad \frac{\partial C_p}{\partial K_T} = \frac{1}{G} \left[\frac{\Delta t_T(\tau)}{b_C(\tau)} \right]; \quad \frac{\partial C_p}{\partial t_T} = \frac{1}{G} \left[\frac{K_T(t_C)}{b_C(\tau)} \right];$$

$$\frac{\partial C_p}{\partial b_C} = -\frac{1}{G} \left[\frac{K_T(t_C) \Delta t_T(\tau)}{b_C(\tau)} \right]; \quad \frac{\partial C_p}{\partial C_C} = -\frac{1}{G}.$$

Формулой (2.17) и (2.20)-(2.33), можно выполнить соответствующий расчет доверительной границы относительной погрешности результатов экспериментов по теплоемкости при $\alpha = 0,95$. Для соответствующего расчета и оценки погрешности измерений теплоемкости следует использовать данные таблицы П.2.3.

Таблица 2.3. Исходные данные для количественной оценки доверительной границы погрешности результатов измерений теплопроводности по методу лазерной вспышки.

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

2.7. Заключение к второй главе.

1. Собрана экспериментальная установка, методика работы которой основана на принципах регулярного теплового режима (цилиндрический бикало-

риметр, α -калориметр), с помощью которой измеряются такие величины как λ , α и C_p сложных композиционных и сыпучих материалов в удовлетворительно воспроизводимой степени результатов экспериментов.

2. В главе представлена схема и описание опытного устройства, используемая для измерения электропроводной способности веществ при различных температурах.

3. Представлена блок-схема и способ экспериментального измерения коэффициентов адсорбции, массопереноса и набухания зернистых материалов с учетом изменения времени набухания, концентрации термического нанопорошка (герметика, ТНП) и др. параметров.

Глава 3. ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ, КИНЕТИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СИСТЕМЫ ВОДА – ТЕРМИЧЕСКОГО НАНОПОРОШКА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ И ДАВЛЕНИЯ

В настоящей главе даны характеристики образцов изучаемых веществ, результаты опытных исследований по теплопроводности, удельной изобарной теплоемкости, удельного электросопротивления и электропроводности системы водопроводной вода+герметик (термический нанопорошков (ТНП)), воды из различных родников Республики Таджикистана, дистиллированной вода +герметик (ТНП) ($m = 2,4,6,8,10,12$ г. герметика) в интервале температур (293-413) К и давления (0,101-19,52) МПа, [138-А], [140-А], [144-А], [145-А], [151-А], [152-А], [153-А], [154-А], [155-А], [156-А].

3.1. Процесс термического разложения, самодиффузия и самоохладение.

В работе [159], показаны итоги исследования термохимическим анализом (ТА) механизма и кинетики реакции термического разложения твердых и жидких веществ. Предложены соответствующие методики ТА измерений и расчетов с целью повышения точности и достоверности определения кинетических параметров.

Роль самодиффузии и самоохладения в эндотермических реакциях термического разложения обсуждалась во многих работах. Однако можно сослаться лишь на несколько работ [167-169]. Многие научные работники считают, что самоохладение имеет не столь высокое значение, которым можно спокойно пренебречь. Не малое внимание уделяется и процессу самонагревания в ходе пиролиза, газификации углерода, а также разложения высокоэнергетических материалов. В 1998г. Б.В. Львов с учениками и сотрудниками опубликовали итоги длительных исследований, в которых изложены процессы моделирования касательно вопросов распределения температуры в гетерогенных системах, а также влияния процесса самоохладения на параметры разложения $Mg(OH)_2$ [170] и $Li_2SO_4 \cdot H_2O$ [171]. Автором также изложено, что разница среди температур нагрева тела и образца весьма ощутима, если со-

здать высокий вакуум и при прочих типичных условиях данная разница может достигать даже до нескольких десятков градусов, что также вносит значительный вклад в погрешность исследования кинетических параметров. Отсюда вытекает, что у порошкообразных материалов эффект самоохладения относительно других материалов должен быть намного больше.

Львов и его сотрудники [170,171] разработали модель, которая описывает распределение температуры внутри порошкообразного материала. В данной модели они учли присутствие остаточного воздуха, а также присутствие постороннего газа либо паров воды. Образец изучался в качестве по горизонтали слоистого материала определенной толщины, которая соответствует диаметру частиц исследуемого порошка, тем самым способствуя моделированию вертикального распределения температуры среди его слоев. Поскольку температура в верхней и нижней частях образца считается предположительно одинаковой, то анализ выполнялся лишь в одной из частей данного многослойного образца, т.е. от центрального нулевого или первого слоя до n -го внешнего слоя.

Если не учитывать теплопроводность в точечных контактах между зернами и процесс разложения считать стационарным, тогда можно для выборочного i -го слоя образца составить уравнение баланса между количеством тепла, использованного на разложение, излучение, теплопроводность паров воды и постороннего газа (воздуха), и теплом, получаемым путем радиации и теплопереносом от соседних $(i-1)$ -го и $(i+1)$ -го слоев. Данная модель подробно объяснена и получено общее уравнение для расчета температуры образцов, которое зависит от разности энтальпии и энтропии реакции разложения, избыточного парциального давления присутствующих паров воды и воздуха, молярной массы рассматриваемого образца, воды и воздуха, молярного коэффициента теплосодержания воды и воздуха, излучательной способности поверхности зерен и постоянной Стефана-Больцмана. Автор для расчета модели использовал программу для персонального компьютера, которая написана на языке Visual Basic for Windows.

3.2. Теплопроводность и электропроводность водных растворов термического нанопорошка (ТНП) в зависимости от температуры при атмосферном давлении.

3.2.1. Теплопроводность водных растворов термического нанопорошка (ТНП) в зависимости от температуры при атмосферном давлении.

На устройствах экспериментального предназначения, показанных на рисунках 2.1, 2.3 были измерены теплопроводность и электропроводность растворов системы вода + термический нанопорошок (ТНП) (пентаэласт) разной концентрации (2г.,4г., 6г., 8г.,10г.,12г.) в интервале температур (293-413) К при атмосферном давлении (таблица 3.2-3.6),[138-А], [140-А], [144-А], [145-А],[151-А],[152-А],[153-А],[154-А],[155-А],[156-А].

Основные физико-химические характеристики увлажнителей (воды различных родников Таджикистана) приведены в таблице 3.1 и 3.2.

Таблица 3.1. Основные физико-химические характеристики увлажнителей (вода различных родников Таджикистана).

Образец	Состав исследуемых растворов
№1	(200г.Н ₂ О + 2г. термического нанопорошка,(ТНП));
№2	(200г.Н ₂ О + 4г. термического нанопорошка,(ТНП));
№3	(200г.Н ₂ О + 6г. термического нанопорошка,(ТНП));
Образец	Состав исследуемых растворов
№4	(200г.Н ₂ О + 8г. термического нанопорошка,(ТНП));
№5	(200г.Н ₂ О + 10г. термического нанопорошка,(ТНП));
№6	(200г.Н ₂ О + 12г. термического нанопорошка,(ТНП));

Таблица 3.2. Плотность (ρ , кг·м⁻³) и Ph воды для увлажнения термического нанопорошка (ТНП) [172,173].

Увлажнительная среда	ρ , кг/м ³	Ph
№1 (вода реки Душанбе)	992,5	7,3
№2 (вода родника Ширгина)	998,0	7,8
№3 (вода родника Вранга)	1000,0	7,9

№4 (вода родника Зонга)	1007,0	8,1
№5 (вода родника Ямчуна)	1010,0	8,28

Тепло- и электропроводные свойства образцов с толщиной слоя 0,36мм изучались при изменении температуры опыта 10-15К и 5-10К соответственно, а разность температур на его границах колебалась от 1,30 до 0,65 К. Характер изменения этих параметров от изменения температуры представлен на рисунках 3.2-3.6 [3-11].

В соответствии с таблицей 3.2 и данных рисунка 3.1, теплопроводность воды и растворов герметика на линии насыщения до достижения температуры значения 413К возрастает, а после уменьшается. Добавление термического нанопорошка (ТНП) в небольших даже количествах, как показывают результаты, увеличивает теплопроводность воды. Добавка двенадцати граммов герметика (ТНП) способствует увеличению эффективной теплопроводности воды. Например, при $T=293\text{K}$ коэффициент эффективной теплопроводности повышается на 20,9%; при $T = 413\text{K}$ на 17,3%; при $T = 573\text{K}$ на 29,7%.

Таблица 3.3. Влияние герметика (термического нанопорошка (ТНП)), на изменение теплопроводности ($\lambda \cdot 10^3$, Вт/(мК)) воды (река Душанбе) на линии насыщения [158,172-175,178],[132-А],[139-А],[144-А].

Образцы T, K	№1	№2	№3	№4	№5	№6
293	622	641	668	686	708	730
313	643	660	680	706	723	746
333	662	678	692	718	739	756
353	676	690	710	728	750	770
373	690	708	722	742	760	782
393	695	713	733	752	770	791
413	700	718	738	758	777	800
433	692	712	732	750	772	794
453	686	704	722	740	761	786

Образцы T, K	№1	№2	№3	№4	№5	№6
473	675	692	710	726	748	776
493	663	680	696	713	733	763
513	648	668	682	698	720	752
533	627	648	665	682	708	740
553	612	630	648	668	690	725
573	590	610	630	648	654	708

В таблице 3.3. приведены результаты экспериментального исследования теплопроводности водных растворов пентаэласта при различных температурах на линии насыщения, т. е. при атмосферном давлении. Согласно литературным данным коэффициент теплопроводности воды как дистиллированной, речной, так и родниковых вод с ростом температуры растет приблизительно до $T = 413$ К, а затем уменьшается. Результаты экспериментов, показали, что теплопроводность воды с повышением количества ТНП растет. Например, при температуре 293 К λ_p , теплопроводность растет на 17,4%, при температуре $T = 413$ К, $\lambda - 14,3$ %, а при $T = 573$ К, эта разница составляет $\sim 20,0$ %

Автор Аминов Ш.А. [174,175] в рамках своей исследовательской работы изучил тепло- и электропроводность, плотность, теплоемкость, удельное сопротивление водных растворов пентаэласта в зависимости от температуры и давления [158,172-175,178],[132-A],[139-A],[140-A],[144-A],[145-A].

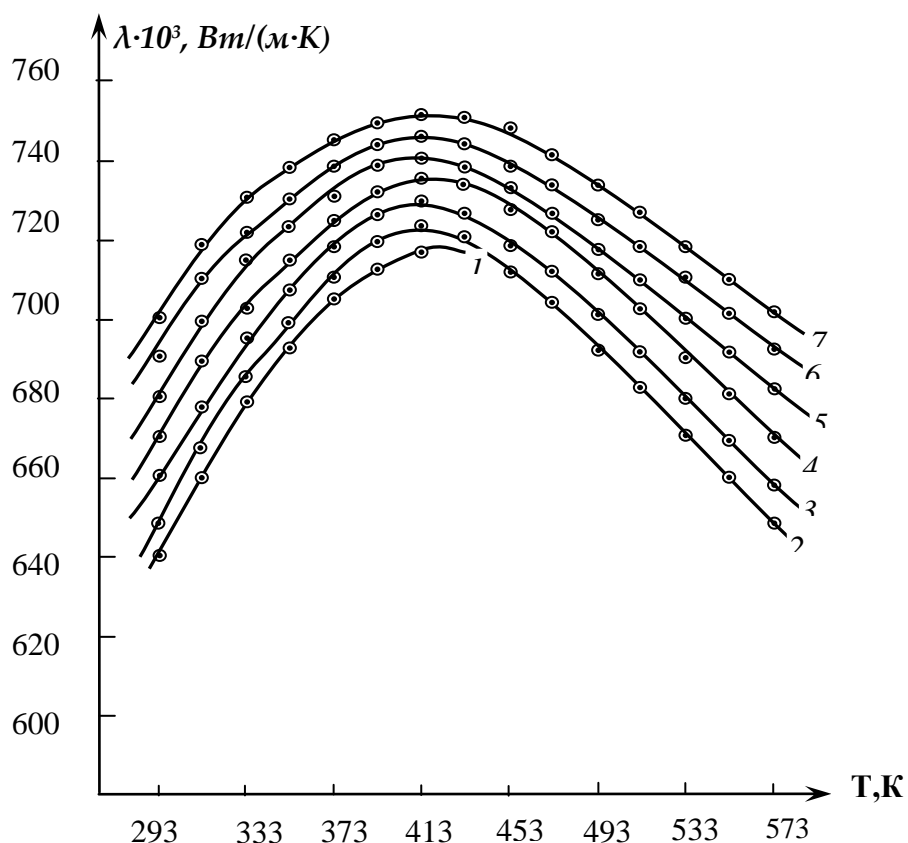


Рисунок 3.1. Зависимость теплопроводности исследуемых систем (200г. водопроводной воды + 4г. герметика) от температуры и давления: 1—0,101 МПа; 2—4,91МПа; 3—9,61МПа; 4—14,52МПа; 5—19,43 МПа; 6—29,34МПа; 7—29,25МПа.

На рисунках 3.1 и 3.1 (а) представлены значения коэффициента теплопроводности воды от температуры и давления. Согласно представленным рисункам теплопроводность воды зависит от параметров состояния (температура и давление). Например, при $T = 293 \text{ К}$ и росте давления от 0,101 МПа до 49,01МПа, λ растет на 7,38%, при 413 К на 4,76%, а при 573 К на 9,85%.

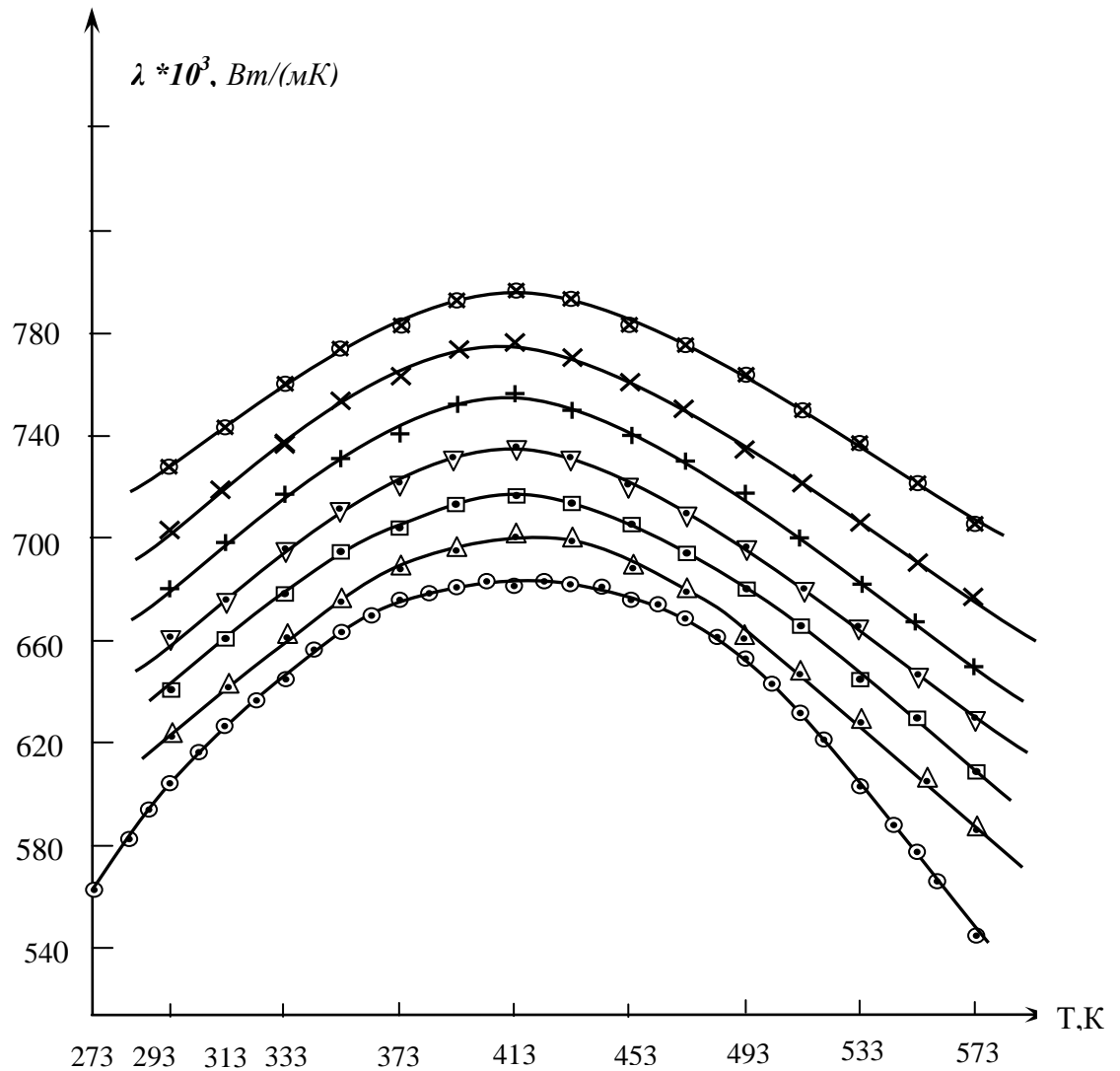


Рисунок 3.1 (а). Теплопроводность воды и ее растворов (вода реки Душанбе + герметик (ТНП)) в зависимости от температуры на линии насыщения: \odot - данные работ [158,172],[132-А],[139-А],[140-А],[144-А],[145-А]. наши данные; \triangle - Образец №1; \square - Образец №2; ∇ - Образец №3; $+$ - Образец №4; \times - Образец №5; \otimes - Образец №6.

Данные, с использованием которых построен график, экспериментально исследовал Аминов Ш.А. [158], [159 - 171].

На рисунок 3.1 (а) представлен график зависимости теплопроводности водных растворов термического нанопорошка и воды реки Душанбе (питьевая вода) с добавкой до 12 г. ТНП при различных температурах $T = (273-573)$ К и давлениях $(0,101-49,01)$ МПа. На данном рисунке приведены результаты опытного исследования коэффициента эффективной теплопроводности воды реки Душанбе на линии насыщения при давлении насыщенных паров в ин-

тервале температуры (273 – 573) К. Эффективная теплопроводность воды при 273 К, равна $\lambda_{эф} = 0,567$ Вт/(м·К), при температуре 413 К, $\lambda_{эф} = 0,666$ Вт/(м·К), а при температуре 573 К, $\lambda_{эф} = 0,549$ Вт/(м·К). Характер изменения теплопроводности на линии насыщения, соблюдает закон параболы.

Таблица 3.4. Влияние герметика (термического нанопорошка (ТНП)), на изменение теплопроводности ($\lambda \cdot 10^3$, Вт/(м·К)) воды родника Ширгина) на линии насыщения [132-А],[139-А],[140-А],[144-А],[145-А].

Образцы Т, К	№1	№2	№3	№4	№5	№6
293	627	648	670	688	712	736
303	640	658	675	693	718	741
313	653	666	682	709	728	750
323	654	676	692	714	735	757
333	672	685	705	723	742	763
343	681	694	712	728	746	770
353	686	700	717	733	754	775
363	690	708	724	737	758	782
373	697	712	728	744	763	788
383	706	718	733	748	767	793
393	708	722	738	754	775	797
403	712	728	742	758	778	802
413	714	732	748	762	784	807

На рисунках 3,2 – 3,6 и таблице 3.5 приведены результаты экспериментального определения эффективной теплопроводности растворов на основе герметика (ТНП) в интервале температур (293 – 413) К и давлений (0,101) МПа. Концентрация герметика (ТНП) в растворах изменялась в пределах от 2 до 12 гр. по массе. Как показали результаты эксперимента, с увеличением температуры способствует росту теплопроводности по линейному закону, добавка нанопорошка (ТНП) (0 до 127) также повышают эффективную теплопроводность растворов. Например, при температуре 293 К, λ возрастает до 9,68 %, при температуре 360 К до 9,91 %, а при температуре 413 К до 9,56 %.

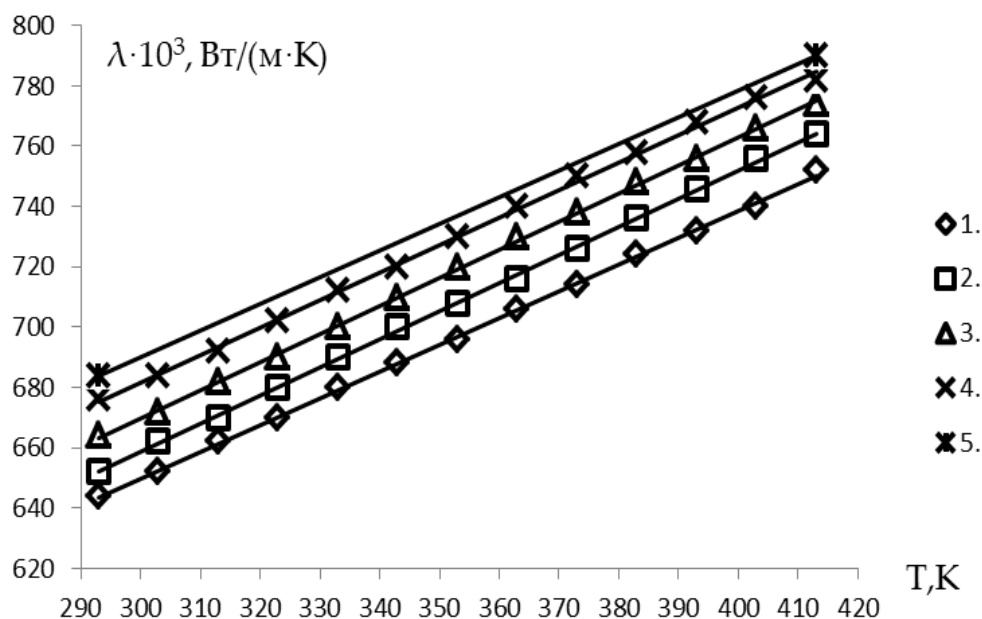


Рисунок 3.2. Зависимость теплопроводности растворов системы (вода родника Ширгина+ТНП) от температуры на линии насыщения. Обозначения как на рисунке 3.1 и в таблице 3.1.

Таблица 3.5. Влияние герметика (термического нанопорошка (ТНП)), на изменение теплопроводности ($\lambda \cdot 10^3$, Вт/(м·К)) воды родника Вранга на линии насыщения [132-А],[139-А],[140-А],[144-А],[145-А].

Образцы Т, К	№1	№2	№3	№4	№5	№6
293	633	652	674	692	715	738
303	645	663	679	700	722	745
313	656	669	686	714	730	754
323	660	679	695	718	737	760
333	675	688	708	726	746	768
343	684	699	716	734	746	774
353	692	707	721	738	758	775
363	698	712	728	742	762	784

Образцы Т, К	№1	№2	№3	№4	№5	№6
373	705	718	732	747	768	796
383	709	723	738	754	773	804
393	712	727	742	758	778	807
403	716	732	746	764	782	810
413	719	737	752	768	788	812

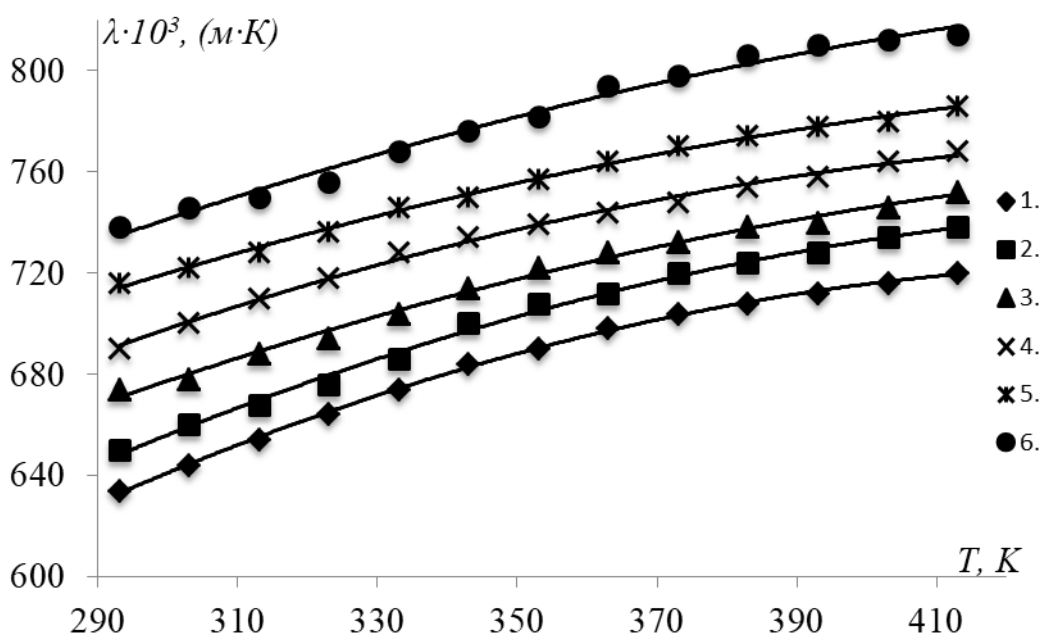


Рисунок 3.3. Зависимость эффективной теплопроводности растворов от массы наполнителя ТНП (герметика) воды родника Ямчуна+ТНП при различных температурах, т.е. $T = \text{const}$ ($T_1=293$ К; $T_2=333$ К; $T_3=393$ К; $T_4=413$ К) на линии насыщения.

Как показывает график, приведенный на рисунке 3.3, с повышением массы наполнителя в воде эффективная теплопроводность растворов растет по линейной и гиперболической закономерности. Например, при температуре $T_1=293$ К с добавкой ТНП до 12г. в воде родника Ямчуна теплопроводность растет на 17,6 %, при $T_2=333$ К теплопроводность растет на 14,7%, при $T_3=393$ К теплопроводность растет на 12,9%, при $T_4=413$ К теплопроводность растет на 13,7%. Используя, график приведенный на рисунке 3.3, можно при по-

стоянном значении концентрации ТНП определить роль вклада температуры на изменение эффективной теплопроводности исследуемых растворов в частности растворов, приготовленных из воды родника Ямчуна. Например, при постоянной массе герметика, т.е. 2г. в воде Ямчуна, повышение температуры от 293 К до 413К - теплопроводность растет на 16,3%, если добавить в воду Ямчуна 6г. герметика, изменение температуры достигает вышеперечисленных значений (293-413) К, а теплопроводность растет на 14,0%, при добавлении 12г. массы герметика в воде родника Ямчуна, теплопроводность растет на 11,1%.

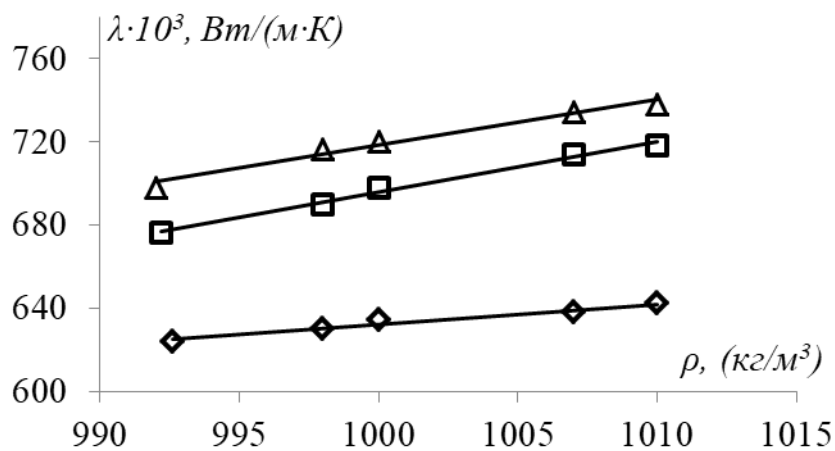


Рисунок 3.4. График зависимости эффективной теплопроводности от плотности увлажнителей для системы (вода+ 2г.ТНП) при различных температурах ($T=\text{const}$ ($T_1=293\text{К}$; $T_2=373\text{К}$; $T_3=413\text{К}$) на линии насыщения (вода реки Душанбе, родников Ширгина, Вранга, Зонга и Ямчуна) [132-А],[139-А],[140-А],[144-А],[145-А].

Таким образом, доказано, что подобная закономерность наблюдается и для других образцов воды родников Вранга, Зонга и Ширгина, а также и для воды реки Душанбе.

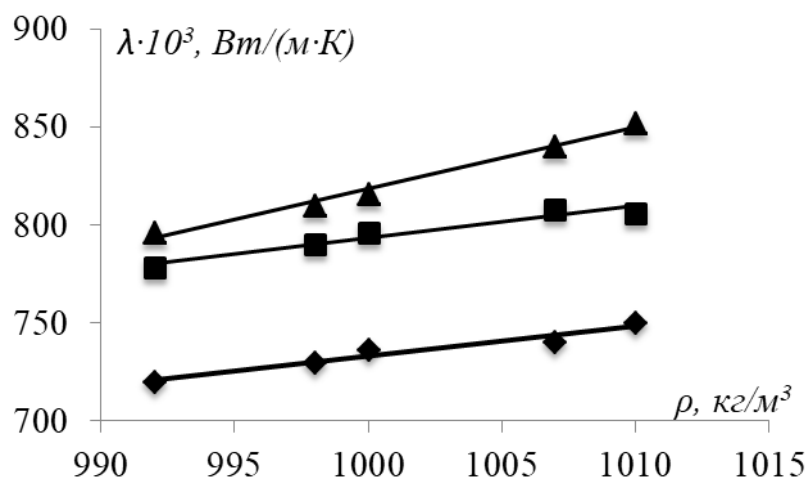


Рисунок 3.5. График зависимости эффективной теплопроводности от плотности увлажнителей для системы (вода+12г.ТНП) при различных температурах ($T=\text{const}$ ($T_1=293\text{К}; T_2=373\text{К}; T_3=413\text{К}$) на линии насыщения (вода реки Душанбе, родников Ширгина, Вранга, Зонга и Ямчуна) [132-А],[139-А],[140-А],[144-А],[145-А].

На рисунках 3.4 и 3.5. представлены график зависимости эффективной теплопроводности исследуемого образца для системы родниковых вод и воды реки Душанбе на линии насыщения от плотности растворителей при различных температурах ($T=\text{const}$ ($T_1=293\text{К}; T_2=373\text{К}; T_3=413\text{К}$) при добавке 2 и 12 граммов герметика. Как видно из данных графиков, с ростом плотности использованных вод теплопроводность растет по линейному закону. Угол наклона прямых линий зависит от температуры опыта. Чем больше температура опыта, тем больше угол наклона. Такое поведение изменения эффективной теплопроводности сказывается на степень растворимости герметика (ТНП). Согласно исследованиям Мирзомамадова А.Г. [172], плотность родниковых вод, которые использованы в экспериментах отличаются всего на 1,81%.

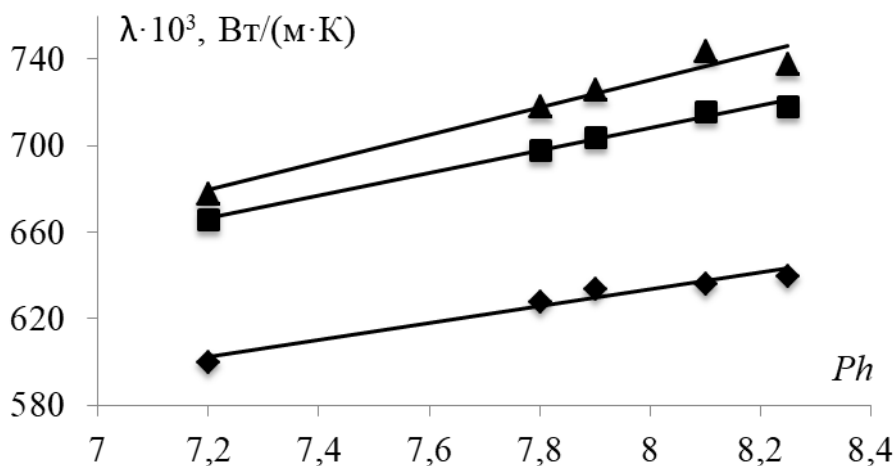


Рисунок 3.6. Влияние Ph на изменение эффективной теплопроводности исследуемых растворов системы (вода+2г.ТНП) при различных температурах ($T=\text{const}$ ($T_1=293\text{K}$; $T_2=373\text{K}$; $T_3=413\text{K}$) на линии насыщения (вода реки Душанбе, родников Ширгина, Вранга, Зонга и Ямчуна) [132-А],[139-А],[140-А],[144-А],[145-А].

Такое повышение плотности родниковых вод приводит к повышению эффективной теплопроводности (для растворов с разбавленными 2г. герметика при температуре 293К- теплопроводность растет на 3,06%; при температуре 373К- этот рост составляет- 7,46%; при температуре 413К- рост эффективной теплопроводности составляет- 6,3%). Такая тенденция увеличения эффективной теплопроводности наблюдается для всех исследуемых растворов. На рисунках 3.6 и 3.7 представлены результаты экспериментального исследования эффективной теплопроводности исследуемых растворов системы вода + 2г.и 12г. герметика при $T=\text{const}$, $T_1=293\text{K}$, $T_2=373\text{K}$, $T_3=413\text{K}$ на линии насыщения (вода река Душанбе, родники Ширгина, Вранга, Зонга и Ямчуна).

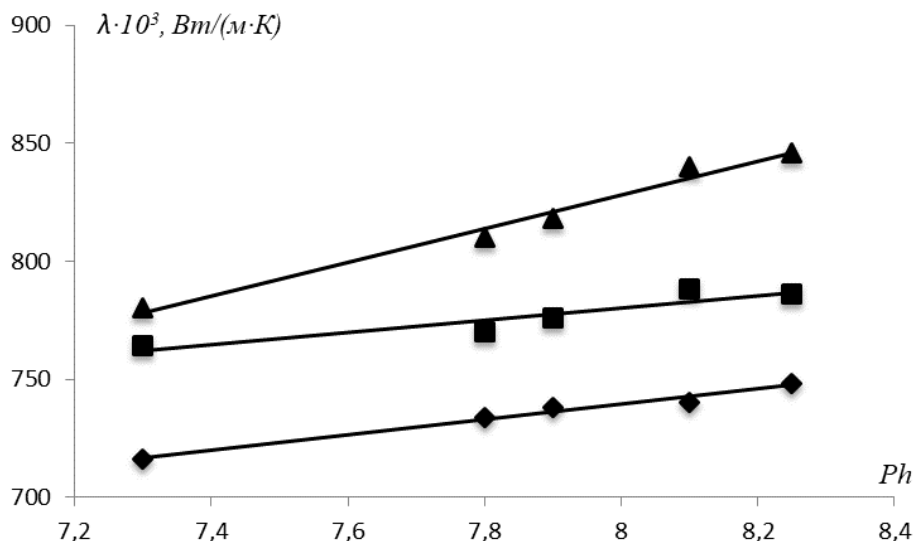


Рисунок 3.7. Влияние Ph на изменение эффективной теплопроводности исследуемых растворов системы (вода+12г.ТНП) при различных температурах ($T=\text{const}$ ($T_1=293\text{K}$; $T_2=373\text{K}$; $T_3=413\text{K}$) на линии насыщения (вода реки Душанбе, родников Ширгина, Вранга, Зонга и Ямчуна) [132-А],[139-А],[140-А], [144-А],[145-А].

Эти графики показывают, что химические свойства воды, т.е. Ph также влияет на изменение эффективной теплопроводности растворов. Согласно данным Ph - метрии, Ph принятых вод в качестве образцов исследования изменяется на 13,4%. Для растворов, которые содержат различные воды и массу наполнителя, т.е. 2г. герметика (ТНП) теплопроводность меняется следующим образом:

для образца, содержащего 2г.герметика (ТНП) при $T_1=293\text{K}$ –теплопроводность растет на 7,0%.

для образца, содержащего 2г.герметика (ТНП) при $T_1=373\text{K}$ –теплопроводность растет на 8,4%.

для образца содержащего 2г.герметика (ТНП) при $T_1=413\text{K}$ –теплопроводность растет на 9,7%.

Таким образом, эффективная теплопроводность исследуемых растворов на основе воды с различным количеством растворенного герметика ТНП (от 2г. до 12г.), чем выше температура, тем больше.

3.3. Теплопроводность системы вода + герметик (ТНП) в зависимости от температуры и давления.

Эффективная теплопроводность образцов растворов воды с герметиком (ТНП) впервые были исследованы при $T=(293-573)K$ и $P=(0,101-29,25)MPa$, для чего автор работы использовал цилиндрический бикалориметр, основанный на методике регулярного теплового режима первого рода [158]. Образцы были изготовлены с разной концентрацией растворенного герметика в них (от 2 до 12г.). Эффективная теплопроводность образцов была изучена с помощью опытного устройства, представленного в [14,57]. Достоверность данных, полученных на данном устройстве подтверждена путем проведения экспериментов при разных давлениях (0,101-29,25) МПа и комнатной температуре, т.е. 293К. Устройство запатентовано малым патентом Республики Таджикистан [89,90]. Полученные, данным опытным устройством значения эффективной теплопроводности воды с растворенного в ней герметика (водопроводная вода и дистиллированная вода) сведены в таблицах 3.7-3.8 и приложении П.3.3-П.3.7, согласно которым видно, что в процессе опыта теплопроводность образцов увеличивается до момента увеличения температуры до 413К, а после, наоборот, уменьшается. Повышение давления в опыта, как показывают экспериментальные данные, приводит к росту эффективной теплопроводности растворов.

Таблица 3.7. Эффективная теплопроводность ($\lambda \cdot 10^3$, Вт/(мК)) системы (вода реки Душанбе+герметик ТНП (Образец №1)) в зависимости от температуры и давления [158] [132-А],[139-А], [140-А],[144-А],[145-А].

T, К	Давление P, МПа						
	0,101	4,91	9,61	14,52	19,43	24,34	29,25
293	622	631	643	651	661	672	689
313	641	650	660	672	681	688	697
333	662	669	680	690	699	704	712
353	677	686	693	704	710	717	723

373	689	695	703	712	719	725	731
393	696	703	711	719	724	731	737
413	700	705	714	722	728	734	741
433		700	709	717	724	731	736
453		692	700	707	717	724	730
473		680	688	695	705	713	721
493		668	676	684	693	703	713
513		654	665	673	682	692	703
533		641	652	661	671	681	694
553		629	640	650	660	671	683
573		616	628	638	649	660	675

Таблица 3.8. Эффективная теплопроводность ($\lambda \cdot 10^3$, Вт/(мК)) системы (вода реки Душанбе+ герметик ГНП (Образец №6)) в зависимости от температуры и давления [158] [132-А],[139-А], [140-А],[144-А],[145-А].

T, К	Давление P, МПа						
	0,101	4,91	9,61	14,52	19,43	24,34	29,25
293	729	738	745	755	764	772	782
313	742	751	758	766	777	784	791
333	758	764	772	780	788	796	804
353	771	778	785	793	800	809	815
373	784	791	798	804	812	820	826
393	794	801	808	814	821	827	834
413	799	806	812	819	825	832	838
433		802	810	817	823	830	835
453		795	803	811	817	825	831
473		782	791	800	807	815	823
493		770	779	788	797	804	813
513		758	767	778	785	796	804

T, К	Давление P, МПа						
	0,101	4,91	9,61	14,52	19,43	24,34	29,25
533		747	758	767	775	787	797
553		735	745	756	767	778	789
573		723	734	745	756	767	779

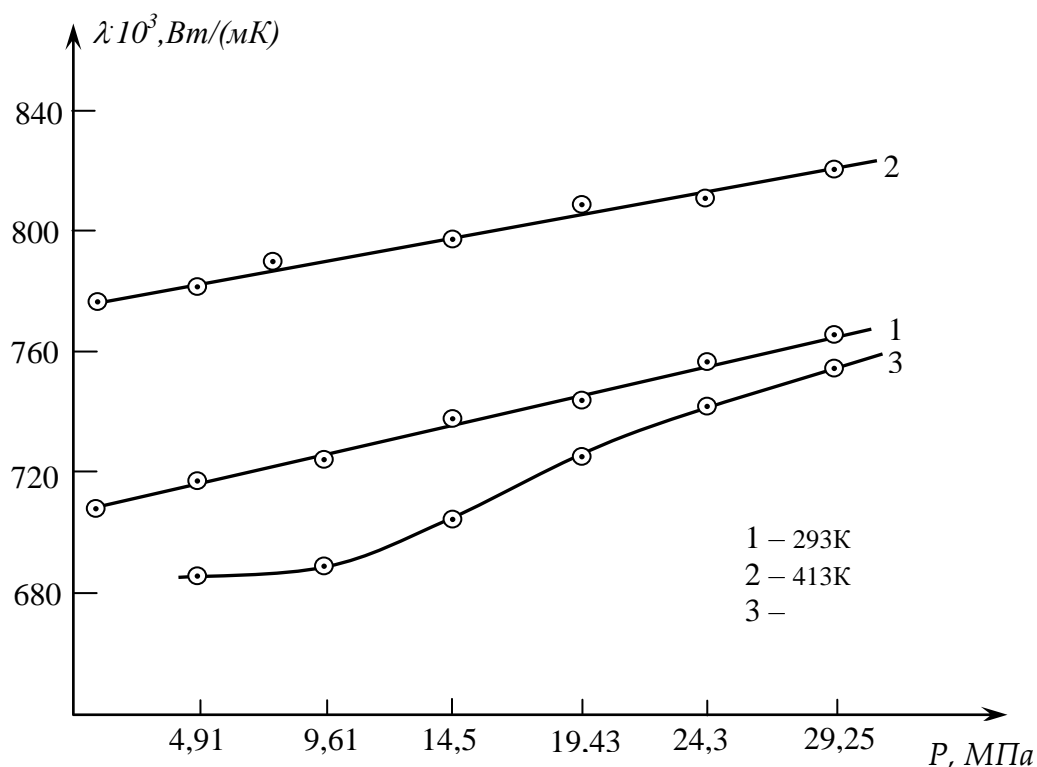


Рисунок 3.8. Зависимость теплопроводности исследуемых растворов (Образец №5) от давления при температуре 293, 413 и 573К [158], [132-A],[139-A], [140-A],[144-A],[145-A].

Эффективная теплопроводность изучаемых веществ в значительной степени имеет зависимость от теплопроводности растворителя (воды), а тепло- и электрофизические свойства значительнее всего связаны со степенью чистоты растворителя, т.е. воды (водопроводной и дистиллированной).

Изучение зависимости ТФС растворителя от концентрации добавляемого в него порошка показало, что его теплопроводность наряду с концентрацией порошка возрастает (таблицы 3.7-3.8, приложения П.3.3-П.3.7). Таким образом, отсюда вытекает, что теплопроводная способность раствора увеличива-

ется тогда, когда возникнет некая дополнительная сила взаимодействия, в данном случае водородная связь.

3.4. Эффективная теплопроводность системы (родниковая вода + герметик (ТНП)) в зависимости от температуры и давления

Для определения теплопроводности исследуемых растворов в зависимости от температуры и давления использовали разработанную нами экспериментальную и запатентованную установку в ТаджНИТИ г.Душанбе за номером (№ТJ 923) [180]. Результаты определения теплопроводности растворов системы родниковые воды и герметик (ТНП) в интервале температуры (293-413) К и давления ($p=0.101-14.52$) МПа приведены в таблицах 3,9-3,14, а графически показаны на рисунках 3.9-3.14. В качестве растворителей использовали родниковые воды родников Ширгина, Вранга, Зонга и Ямчуна [132-А], [139-А],[140-А],[144-А],[145-А].

Таблица 3.9. Эффективная теплопроводность ($\lambda \cdot 10^3$, Вт/(мК)) системы (вода родника Ширгина+герметик (ТНП) (Образец №1)) в зависимости от температуры и давления [180] [132-А],[139-А], [140-А],[144-А],[145-А].

T, К	Давление P, МПа				
	0,101	2,45	4,91	9,62	14,52
293	630	639	652	662	668
303	636	645	661	670	687
313	645	648	667	679	695
T, К	Давление P, МПа				
	0,101	2,45	4,91	9,62	14,52
323	654	656	677	688	703
333	663	674	684	696	713
343	670	682	693	706	721
353	679	691	701	713	730
363	686	699	709	722	738
373	694	708	717	730	746
383	704	716	726	740	755
393	713	725	734	748	764
403	720	732	743	757	775
413	730	742	749	765	782

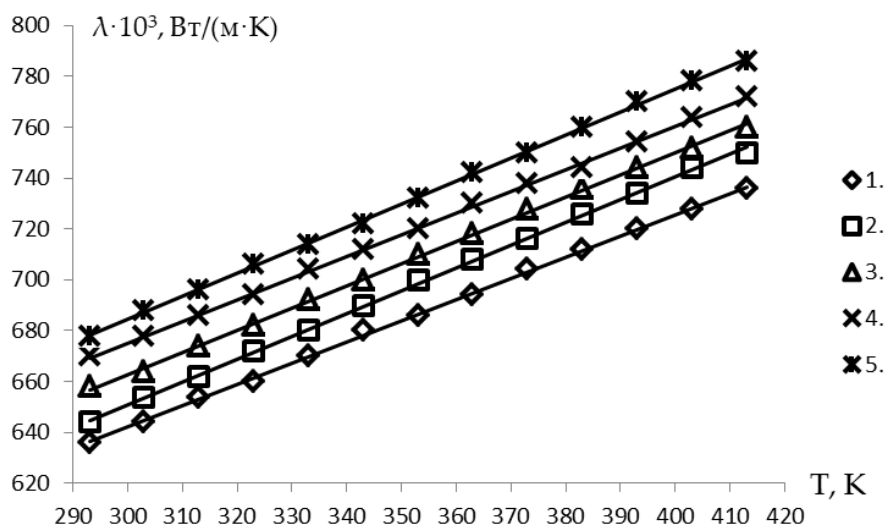


Рисунок 3.9. Влияние температуры (293-413) К и давления (0,101-14,52) МПа на изменение эффективной теплопроводности системы ((Образца №1, родниковая вода Ширгина + герметика (ТНП)) [180], [132-А],[139-А],[140-А],[144-А],[145-А]).

Таблица 3.10. Эффективная теплопроводность ($\lambda \cdot 10^3$, Вт/(м·К)) системы (вода родника Ширгина+герметик (ТНП) (Образец №2)) в зависимости от температуры и давления [180], [132-А],[139-А], [140-А],[144-А],[145-А].

T, К	Давление P, МПа				
	0,101	2,45	4,91	9,62	14,52
293	636	645	658	669	676
303	642	651	667	676	687
313	651	654	674	685	695
323	660	662	683	694	703
T, К	Давление P, МПа				
	0,101	2,45	4,91	9,62	14,52
333	669	680	690	702	713
343	676	688	700	712	721
353	685	697	707	719	731
363	692	705	715	728	738
373	700	714	723	736	746
383	710	722	732	746	755
393	719	731	740	754	764
403	726	738	749	763	775
413	740	748	761	770	789

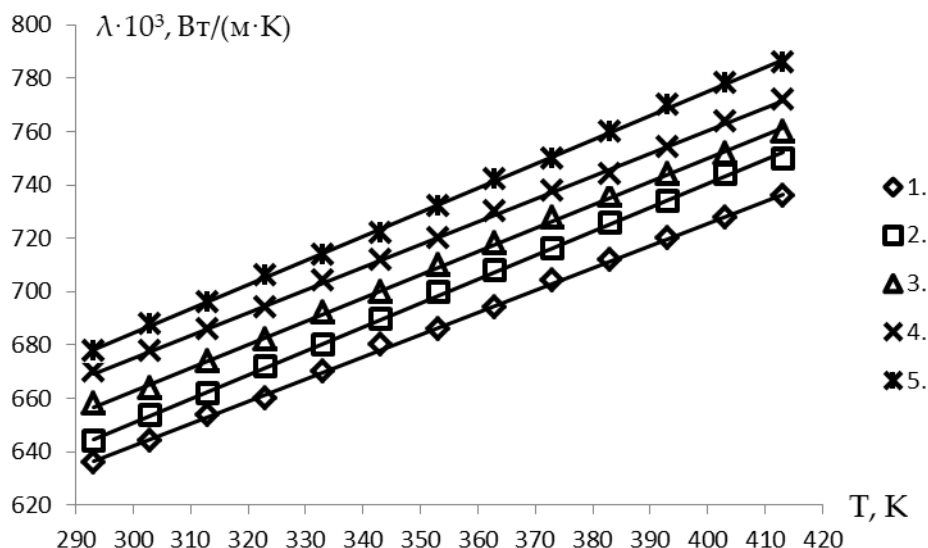


Рисунок 3.10. Влияние температуры (293-413)К и давления (0,101-14,52) МПа на изменение эффективной теплопроводности Образца №2 (родниковая вода Ширгина + герметик (ТНП)) [180],[132-А],[139-А],[140-А],[144-А], [145-А].

Таблица 3.11. Эффективная теплопроводность ($\lambda \cdot 10^3$, Вт/(м·К)) системы (вода родника Ширгина+герметик ТНП (Образец №3)) в зависимости от температуры и давления [180], [132-А],[139-А], [140-А],[144-А],[145-А].

T, К	Давление P, МПа				
	0,101	2,45	4,91	9,62	14,52
293	642	652	664	676	684
303	648	657	674	683	694
313	657	660	681	692	703
323	667	668	690	702	710
333	676	686	697	709	720
343	682	694	707	721	728
353	691	703	714	724	738
363	698	711	722	735	745
373	707	720	730	743	753
383	716	728	739	753	762
393	725	738	747	762	770
403	732	744	756	771	783
413	753	764	775	783	796

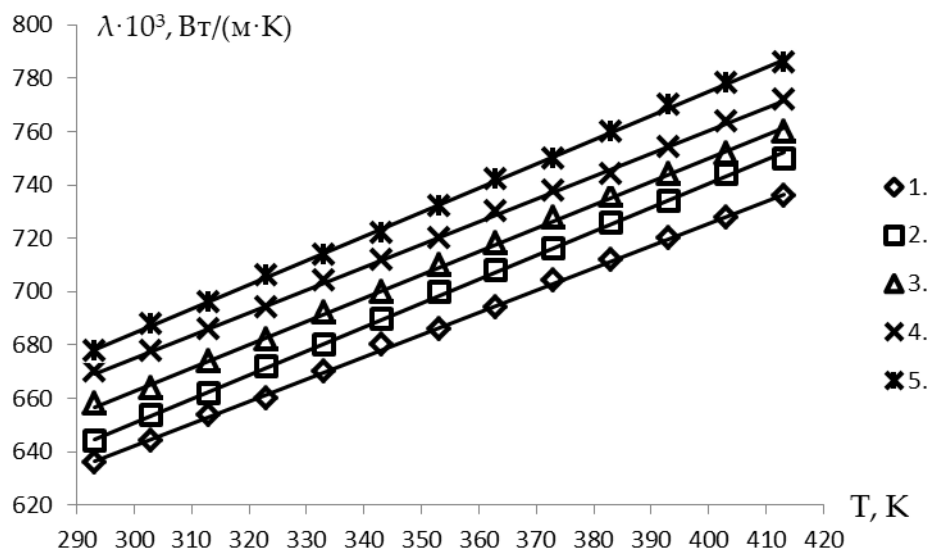


Рисунок 3.11. Влияние температуры (293-413) К и давления (0,101-14,52) МПа на изменение эффективной теплопроводности Образца №3 (родниковая вода Ширгина+герметик (ТНП))[132-А], [139-А], [140-А], [144-А], [145-А].

Таблица 3.12. Эффективная теплопроводность ($\lambda \cdot 10^3$, Вт/(м·К)) системы (вода родника Ширгина+герметик (ТНП) (Образец №4)) в зависимости от температуры и давления [180], [132-А],[139-А], [140-А],[144-А],[145-А].

T, К	Давление P, МПа				
	0,101	2,45	4,91	9,62	14,52
293	648	659	670	682	690
303	654	664	682	690	701
313	663	668	690	699	710
323	674	675	697	709	717
333	685	693	704	716	727
343	689	701	714	728	735
353	699	710	720	731	744
363	705	718	729	742	752
373	714	727	737	750	760
383	723	735	746	760	769
393	732	746	753	768	777
403	739	750	763	778	790
413	760	772	784	790	803

Герметик в виде нанопорошка (ТНП), который используется для самопокрытия радиаторов автомобилей различной массы добавлен в исследуемые растворы (от 0 до 12г. в 200г. воды названных родников).

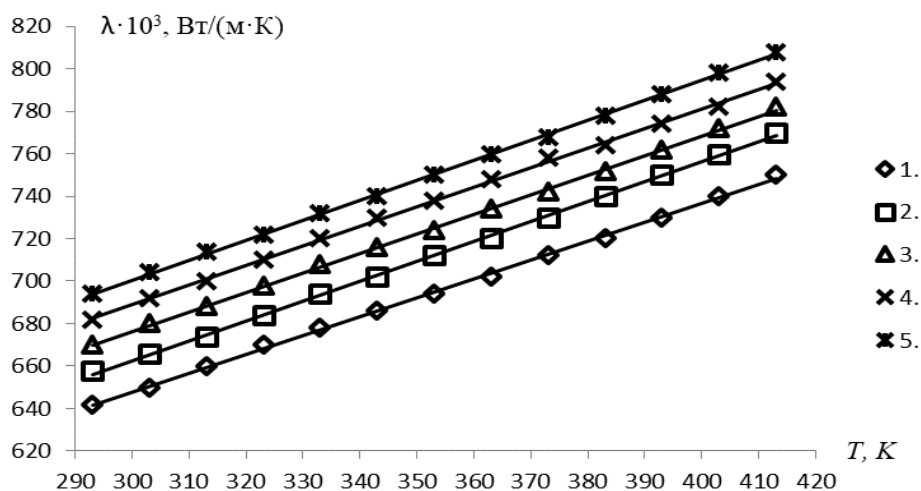


Рисунок 3.12. Влияние температуры (293-413)К и давления (0,101-14,52) МПа на изменение эффективной теплопроводности Образца №4 (родниковая вода Ширгина + герметика (ТНП)) [180], [132-А], [139-А], [140-А], [144-А], [145-А].

Таблица 3.13. Эффективная теплопроводность ($\lambda \cdot 10^3$, Вт/(м·К)) системы (вода родника Ширгина+герметик (ТНП) (Образец №5)) в зависимости от температуры и давления [180], [132-А], [139-А], [140-А], [144-А], [145-А].

T , К	Давление P , МПа				
	0,101	2,45	4,91	9,62	14,52
293	654	666	678	688	696
303	661	680	689	696	701
313	670	682	696	706	710
323	681	690	704	716	717
333	692	708	712	723	727
343	696	716	720	735	735
353	706	724	726	738	744
363	711	732	736	749	753
373	721	741	743	756	767
383	730	749	752	767	776
393	739	756	761	775	784
403	743	767	770	787	796
413	767	780	791	806	812

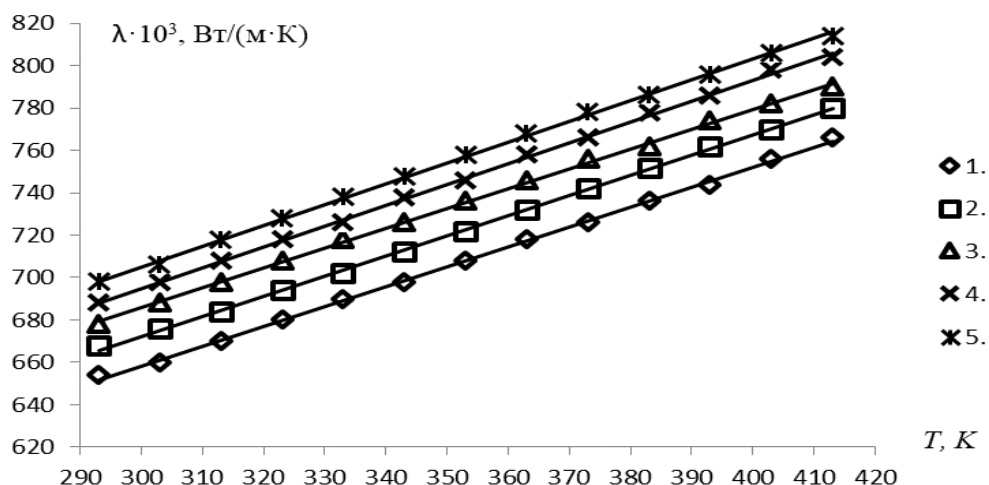


Рисунок 3.13. Влияние температуры (293-413) К и давления (0,101-14,52) МПа на изменение эффективной теплопроводности Образца №5 (родниковая вода Ширгина+герметик (ТНП)) [180],[132-А],[139-А],[140-А],[144-А], [145-А].

Таблица 3.14. Эффективная теплопроводность ($\lambda \cdot 10^3$, Вт/(м·К)) системы (вода родника Ширгина+герметик (ТНП)) (Образец №6)) в зависимости от температуры и давления [180]

T, К	Давление P, МПа				
	0,101	2,45	4,91	9,62	14,52
293	661	673	685	694	703
303	668	687	696	703	708
313	676	690	703	712	717
323	688	696	711	721	724
333	699	715	719	729	733
343	703	723	727	741	742
353	713	730	733	743	751
363	717	739	743	756	760
373	728	747	749	763	774
383	736	756	759	774	783
393	745	762	767	783	790
403	750	774	776	792	805
413	774	780	798	813	820

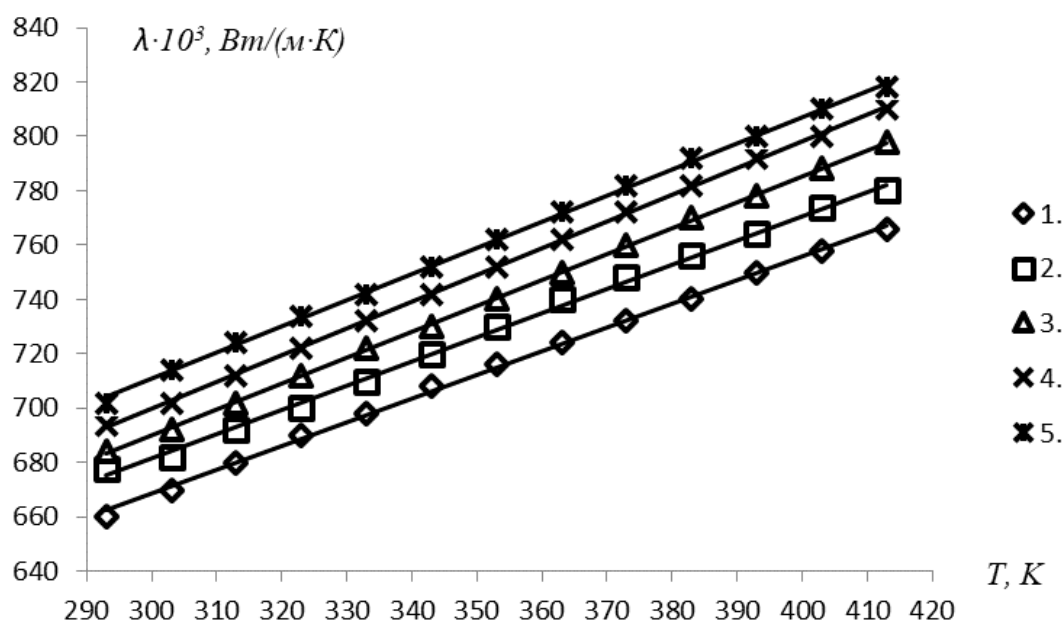


Рисунок 3.14. Влияние температуры (293-413)К и давления (0,101-14,52) МПа на изменение эффективной теплопроводности Образца №6 (родниковая вода Ширгина + герметиа (ТНП)) [180], [132-А], [139-А], [140-А], [144-А], [145-А].

Согласно таблицам 3.9 – 3.14 и рисункам 3.9 – 3.14 как результаты полученные экспериментальным путем, можно заключит, что с ростом температуры коэффициент эффективной теплопроводности исследуемых растворов системы (вода + герметик (ТНП)) растет по линейному закону. Например, для образца №6 (вода родника «Ширгина» + 12 г (ТНП)) при температуре 293 К теплопроводность растет на 6,52 %, при 360 К – λ растет на 7,66 %, а при 415 К это изменение доходит до 8,76 %.

3.5. Электропроводность водных растворов термического нанопорошка (ТНП) в зависимости от температуры при атмосферном давлении.

Для измерения удельного сопротивления растворов системы воды и термического нанопорошка (ТНП) при различных температурах и атмосферном давлении использована экспериментальная установка, разработанная авто-

рами во главе с профессором М. М. Сафарова и его учениками (рисунок 2.6, (Малый патент РТ №ТJ 372)).

Результаты экспериментального исследования удельного сопротивления и электропроводности исследуемых растворов на основе воды родниковой из родников республики Таджикистан (Ширгин, Вранг, Зонг, Ямчун и вода река Душанбе) в зависимости от температуры приводятся в таблицах 3,15-3,19. Надо отметить, что удельное электросопротивление и электропроводность системы герметик + вода реки Душанбе ранее исследовал к.т.н., доцент кафедры Физики ТТУ имени акад. М.С. Осими, Аминов Ш.А. [158]. Результаты его исследования приводятся ниже.

Таблица 3.15. Удельное электросопротивление и электропроводность системы питьевая вода + термический нанопорошок (ТНИ) в зависимости от температуры [158,174,176] (исследование провел к.т.н. и. о. доцент Аминов Ш. А. ТТУ им. акад. М. С. Осими).

Т, К	293	298	303	308	313	318	323	328	333	338
Образец №1.										
χ , Ом·м	5,327	4,92	4,662	4,26	3,891	3,698	3,524	3,366	3,318	3,180
σ , См·м ⁻¹	0,188	0,199	0,215	0,222	0,257	0,270	0,284	0,297	0,301	0,314
Образец №2.										
χ , Ом·м	4,938	4,609	4,241	4,009	3,728	3,370	3,064	2,911	2,822	2,795
σ , См·м ⁻¹	0,206	0,219	0,239	0,254	0,278	0,291	0,301	0,310	0,318	0,325
Образец №3.										
χ , Ом·м	4,585	4,367	4,265	4,076	3,987	3,902	3,687	3,411	3,288	3,224
σ , См·м ⁻¹	0,218	0,229	0,234	0,245	0,251	0,256	0,272	0,295	0,305	0,316
Образец №4.										
χ , Ом·м	3,716	3,609	3,416	3,286	3,166	3,015	2,914	2,829	2,795	2,708
σ , См·м ⁻¹	0,260	0,277	0,292	0,304	0,316	0,324	0,343	0,354	0,358	0,369
Образец №5.										
χ , Ом·м	3,141	3,097	3,027	2,922	2,861	2,767	2,678	2,596	2,500	2,432
σ , См·м ⁻¹	0,319	0,323	0,334	0,341	0,354	0,362	0,373	0,385	0,409	0,428
Образец №6.										
χ , Ом·м	2,962	2,913	2,752	2,635	2,528	2,446	2,387	2,260	2,243	2,147
σ , См·м ⁻¹	0,323	0,344	0,364	0,379	0,396	0,407	0,419	0,432	0,452	0,466

В таблице 3.15 и на рисунках 3.15 – 3.19 представлены результаты экспериментального исследования удельного электросопротивления, электро-

проводности исследуемых растворов системы герметик (ТНП) + вода родниковых вод (родники Зонга, Вранга, Ширгина, Ямчуна) в интервале температуры (293 – 338) К при атмосферном давлении ($p = 0,101$) МПа. Результаты исследования показали, что с повышением температуры электросопротивление растворов уменьшается по закону прямой линии, параболы и экспоненты, а электропроводность увеличивается. Добавка термического нанопорошка приводит также к росту электропроводности.

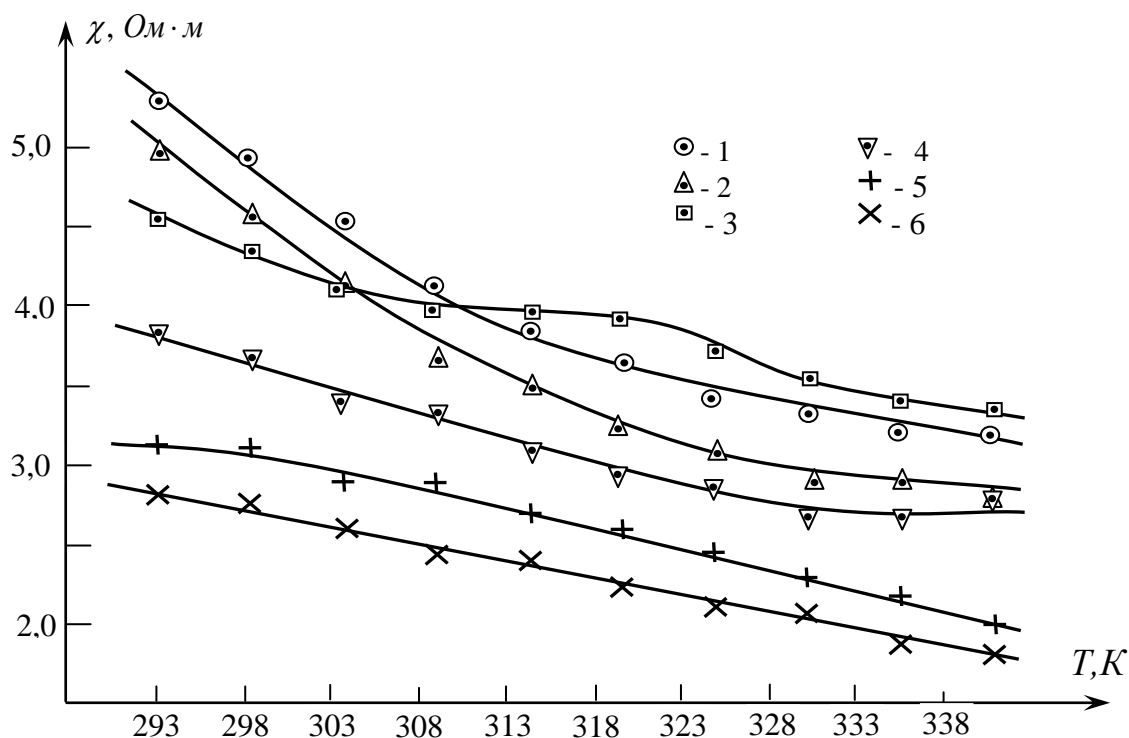


Рисунок 3.15. Удельное электросопротивление системы водопроводная вода + герметик в зависимости от температуры при атмосферном давлении: Образец №1; Образец №2; Образец №3; Образец №4; Образец №5; Образец №6 [158].

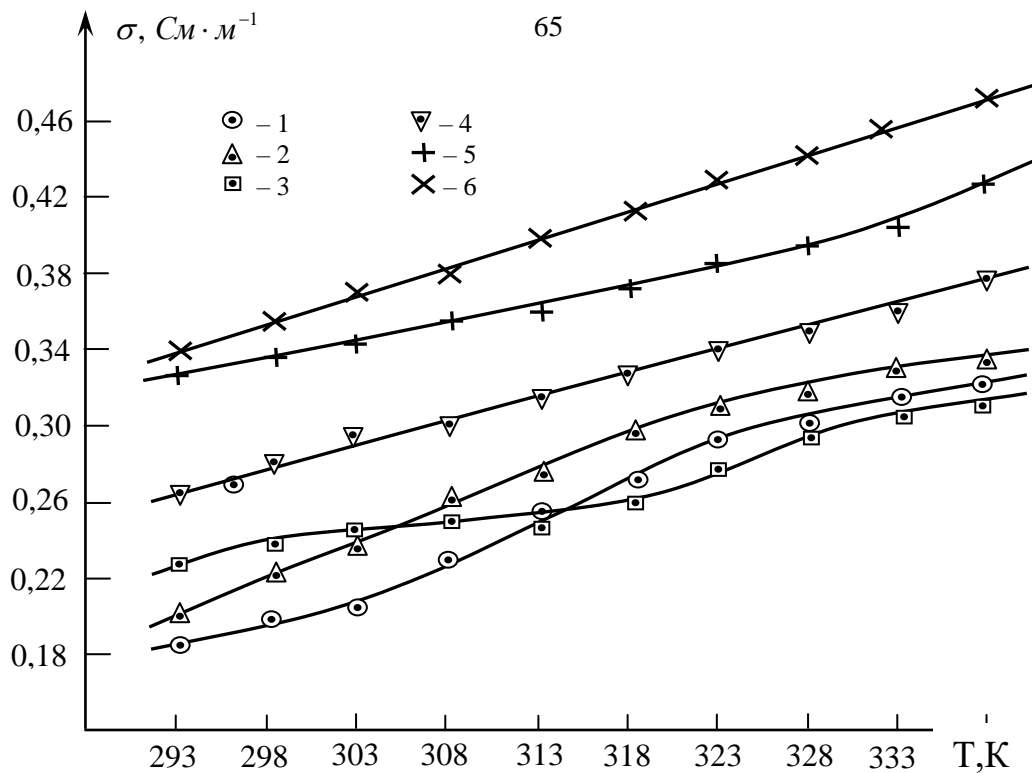


Рисунок 3.16. Электропроводность системы водопроводная вода + герметик в зависимости от температуры при атмосферном давлении: Образец №1; Образец №2; Образец №3; Образец №4; Образец №5; Образец №6 [158]

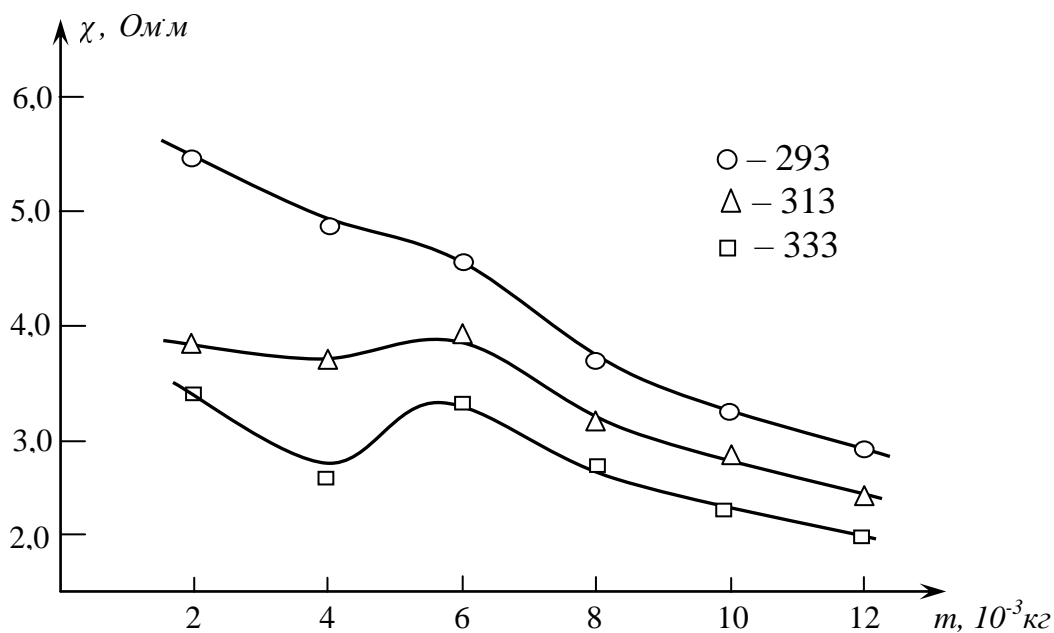


Рисунок 3.17. Зависимость удельного электросопротивления исследуемых растворов от массы герметика и температуры при атмосферном давлении: 1 – 293К; 2 – 313К; 3 – 333К [158].

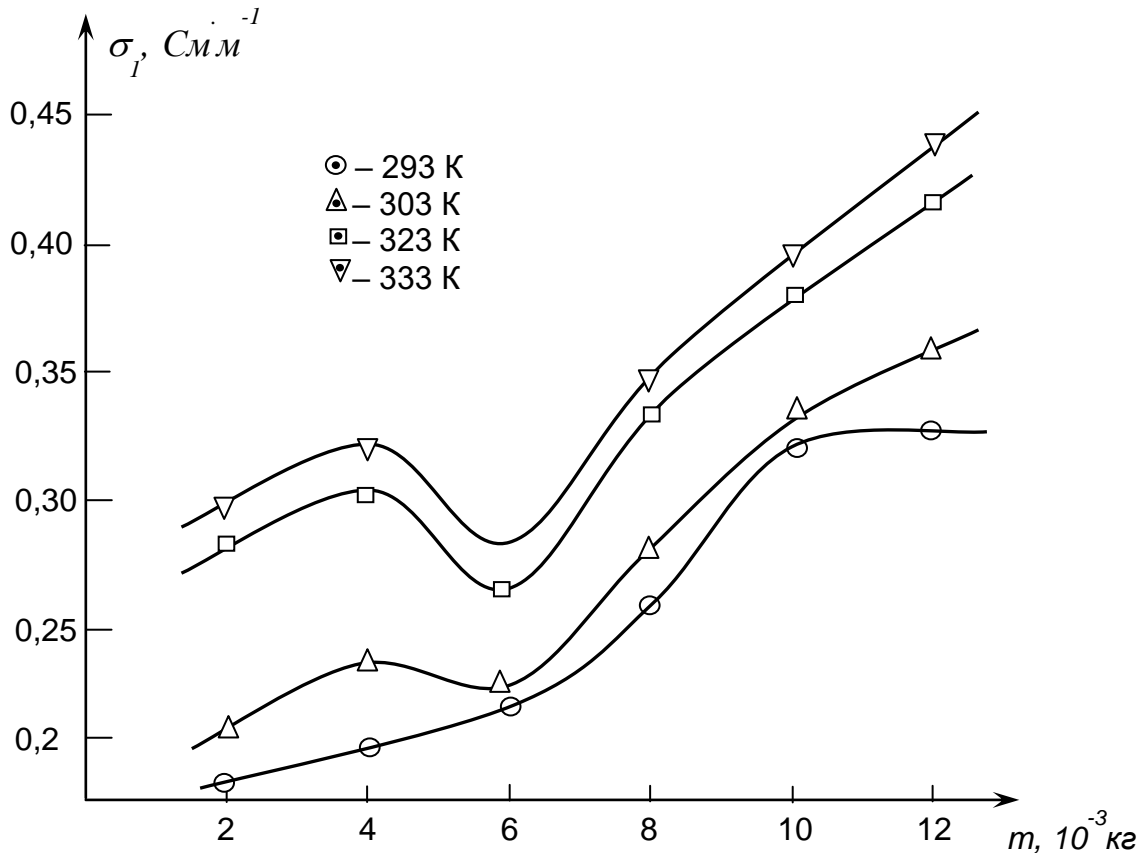


Рисунок 3.18. Электропроводность исследуемых растворов (водопроводная вода + герметик) в зависимости от массы герметика, атмосферного давления при различных температурах: 1–293К; 2–303К; 3–323К; 4–333К [158].

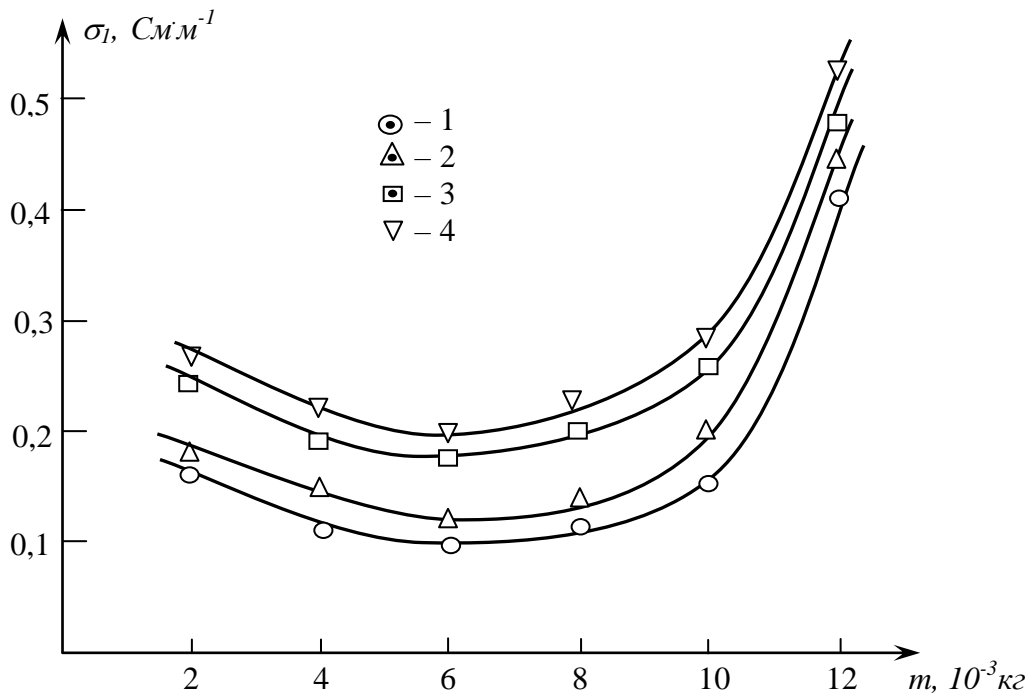


Рисунок 3.19. Электропроводность системы (дистиллированная вода + герметик) в зависимости от массы растворимого герметика, атмосферного давления при различных температурах: 1-293К; 2-303К; 3-323К; 4-333К [158].

По данным, представленным в таблицах и на рисунках, выявлено уменьшение электросопротивления образцов (таблица 3.6 и рисунок 3.15) по закону прямой линии, и соответствующий рост электропроводности (таблица 3.6 и рисунок 3.15) в ходе роста температуры.

По предложенным таблицам и рисункам было установлено, что при повышении содержания герметика в дистиллированной воде на 2г. и $T=293\text{K}$ удельное электросопротивление составляет 12,2%, при $T=338\text{K}$ – 24,7%; в растворе с 12 граммами герметика при $T=293\text{K}$ удельное электросопротивление соответствует 21,3 % и при $T=338\text{K}$ – 0,2%; в растворе с 6 граммами герметика при повышении температуры от 293 до 338К данный параметр уменьшается на 42,2%, а электропроводность, наоборот повышается в среднем на 44,9%. Для образца №3 (200г. дистиллированной воды + 6г. герметика), от $T=293\text{K}$ $\sigma = 0,103 \text{ См}\cdot\text{м}^{-1}$ до $T=338\text{K}$ $\sigma = 0,192 \text{ См}\cdot\text{м}^{-1}$ электропроводность этого и других образцов увеличивается в среднем на 86,4% [158]. Это можно связать с тем, что при нагревании раствора растет и количество водородных связей в нем, что способствует росту электропроводности [158].

Таблица 3.16. Удельное электросопротивление и электропроводность системы (родниковая вода “Ширгина” + термический нанопорошок (ТНИ)) в зависимости от температуры [158, 174, 176]

Т, К	293	298	303	308	313	318	323	328	333	338
Образец №1.										
χ , Ом·м	5,327	4,92	4,662	4,26	3,891	3,698	3,524	3,366	3,318	3,180
σ , См·м ⁻¹	0,188	0,199	0,215	0,222	0,257	0,270	0,284	0,297	0,301	0,314
Образец №2.										
χ , Ом·м	4,938	4,609	4,241	4,009	3,728	3,370	3,064	2,911	2,822	2,795
σ , См·м ⁻¹	0,206	0,219	0,239	0,254	0,278	0,291	0,301	0,310	0,318	0,325
Образец №3.										
χ , Ом·м	4,585	4,367	4,265	4,076	3,987	3,902	3,687	3,411	3,288	3,224

$\sigma, \text{См} \cdot \text{м}^{-1}$	0,218	0,229	0,234	0,245	0,251	0,256	0,272	0,295	0,305	0,316
Образец №4.										
$\chi, \text{Ом} \cdot \text{м}$	3,716	3,609	3,416	3,286	3,166	3,015	2,914	2,829	2,795	2,708
$\sigma, \text{См} \cdot \text{м}^{-1}$	0,260	0,277	0,292	0,304	0,316	0,324	0,343	0,354	0,358	0,369
Образец №5.										
$\chi, \text{Ом} \cdot \text{м}$	3,141	3,097	3,027	2,922	2,861	2,767	2,678	2,596	2,500	2,432
$\sigma, \text{См} \cdot \text{м}^{-1}$	0,319	0,323	0,334	0,341	0,354	0,362	0,373	0,385	0,409	0,428
Образец №6.										
$\chi, \text{Ом} \cdot \text{м}$	2,962	2,913	2,752	2,635	2,528	2,446	2,387	2,260	2,243	2,147
$\sigma, \text{См} \cdot \text{м}^{-1}$	0,323	0,344	0,364	0,379	0,396	0,407	0,419	0,432	0,452	0,466

Таблица 3.17. Удельное электросопротивление и электропроводность системы (родниковая вода “Вранга” + термический нанопорошок (ТНИ)) в зависимости от температуры [158, 174,176]

T, К	293	298	303	308	313	318	323	328	333	338
Образец №1.										
$\chi, \text{Ом} \cdot \text{м}$	4,785	4,545	4,237	4,115	3,597	3,436	3,279	3,144	3,106	2,985
$\sigma, \text{См} \cdot \text{м}^{-1}$	0,209	0,220	0,236	0,243	0,278	0,291	0,305	0,318	0,322	0,335
Образец №2.										
$\chi, \text{Ом} \cdot \text{м}$	4,404	4,202	3,846	3,636	3,344	3,125	3,106	3,021	2,949	2,890
$\sigma, \text{См} \cdot \text{м}^{-1}$	0,227	0,238	0,260	0,275	0,299	0,320	0,322	0,331	0,339	0,346
Образец №3.										
$\chi, \text{Ом} \cdot \text{м}$	4,184	4,000	4,273	3,922	3,676	3,610	3,413	3,165	3,067	2,967
$\sigma, \text{См} \cdot \text{м}^{-1}$	0,239	0,250	0,234	0,255	0,272	0,277	0,293	0,316	0,326	0,337
Образец №4.										
$\chi, \text{Ом} \cdot \text{м}$	4,082	3,356	3,195	3,075	3,165	2,967	2,747	3,075	2,638	2,632
$\sigma, \text{См} \cdot \text{м}^{-1}$	0,242	0,298	0,313	0,325	0,316	0,337	0,364	0,325	0,379	0,380
Образец №5.										
$\chi, \text{Ом} \cdot \text{м}$	2,941	2,933	2,817	2,754	2,667	2,610	2,538	2,463	2,326	2,227
$\sigma, \text{См} \cdot \text{м}^{-1}$	0,340	0,341	0,355	0,363	0,375	0,383	0,394	0,406	0,430	0,449
Образец №6.										
$\chi, \text{Ом} \cdot \text{м}$	2,907	2,739	2,597	2,500	2,398	2,336	2,273	2,208	2,114	2,053
$\sigma, \text{См} \cdot \text{м}^{-1}$	0,344	0,365	0,385	0,400	0,417	0,428	0,440	0,453	0,473	0,487

Таблица 3.18. Удельное электросопротивление и электропроводность системы (родниковая вода “Зонга” + термический нанопорошок (ТНИ)) в зависимости от температуры [158, 174,176]

Т, К	293	298	303	308	313	318	323	328	333	338
Образец №1.										
χ , Ом·м	4,184	4,000	3,759	3,663	3,247	3,105	2,985	2,874	2,841	2,739
σ , См·м ⁻¹	0,239	0,250	0,266	0,273	0,308	0,322	0,335	0,348	0,352	0,365
Образец №2.										
χ , Ом·м	3,891	3,731	3,448	3,278	3,039	2,857	2,825	2,770	2,710	2,659
σ , См·м ⁻¹	0,257	0,268	0,290	0,305	0,329	0,350	0,354	0,361	0,369	0,376
Образец №3.										
χ , Ом·м	3,717	3,571	3,788	3,509	3,311	3,257	3,096	2,890	2,809	2,725
σ , См·м ⁻¹	0,269	0,280	0,264	0,285	0,302	0,307	0,323	0,346	0,356	0,367
Образец №4.										
χ , Ом·м	3,676	3,049	2,915	2,817	2,890	2,652	2,604	2,817	2,445	2,439
σ , См·м ⁻¹	0,272	0,328	0,343	0,355	0,346	0,377	0,384	0,355	0,409	0,410
Образец №5.										
χ , Ом·м	2,632	2,625	2,532	2,754	2,409	2,364	2,304	2,242	2,128	2,045
σ , См·м ⁻¹	0,380	0,381	0,395	0,403	0,415	0,423	0,434	0,446	0,470	0,489
Образец №6.										
χ , Ом·м	2,604	2,469	2,353	2,273	2,188	2,137	2,083	2,028	1,949	1,862
σ , См·м ⁻¹	0,384	0,405	0,425	0,440	0,457	0,468	0,480	0,493	0,513	0,537

Таблица 3.19. Удельное электросопротивление и электропроводность системы (родниковая вода “Ямчуна” + термический нанопорошок (ТНИ)) в зависимости от температуры [158, 174,176]

Т, К	293	298	303	308	313	318	323	328	333	338
Образец №1.										
χ , Ом·м	3,584	3,448	3,268	3,194	2,873	2,762	2,667	2,577	2,551	2,469
σ , См·м ⁻¹	0,279	0,290	0,306	0,313	0,348	0,362	0,375	0,388	0,392	0,405
Образец №2.										
χ , Ом·м	3,367	3,247	3,030	2,899	2,710	2,564	2,538	2,494	2,445	2,404
σ , См·м ⁻¹	0,297	0,308	0,330	0,345	0,369	0,390	0,394	0,401	0,409	0,416

Образец №3.										
χ , Ом·м	3,236	3.125	3.289	3,077	2,924	2.882	2.755	2,591	2.525	2,457
σ , См·м ⁻¹	0,309	0,320	0,304	0,325	0,342	0,347	0,363	0,386	0,396	0,407
Образец №4.										
χ , Ом·м	3.205	2,717	2.611	2.531	2.890	2,591	2,358	2,531	2,227	2,222
σ , См·м ⁻¹	0,312	0,368	0,383	0,395	0,386	0,417	0,424	0,395	0,449	0,450
Образец №5.										
χ , Ом·м	2,381	2,375	2.299	2,257	2,247	2,159	2,109	2,058	1,961	1.890
σ , См·м ⁻¹	0,420	0,421	0,435	0,443	0,455	0,463	0,474	0,486	0,510	0,529
Образец №6.										
χ , Ом·м	2,358	2,247	2,151	2,083	2,012	1,969	1.923	1.876	1.808	1,733
σ , См·м ⁻¹	0,424	0,445	0,465	0,480	0,497	0,508	0,520	0,533	0,553	0,577

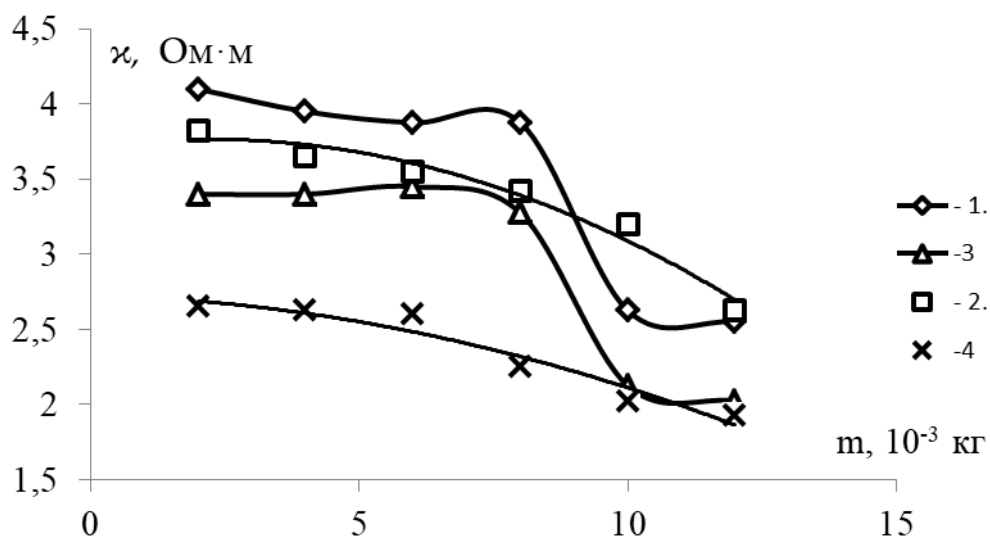


Рисунок 3.20. Удельное электросопротивление системы (вода родника “Зонга” +герметик) в зависимости от массы растворенного герметика, атмосферного давления при различных температурах: 1-293К; 2-308 К; 3-328 К; 4-338 К

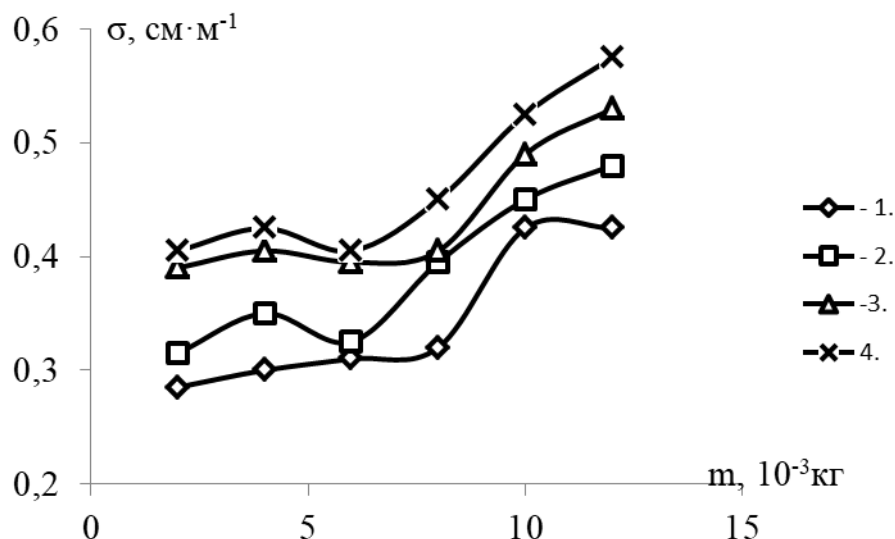


Рисунок 3.21. Электропроводность системы (вода родника “ Ширгина” + герметик) в зависимости от массы растворенного герметика, атмосферного давления при различных температурах: 1-293К; 2-308 К; 3-328 К; 4-338 К.

В таблицах 3.16-3.19, и рисунках 3.20 и 3.21, представлены результаты экспериментальных значений удельный электросопротивления и электропроводности увлажненных термических нанопорошков (ТНП) родниковых вод Ширгина, Вранга, Зонга и Ямчуна в интервале температуры (293-338)К при атмосферном давлении. Концентрация термического нанопорошка в исследуемых системы изменялась в пределах 0-12г. Как видно, из результатов расчетно-аналитических и экспериментальных исследований с повышением количества герметика (ТНП) удельное сопротивление исследуемых герметиков с ростом температуры растет по гиперболическом закону, а с повышением температуры электропроводность уменьшается. Например, для термического нанопорошка системы (8гр.+вода), увлажненного водой родника Ямчуна при изменении температуры от 293 до 338К удельное электросопротивление уменьшается на 44,2%, а электропроводность соответственно растет на 44,4%.

3.6. Кинетические свойства водных растворов термического нанопорошка (ТНП) в зависимости от времени увлажнения.

3.6.1. Коэффициент адсорбции водных растворов термического нанопорошка (ТНП) в зависимости от времени увлажнения.

Для экспериментального исследования коэффициента адсорбции исследуемых термических нанопорошков (ТНП) в зависимости от времени увлажнения нами разработана и запатентована установка, работающая методом взвешивания [140-А],[152-А],[153-А],[154-А],[155-А],[156-А], [158 - 180] Результаты исследования в виде таблиц приведены ниже (таблиц 3.10-3.17).

Таблица 3.10. Экспериментальные исследования процесса увлажнения герметика (ТНП)

Полученная масса вещества пентаэласт после измерения в дистиллированной воде, (м, гр)						
№	t (ч)	1 (гр)	2 (гр)	3 (гр)	4 (гр)	5 (гр)
1.	0,50	1,0324	2,0501	3,0612	4,0780	5,0925
2.	1,00	1,0466	2,0785	3,0896	4,0984	5,1082
3.	1,50	1,0608	2,1069	3,1180	4,1268	5,1366
4.	2,00	1,0750	2,1353	3,1464	4,1552	5,1650
5.	2,50	1,0892	2,1637	3,1748	4,1836	5,1934
6.	3,00	1,1034	2,1921	3,2032	4,2120	5,2218
7.	3,50	1,1176	2,2205	3,2316	4,2404	5,2502
8.	4,00	1,1318	2,2489	3,2600	4,2688	5,2786
9.	4,50	1,1460	2,2773	3,2884	4,2972	5,3070
10.	5,00	1,1602	2,3057	3,3168	4,3256	5,3354
11.	5,50	1,1744	2,3341	3,3452	4,3540	5,3638
12.	6,00	1,1886	2,3625	3,3736	4,3824	5,3922
13.	6,50	1,2028	2,3909	3,4020	4,4108	5,4206
14.	7,00	1,2170	2,4193	3,4304	4,4392	5,4490
15.	7,50	1,2312	2,4477	3,4588	4,4676	5,4774
16.	8,00	1,2454	2,4761	3,4872	4,4960	5,5058
17.	8,50	1,2596	2,5045	3,5156	4,5244	5,5342
18.	9,00	1,2738	2,5329	3,5440	4,5528	5,5626
19.	9,50	1,2880	2,5613	3,5724	4,5812	5,5910
20.	10,0	1,3022	2,5897	3,6008	4,6096	5,6194

21.	10,5	-	2,6181	3,6292	4,6380	5,6478
22.	11,0	-	-	3,6576	4,6664	5,6762
23.	11,5	-	-	3,6860	4,6948	5,7046
24.	12,0	-	-	3,7144	4,7232	5,7330
25.	12,5	-	-	3,7428	4,7516	5,7614
26.	13,0	-	-	3,7712	4,7800	5,7898
27.	13,5	-	-	3,7996	4,8084	5,8182
28.	14,0	-	-	3,828	4,8368	5,8466
29.	14,5	-	-	3,8564	4,8652	5,8750
30.	15,0	-	-	3,8848	4,8936	5,9034
31.	15,5	-	-	3,9132	4,9220	5,9318
32.	16,0	-	-	-	4,9504	5,9602
33.	16,5	-	-	-	4,9788	5,9886
34.	17,0	-	-	-	5,0072	6,0170
35.	17,5	-	-	-	5,0356	6,0454
36.	18,0	-	-	-	5,0640	6,0738
37.	18,5	-	-	-	5,0924	6,1022
38.	19,0	-	-	-	5,1208	6,1306
39.	19,5	-	-	-	5,1492	6,1590
40.	20,0	-	-	-	5,1776	6,1874
41.	20,5	-	-	-	5,2060	6,2158
42.	21,0	-	-	-	-	6,2442

Значение коэффициента адсорбции исследуемых герметиков рассчитывалось следующим выражением: $\Gamma = \left[\frac{m - m_0}{\mu \cdot m_0} \right]$. Результаты расчета коэффициента адсорбции термического нанопорошка увлажнённого дистиллированной

водой представлены в виде таблиц ниже (таблица 3.11).[158 – 180].

Таблица 3.11.Полученные данные по коэффициенту адсорбции термического нанопорошка (ТНП) увлажненного дистиллированной водой [140-А], [152-А],[153-А],[154-А],[155-А],[156-А].

№	t (ч)	$\Gamma, \left(\frac{\text{МОЛЬ}}{\text{КГ}} \right)$				
		1 (гр)	2 (гр)	3 (гр)	4 (гр)	5 (гр)
1.	0,5	1,63	1,16	1,01	1,05	1,07
2.	1,0	2,42	1,95	1,49	1,42	1,38

3.	1,5	3,21	2,74	2,01	1,81	1,69
4.	2,0	4,14	3,53	2,54	2,21	2,01
5.	2,5	4,93	4,32	3,07	2,60	2,32
6.	3,0	5,72	5,11	3,60	3,00	2,64
7.	3,5	6,51	5,90	4,13	3,39	2,96
8.	4,0	7,30	6,69	4,66	3,78	3,27
9.	4,5	8,08	7,48	5,19	4,18	3,59
10.	5,0	8,87	8,27	5,72	4,58	3,90
11.	5,5	9,66	9,06	6,25	4,97	4,22
12.	6,0	10,45	9,85	6,78	5,36	4,53
13.	6,5	11,24	10,64	7,31	5,76	4,85
14.	7,0	12,03	11,43	7,84	6,16	5,16
15.	7,5	12,82	12,22	8,37	6,55	5,48
16.	8,0	13,61	13,01	8,90	6,95	5,80
17.	8,5	14,40	13,80	9,43	7,34	6,11
18.	9,0	15,19	14,59	9,96	7,73	6,43
19.	9,5	15,98	15,38	10,49	8,12	6,74
20.	10,0	16,77	16,17	11,02	8,53	7,06
21.	10,5	17,56	16,96	11,55	8,92	7,37
22.	11,0		17,75	12,08	9,32	7,69
23.	11,5			12,61	9,70	8,00
24.	12,0			13,14	10,10	8,32
25.	12,5			13,67	10,49	8,64
26.	13,0			14,20	10,88	8,95
27.	13,5			14,73	11,28	9,27
28.	14,0			12,26	11,67	9,58
29.	14,5			15,79	12,07	9,90
30.	15,0			16,32	12,46	10,21
31.	15,5			16,85	12,86	10,53
32.	16,0			17,38	13,25	10,84
33.	16,5				13,65	11,16
34.	17,0				14,04	11,48
35.	17,5				14,44	11,79
36.	18,0				14,83	12,11
37.	18,5				15,23	12,42
38.	19,0				15,62	12,74
39.	19,5				16,02	13,05

40.	20,0				16,41	13,37
41.	20,5				16,81	13,68
42.	21,0				17,20	14,00
43.	21,5					14,32
44.	22,0					14,63

Таблица 3.12. Полученные данные по коэффициенту адсорбции термического нанопорошка (ТНП), увлажненного водой реки Душанбе [140-А], [152-А], [153-А],[154-А],[155-А],[156-А].

№	t (ч)	$\Gamma, \left(\frac{\text{МОЛЬ}}{\text{КГ}} \right)$				
		1 (гр)	2 (гр)	3 (гр)	4 (гр)	5 (гр)
1.	0,5	1,70	0,79	0,92	0,99	1,00
2.	1,0	1,30	1,57	1,45	1,39	1,31
3.	1,5	2,08	2,36	1,98	1,78	1,63
4.	2,0	2,87	3,15	2,51	2,10	1,94
5.	2,5	3,67	3,94	3,04	2,40	2,26
6.	3,0	4,45	4,73	3,57	2,80	2,58
7.	3,5	5,24	5,52	4,10	3,20	2,89
8.	4,0	6,03	6,31	4,63	3,60	3,20
9.	4,5	6,82	7,10	5,16	4,04	3,51
10.	5,0	7,61	7,88	5,69	4,54	3,82
11.	5,5	8,40	8,68	6,22	4,99	4,15
12.	6,0	9,19	9,47	6,75	5,39	4,47
13.	6,5	9,98	10,26	7,28	5,79	4,78
14.	7,0	10,76	11,05	7,81	6,19	5,10
15.	7,5	11,55	11,83	8,34	6,59	5,42
16.	8,0	12,34	12,62	8,87	6,99	5,73
17.	8,5	13,13	13,41	9,40	7,39	6,04
18.	9,0	13,92	14,21	9,93	7,79	6,36
19.	9,5	14,71	15,00	10,46	8,19	6,68
20.	10,0	15,50	15,79	10,99	8,59	6,99
21.	10,5	16,28	16,58	11,52	8,99	7,31
22.	11,0	17,07	17,37	12,05	9,39	7,62
23.	11,5	-	-	12,58	9,79	7,94
24.	12,0	-	-	13,11	10,19	8,25
25.	12,5	-	-	13,64	10,59	8,57

26.	13,0	-	-	14,17	10,99	8,88
27.	13,5	-	-	14,70	11,39	9,20
28.	14,0	-	-	15,23	11,79	9,52
29.	14,5	-	-	15,76	12,19	9,83
30.	15,0	-	-	16,29	12,59	10,15
31.	15,5	-	-	16,82	12,99	10,46
32.	16,0	-	-	17,35	13,39	10,78
33.	16,5	-	-	-	13,79	11,09
34.	17,0	-	-	-	14,19	11,41
35.	17,5	-	-	-	14,59	11,72
36.	18,0	-	-	-	14,99	12,04
37.	18,5	-	-	-	15,39	12,36
38.	19,0	-	-	-	15,79	12,67
39.	19,5	-	-	-	16,19	12,99
40.	20,0	-	-	-	16,59	13,30
41.	20,5	-	-	-	17,00	13,62
42.	21,0	-	-	-	-	13,94
43.	21,5	-	-	-	-	14,26
44.	22,0	-	-	-	-	14,58
45.	22,5	-	-	-	-	14,88
46.	23,0	-	-	-	-	15,20
47.	23,5	-	-	-	-	15,51

Таблица 3.13. Полученные данные по коэффициенту адсорбции термического нанопорошка (ТНП), увлажненного водой родника «Ширгина» [140-А], [152-А],[153-А],[154-А],[155-А],[156-А], [158-А], [159-А], [173-А], [177-А], [180-А], [156, 174, 177].

№	t (ч)	$\Gamma, \left(\frac{\text{МОЛЬ}}{\text{КГ}} \right)$				
		1 (гр)	2 (гр)	3 (гр)	4 (гр)	5 (гр)
1.	0,50	1,800	1,390	1,130	1,080	1,020
2.	1,00	2,580	2,180	1,650	1,360	1,202
3.	1,50	3,370	2,960	2,180	1,760	1,510
4.	2,00	4,160	3,750	2,710	2,150	1,830
5.	2,50	4,950	4,540	3,230	2,550	2,140
6.	3,00	5,740	5,330	3,760	2,940	2,460
7.	3,50	6,530	6,120	4,280	3,330	2,780

8.	4,00	7,320	6,910	4,810	3,730	3,090
9.	4,50	8,110	7,700	5,340	4,120	3,410
10.	5,00	8,900	8,490	5,860	4,520	3,720
11.	5,50	9,680	9,280	6,390	4,910	4,040
12.	6,00	10,47	10,06	6,910	5,310	4,350
13.	6,50	11,26	10,85	7,440	5,705	4,670
14.	7,00	12,05	11,64	7,970	6,100	4,980
15.	7,50	12,84	12,43	8,490	6,490	5,300
16.	8,00	13,63	13,22	9,020	6,880	5,620
17.	8,50	14,42	14,01	9,540	7,280	5,930
18.	9,00	15,21	14,80	10,07	7,670	6,250
19.	9,50	16,00	15,59	10,60	8,072	6,560
20.	10,0	16,78	16,38	11,12	8,460	6,880
21.	10,5	-	17,16	11,65	8,860	7,190
22.	11,0	-	-	12,17	9,250	7,510
23.	11,5	-	-	12,70	9,650	7,820
24.	12,0	-	-	13,22	10,04	8,140
25.	12,5	-	-	13,75	10,43	8,460
26.	13,0	-	-	14,28	10,83	8,770
27.	13,5	-	-	14,80	11,22	9,090
28.	14,0	-	-	15,33	11,62	9,400
29.	14,5	-	-	15,85	12,01	9,720
30.	15,0	-	-	16,3	12,41	10,03
31.	15,5	-	-	16,91	12,80	10,35
32.	16,0	-	-	-	13,20	10,66
33.	16,5	-	-	-	13,59	10,98
34.	17,0	-	-	-	13,98	11,30
35.	17,5	-	-	-	14,38	11,61
36.	18,0	-	-	-	14,77	11,93
37.	18,5	-	-	-	15,17	12,24
38.	19,0	-	-	-	15,56	12,56
39.	19,5	-	-	-	15,96	12,87
40.	20,0	-	-	-	16,35	13,19
41.	20,5	-	-	-	16,75	13,50
42.	21,0	-	-	-	-	13,82

Как видно из таблиц 3.10 – 3.13 коэффициент адсорбции с повышением время выдержки герметика в процессе увлажнения, растет по закону параболы. Такая закономерность наблюдается во всех исследуемых образцах, также рост массы герметика (ТНП), приводит к уменьшению коэффициента адсорбции исследуемых образцов.

3.6.2. Коэффициент набухания термического нанопорошка (ТНП) в зависимости от времени увлажнения родниковой водой.

Коэффициент набухания термического нанопорошка (ТНП) в зависимости от времени увлажнения родниковыми водами “Ширгина”, “Вранга”, “Зонга” и “Ямчуна” рассчитан на основе экспериментальных данных по массе сухого и влажного герметика, увлажнённого различными водами следующим выражением [140-А],[152-А],[153-А],[154-А],[155-А],[156-А],[172 - 180].

$$\left[\gamma = \frac{m_z - m_0}{m_\infty} \cdot 100\% \right], \quad (3.1)$$

где m_z - масса влажного герметика измеряется электронными весами в (граммах или килограммах); m_0 - масса сухого герметика также измеряется электронными весами в (граммах или килограммах), m_∞ - масса влажного герметика при насыщении измеряется электронными весами в (граммах или килограммах).

Результаты расчета коэффициента набухания исследуемых герметиков (ТНП) для различной массы (1гр.,2гр.,3гр.,4гр. и 5гр), увлажнённых водой река Душанбе, родниковых вод “Ширгина”, “Вранга”, “Зонга” и “Ямчуна” приведены в таблицах 3.18-3.19. Время увлажнения герметика составляет 0-30 секунд.

Таблица 3.14. Расчет коэффициента набухания герметика (ТНП) выражением (3.1) при увлажнение водой река “Душанбе” [140-А],[152-А],[153-А],[154-А],[155-А],[156-А]. $\left[\gamma = \frac{m_z - m_0}{m_\infty} \cdot 100\% \right]$

№	Увлажнитель питьевая вода из реки «Душанбе».				
	1 (гр)	2 (гр)	3 (гр)	4 (гр)	5 (гр)

1.	2,406	1,501	1,275	1,371	1,376
2.	3,473	2,567	1,997	1,914	1,811
3.	4,541	3,633	2,720	2,456	2,245
4.	5,608	4,698	3,442	2,998	2,680
5.	6,676	5,764	4,165	3,541	3,114
6.	7,743	6,830	4,887	4,083	3,548
7.	8,811	7,896	5,610	4,625	3,983
8.	9,878	8,961	6,333	5,168	4,417
9.	10,946	10,027	7,055	5,710	4,851
10.	12,013	11,093	7,778	6,253	5,286
11.	13,081	12,159	8,500	6,795	5,720
12.	14,148	13,224	9,223	7,337	6,154
13.	15,216	14,290	9,945	7,880	6,589
14.	16,283	15,356	10,668	8,422	7,023
15.	17,351	16,421	11,390	8,965	7,457
16.	18,418	17,487	12,113	9,507	7,892
17.	19,486	18,553	12,836	10,049	8,326
18.	20,553	19,619	13,558	10,592	8,761
19.	21,621	20,684	14,281	11,134	9,195
20.	22,688	21,750	15,003	11,676	9,629
21.	23,756	22,816	15,726	12,219	10,064
22.	24,823	23,882	16,448	12,761	10,498
23.			17,171	13,304	10,932
24.			17,893	13,846	11,367
25.			18,616	14,388	11,801
26.			19,339	14,931	12,235
27.			20,061	15,473	12,670
28.			20,784	16,015	13,104
29.			21,506	16,558	13,538
30.			22,229	17,100	13,973
31.			22,951	17,643	14,407
32.			23,674	18,185	14,842
33.				18,727	15,276
34.				19,270	15,710
35.				19,812	16,145
36.				20,354	16,579
37.				20,897	17,013

38.				21,439	17,448
39.				21,982	17,882
40.				22,524	18,316
41.				23,066	18,751
42.				23,609	19,185
43.					19,619
44.					20,054
45.					20,488
46.					20,923

Таблица 3.15. Расчет коэффициента набухания герметика (ТНП) выражением (3.1) при увлажнение дистиллированной водой [140-А], [152-А],[153-А], [154-А],[155-А],[156-А].

$$\left[\gamma = \frac{m_z - m_0}{m_\infty} \cdot 100\% \right]$$

№	Увлажнитель дистиллированная вода.				
	1 (гр)	2 (гр)	3 (гр)	4 (гр)	5 (гр)
1.	2,246	1,592	1,399	1,445	1,467
2.	3,327	2,668	2,050	1,944	1,901
3.	4,408	3,745	2,772	2,483	2,335
4.	5,489	4,821	3,494	3,023	2,769
5.	6,570	5,898	4,216	3,562	3,203
6.	7,651	6,974	4,938	4,101	3,637
7.	8,732	8,050	5,660	4,640	4,071
8.	9,813	9,127	6,383	5,180	4,505
9.	10,895	10,203	7,105	5,719	4,939
10.	11,976	11,280	7,822	6,258	5,373
11.	13,057	12,356	8,549	6,797	5,806
12.	14,138	13,432	9,271	7,337	6,240
13.	15,219	14,509	9,993	7,876	6,674
14.	16,300	15,585	10,716	8,415	7,108
15.	17,381	16,662	11,438	8,954	7,542
16.	18,462	17,738	12,160	9,493	7,976
17.	19,543	18,814	12,882	10,033	8,410
18.	20,624	19,891	13,604	10,572	8,844
19.	21,705	20,967	14,326	11,111	9,278
20.	22,786	22,044	17,049	12,703	9,712
21.	23,868	23,120	18,771	17,043	10,146
22.		24,196	20,493	17,582	10,580
23.			17,215	18,121	11,014
24.			17,937	18,660	11,448
25.			18,659	19,200	11,882

26.			19,382	19,739	12,316
27.			20,104	20,278	12,750
28.			20,826	20,817	13,184
29.			21,548	21,356	13,618
30.			22,270	21,896	14,052
31.			22,992	22,435	14,486
32.			23,586	22,974	14,920
33.				23,513	15,354
34.				24,053	15,788
35.					16,222
36.					16,655
37.					17,089
38.					17,523

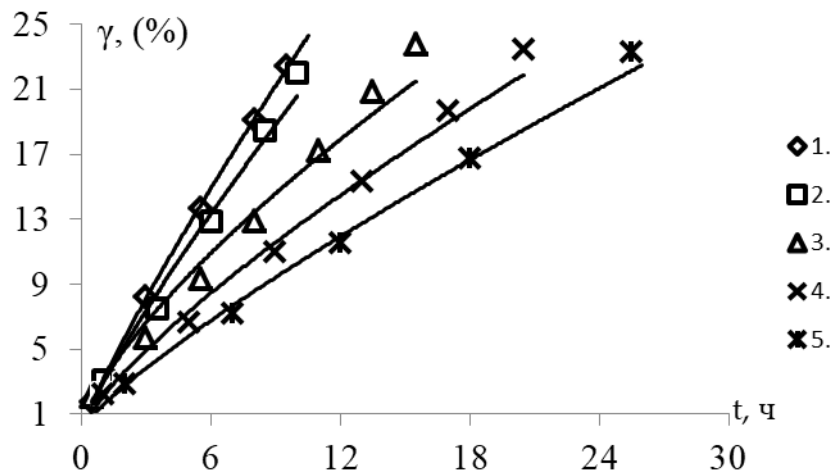


Рисунок 3.17. Зависимость коэффициента набухания (γ , %) герметика (ТНП), увлажненного дистиллированной водой от времени увлажнения.

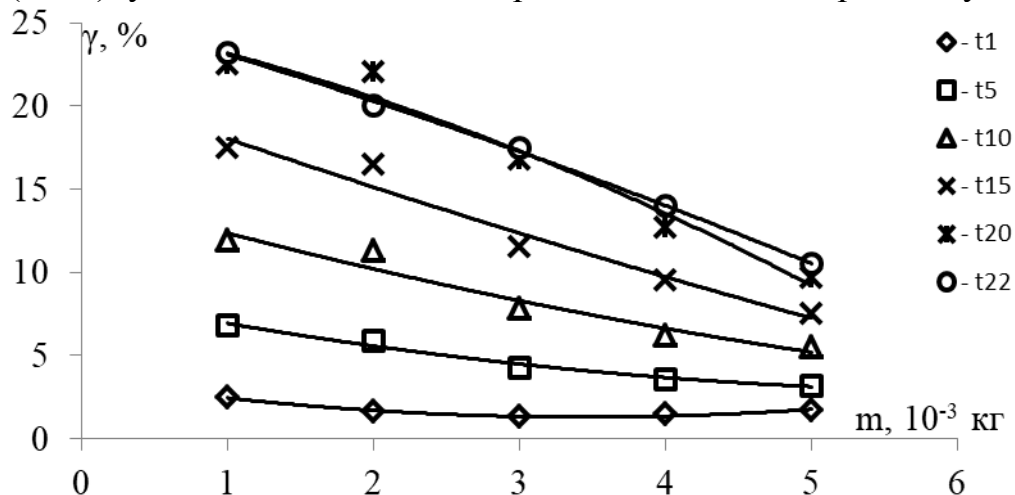


Рисунок 3.18. Зависимость коэффициента набухания (γ , %) герметика (ТНП), увлажненного дистиллированной водой от массы при различном времени увлажнения: 1- $t_1=0,5$ ч.; 2- $t_5=2,5$ ч.; 3- $t_{10}=5,0$ ч.; 4- $t_{15}=7,5$ ч.; 5- $t_{20}=10,0$ ч.; 6- $t_{22}=11,0$ ч.

Таблица 3.16. Расчет коэффициента набухания выражением (3.1) герметика, увлажненного водой родника «Ширгина» [140-А],[152-А],[153-А],[154-А], [155-А],[156-А]. $\left[\gamma = \frac{m_e - m_0}{m_\infty} \cdot 100\% \right]$

№	Увлажнитель вода родника «Ширгина».				
	1 (гр)	2 (гр)	3 (гр)	4 (гр)	5 (гр)
1.	2,488	1,914	1,564	1,498	1,429
2.	3,579	2,998	2,290	1,890	1,672
3.	4,669	4,083	3,015	2,436	2,111
4.	5,759	5,168	3,741	2,981	2,550
5.	6,850	6,253	4,467	3,527	2,989
6.	7,940	7,337	5,193	4,072	3,427
7.	9,031	8,422	5,918	4,618	3,866
8.	10,121	9,507	6,644	5,163	4,305
9.	11,212	10,592	7,370	5,709	4,744
10.	12,302	11,676	8,096	6,254	5,183
11.	13,393	12,761	8,821	6,800	5,622
12.	14,483	13,846	9,547	7,345	6,061
13.	15,574	14,931	10,273	7,891	6,499
14.	16,664	16,015	10,999	8,436	6,938
15.	17,755	17,100	11,724	8,982	7,377
16.	18,845	18,185	12,450	9,527	7,816
17.	19,935	19,270	13,176	10,073	8,255
18.	21,026	20,354	13,902	10,619	8,694
19.	22,116	21,439	14,627	11,164	9,132
20.	23,207	22,524	15,353	11,710	9,571
21.		23,609	16,079	12,255	10,010
22.			16,805	12,801	10,449

23.			17,530	13,346	10,888
24.			18,256	13,892	11,327
25.			18,982	14,437	11,766
26.			19,708	14,983	12,204
27.			20,433	15,528	12,643
28.			21,159	16,074	13,082
29.			21,885	16,619	13,521
30.			22,611	17,165	13,960
31.			23,336	17,710	14,399
32.				18,256	14,838
33.				18,801	15,276
34.				19,347	15,715
35.				19,892	16,154
36.				20,438	16,593
37.				20,983	17,032
38.				21,529	17,471
39.				22,075	17,910
40.				22,620	18,348
41.				23,166	18,787
42.					19,226
43.					19,665
44.					20,104

Таблица 3.17. Расчет коэффициента набухания выражением (3.1) герметика, увлажненного водой родника «Вранга» [140-А],[152-А],[153-А],[154-А],[155-А],[156-А].

$$\left[\gamma = \frac{m_z - m_0}{m_\infty} \cdot 100\% \right]$$

№	Увлажнитель вода родника «Вранга».				
	1 (гр)	2 (гр)	3 (гр)	4 (гр)	5 (гр)
1.	2,714	2,270	2,069	1,714	1,572
2.	3,887	3,363	2,791	2,258	2,006

3.	4,974	4,456	3,513	2,801	2,439
4.	6,061	5,549	4,235	3,345	2,873
5.	7,148	6,642	4,957	3,888	3,306
6.	8,235	7,734	5,679	4,432	3,740
7.	9,321	8,827	6,401	4,975	4,173
8.	10,40	9,920	7,123	5,518	4,607
9.	11,49	11,01	7,845	6,062	5,040
10.	12,58	12,10	8,567	6,605	5,474
11.	13,66	13,19	9,289	7,149	5,907
12.	14,77	14,29	10,01	7,692	6,341
13.	15,85	15,38	10,73	8,236	6,774
14.	16,94	16,47	11,45	8,779	7,208
15.	18,03	17,57	12,17	9,323	7,641
16.	19,11	18,66	12,89	9,866	8,075
17.	20,20	19,75	13,62	10,41	8,508
18.	21,29	20,84	14,34	10,95	8,942
19.	22,37	21,94	15,06	11,49	9,375
20.		23,03	15,78	12,04	9,809
21.			16,50	12,58	10,242
22.			17,23	13,12	10,676
23.			17,95	13,67	11,109
24.			18,67	14,21	11,543
25.			19,39	14,75	11,976
26.			20,12	15,30	12,410
27.			20,84	15,84	12,843
28.			21,56	16,38	13,277
29.			22,28	16,93	13,710
30.			23,00	17,47	14,144
31.			23,73	18,01	14,577
32.				18,56	15,011
33.				19,10	15,444
34.				19,64	15,878
35.				20,19	16,311
36.				20,73	16,745
37.				21,27	17,178
38.				21,82	17,612
39.				22,36	18,045

40.				22,91	18,478
41.				23,45	18,912
42.					19,345

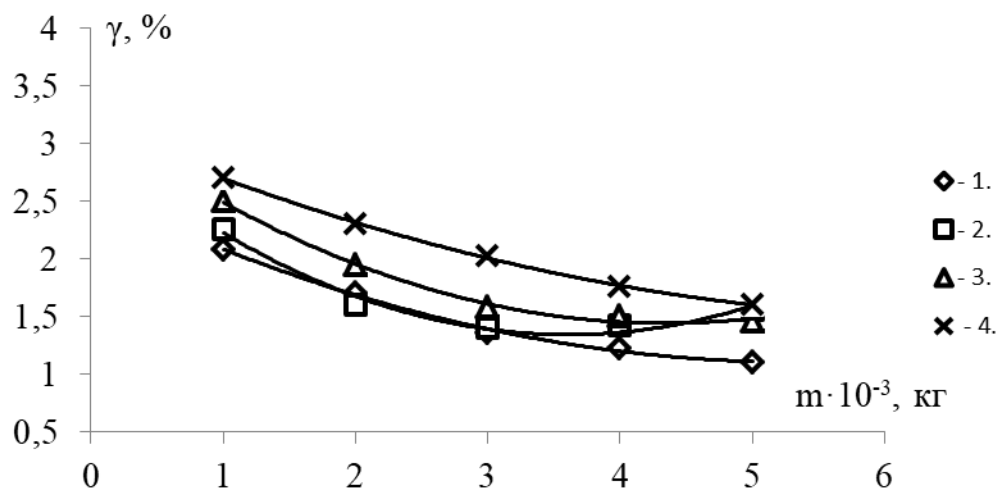


Рисунок 3.19. Зависимость коэффициента набухания (γ , %) герметика (ТНП), увлажненного дистиллированной и родниковыми водами в зависимости от массы при увлажнении в течении $t=0,5$ ч. увлажнителями (1-дистиллированная вода, 2-родник "Ширгина", 3-родник "Вранга", 4-родник "Зонга").

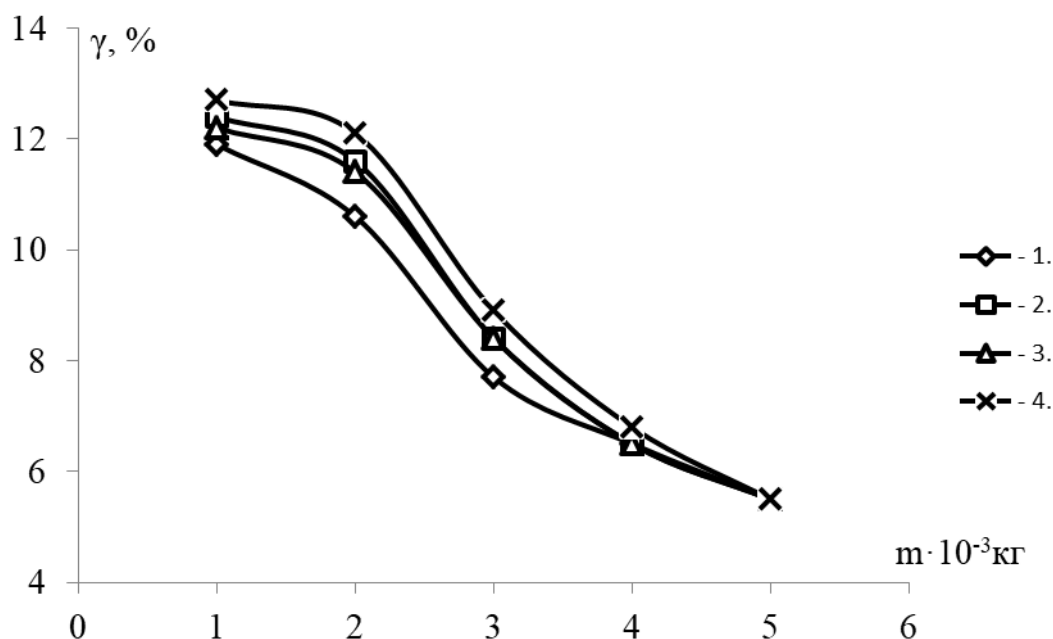


Рисунок 3.20. Зависимость коэффициента набухания (γ , %) герметика (ТНП), увлажненного дистиллированной и родниковыми водами от массы при увлажнении ($t=5,0$ ч.) увлажнителями (1-дистиллированная вода, 2- вода родника "Ширгина", 3-родника "Вранга", 4-родника "Зонга")

Как видно из таблиц 3.14-3.17 и рисунков 3.17-3.20, коэффициент набухания исследуемых термических нанопорошков (ТНП) с ростом времени увлажнения растет по линейному закону. Коэффициент набухания термического нанопорошка (ТНП) зависит также от массы засыпки при его увлажнении. С увеличением массы засыпки степень набухания герметика уменьшается. Например, при проведении опыта под номером 19 (таблица 3.17), с увеличением массы герметика от 0 до 5 гр. степень набухания уменьшается от 22,131% до 8,933%. Самое низкое значение коэффициента набухания герметиков имеет в среде увлажнения дистиллированной водой, а самое высокое при увлажнении водой родника “Зонга”, потому что плотность и ρ_h - родника “Зонга”, больше чем плотность и ρ_h воды родника “Ширгина”, а также воды родника “Вранга” и др.

3.6.3 Коэффициент массопереноса термического нанопорошка (ТНП) в зависимости от времени увлажнения родниковой и речной водой.

Для определения коэффициента массопереноса исследуемых порошков используем уравнение [140-А], [152-А],[153-А],[154-А],[155-А],[156-А].

$$\left[\beta = \frac{m - m_0}{S \cdot t} \right], \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с}) \quad (3.2)$$

где S – площадь объекта, (м^2); m -масса влажного герметика при зафиксированном времени (кг); m_0 -масса сухого герметика при нулевом времени увлажнения, (кг); t - время увлажнения, сек. Его определим с помощью объема цилиндра.

$$V = S H \Rightarrow S = V/H$$

Таблица 3.18. Коэффициент массопереноса различного термического нанопорошка, увлажненного различными родниковыми и речной водой.

№	t (с)	Полученный коэффициент массопереноса герметика после измерения $\beta \cdot 10^{-5}$ (кг/м ² ·с)				
		$\beta \cdot 10^{-5}$ 1 (гр)	$\beta \cdot 10^{-5}$ 2 (гр)	$\beta \cdot 10^{-5}$ 3 (гр)	$\beta \cdot 10^{-5}$ 4 (гр)	$\beta \cdot 10^{-5}$ 5 (гр)
1.	1800	1,94807	5,13241	7,07914	7,79227	8,95763

2.	3600	1,88897	3,80146	4,77451	5,13107	5,71375
3.	5400	1,88429	3,35781	4,00629	4,24401	4,63246
4.	7200	1,72195	3,13599	3,62219	3,80047	4,09181
5.	9000	1,62455	3,00290	3,39173	3,53435	3,76742
6.	10800	1,55961	2,91417	3,23808	3,35694	3,55117
7.	12600	1,51323	2,85079	3,12834	3,23021	3,39670
8.	14400	1,47844	2,80325	3,04603	3,13517	3,28084
9.	16200	1,45139	2,76628	2,98201	3,06125	3,19073
10.	18000	1,42974	2,73671	2,93080	3,00211	3,11865
11.	19800	1,41203	2,71251	2,88890	2,95373	3,05967
12.	21600	1,39872	2,69234	2,85398	2,91341	3,01052
13.	23400	1,38613	2,67528	2,82443	2,87929	2,96893
14.	25200	1,37533	2,66065	2,79911	2,85004	2,93328
15.	27000	1,36597	2,64798	2,77716	2,82470	2,90239
16.	28800	1,35778	2,63689	2,75795	2,80252	2,87536
17.	30600	1,35055	2,62710	2,74101	2,78500	2,85151
18.	32400	1,34413	2,61840	2,72594	2,76556	2,83030
19.	34200	1,33838	2,61062	2,71247	2,75000	2,81133
20.	36000	1,33321	2,60361	2,70034	2,73599	2,79426
21.	37800			2,68936	2,72332	2,77881
22.	39600			2,67938	2,71180	2,76477
23.	41400			2,67028	2,70128	2,75195
24.	43200			2,66192	2,69164	2,74020
25.	45000			2,65424	2,68277	2,72938
26.	46800			2,64715	2,67458	2,71940
27.	48600			2,64059	2,66700	2,71016
28.	50400			2,63449	2,65996	2,70158
29.	52200			2,62881	2,65340	2,69359
30.	54000			2,62351	2,64729	2,68613

31.	55800			2,61856	2,64156	2,67915
32.	57600				2,63620	2,67261
33.	59400				2,63116	2,66647
34.	61200				2,62641	2,66069
35.	63000				2,62194	2,65524
36.	64800				2,61772	2,65009
37.	66600				2,61372	2,64522
38.	68400				2,60994	2,64060
39.	70200				2,60634	2,63622
40.	72000				2,60293	2,63207
41.	73800				2,59969	2,62811
42.	75600					2,62434
43.	77400					2,62075
44.	79200					2,61732
45.	81000					2,61404
46.	82800					2,61091
47.	84600					2,60791

Таблица 3.19. Коэффициент массопереноса термического нанопорошка, увлажнённого водой родника Вранга [140-А],[152-А],[153-А],[154-А],[155-А],[156-А]. $\left[\beta = \frac{m - m_0}{S \cdot t} \right]$, (кг/м²·с)

№	t (с)	Полученный коэффициент массопереноса термического нанопорошка, увлажнённого водой родника Вранга $\beta \cdot 10^{-5}$ (кг/м ² ·с)				
		$\beta \cdot 10^{-5}$ 1 (гр)	$\beta \cdot 10^{-5}$ 2 (гр)	$\beta \cdot 10^{-5}$ 3 (гр)	$\beta \cdot 10^{-5}$ 4 (гр)	$\beta \cdot 10^{-5}$ 5 (гр)
1.	1800	1,94807	5,13241	7,07914	7,79227	8,95763
2.	3600	1,88897	3,80146	4,77451	5,13107	5,71375
3.	5400	1,88429	3,35781	4,00629	4,24401	4,63246

4.	7200	1,72195	3,13599	3,62219	3,80047	4,09181
5.	9000	1,62455	3,00290	3,39173	3,53435	3,76742
6.	10800	1,55961	2,91417	3,23808	3,35694	3,55117
7.	12600	1,51323	2,85079	3,12834	3,23021	3,39670
8.	14400	1,47844	2,80325	3,04603	3,13517	3,28084
9.	16200	1,45139	2,76628	2,98201	3,06125	3,19073
10.	18000	1,42974	2,73671	2,93080	3,00211	3,11865
11.	19800	1,41203	2,71251	2,88890	2,95373	3,05967
12.	21600	1,39872	2,69234	2,85398	2,91341	3,01052
13.	23400	1,38613	2,67528	2,82443	2,87929	2,96893
14.	25200	1,37533	2,66065	2,79911	2,85004	2,93328
15.	27000	1,36597	2,64798	2,77716	2,82470	2,90239
16.	28800	1,35778	2,63689	2,75795	2,80252	2,87536
17.	30600	1,35055	2,62710	2,74101	2,78500	2,85151
18.	32400	1,34413	2,61840	2,72594	2,76556	2,83030
19.	34200	1,33838	2,61062	2,71247	2,75000	2,81133
20.	36000	1,33321	2,60361	2,70034	2,73599	2,79426
21.	37800			2,68936	2,72332	2,77881
22.	39600			2,67938	2,71180	2,76477
23.	41400			2,67028	2,70128	2,75195
24.	43200			2,66192	2,69164	2,74020
25.	45000			2,65424	2,68277	2,72938
26.	46800			2,64715	2,67458	2,71940
27.	48600			2,64059	2,66700	2,71016
28.	50400			2,63449	2,65996	2,70158
29.	52200			2,62881	2,65340	2,69359
30.	54000			2,62351	2,64729	2,68613
31.	55800			2,61856	2,64156	2,67915
32.	57600				2,63620	2,67261

33.	59400				2,63116	2,66647
34.	61200				2,62641	2,66069
35.	63000				2,62194	2,65524
36.	64800				2,61772	2,65009
37.	66600				2,61372	2,64522
38.	68400				2,60994	2,64060
39.	70200				2,60634	2,63622
40.	72000				2,60293	2,63207
41.	73800				2,59969	2,62811
42.	75600					2,62434
43.	77400					2,62075
44.	79200					2,61732
45.	81000					2,61404
46.	82800					2,61091
47.	84600					2,60791
48.	86400					2,60503
49.	88200					2,60228

Таблица 3.20. Коэффициент массопереноса термического нанопорошка, увлажнённого дистиллированной водой [140-А],[152-А],[153-А],[154-А],[155-А],[156-А].

№	Полученный коэффициент массопереноса термического нанопорошка, увлажнённым дистиллированной водой $\beta \cdot 10^{-5}$ (кг/м ² ·с)					
	t (с)	$\beta \cdot 10^{-5}$ 1 (гр)	$\beta \cdot 10^{-5}$ 2 (гр)	$\beta \cdot 10^{-5}$ 3 (гр)	$\beta \cdot 10^{-5}$ 4 (гр)	$\beta \cdot 10^{-5}$ 5 (гр)
1.	1800	2,568	3,653	4,7832	6,6162	8,3488
2.	3600	1,902	3,062	3,5048	4,4514	5,4093
3.	5400	1,680	2,864	3,1598	3,7906	4,4295
4.	7200	1,569	2,766	2,9873	3,4602	3,9396

5.	9000	1,502	2,707	2,8838	3,2620	3,6456
6.	10800	1,458	2,667	2,8148	3,1298	3,4497
7.	12600	1,426	2,639	2,7656	3,0355	3,3097
8.	14400	1,403	2,618	2,7286	2,9647	3,2047
9.	16200	1,384	2,601	2,6999	2,9096	3,1230
10.	18000	1,369	2,588	2,6751	2,8655	3,0577
11.	19800	1,357	2,578	2,6580	2,8295	3,0043
12.	21600	1,347	2,569	2,6424	2,7995	2,9597
13.	23400	1,338	2,561	2,6291	2,7741	2,9221
14.	25200	1,331	2,555	2,6177	2,7523	2,8898
15.	27000	1,241	2,549	2,6079	2,7334	2,8618
16.	28800	1,319	2,544	2,5992	2,7169	2,8373
17.	30600	1,314	2,540	2,5916	2,7023	2,8157
18.	32400	1,310	2,536	2,5849	2,6893	2,7964
19.	34200	1,306	2,532	2,5788	2,6778	2,7792
20.	36000	1,303	2,529	2,5734	2,6584	2,7638
21.	37800	1,299	2,526	2,5684	2,6261	2,7498
22.	39600		2,524	2,5640	2,6094	2,7371
23.	41400			2,5599	2,6076	2,7254
24.	43200			2,5561	2,5602	2,7148
25.	45000			2,5527	2,5166	2,7050
26.	46800			2,5495	2,4763	2,6959
27.	48600			2,5465	2,4390	2,6876
28.	50400			2,5438	2,4043	2,6798
29.	52200			2,5412	2,3721	2,6726
30.	54000			2,5389	2,3420	2,6658
31.	55800			2,5366	2,3138	2,6595
32.	57600			2,5346	2,2874	2,6535
33.	59400				2,2626	2,6480

34.	61200				2,2393	2,6427
35.	63000					2,6378
36.	64800					2,6331
37.	66600					2,6287
38.	68400					2,6245
39.	70200					2,6206
40.	72000					2,6168
41.	73800					2,6132
42.	75600					2,6098
43.	77400					2,6065
44.	79200					2,6034
45.	81000					2,6005
46.	82800					2,5976

Таблица 3.21. Коэффициент массопереноса термического нанопорошка, увлажнённого водой родника “Ширгина [140-А], [152-А], [153-А], [154-А], [155-А],[156-А].

	Коэффициент массопереноса термического нанопорошка (ТНП) увлажнённого водой родника Ширгина $\beta \cdot 10^{-5}$ (кг/м ² ·с)					
	t (с)	$\beta \cdot 10^{-5}$ 1 (гр)	$\beta \cdot 10^{-5}$ 2 (гр)	$\beta \cdot 10^{-5}$ 3 (гр)	$\beta \cdot 10^{-5}$ 4 (гр)	$\beta \cdot 10^{-5}$ 5 (гр)
	1.	1800	2,817	4,357	5,322	6,783
2.	3600	2,026	3,413	3,896	4,279	4,705
3.	5400	1,762	3,099	3,421	3,676	3,960
4.	7200	1,630	2,942	3,183	3,374	3,587
5.	9000	1,551	2,847	3,040	3,193	3,364
6.	10800	1,498	2,784	2,945	3,073	3,215
7.	12600	1,461	2,739	2,877	2,987	3,108
8.	14400	1,432	2,706	2,826	2,922	3,029

9.	16200	1,410	2,680	2,787	2,872	2,967
10.	18000	1,393	2,659	2,755	2,832	2,917
11.	19800	1,378	2,641	2,729	2,799	2,876
12.	21600	1,366	2,627	2,708	2,771	2,842
13.	23400	1,356	2,615	2,689	2,748	2,814
14.	25200	1,347	2,605	2,674	2,728	2,789
15.	27000	1,340	2,596	2,660	2,711	2,768
16.	28800	1,333	2,588	2,648	2,696	2,749
17.	30600	1,328	2,581	2,638	2,683	2,733
18.	32400	1,322	2,575	2,628	2,671	2,718
19.	34200	1,318	2,569	2,620	2,660	2,705
20.	36000	1,314	2,564	2,612	2,651	2,693
21.	37800		2,560	2,606	2,642	2,683
22.	39600			2,600	2,634	2,673
23.	41400			2,486	2,518	2,553
24.	43200			2,485	2,516	2,550
25.	45000			2,485	2,514	2,547
26.	46800			2,484	2,512	2,544
27.	48600			2,484	2,511	2,541
28.	50400			2,483	2,509	2,539
29.	52200			2,483	2,508	2,537
30.	54000			2,482	2,507	2,534
31.	55800			2,482	2,506	2,532
32.	57600				2,505	2,530
33.	59400				2,504	2,529
34.	61200				2,503	2,527
35.	63000				2,502	2,525
36.	64800				2,501	2,524
37.	66600				2,568	2,591

38.	68400				2,565	2,588
39.	70200				2,563	2,584
40.	72000				2,560	2,582
41.	73800				2,558	2,579
42.	75600					2,576
43.	77400					2,574
44.	79200					2,571
45.	81000					2,569
46.	82800					2,567
47.	84600					2,565
48.	86400					2,563
49.	88200					2,561
50.	90000					2,559

В таблицах 3.18 – 3.21 приведены результаты расчетно – экспериментального исследования коэффициента массопереноса растворов системы (вода питьевая, родниковая и дистиллированная) в зависимости от времени увлажнения при комнатной температуре. В качестве увлажнителя использована вода родников (Зонга, Вранга, Ширгина и Ямчуна).

Согласно представленным результатам табличного вида, коэффициент массопереноса изучаемых образцов растворов с увеличением времени выдержки образца в увлажнителе меняется в сторону убывания по закону гиперболы.

На графике 3.25 видно, что с ростом коэффициента массопереноса исследуемые герметики, которые были увлажнены родниковой водой Ширгина, коэффициент адсорбции уменьшается согласно закону гиперболы. Эта закономерность также проявляется и других образцов с другими увлажнителями (вода родников Вранга, Зонга и Ямчуна).

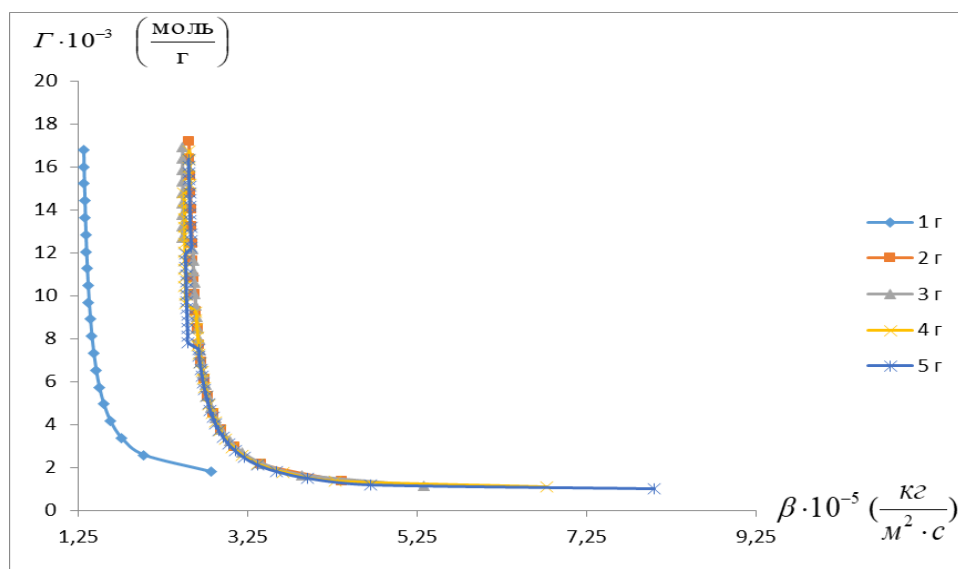


Рисунок 3.25. Зависимость коэффициента адсорбции от коэффициента массопереноса для системы герметика и родниковых вод Ширгина [140-А],[152-А], [153-А],[154-А],[155-А],[156-А].

3.7. Заключение по третьей главе

В третьей главе настоящей диссертации представлены результаты комплекса опытно-теоретического исследования по тепло- и электропроводности, а также коэффициентов адсорбции, массопереноса и набухания водных растворов термического нанопорошка в зависимости от температуры, давления и концентрации герметика (ТНП).

Установлена закономерность изменения теплопроводности, электропроводности и коэффициентов адсорбции, набухания и массопереноса изученной группы растворов (герметик + воды родников Ширгина, Вранга, Зонга, Ямчуна, дистиллированная и речная вода) при изменяющихся показателях температуры и концентрации наполнителя, а также времени выдержки в опытах при увлажнении. Показана влияние Ph воды реки Душанбе и родниковых вод и ее плотности, массы герметика на тепло- и электрофизические свойства изучаемых образцов.

Глава 4. АНАЛИЗ, ОБОБЩЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ПО ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИМ, ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИМ И КИНЕТИЧЕСКИМ СВОЙСТВАМ ИССЛЕДУЕМЫХ РАСТВОРОВ.

Сегодня растворы в технике занимают особое место, а их применение требует значительную базу достоверных данных касательно их свойств и поведения в различных условиях. Решение данной проблематики не всегда возможно с помощью экспериментов, в связи с чем, уместным является использование расчетных способов и методик, позволяющих в некоторой степени прогнозировать как термодинамические, так и теплофизические свойства данной категории веществ.

Обобщенные варианты подобного рода зависимостей не могут удовлетворять требования широкого класса веществ, как правило, они характеризуют группу растворов или веществ, а за пределами данной группы они не пригодны. Дело в том, что масштабное развитие материаловедческих отраслей становится причиной разработки и создания ряда новых веществ с отличительными характеристиками относительно исходных либо аналогов. В связи со сказанным становится востребованным разработки методик, обладающих универсальностью в отношении процессов прогнозирования, объяснения физики явлений, теплофизических и термодинамических процессов и др. с наименьшим числом исходных параметров.

В этой главе изложены способы и результаты аппроксимирования исследуемых теплофизических параметров:

$\lambda = f(C_p)$; $\lambda = f(\rho)$; $\lambda = f(T, P, m)$; $\chi = f(m, T)$; $C_p = f(T, P, m)$ и др., позволяющие провести расчет указанных величин [132 -А], [139-А], [140-А], [144-А], [145-А].

Используя данные уравнения были выполнены расчеты электрофизических и теплофизических свойств перечисленных растворов в широком интервале температуры и давления.

4.1. Анализ экспериментальных данных по тепловым свойствам

Растворы являются представителями той категории веществ, структура которых однородны и во всем их объеме свойства одинаковы. Молекулы рас-

творов образуют молекулярные соединения, так называемые ассоциаты, поэтому их также относят к молекулярно-дисперсным системам [15,16,45,72].

Дырочная теория [124] позволяет объяснить кинетические свойства жидкости, поскольку она описывает неоднородность в мгновенно образующейся структуре и является наиболее предпочтительной. «Аномальность» воды заключается в том, что ей свойственно большой уровень ассоциации [45,71] за счет ее электрополярности, способствующей приобретению направленности водородных связей (n- связей). Таким образом, с помощью моделей можно максимально приближенно получить представления об аномальных свойствах воды и степени ее влияния на растворение веществ, которые влияют на процесс гидратации [16, 101, 71, 72]. Данные модели служат для изучения термодинамической устойчивости гидратного комплекса, состоящего из молекул раствора и веществ с последующим изучением термодинамических свойств этих растворов (плотность, теплоемкость, сжимаемость, энтальпия, энтропия и др.) [71,72]. Согласно этим работам некоторые авторы утверждают, что сжимаются те молекулы, которые не находятся в гидратных комплексах, а другие утверждают, что сжимаются не молекулы, а лишь изменяется их свободный объем [16,83].

4.2. Обобщение экспериментальных данных по теплофизическим и электрофизическим свойствам исследуемых растворов при атмосферном давлении

Обобщение тепло- и электрофизических свойств результатов экспериментов в зависимости от изменения параметров состояния нами была использована методика, представленная в [3,4,7,8-10,35,41,62-65,86-89,93,127-130],[132-А],[133-А],[138-А],[140-А],[144-А],[145-А],[158],[159],[172],[177].

$$\frac{\lambda}{\lambda_1} = f\left(\frac{T}{T_1}\right), \quad (4.1) \quad \frac{C_p}{C_p^*} = f\left(\frac{T}{T_1}\right), \quad (4.2) \quad \frac{\sigma}{\sigma_1} = f\left(\frac{T}{T_1}\right), \quad (4.3)$$

где λ, C_p, σ - теплопроводность, удельная изобарная теплоемкость, электропроводность исследуемых растворов при температурах T и T_1 : $T_1 = 353$ К.

Методика обобщения экспериментальных данных также успешно применена авторами [12,13,30,35,37,41-44,50,53,57,58,64,65,70,75, 86-89,93-99], в частности и нами [132-А],[133-А],[138-А],[140-А], [159], [172-177].

Степень выполнимости зависимостей (4.1) -(4.3) для изучаемых растворов приведена на графиках 4.1-4.5, где показана хорошая согласованность экспериментальных данных относительно общих кривых и прямых графиков.

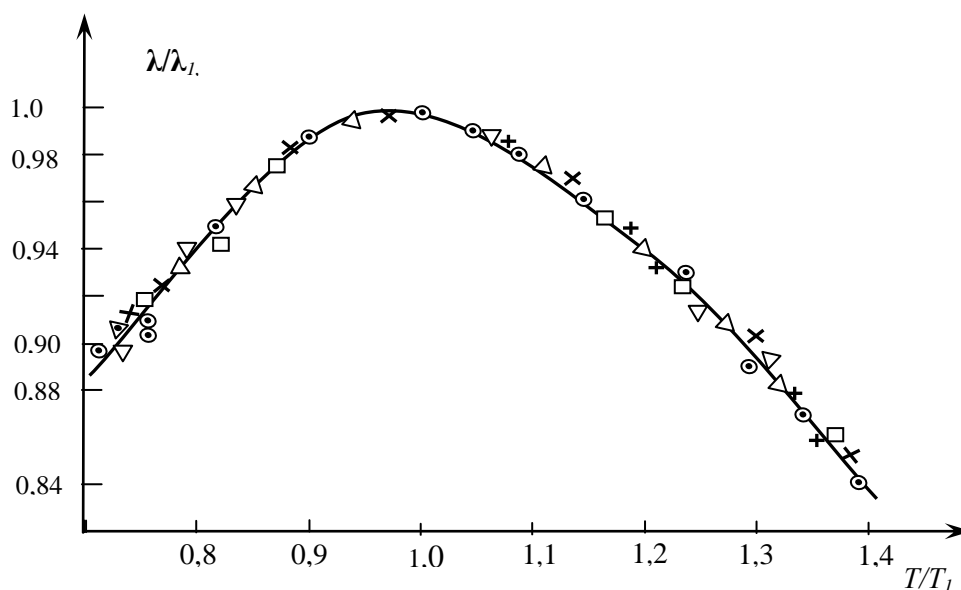


Рисунок 4.1. Зависимость относительной теплопроводности (λ/λ_1) от относительной температуры (T/T_1) для исследуемых растворов на линии насыщения: 1—образец №1; 2—образец №2; 3—образец №3; 4—образец №4; 5—образец №5; 6—образец №6.

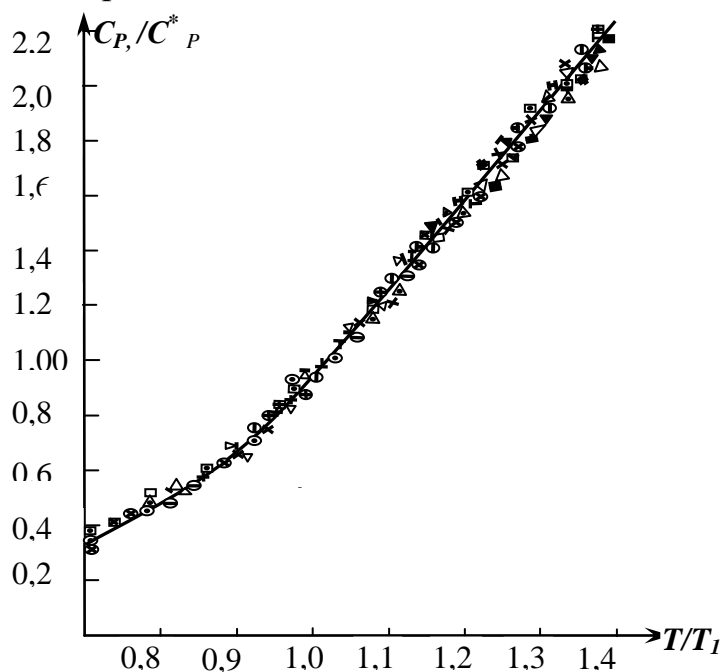


Рисунок 4.2. Зависимость относительной теплоемкости $\left(\frac{C_p}{C_p^*}\right)$ от относительной температуры $\left(\frac{T}{T_1}\right)$ для исследуемых растворов: 1—образец №1; 2—образец №2; 3—образец №3; 4—образец №4; 5—образец №5; 6—образец №6.

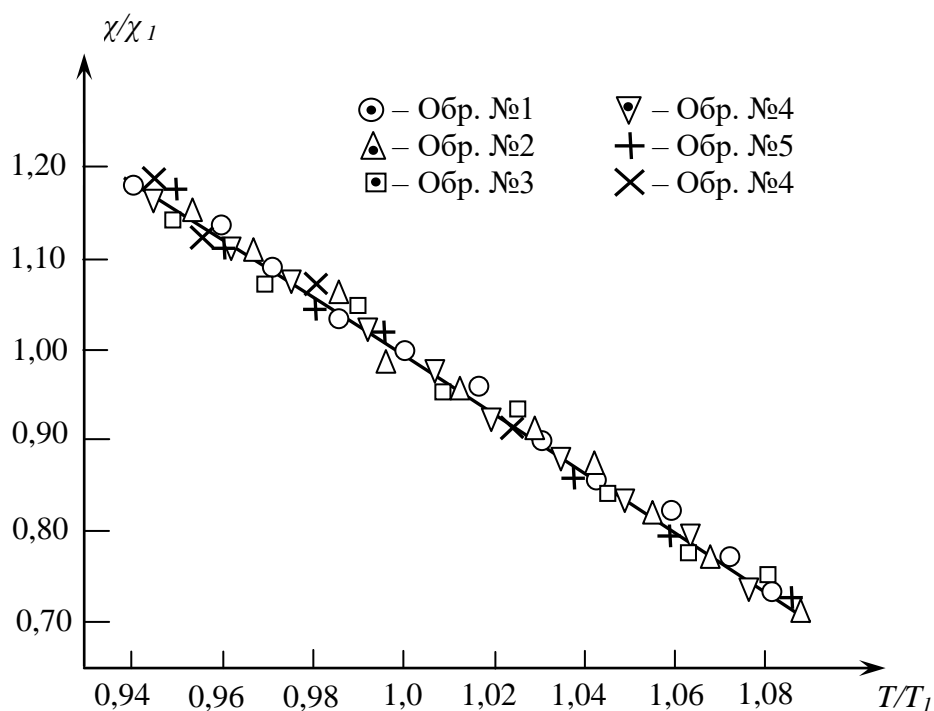
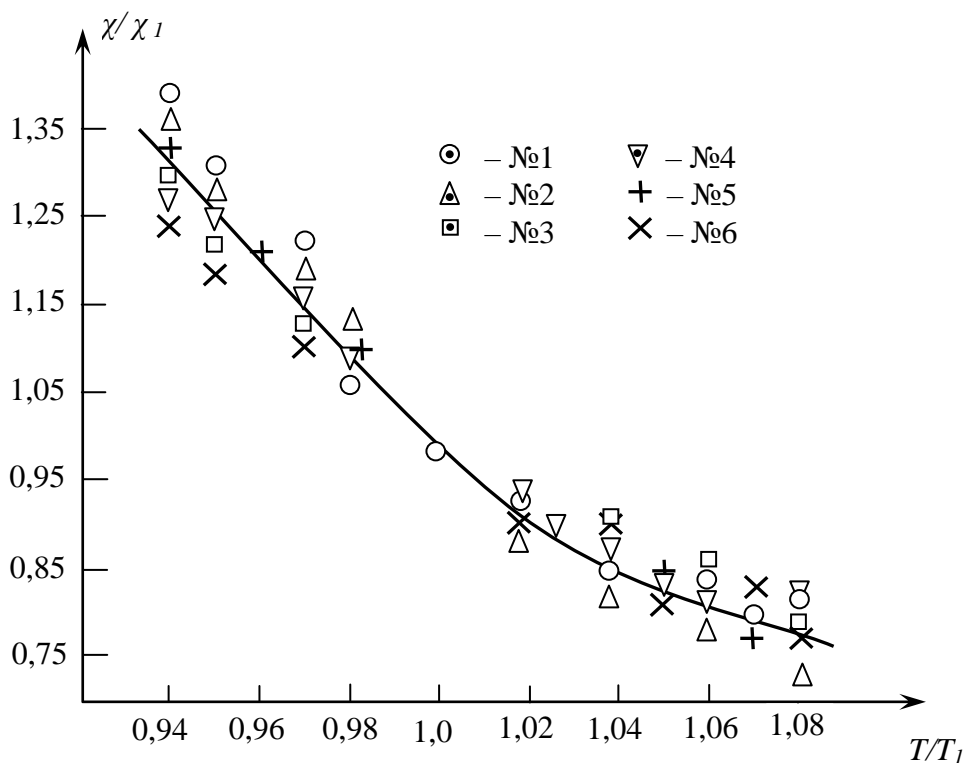


Рисунок 4.3 (а,б). Зависимость относительной электросопротивления $\left(\frac{\chi}{\chi_1}\right)$ от относительной температуры $\left(\frac{T}{T_1}\right)$ для исследуемых растворов: 1—образец №1; 2—образец №2; 3—образец №3; 4—образец №4; 5—образец №5; 6—образец №6.

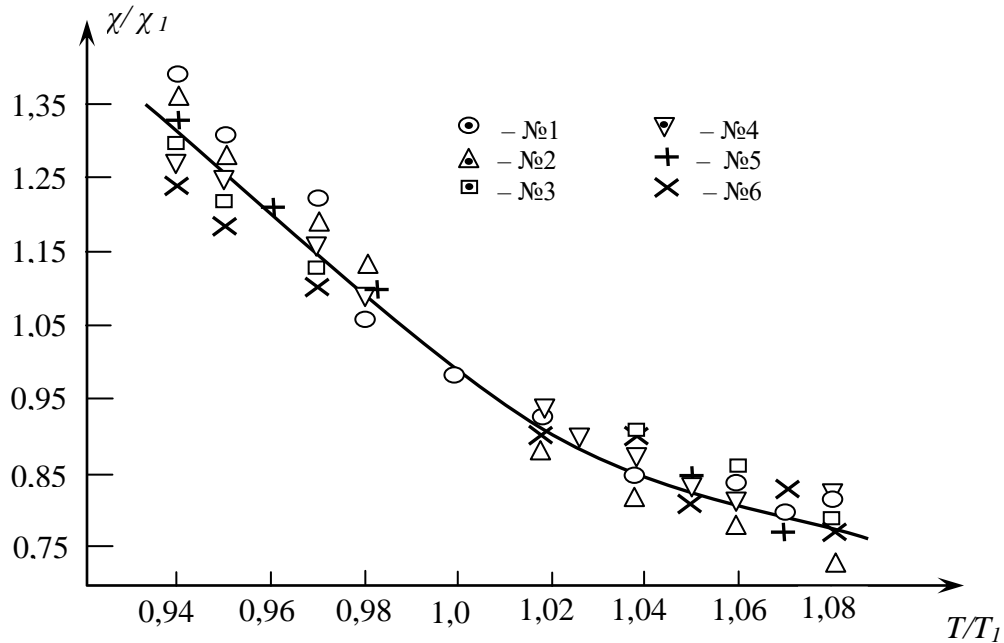


Рисунок 4.4. Зависимость относительной электропроводности $\left(\frac{\chi}{\chi_1}\right)$ от относительной температуры $\left(\frac{T}{T_1}\right)$ для системы дистиллированная вода + герметик.

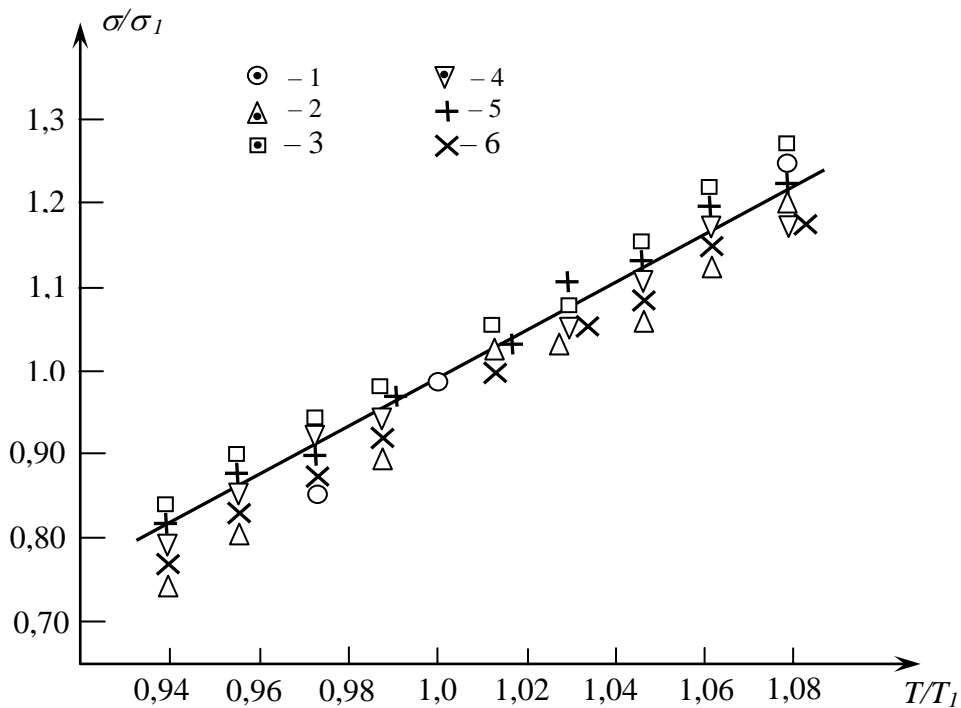


Рисунок 4.5. Зависимость относительной электропроводности $\left(\frac{\sigma}{\sigma_1}\right)$ от относительной температуры $\left(\frac{T}{T_1}\right)$ для исследуемых растворов: 1—образец №1; 2—образец №2; 3—образец №3; 4—образец №4; 5—образец №5; 6—образец №6.

Уравнение этих кривых и прямых имеет вид [132-A],[133-A],[138-A],[140-A], [144-A],[145-A],[182-A],

Для дистиллированной воды и родниковых вод:

$$\lambda = \left[Ai \left(\frac{T}{T_1} \right)^2 + Bi \left(\frac{T}{T_1} \right) + Ci \right] \cdot \lambda_1, \quad (4.4) \quad C_p = \left[Ai \left(\frac{T}{T_1} \right)^2 + Bi \left(\frac{T}{T_1} \right) + Ci \right] \cdot C_p^*, \quad (4.5)$$

$$\chi = \left[Ai + Bi \left(\frac{T}{T_1} \right) \right] \cdot \chi_1, \quad T_1 = 313 \text{ К} \quad (4.6) \quad \sigma = \left[Ai \left(\frac{T}{T_1} \right)^2 + Bi \left(\frac{T}{T_1} \right) + Ci \right] \cdot \sigma_1. \quad (4.7)$$

Для водопроводной воды:

$$\chi = \left[Ai \left(\frac{T}{T_1} \right)^2 + Bi \left(\frac{T}{T_1} \right) + Ci \right] \cdot \chi_1, \quad (4.8) \quad \sigma = \left[Ai \left(\frac{T}{T_1} \right) + Bi \right] \cdot \sigma_1. \quad (4.9)$$

С помощью полученных выражений (4.4)-(4.9) можно с погрешностью 1,5-3,0% выявить температурную зависимость тепло- и электрофизических свойств исследуемых растворов при атмосферном давлении и условии, что величины λ_1 , C_p^* , χ_1 и σ_1 известны.

Значение коэффициентов A_i , B_i и C_i уравнение (4.4)-(4.9) представлены в виде таблиц (таблица 4.1).

Таблица 4.1. Значения коэффициентов A_i , B_i и C_i уравнений (4.4)-(4.9).

№№	Формула	A_i	B_i	C_i
Дистиллированная вода и родниковые воды				
1	(4.4)	-1,077	2,17	-0,098
2	(4.5)	0,6	1,48	-1,132
3	(4.6)	4,125	-3,125	0
4	(4.7)	13,32	-23,38	11,064
Водопроводная вода				
5	(4.8)	11,065	-26,2	16,11
6	(4.9)	2,92	-1,92	0

Интересно было бы в формулах (4.4)-(4.9), λ_1 , C_p^* , χ_1 и σ_1 связать с массой герметика.

Зависимость λ_1 , C_p^* , χ_1 и σ_1 от массы герметика в растворах показана на рисунках 4.6 и 4.11, [132-А],[133-А],[138-А],[140-А], [144-А],[145-А],[182-А],

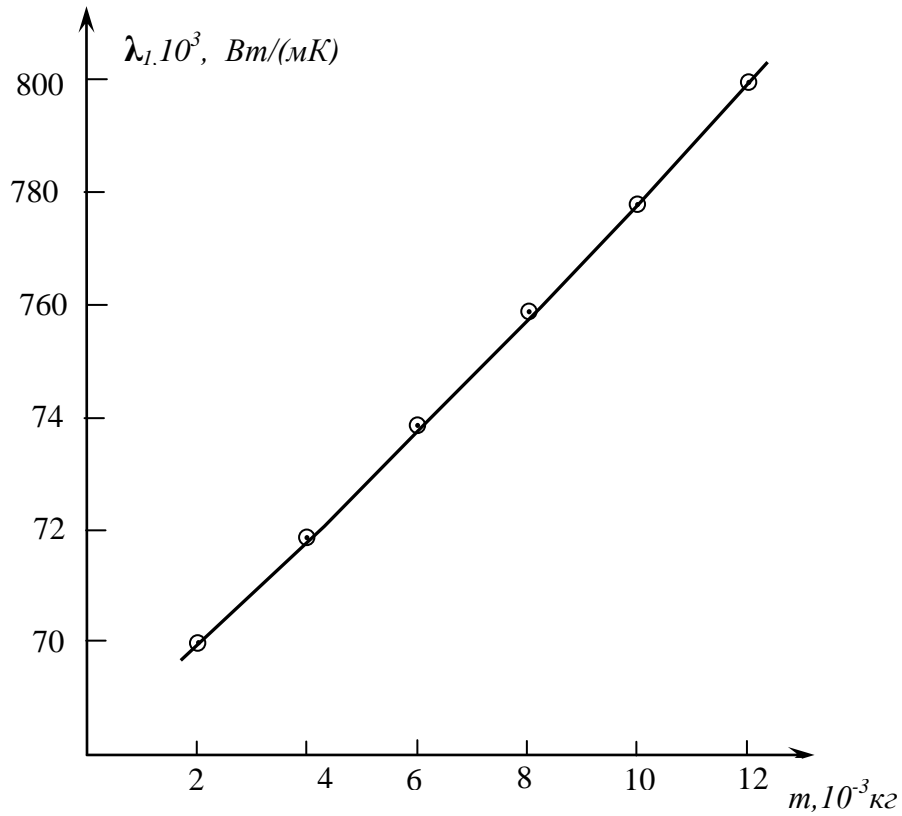


Рисунок 4.6. Зависимость λ_1 от массы герметика. Как видно из данного графика λ с повышением качества герметика растет по линейному закону.

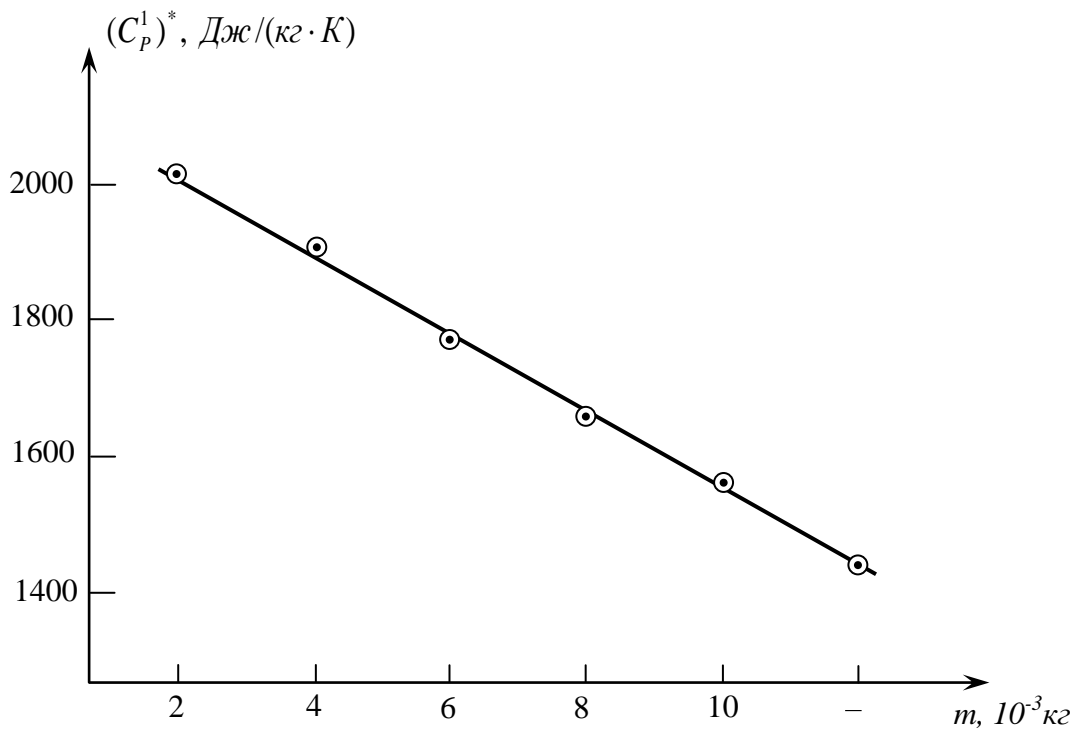


Рисунок 4.7. Зависимость C_p^* от массы герметика. Согласно рисунку 4.7. C_p^* с повышением массы герметика уменьшается также по линейному закону.

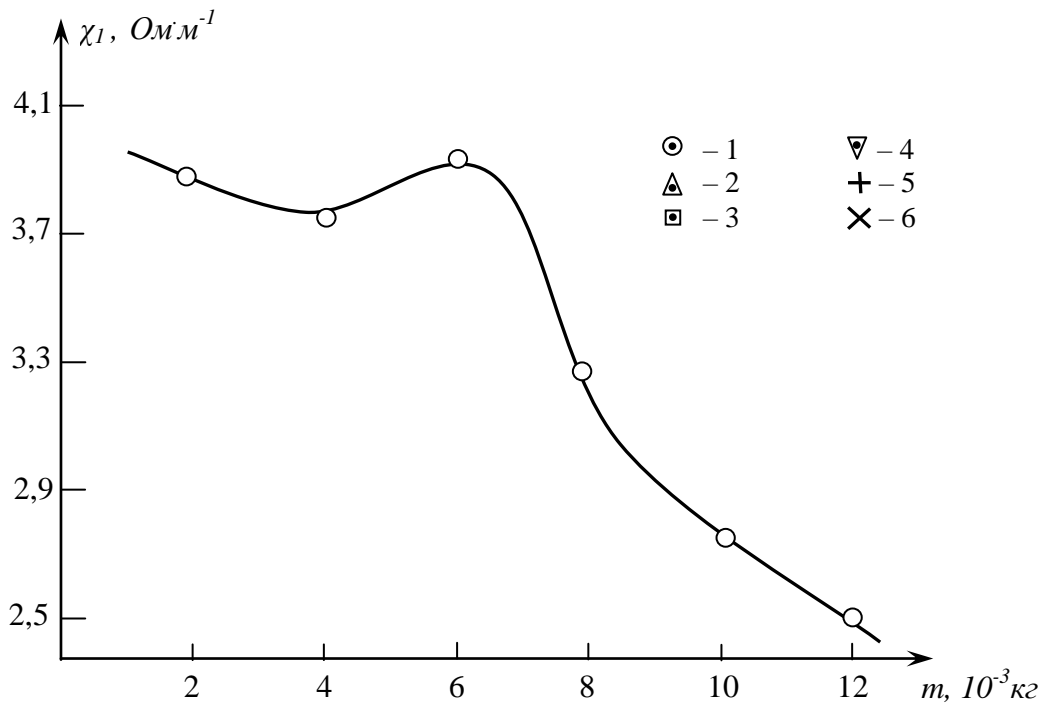


Рисунок 4.8. Зависимость χ_l от массы герметика для водопроводной воды. На рисунке 4.8. показана зависимость χ_l от массы герметика. В качестве адсорбента использовано водопроводная вода из реки Душанбе. С увеличением массовой концентрации герметика электропроводность уменьшается по закону параболы.

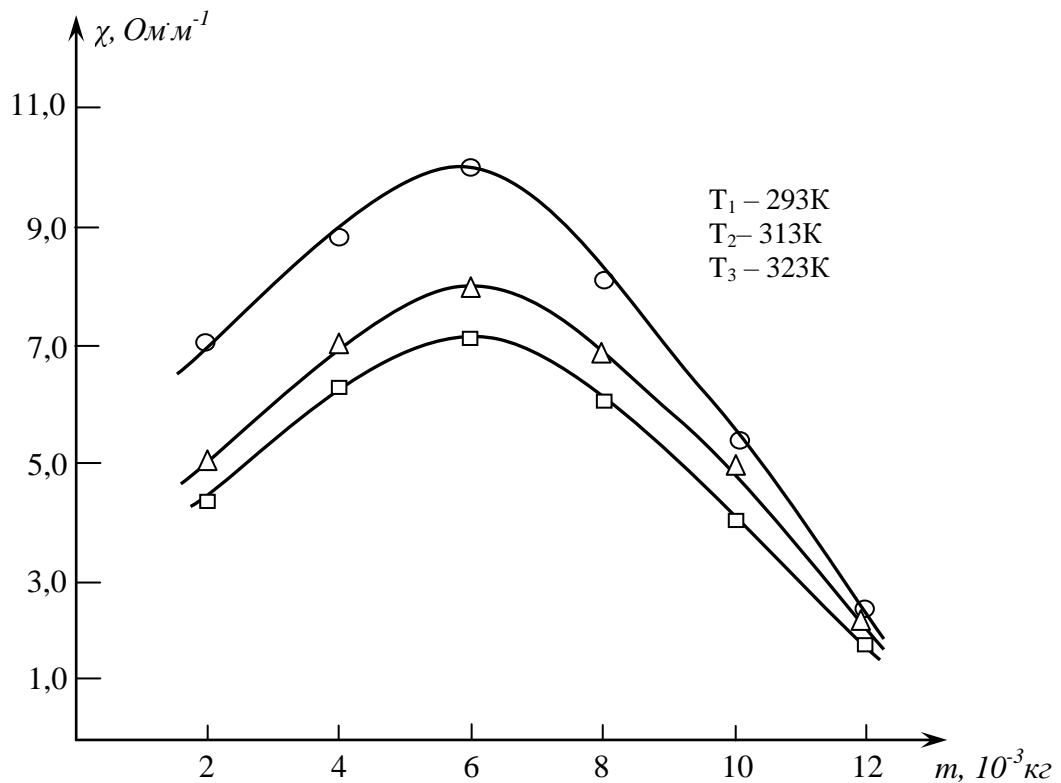


Рисунок 4.9. Зависимость χ от массы герметика для дистиллированной воды.

Согласно рисунку 4.9 χ , для системы дистиллированная вода электропроводность данной системы по мере повышения концентрации герметика увеличивается по закону параболы. Максимум параболы относится к 6 гр герметика, т. е. при $T = 293$ К. Чем больше температура опыта, тем меньше значение максимума параболы.

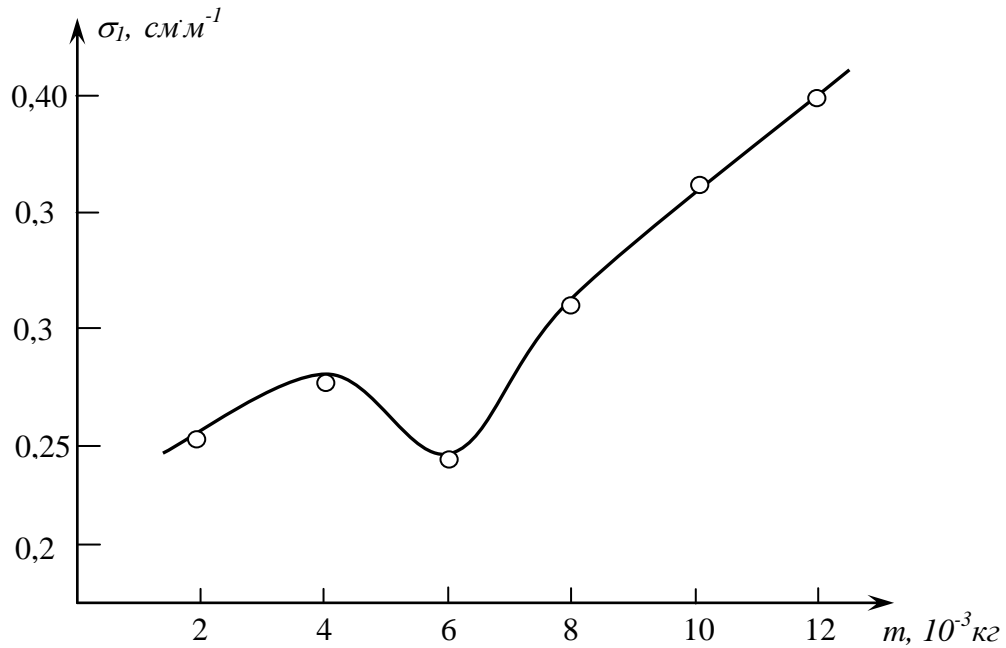


Рисунок 4.10. Зависимость σ_1 от массы герметика для водопроводной воды

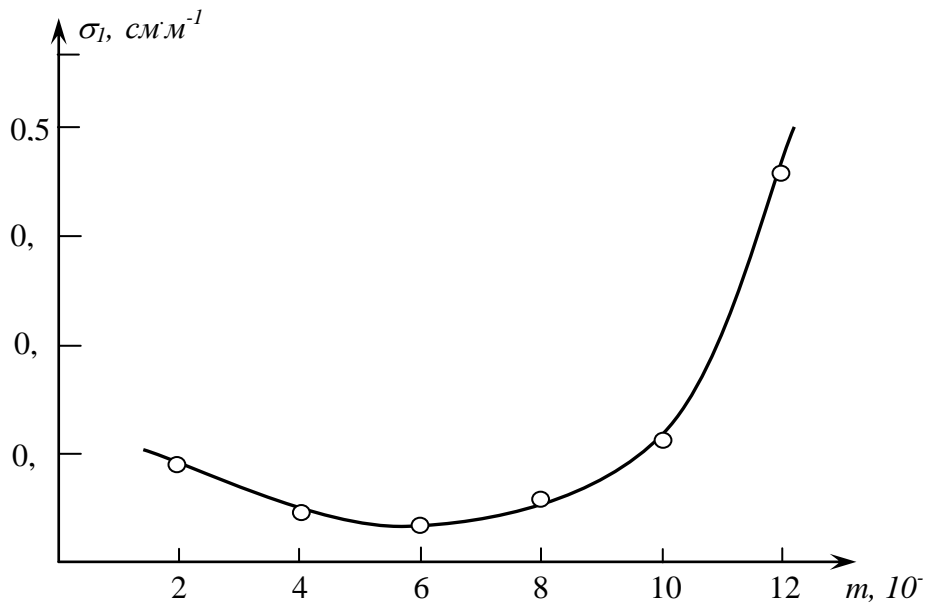


Рисунок 4.11. Зависимость σ_1 от массы герметика для дистиллированной воды

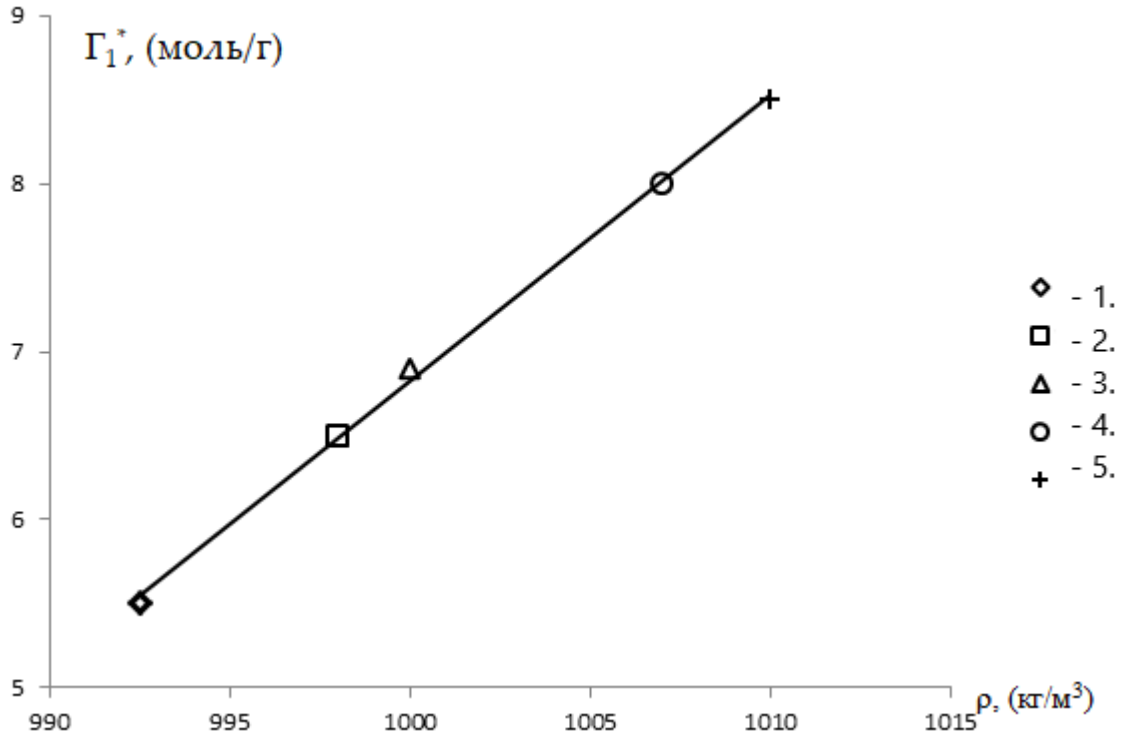


Рисунок 4.12. Зависимость коэффициента адсорбции от плотности воды, 1-вода реки Душанбе, 2-вода родника Ширгина, 3-вода родника Вранга, 4-вода родника Зонга, 5- вода родника Ямчуна.

На рисунке 4.12. приведена зависимость Γ_1^* от плотности воды увлажнителя. С ростом плотности воды коэффициент адсорбции (Γ_1^* , моль/г) растет по линейному закону.

Уравнения кривых линий, изображенных на рисунках 4.6-4.11, имеют вид, [132-А],[133-А],[138-А],[140-А], [144-А],[145-А]:

$$\lambda_1 = [(Di)m^2 + (Ei)m + Fi] \left(\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}} \right) \quad (4.10)$$

- для водопроводной воды, [132-А],[133-А],[138-А],[140-А], [144-А],[145-А]:

$$C_p^* = [(Di)m + Ei] \left(\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \right) \quad (4.11)$$

- для водопроводной воды, [132-А],[133-А],[138-А],[140-А], [144-А],[145-А]:

$$\chi_1 = [(Di)m^2 + (Ei)m + Fi], \quad (\text{Ом} \cdot \text{м}) \quad (4.12)$$

$$\sigma_1 = [(Di)m^2 + (Ei)m + Fi], \quad (\text{См} \cdot \text{м}^{-1}) \quad (4.13)$$

- для дистиллированной воды, [132-А],[133-А],[138-А],[140-А], [144-А],[145-А]:

$$\chi_1 = [(Di)m^2 + Eim + Fi] \text{ (Ом} \cdot \text{м)} \quad (4.14)$$

$$\sigma_1 = [(Di)m^2 + 9Ei)m + fI] \text{ (См} \cdot \text{м}^{-1}) \quad (4.15)$$

Значение коэффициентов D_i , E_i и F_i уравнений (4.11) -(4.15) представлены в виде таблиц (таблица 4.2).

Таблица 4.2. Значение D_i , E_i и F_i уравнение (4.11) -(4.15).

№№	Формула	D_i	E_i	F_i
Дистиллированная вода				
1	(4.10)	93,75	8,65	0,682
2	(4.11)	-5600	2122,0	0
3	(4.12)	-13865	47,88	3,87
4	(4.13)	-1629,5	-8,7	0,271
Водопроводная вода				
5	(4.14)	-145981,9	1703,7	2,62
6	(4.15)	7388,38	-83,97	0,35
Вода родника Ширгина				
7	(4.10)	94,75	8,46	0,693
8	(4.11)	-5620	2220,6	0
9	(4.12)	-13878	48,9	3,99
10	(4.13)	-1689,3	-9,46	0,298
Вода родника Вранга				
11	(4.22)	94,85	8,66	0,703
12	(4.23)	-5626	2228,6	0
13	(4.24)	-13898	49,9	4,09
14	(4.25)	-1699,3	-9,66	0,308
Вода родника Зонга				
15	(4.26)	94,95	8,776	0,705
16	(4.27)	-5629	2232,6	0
17	(4.28)	-13998	50,9	4,19
18	(4.29)	-1700,3	-9,86	0,318
Вода родника Ямчуна				
19	(4.30)	94,98	8,86	0,708
20	(4.31)	-5632	2236,6	0
21	(4.32)	-13999	51,9	4,29
22	(4.33)	-1709,3	-9,97	0,328

Из уравнений (4.4) -(4.9) и (4.10) -(4.15) получим:

$$\lambda = \left[Ai \left(\frac{T}{T_1} \right)^2 + Bi \left(\frac{T}{T_1} \right) + Ci \right] \left((Di)m^2 + (Ei)m + Fi \right), \frac{\text{Вт}}{(\text{м} \cdot \text{К})} \quad (4.16)$$

- для дистиллированной воды [132-А],[133-А],[138-А], [140-А], [144-А],[145-А]:

- для водопроводной воды [132-А],[133-А],[138-А],[140-А], [144-А],[145-А]:

$$C_p = \left[Ai \left(\frac{T}{T_1} \right)^2 + Di \left(\frac{T}{T_1} \right) + Ci \right] \left((Di)m + Fi \right), \left(\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \right) \quad (4.17)$$

- для дистиллированной воды, [132-А],[133-А],[138-А],[140-А], [144-А],[145-А]:

$$\chi = \left[(Ci) + Bi \left(\frac{T}{T_1} \right) \right] \left((Di)m^2 + (Ei)m + (Fi) \right), \text{ Ом} \cdot \text{м} \quad (4.18)$$

$$\sigma = \left[Ai \left(\frac{T}{T_1} \right)^2 + Bi \left(\frac{T}{T_1} \right) + Ci \right] \left((Di)m^2 + (Ei)m + Fi \right), \text{ См} \cdot \text{м}^{-1} \quad (4.19)$$

- для водопроводной воды, [132-А], [133-А], [138-А], [140-А], [144-А],[145-А]:

$$\chi = \left[Ai \left(\frac{T}{T_1} \right)^2 + Bi \left(\frac{T}{T_1} \right) + Ci \right] \left((Di)m^2 + (Fi)m + Ei \right), \text{ Ом} \cdot \text{м} \quad (4.20)$$

$$\sigma = \left[Bi \left(\frac{T}{T_1} \right) + Ci \right] \left((Di)m^2 + (Fi)m + Ei \right), \text{ См} \cdot \text{м}^{-1} \quad (4.21)$$

По уравнениям (4.16) - (4.21), зная массу герметика, можно вычислить теплофизические свойства (λ , C_p) и электрофизические свойства (удельное электросопротивление и электропроводность) экспериментально исследованных систем воды (дистиллированной, водопроводной) в зависимости от температуры, при атмосферном давлении с погрешностью 3,5%.

Аналогично, для расчета теплопроводности, теплоемкости, электропроводности и коэффициента адсорбции родниковых вод родников Ширгина, Вранга, Зонга и Ямчуна нами получен ряд аппроксимационных зависимостей [132-А], [133-А],[138-А],[140-А], [144-А],[145-А]:

- для увлажнителей воды родников Ширгина, Вранга, Зонга и Ямчуна:

$$\lambda = \left[Ai \left(\frac{T}{T_1} \right)^2 + Bi \left(\frac{T}{T_1} \right) + Ci \right] \left((Di)m^2 + (Ei)m + Fi \right), \text{ Вт}/(\text{м К}) \quad (4.22)$$

$$C_p = \left[Ai \left(\frac{T}{T_1} \right)^2 + Di \left(\frac{T}{T_1} \right) + cI \right] ((Fi)m + Ei), \text{ Дж/(кг К)} \quad (4.23)$$

$$\chi = \left[Ai \left(\frac{T}{T_1} \right)^2 + Bi \left(\frac{T}{T_1} \right) + Ci \right] ((Di)m^2 + (Fi)m + Ei), \text{ Ом} \cdot \text{м} \quad (4.24)$$

$$\sigma = \left[Bi \left(\frac{T}{T_1} \right) + Ci \right] ((Di)m^2 + (Ei)m + Fi), \text{ См} \cdot \text{м}^{-1} \quad (4.25)$$

$$\Gamma = \left(k \frac{t}{t_1} + c \right) (-Am^2 + Bm + d) = \left[0,9628 \left(\frac{t}{t_1} \right) + 0,0369 \right] (-0,0193m^2 + 0,0193m + 17,68) \text{ моль/гр} \quad (4.26)$$

Значение коэффициентов уравнений (4.22) – (4.26) для увлажняемых герметиков (ТНП) приведены в виде таблиц (таблица 4.3).

Таблица 4.3. Значение A_i , B_i , C_i , D_i , E_i и F_i уравнений (4.22) - (4.26).

№	Формулы	Коэффициенты уравнения (4.22) - (4.26).					
		A_i	B_i	C_i	D_i	E_i	F_i
Вода родника “Ширгина”							
1	(4.22)	-1.077	2.17	-0,098	94,75	8,46	0,693
2	(4.23)	0,6	1,48	1,48	-5620	2220,6	0
3	(4.24)	4,125	-3,13	0	-13878	48,9	3,99
4	(4.25)	13,32	-23,4	-11,04	-1689,3	-9,46	0,298
5	(4.26)	0	0,973	0.018	-0,025	-0.017	17,144
Вода родника “Вранга”							
6	(4.22)	-1.077	2.17	-0,098	94,85	8,66	0,703
7	(4.23)	0,6	1,48	1,48	-5626	2228,6	0
8	(4.24)	4,125	-3,13	0	-13898	49,9	4,09
9	(4.25)	13,32	-23,4	-11,04	-1699,3	-9,66	0,308
10	(4.26)	0	0,973	0.018	0.0214	0.0254	17,048
Вода родника “Зонга”							
9	(4.22)	-1.077	2.17	-0,098	94,95	8,776	0,705
10	(4.23)	0,6	1,48	1,48	-5629	2232,6	0
11	(4.24)	4,125	-3,13	0	-13998	50,9	4,19
12	(4.25)	13,32	-23,4	-11,04	-1700,3	-9,86	0,318
13	(4.26)	0	0,973	0.018	-0,157	1.1089	14,972
Вода родника “Ямчуна”							
14	(4.22)	-1.077	2.17	-0,098	94,98	8,86	0,708

15	(4.23)	0,6	1,48	1,48	-5632	2236,6	0
16	(4.24)	4,125	-3,13	0	-13999	51,9	4,29
17	(4.25)	13,32	-23,4	-11,04	-1709,3	-9,97	0,328
18	(4.26)	0	0,973	0.018			

Сравнение вычисленных значений теплофизических, электрофизических и кинетических свойств системы вода + герметик (термический нанопорошок (ТНП)) (по уравнениям (4.22) - (4.40)) в интервале температур (293-413) К, при атмосферном давлении приводится в таблицах П.IV- П.VII.

4.3. Обработка и обобщение экспериментальных данных по теплопроводности исследуемых растворов в зависимости от температуры и давления

Обработка результатов экспериментов по теплопроводности осуществляется в виде [87- 90], [132-А],[133-А],[138-А],[140-А], [144-А],[145-А], [158]:

$$\frac{\lambda_{P,T}}{\lambda_{P_1,T_1}} = f\left(\frac{T}{T_1}\right), \quad (4.41)$$

где $\lambda_{P,T}$ - теплопроводность образцов при давлении P и температуре T ;

λ_{P_1,T_1} - теплопроводность образцов при давлении P_1 и температуре T_1 ;

$P_1 = 4,91$ МПа и $T_1 = 353$ К.

Выполнимость выражения (4.41) применительно ко всем образцам графически изображена на рисунке 4.24, по которому видна хорошая согласованность с общей кривой.

Метод термодинамического подобия авторами [11,24-26,41,53,62-66,68,80,86-90,93-99,111,112,119,121-123,126],[132-А],[133-А],[134-],135,136, [140-А],143,[144-А],146,[155-А],172-174,179 были использованы для обработки полученных ими опытных данных.

Кривая, показанная на графике 4.13, имеет следующее уравнение:

$$\lambda_{P,T} = \left[-0,78\left(\frac{T}{T_1}\right)^2 + 1,6\left(\frac{T}{T_1}\right) + 0,164 \right] \lambda_{P_1,T_1} \quad (4.42)$$

Обобщение ТФС жидких веществ, растворов в больших диапазонах изменения параметров состояния требует выполнения большого объема ра-

боты, в связи с чем мы обратились к наиболее упрощенной методике в виде функциональной зависимости (4.42).

Правая часть уравнения (4.49) для всех образцов представляется постоянной, т.е. интервал температурного изменения колеблется в одинаковых пределах. Левая сторона, т.е. $\lambda_{p,T}$ и λ_{p_1,T_1} для растворов не одинаковы, потому что находятся под воздействием температуры, давления, массы и плотности растворенного вещества.

Значение, как оказалось, является функцией давления (рисунок 4.13). Как видно на графике 4.13, повышение давления приводит к росту $\lambda_{p,T}$ по линейному закону.

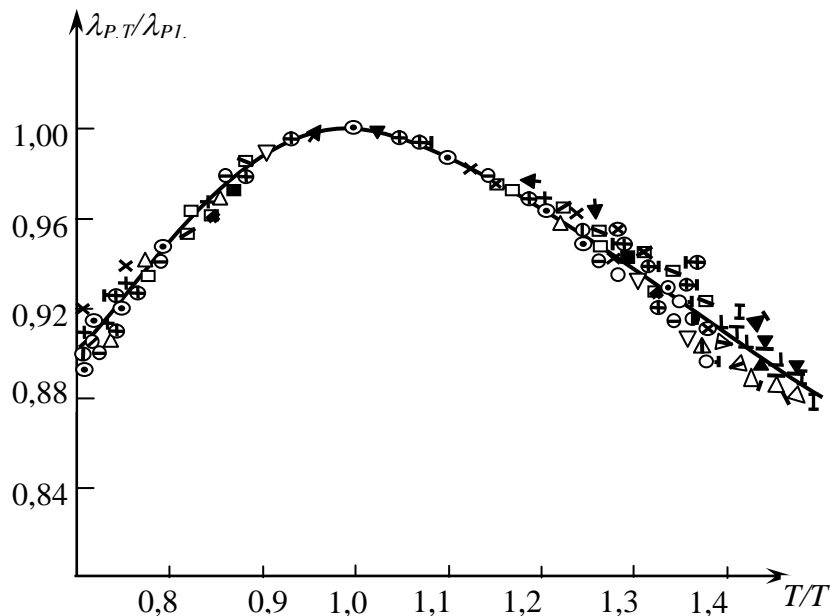


Рисунок 4.13. Зависимость относительной теплопроводности ($\lambda_{p,T}/\lambda_{p_1,T_1}$) от относительной температуры (T/T_1) для исследуемых растворов (водопроводная вода +герметик и дистиллированная вода +герметик): (1-7) – образец №1; (8-14) – образец №2; (15-21) – образец №3; (22-28) – образец №4; (29-35) – образец №5; (36-42) – образец №6; (43-49) – образец №7; (50-56) – образец №8; (57-63) – образец №9; (64-70) – образец №10; (71-77) – образец №11; (78-84) – образец №12.

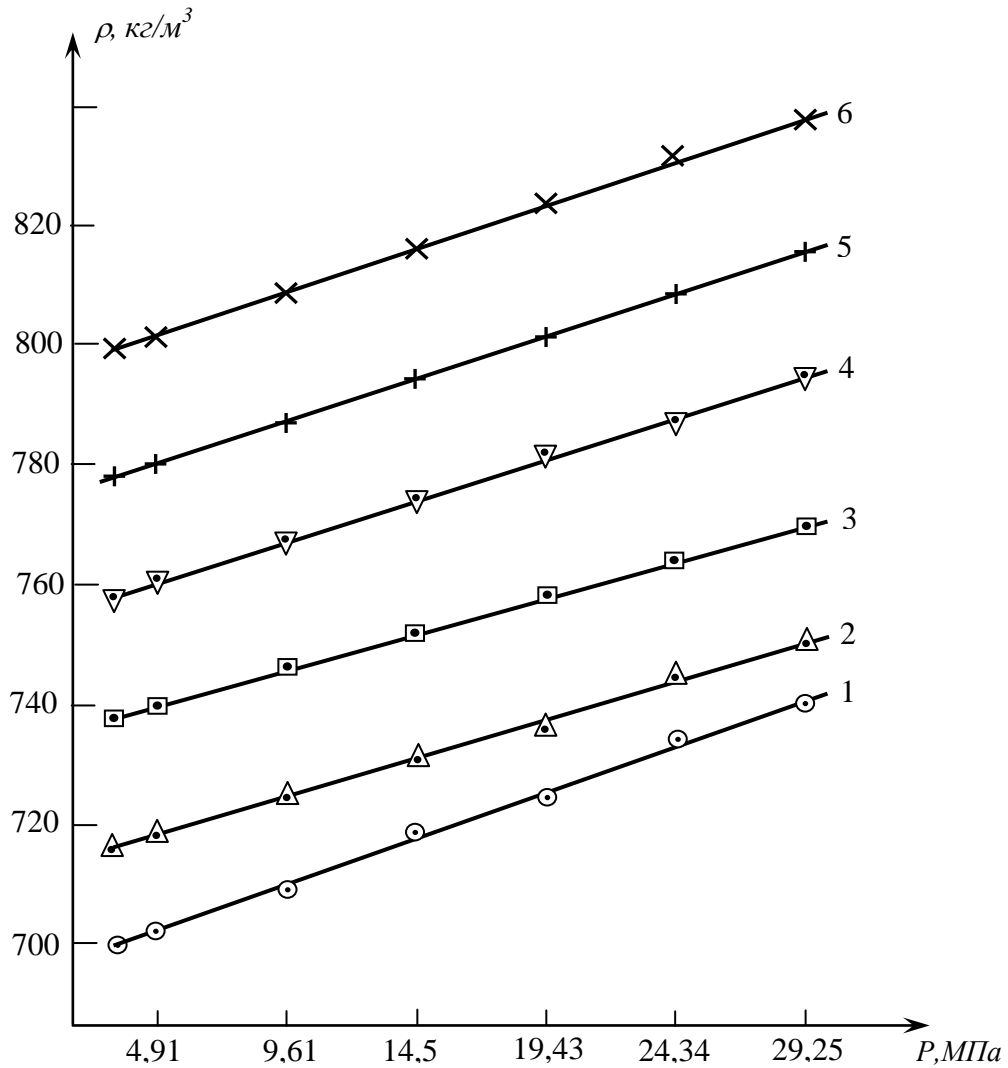


Рисунок 4.14. Зависимость λ_{P,T_1} ($T_1 = 413\text{K}$) от давления для исследуемых растворов: 1 – образец №1; 2 – образец №2; 3 – образец №3; 4 – образец №4; 5 – образец №5; 6 – образец №6.

Обработка зависимостей, изображенных на рисунке 4.14, нами была выполнена с помощью [132-А],[133-А],[138-А],[140-А], [144-А],[145-А]:

$$\frac{\lambda_{P,T_1}}{\lambda_{P_1,T}^*} = f\left(\frac{P}{P_1}\right), \quad (4.43)$$

где $\lambda_{P,T}$, λ_{P_1,T_1} – теплопроводность исследуемых растворов при P и P_1 , $P_1 = 4,91\text{МПа}$.

Выполнимость выражения (4.50) для всех образцов показана на рисунке 4.15, из которого видно, что опытные результаты этих образцов хорошо согласуется с их общей прямой.

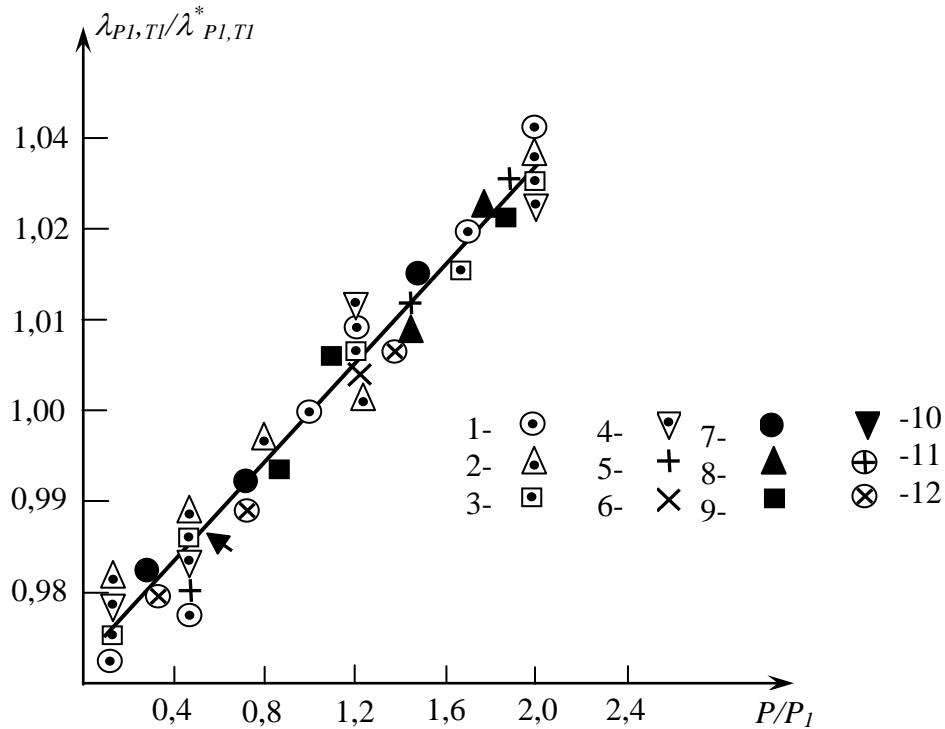


Рисунок 4.15. Зависимость относительной теплопроводности $\left(\frac{\lambda_{P_1, T_1}}{\lambda_{P_1, T_1}^*}\right)$ от относительного давления $\left(\frac{P}{P_1}\right)$ для исследуемых растворов: 1 – образец №1; 2 – образец №2; 3 – образец №3; 4 – образец №4; 5 - образец №5; 6 – образец №6; 7 – образец №7; 8 – образец №8; 9 – образец №9; 10 – образец №10; 11 – образец №11; 12 – образец №12.

Уравнение прямой рисунка 4.15 описывается выражением [132-А], [133-А],[138-А],[140-А],[144-А], [145-А]:

$$\lambda_{P_1, T_1} = \left[0,026 \left(\frac{P}{P_1} \right) + 0,99 \right] \cdot \lambda_{P_1, T_1}^* \quad (4.44)$$

Анализ λ_{P_1, T_1}^* свидетельствует о том, что эти значения являются функцией массы герметика или их плотности (рисунок 4.16).

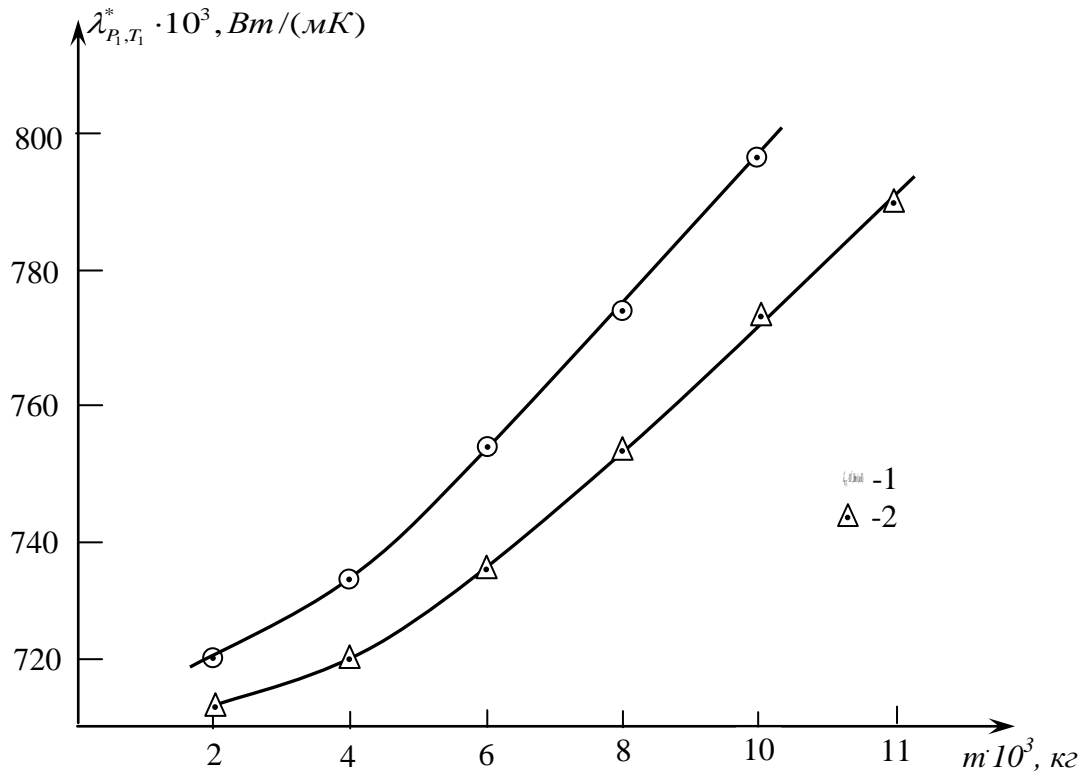


Рисунок 4.16. Зависимость λ_{P_i, T_i}^* от массы герметика: 1 – водопроводная вода + герметик; 2 – система дистиллированная вода + герметик.

Уравнение для рисунка 4.16, уточняется полиномами второй степени, т.е.

- для растворов системы водопроводная вода + герметик:

$$\lambda_{P_i, T_i}^* = (84,82m^2 + 8,4m + 0,701), \frac{\text{Вт}}{(\text{м} \cdot \text{К})} \quad (4.45)$$

- для растворов системы дистиллированная вода + герметик:

$$\lambda_{P_i, T_i}^* = (4607,2m^2 - 40,87m + 0,79), \frac{\text{Вт}}{(\text{м} \cdot \text{К})} \quad (4.46)$$

Выражение (4.44) при помощи (4.45) и (4.46) преобразуется:

- для системы водопроводная вода + герметик, [132-А],[133-А],[138-А],[140-А], [144-А],[145-А]:

$$\lambda_{P_i, T_i} = \left[0,026 \left(\frac{P}{P_1} \right) + 0,99 \right] (84,82m^2 + 8,4m + 0,701), \frac{\text{Вт}}{(\text{м} \cdot \text{К})} \quad (4.47)$$

- для системы дистиллированная вода + герметик, [132-А],[133-А],[138-А],[140-А], [144-А],[145-А]:

$$\lambda_{P_i, T_i} = \left[0,026 \left(\frac{P}{P_1} \right) + 0,99 \right] (4607,2m^2 - 40,87m + 0,79), \frac{\text{Вт}}{(\text{м} \cdot \text{К})} \quad (4.48)$$

Выражение (4.42) с учетом уравнений (4.47) и (4.48) можно написать в следующем виде, [132-А],[133-А],[138-А],[140-А], [144-А],[145-А]:

- для системы водопроводная вода + герметик:

$$\lambda_{p,T} = \left[-0,78 \left(\frac{T}{T_1} \right)^2 + 1,6 \left(\frac{T}{T_1} \right) + 0,164 \right] \left[0,026 \left(\frac{P}{P_1} \right) + 0,99 \right] (84,82m^2 + 8,4m + 0,701), \frac{\text{Вт}}{(\text{м} \cdot \text{К})} \quad (4.49)$$

- для системы дистиллированная вода + герметик, [132-А],[133-А],[138-А],[140-А], [144-А],[145-А]:

$$\lambda_{p,T} = \left[-0,78 \left(\frac{T}{T_1} \right)^2 + 1,6 \left(\frac{T}{T_1} \right) + 0,164 \right] \left[0,026 \left(\frac{P}{P_1} \right) + 0,99 \right] (4607,2m^2 - 40,87m + 0,79), \frac{\text{Вт}}{(\text{м} \cdot \text{К})}$$

(4.50) - для системы родниковая вода (родников Ширгина, Вранга, Зонга и Ямчуна) + герметик,

$$\lambda_{p,T} = \left[A \left(\frac{T}{T_1} \right)^2 + B \left(\frac{T}{T_1} \right) + C \right] \left[0,026 \left(\frac{P}{P_1} \right) + 0,99 \right] (Dm^2 + Em + F), \frac{\text{Вт}}{(\text{м} \cdot \text{К})} \quad (4.51)$$

По уравнениям (4.49) - (4.51), располагая значениями массы герметика в растворе, становится возможным расчет теплопроводности водных растворов герметика со среднеквадратической погрешностью от 0,43% до 1,9%, при условии изменения температуры опыта (293-573) К и его давления (4,91-14,52) МПа (таблица 4.3).

Таблица 4.3. Значение коэффициентов А, В, С, D, Е и F уравнения (4.51).

№	Формулы	Коэффициенты уравнения (4.51).					
		А	В	С	D	Е	F
Вода родника “Ширгина”							
1	(4.51)	-0.78	1.6	0,164	4617,75	-41,9	0,81
Вода родника “Вранга”							
2	(4.51)	-0.78	1.6	0,164	4669,5	-42,5	0,92
Вода родника “Зонга”							
3	(4.51)	-0.78	1.6	0,164	4654,3	-43,3	0,96
Вода родника “Ямчуна”							
4	(4.51)	-0.78	1.6	0,164	4667,3	-44,3	0,99

4.4. Обработка экспериментальных данных по теплоемкости исследуемых растворов при различных температурах и давлениях

Для численного определения теплоемкости изучаемых систем, полученные экспериментальные данные были обобщены с помощью нижеследующей функциональной зависимости, учитывающей изменения температуры и давления [5,7,9,30,35,41,43,47,58,62-66,80,86-89,92,94,95,99,112,116,119,120],[137],[139-А], [140-А],141,143, [145-А],[146,158,172-175,177,179]:

$$\frac{C_{P,T}}{C_{P_1,T_1}} = f\left(\frac{T}{T_1}\right), \quad (4.52)$$

где $C_{P,T}$ - теплоемкость при давлении P и температуре T ; C_{P_1,T_1} - теплоемкость при давлении P_1 и температуре T_1 ; $P_1 = 4,91$ МПа и $T_1 = 353$ К.

Далее данные опытов, обработаны в следующем образом [132-А],[133-А],[138-А],[140-А], [144-А],[145-А]:

$$\frac{C_{P_1,T_1}}{C_{P_1,T_1}^*} = f\left(\frac{P}{P_1}\right), \quad (4.53)$$

где $P_1 = 4,91$ МПа.

Уравнение (4.52) -(4.53) можно записать следующим образом [132-А], [133-А],[138-А],[140-А], [144-А],[145-А]:

- для растворов (растворитель – водопроводная вода):

$$\rho_{P,T} = \left[-0,113\left(\frac{T}{T_1}\right) + 1,113 \left[-0,0023\left(\frac{P}{P_1}\right)^2 + 0,161\left(\frac{P}{P_1}\right) + 0,986 \right] (1775m + 976,3) \right], \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \quad (4.54)$$

$$C_{P,T} = \left[0,656\left(\frac{T}{T_1}\right)^2 + 1,48\left(\frac{T}{T_1}\right) - 1,132 \right] \left[0,048\left(\frac{P}{P_1}\right)^2 - 0,341\left(\frac{P}{P_1}\right) + 1,283 \right] \times, \quad (4.55)$$

$\times (-50000m + 2100), \text{Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$

- для растворов (растворитель – дистиллированная вода):

$$\rho_{P,T} = \left[-0,0185\left(\frac{T}{T_1}\right)^2 - 0,0556\left(\frac{T}{T_1}\right) + 1,0705 \right] \left[-0,0049\left(\frac{P}{P_1}\right)^2 + 0,0228\left(\frac{P}{P_1}\right) + 0,9811 \right] (1500m + 982), \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \quad (4.56)$$

$$C_{P,T} = \left[0,656\left(\frac{T}{T_1}\right)^2 + 1,48\left(\frac{T}{T_1}\right) - 1,132 \right] \left[-0,257\left(\frac{P}{P_1}\right) + 1,257 \right] \times, \quad (4.57)$$

$\times (1316953m^2 - 56865,9m + 2019,1), \text{Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$

Уравнения (4.54) -(4.57) можно применять для численного определения теплоемкости и плотности водных растворов герметика при изменяющихся параметрах состояния, для чего необходимо располагать значения массы герметика в растворе. Данными уравнениями были получены численные значения теплоемкости и теплопроводности, которые согласуются с опытными с погрешностью не более 2,6% при изменяющихся параметрах состояния (температура (293-573) К, давление (4,91-14,52) МПа).

4.5. Взаимосвязь теплопроводности и теплоемкости растворов при высоких параметрах состояния

Для того, чтобы установить связь между теплоемкостью и теплопроводностью образцов (вода+герметик (водопроводная, дистиллированная и вода родников Ширгина, Вранга, Зонга и Ямчуна), при $T = (293-413)K$ и $P = (4,91-14,52)MPa$, мы воспользовались [132-А],[133-А],[138-А],[140-А], [144-А],[145-А]:

$$\frac{\lambda_{P,T}}{\lambda_{P_1,T_1}} = f\left(\frac{C_{P,T}}{C_{P_1,T_1}}\right), \quad (4.58)$$

где $\lambda_{P,T}, C_{P,T}$ - теплопроводность $\frac{Вт}{(м \cdot К)}$, удельная изобарная теплоемкость $\frac{Дж}{(кг \cdot К)}$ при T и P ; где $\lambda_{P_1,T_1}, C_{P_1,T_1}$ - теплопроводность и теплоемкость при температуре $T_1=353 K$ и $P_1=4,91 MPa$.

Выполнимость (4.58) для всех образцов с учетом температуры, давления в виде графического изображения представлено на рисунке 4.17, наглядно демонстрирующего совпадение результатов с их общей кривой.

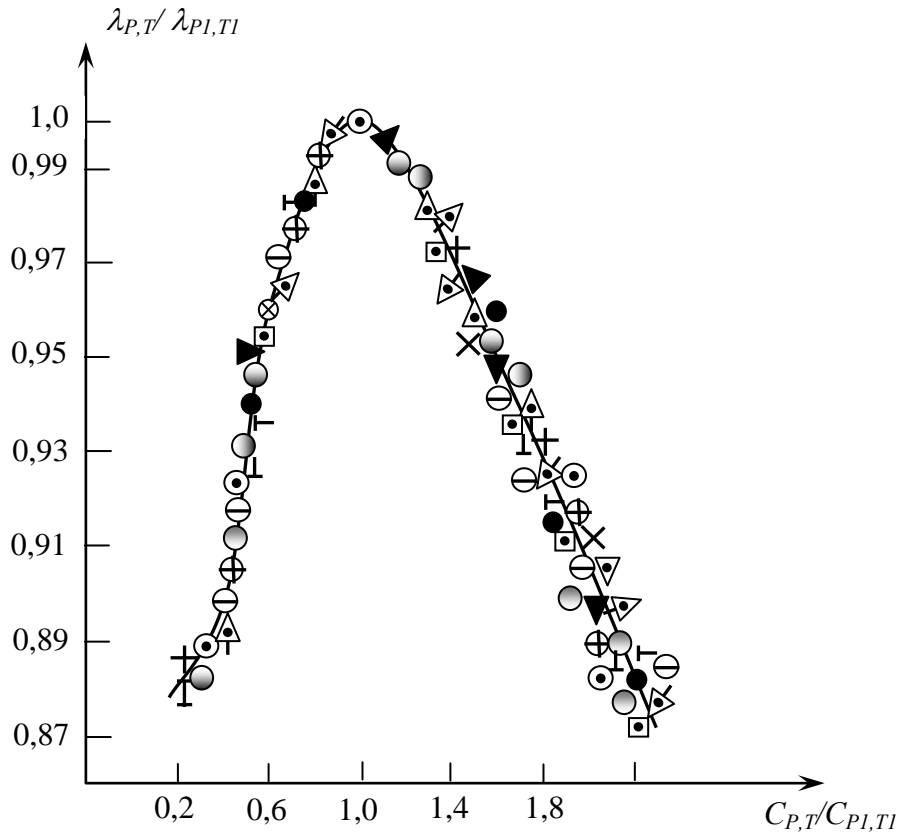


Рисунок 4.17. Зависимость относительной теплопроводности $\left(\frac{\lambda_{P,T}}{\lambda_{P1,T1}}\right)$ от относительной теплоемкости $\left(\frac{C_{P,T}}{C_{P1,T1}}\right)$ исследуемых систем при различных температурах и давлениях: (1-7) – образец №1; (8-13) – образец №2; (14-19) – образец №3; (20-25) – образец №4; (26-31) – образец №5; (32-37) – образец №6.

Кривая графика (рисунок 4.17) описывается уравнением [132-A],[133-A],[138-A],[140-A], [144-A],[145-A]:

$$\frac{\lambda_{P,T}}{\lambda_{P1,T1}} = \left[-0,112 \left(\frac{C_{P,T}}{C_{P1,T1}} \right)^2 + 0,263 \left(\frac{C_{P,T}}{C_{P1,T1}} \right) + 0,84 \right]. \quad (4.59)$$

Как выше было сказано, $\lambda_{P,T}$, $C_{P,T}$ для исследуемых растворов зависят от давления, плотности, массы растворенного вещества ((рисунки 4.17) и уравнения (4.59)).

Согласно вышеприведенным уравнениям, уравнение (4.59) преобразуется:

- растворитель – дистиллированная вода

$$\lambda_{P,T} = \left[-0,112 \left(\frac{C_{P,T}}{C_{P_1,T_1}} \right)^2 + 0,263 \left(\frac{C_{P,T}}{C_{P_1,T_1}} \right) + 0,84 \right] \left[0,026 \left(\frac{P}{P_1} \right) + 0,99 \right] \times (4607,2m^2 - 40,87m + 0,79), \frac{\text{Вт}}{(\text{м} \cdot \text{К})} \quad (4.60)$$

- растворитель – водопроводная вода (река Душанбе):

$$\lambda_{P,T} = \left[-0,112 \left(\frac{C_{P,T}}{C_{P_1,T_1}} \right)^2 + 0,263 \left(\frac{C_{P,T}}{C_{P_1,T_1}} \right) + 0,84 \right] \left[0,026 \left(\frac{P}{P_1} \right) + 0,99 \right] \times (-50000m + 2100), \frac{\text{Вт}}{(\text{м} \cdot \text{К})} \quad (4.61)$$

Уравнения (4.60) и (4.61) хорошо описывает взаимосвязь теплопроводности с теплоемкостью образцов при различных параметрах состояния (Т,Р), а также ρ с m растворенного герметика.

По выражениям (4.60) и (4.61), зная значения температурную зависимость теплоемкости растворов при разных параметрах состояния, можно численно определить теплопроводность также при различных параметрах состояния.

По результатам расчетов было установлено, что расхождение численных с опытными данными с погрешностью не более 5% согласуются друг с другом в указанных диапазонах температуры и давления (температура (293-413) К и давление (0,101-14,52) МПа).

4.6.Обработка экспериментальных данных по кинетическим свойствам исследуемых герметиков (ТНП) при влиянии различных факторов.

4.6.1. Аппроксимационные зависимости для определения коэффициента адсорбции исследуемых герметиков (ТНП)

Для получения аппроксимационных зависимостей коэффициента адсорбции исследуемых герметиков (ТНП) при увлажнении различными родниковыми водами (Ширинга, Вранга, Зонга и Ямчуна) в зависимости от времени увлажнения нами использован закон теории подобия в следующем виде [132-А],[133-А],[138-А],[140-А], [144-А],[145-А]:

$$\Gamma/\Gamma_1 = f(t/t_1) \quad (4.62)$$

После графического преобразования и получения уравнения взаимосвязывающий $\Gamma_1=f(m)$, получим следующие аппроксимационные зависимости для расчета коэффициента адсорбции исследуемых герметиков (ТНП) при различном времени увлажнения водой родника Ширгина $t,(c)$, времени $t_1,(c)$, и концентрации термического нанопорошка.

$$\Gamma = \left[k \left(\left(\frac{t}{t_1} \right) + c \right) \right] (Am + B), \text{ (мол/г)} \quad (4.63)$$

В уравнении (4.63) k , c , A и B – являются коэффициентами эмпирических зависимостей, которые определяются на основе экспериментальных данных и закона термодинамического подобия. Их значение приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1. Значение коэффициентов эмпирических уравнения (4.63)

№	Увлажнители герметиков	k	c	A	B
1	Вода родников Ширгина	0,935	0,06390	0,270	8,13
2	Вода родников Вранга	0,979	0,01184	0,204	8,20
3	Вода родников Зонга	0,974	0,01740	0,290	8,40
4	Вода родников Ямчуна	0,954	0,01540	0,284	8,12

По уравнению (4.63) и коэффициентов таблицы (4.1) можно рассчитать коэффициент адсорбции экспериментально исследованных и неисследованных герметиков (ТНП) в зависимости от времени увлажнения при комнатной температуре. Погрешность расчета уравнения (4.63) приведена в виде таблиц в приложении диссертации. Надо отметить, что общая относительная погрешность расчета зависит от различных факторов, влияющих на проведение эксперимента, человеческого фактора, способов проведения опытов и др.

4.6.2. Аппроксимационные зависимости для определения коэффициента набухания исследуемых герметиков (ТНП)

Для получения аппроксимационных зависимостей коэффициента набухания исследуемых герметиков (ТНП) при увлажнении водой различных родников Ширинга, Вранга, Зонга и Ямчуна в зависимости от времени ув-

лажнения нами использован закон теории подобия в следующем виде [132-А], [133-А],[138-А],[140-А], [144-А],[145-А]:

$$\frac{\gamma}{\gamma_1} = f\left(\frac{t}{t_1}\right) \quad (4.64)$$

где, γ , γ_1 - коэффициент набухания исследуемых герметиков (ТНП) при различном времени увлажнения $t,(c)$ и времени $t_1,(c)$. Для расчета t/t_1 при всем диапазоне времени увлажнения берется среднее значение, т.е. $t_1=t/2$.

После графического преобразования и получения уравнения взаимосвязывающего $\gamma_1=f(m)$, получим следующую аппроксимационную зависимость для расчета коэффициента адсорбции исследуемых герметиков (ТНП) при различном времени увлажнения водой родника Ширгина $t,(c)$ и времени $t_1,(c)$ и концентрации термического нанопорошка.

$$\gamma = [kx + c] \cdot \gamma_1 = [kx + c] \cdot [Am + f], \% \quad (4.65)$$

В уравнении (4.65) k , c , A и B – являются коэффициентами эмпирических зависимостей и они определяются на основе экспериментальных данных и закона термодинамического подобия. Эти значения приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2. Значение коэффициентов эмпирических уравнений (4.65)

№	Увлажнители герметиков	k	c	A	f
1	Вода родника Ширгина	0,940	0,0640	0,270	8,15
2	Вода родника Вранга	0,980	0,01174	0,204	8,20
3	Вода родника Зонга	0,974	0,01743	0,230	8,40
4	Вода родника Ямчуна	0,954	0,01540	0,284	8,12

По уравнению (4.65) и коэффициентов таблицы (4.2) можно рассчитать коэффициент набухания экспериментально исследованных и неисследованных герметиков (ТНП) в зависимости от времени увлажнения при комнатной температуре. Погрешность расчета уравнения (4.65) приведена в виде таблиц в приложении диссертации. Надо отметить, что общая относительная по-

грешность расчета коэффициента набухания, как выше отмечено, зависит от различных факторов влияющих на проведение эксперимента, человеческий фактор, способов (методов) проведения опытов и др.

4.6.3. Аппроксимационные зависимости для определения коэффициента массопереноса исследуемых герметиков (ТНП)

Для получения аппроксимационных зависимостей коэффициента массопереноса исследуемых герметиков (ТНП) при увлажнении водами различных родников (Ширинга, Вранга, Зонга и Ямчуна) в зависимости от времени увлажнения нами использован закон теории подобия в следующем виде [132-А],[133-А],[138-А],[140-А],[144-А],[145-А]:

$$\beta/\beta_1 = f(t/t_1) \quad (4.66)$$

После графического преобразования и получения уравнения взаимосвязывающее $\beta_1 = f(m)$, получим следующую аппроксимационную зависимость для расчета коэффициента массопереноса исследуемых герметиков (ТНП) при различном времени увлажнения водой родника Ширгина $t, (с)$, времени $t_1, (с)$ и концентрации термического нанопорошка [132-А],[133-А],[138-А],

$$[140-А],[144-А],[145-А]: \beta = \left[a \left(\frac{t}{t_1} \right)^2 + b \left(\frac{t}{t_1} \right) + c \right] \cdot [am^2 + bm + c] \quad (4.67)$$

В уравнении (4.75) k, c, A и B – являются коэффициентами эмпирических зависимостей и они определяются на основе экспериментальных данных и закона термодинамического подобия. Эти значения приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3. Значение коэффициентов эмпирических уравнений (4.67)

№	Увлажнители герметиков	k	b	c	A	B	C
1	Вода родника Ширгина	0,940	0,0640	0,270	8,15		
2	Вода родника Вранга	0,980	0,01174	0,204	8,20		
3	Вода родника Зонга	0,974	0,01743	0,230	8,40		
4	Вода родника Ямчуна	0,954	0,01540	0,284	8,12		

По уравнению (4.67) и коэффициентов таблицы (4.3) можно рассчитать коэффициент массопереноса экспериментально исследованных и неисследованных герметиков (ТНП) в зависимости от времени увлажнения при комнатной температуре. Погрешность расчета уравнения (4.67) приведена в виде таблиц в приложении диссертации. Надо отметить, что общая относительная погрешность расчета коэффициента массопереноса, как выше отмечено, зависит от различных факторов влияющих на проведение эксперимента, человеческий фактор, способы (методы) проведения опытов и др.

4.7. Заключение по четвертой главе.

- на основе экспериментальных данных и закона термодинамического подобия получен ряд аппроксимационных зависимостей, которые без выполнения соответствующих экспериментов позволяют рассчитать тепло-, электропроводность, коэффициенты адсорбции, набухания, массопереноса изучаемых веществ при различных давлениях, температуре опыта и массы составных компонентов.

- получены корреляционные уравнения по теплопроводности и теплоемкости, плотностью растворителя, показателя Ph воды и др. при добавлении разного количества ТНП в раствор, а также выявления степени его влияния.

По итогам соответствующего анализа по вышеперечисленным свойствам изученных веществ выведен ряд аппроксимационных уравнений, устанавливающих связь между ними.

ВЫВОДЫ

1. Изучен комплекс теплофизических (теплопроводность, теплоемкость), электрофизических (удельное сопротивление, электропроводность) и кинетических характеристик (коэффициент адсорбции, коэффициент массопереноса и набухания) неоднородных водных растворов (дистиллированная вода + герметик (ТНП), водопроводная вода + герметик (ТНП) и родниковая вода + герметик (ТНП)), [132-А], [133-А], [139-А], [140-А], [144-А], [145-А], [151-А], [152-А], [153-А], [154-А], [155-А], [156-А].

2. Собрана экспериментальная установка для измерения комплекса теплофизических и электрофизических свойств. Получено два малых патента Республики Таджикистан [151-А], [152-А].

3. Впервые получены экспериментальные значения теплопроводности, теплоемкости, удельного электросопротивления, электропроводности, коэффициента адсорбции, коэффициента массопереноса и коэффициента набухания системы (дистиллированная вода + герметик (ТНП), водопроводная вода + герметик (ТНП) и родниковая вода+(ТНП)) при температуре ($T=293-413\text{K}$) и давлении ($p= 0,101-14,52\text{ МПа}$), которые используется проектными организациями для инженерных расчетов, а для родниковых увлажнителей диапазон температуры составил ($T=293-413\text{K}$) и давления ($P= 0,101-14,52\text{ МПа}$). [132-А], [133-А],[138-А], [139-А], [140-А], [144-А], [145-А], [151-А], [152-А], [153-А], [154-А], [155-А], [156-А].

4. Показано, что тепло- и электропроводность, электросопротивление изучаемых веществ, при заданной температуре возрастает с ростом давления, а при повышении температуры и постоянстве давления, наоборот, уменьшаются; с ростом температуры влияние давления на теплопроводность исследуемых растворов увеличивается, а с повышением давления влияние температуры на λ уменьшается [132-А], [133-А],[139-А], [140-А], [144-А], [145-А], [153-А], [154-А], [155-А], [156-А].

5. Установлен рост удельной изобарной теплоемкости веществ при повышении температуры, а рост давления способствует ее уменьшению, [133-A], [138-A], [140-A], [145-A].

6. Установлено аномальное изменение теплопроводности растворов во всем интервале давления. [132-A],[138-A],[139-A],[140-A],[144-A],[145-A], [153-A].

7. При обработке экспериментальных данных по теплофизическим, электрофизическим и кинетическим свойствам исследуемых систем, получены аппроксимационные выражения, устанавливающие взаимосвязь между этими характеристиками, [132-A], [133-A],[138-A], [139-A], [140-A], [144-A], [145-A], [151-A], [152-A], [153-A], [154-A], [155-A], [156-A].

Рекомендации к использованию полученных данных.

Как известно, оценка степени развитости промышленного сектора страны оценивается не только объемом и численностью разнообразия производимой продукции, но и ее качеством, главными из которых являются параметры электро- и теплофизики и кинетики изучаемых материалов (коэффициенты адсорбции, набухания и массопереноса).

Повышение эффективности, надежности и продуктивности технологических процессов во многом предопределяется точными и достоверными данными по теплофизическим и электрофизическим, а также и кинетическим свойствам рабочих веществ с учетом изменения влияния в зависимости от изменения температуры и давления в большом диапазоне их изменения. Применение завышенных, либо заниженных от реальных данных при выполнении соответствующих проектных расчетов, механизмов, процессов и устройств становится следствием значительного снижения технико-экономических показателей и не соответствию оценкам реальных процессов.

Итоги, полученные в ходе исследований растворов (растворитель вода различных родников Республики Таджикистан -Ширгина, Вранга, Зонга и Ямчуна, дисстиллированной и питьевой воды) термического нанопорошка в условиях изменения температуры, давления рекомендуются к применению в

качестве исходной информации для выполнения расчетов модельных реакторов, системы охлаждения ДВС и др.

На основе исследования при выполнении данной работы автором были разработаны и получены два малых патента РТ, также экспериментальные данные использованы при расчете ДВС и химических реакторов в Институте промышленности Министерства промышленности и новой технологии Республики Таджикистан (Акт внедрения полученных данных и патенты (№ ТЈ 824 и № ТЈ 825) прилагаются).

Предложенные установки для измерения электрофизических свойств растворов рекомендуются для соответствующих исследований в научных и учебных лабораториях кафедры физики Таджикского аграрного университета им. Ш. Шохтемура преподавателями при выполнении диссертационных работ и студентами при выполнении дипломных, курсовых и лабораторных работ.

1. Составлены подробные таблицы тепло -, электрофизических и кинетических свойств воды в интервале температур (293 – 573) К, давлений (0,101 – 14,52) МПа и массовой концентрации термического нанопорошка, которые могут быть использованы в различных технологических процессах и теплообменных устройствах.

2. Полученные эмпирические зависимости применяются студентами, магистрами и аспирантами кафедры физики Таджикского аграрного университета им. Шотемура и Институтом промышленности Министерства промышленности и новых технологий РТ для соответствующих инженерных расчётов и моделирования в химической промышленности.

ЛИТЕРАТУРА

1.Александров, А.А. Уравнения для термодинамических свойств воды и водяного пара. / А.А.Александров //–М.: 1980.– С. 412-413.

2.Александров, А.А. Теплофизические свойства воды при атмосферном давлении./А.А.Александров,М.С.Трахтенгерц.//–М.: Изд-во стандартов. 1977. – 100 с.

3. Аминов, Ш.А. Назначение, компоненты, структуры, исследование и прогнозирование теплофизических свойств наноструктурных композиционных материалов и их растворов. / Ш.А.Аминов,М.А.Зарипова, Х.А.Зоиров, С. А.Тагоев,Т.Р.Тиллоева, Ш.З.Нажмудинов, Дж.А.Зарипов, Г.Н. Неъматов, А. Г.Тошов,М.М.Сафаров.//Вестник Таджикского национального университета 1(65) Душанбе «Сино» 2011 С. 63-69

4. Аминов, Ш.А. Влияние герметика на изменение электропроводности воды. / Ш.А.Аминов,М.А. Зарипова, Ш.З.Нажмудинов,М.М.Сафаров// Материалы IV Международной научно-практической конференции «Перспективы развития науки и образования» -20-22 мая 2010 года –Душанбе –С. 219-223.

5. Аминов, Ш.А., Зарипова М.А., Сафаров М.М. Влияние воды на изменения плотности воды. //Вестник ТНУ ,2010. С.

6. Аминов, Ш.А., Сафаров М.М. Нажмудинов Ш.З.,Зарипова М.А., Влияние герметик на изменение теплопроводности воды. Материалы 4 научно – практической конференции «Перспективное и развитие образования» 20-22 мая 2010, ТТУ,-С.-219-223.

7. Аминов, Ш.А. Теплофизические, электрофизические и термодинамические свойства системы “вода+герметик (пентаэласт-1161)” в зависимости от температуры и давления.//Шамсуло Асоевич Аминов/ Автореф к.т.н., Казань, 2014.21с.

8. Аминов, Ш.А.Влияние нанопористых порошков на изменение теплоемкости воды,/Ш.А. Аминов, Ш.З. Нажмудинов, С.К.Давлатшоев, М.А. Зарипова, Н.П. Мухамедов, М.М. Сафаров.//Сб.трудов Международной кон-

ференции “Фазовые переходы, критические и нелинейные явления в конденсированных средах”.-Махачкала,2009,-С.369-371.

9. Аминов, Ш.А. Влияние температуры, давления на изменение теплофизических свойств системы (вода-герметик)/ Ш.А.Аминов, Ш.З. Нажмудинов,М.А.Зарипова,М.М.Сафаров.// Международная научно-техническая конференция «Современные методы и средства исследований теплофизических свойств веществ» -30 ноября-2 декабря 2010 г. Санкт-Петербург –С. 80

10. Аминов, Ш.А. Применение уравнения Тейта для расчета теплопроводности растворов системы «вода+герметик»./Ш.А.Аминов,Ш.З. Нажмудинов,М.А.Зарипова, М.М.Сафаров//Вестник Таджикского технического университета 4(12) 2010,- С.8-14.

11.Аминов, Ш. А. Влияние герметика на изменения некоторых термодинамических свойств воды в зависимости от температуры и давления./ Ш.А. Аминов,Ш.З.Нажмудинов,М.А.Зарипова, Н.У. Тагоева, М.М. Сафаров.// Вестник Таджикского национального университета. 2(66).- Душанбе «Сино» 2011.- С. 24-27

12.Амирханов, Х.И. Экспериментальное исследование теплопроводности воды. /Х.И.Амирханов,А.П.Адамов,У.Б. Магомедов.//Институт физики Дагестанского филиала АН СССР. – Махачкала, 1974. – 42 с.

13.Арсланов, Дж.Э.Теплопроводность полупроводниковых соединений $A^I B^{III} C_2^{VI}$:/ Дж.Э. Арсланов,С.А. Гасанов.//Тезисы докладов. 9-ая теплофизическая конференция СНГ. Махачкала, 24-28 июня 1992. – С. 238.

14.Бегункова, А.Ф.Прибор для быстрых испытаний теплопроводности изоляционных материалов./А.Ф.Бегункова.//Заводская лаборатория.– 1952. – Т. XVIII. - №10. – С. 1260-1262.

15. Белинский, Б.А. Вопросы акустической спектроскопии жидкости:/ Борис Александрович Белинский//Дисс..д-ра физ.-мат.наук.– М.,1973.– 450 с.

16.Белинский, Л.Г. Гидратации в растворах электролитов. / Л.Г. Белинский,Б.А. Белинский. //Изв. ТСХА. – 1988. – Вып. 2. – С. 174-179.

- 17. Белоусов, В.П.** Тепловые свойства растворов неэлектролитов:/В.П. Белоусов, А.Г. Морачевский, М.Ю.Панов.//Справочник. – Л.: Химия, 1980. – 263 с.
- 18. Белоусов, В.П.** Термодинамика водных растворов неэлектролитов./ В.П. Белоусов, М.Ю.Панов. //Л.: Химия, 1983. – 264 с.
- 19. Бернал, Дж.** Структура воды и ионных растворов. / Дж.Бернал, Р. Фаулер.//Успехи физических наук.–1934.– Т.14.– С. 586-644.
- 20. Бриджмен, П.В.** Физика высоких давлений. / П.В.Бриджмен //–М.-Л.: НКТП СССР, 1935, - 235 с.
- 21. Бушуев, Ю.Г.** Структурные свойства воды от критических до сверхкритических состояний по данным компьютерного моделирования./ Ю.Г. Бушуев, Давлатбаева С.В.//Тез. докл. Международной конференции ФХА жидкофазных систем. Саратов, Россия, 2003. – С.23.
- 22. Barratt., Netlaton H.** //International Critical Tables. – 1929. – V.5. – P.227.
- 23. Bach, J, Grequill U.-** « Warme - und Stoffuber tragug » .-1070. - Jd.3. - S.44.
- 24. Варгафтик, Н.Б.** Теплопроводность газов и жидкостей./ Н.Б. Варгафтик, Л.П. Филиппов, А.А.Тарзиманов, Р.П.Юрчак.// М.: Изд-во стандартов. 1970. – 175 с.
- 25. Варгафтик, Н.Б.** Теплопроводность жидкости и газов./ Н.Б. Варгафтик, Л.П. Филлипов, А.А. Тарзиманов, Е.Е.Тоцкий //– М.: Изд-во стандартов, 1978. – 471 с.
- 26. Варгафтик, Н. Б.** Экспериментальное исследование теплопроводности воды. /Н.Б. Варгафтик, О.П. Олещук.//Теплоэнергетика - 1959. - №10. - С. 70-74.
- 27. Власов, Д.В.** Оценка погрешности измерения высокоградиентных температурных полей термопарой с неточечным спаем./ Д.В. Власов, Д.А. Казенин, Н.А. Колесникова //Тезисы докладов Вторая международная теплофизическая школа. 25-30 сентября 1995 г. Тамбов. С. 248.

28. Волькенштейн, В.С. Скоростной метод определения теплофизических характеристик материалов. /В.С. Волькенштейн, //– Л.: Энергия, 1971 – 145 с.

29. Вукалович, М.П. Термодинамические свойства воды и водяного пара (таблицы и диаграммы). /М.П. Вукалович //– М.: Стандарты, 1969. – 306 с.

30. Гаджиев, М.А. Теплопроводность спиртов и их водных растворов: /Магомед Алиогли Гаджиев // Автореф. дисс. к.т.н. – Баку: АЗИНЕФХ, 1972. – 27 с.

31. Гордов, А.Н. Статистические методы обработки результатов теплофизического эксперимента. /А.Н. Гордов, В.Г. Парфенов, А.Ю. Потягайло, А.В. Шарков. // Учеб. пособие. ЛИТМО. – Л., 1981. – 72 с.

32. ГОСТ 8.207-76 ГСИ. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. // Основные положения. – М.: Изд-во стандартов, 1976. – 9 с.

33. ГОСТ 8.381-80 (Ст СЭВ 403-76) ГСИ. Эталоны. Государственная система обеспечения единства измерений. Способы выражения погрешностей. //– М.: Изд-во стандартов, 1980. – 9 с.

34. Груздев, В.А. Автоматизированный С_л-калориметр. / В.А. Груздев, Ю.А. Веслогузов, Ю.А. Коваленко, С.Г. Комаров // Тезисы докладов. 9-ая теплофизическая конференция СНГ. Махачкала, 24-28 июня 1992 г. – С. 225.

35. Гусейнов, К.Д. Исследование термодинамических и переносных свойств ряда кислородосодержащих органических веществ в широком интервале параметров состояния. / Камал Дадашогли Гусейнов // Дисс. на соис.уч. степени д. т. н. - Баку, АЗНЕФТХИМ, 1979. – 392 с.

36. Gillam, D. G., Lamm O. – « Acta chemica Scand ».-1955.-V.8.-p. 675.

37. Деденко, Л.Г. Математическая обработка и оформление результатов эксперимента. / Л.Г. Деденко, В.В. Керженцев //– М.: Изд-во стандартов, 1977. – 36 с.

38. Eucken, A. Ewitters zur Assoziation des Wassers // Z. Electrochemie. – 1949. – Bd. 53, N3. – S. 102-105.

39. Загеров, А.Р. Измерение теплопроводности жидкостей в потоках методом импульсно нагреваемой проволоки. / А.Р. Загеров, А.А. Тарзиманов, Р.А. Шарафутдинов // Тезисы докладов. 2-ая международная теплофизическая школа. Тамбов, 25-30 сентября 1995 г. – С. 226.

40. Зайдель, А.Н. Ошибки измерений физических величин. / А.Н. Зайдель, // – Л.: Наука, 1974. – 146 с.

41. Зарипова, М.А. Теплофизические и термодинамические свойства водных растворов гидразина и фенилгидразина. / М.А. Зарипова, А.Б. Бадалов, М.М. Сафаров. // Монография. Душанбе, 2007. -129 с.

42. Зарипов, Дж. А. Плотность системы (вода+пероксид водорода) в зависимости от температуры при атмосферном давлении. / Дж. А. Зарипов, М. М. Сафаров, Х.А. Зоиров и др. Республиканская научная конференция «Проблемы современной координационной химии», посвященной 60-ю члена корреспондента АН РТ. д - ра х.н. профессора Аминджанова А.А (13-14 января 2011). - С. 51 - 53.

43. Зарипов, Дж. А. Назначение, компоненты, структуры, исследование и прогнозирование теплофизических свойств наноструктурных композиционных материалов и их растворов. / Дж.А. Зарипов, Ш.А. Аминов, М.М. Сафаров и др. Вестник Таджикского национального университета (научный журнал), Душанбе, « Сино », 2011, №1(65). - С. 63 - 68.

44. Зарипов, Дж. А. Влияние наноматериалов на изменение удельной изобарной теплоемкости теплоносителей. / Дж. А. Зарипов, Х.А. Зоиров, Ш.А. Аминов, М.М. Сафаров и др. Сборник статей 9^{-ой} Международной научно-технической конференции. Материалы и технологии 21 века. Пенза-март 2011, - С.127 - 130.

45. Зацепина, Н.Г. Физические свойства и структура воды. / Н.Г. Зацепина. // – М.: МГУ, 1987. – 171 с.

46. Зиновьев, В.Е. Теплофизические свойства металлов при высоких температурах. / В.Е. Зиновьев // Справочник. – М.: Metallurgy, 1989. – 384 с.

47.Капустинский, А.Ф. Теплопроводность водных растворов электролитов./ А.Ф. Капустинский, И.И.Рузовин. //ИФЖ. – 1956. – Т.30, №3. – С. 548.

48.Кирилин, В.А. Исследование термодинамических свойств веществ./ В.А Кирилин,А.Е. Шейндлин.//– М. – Л.: Госэнергоиздат, 1963. – 560 с.

49.Кондратьев, Г.М. Регулярный тепловой режим./ Г.М.Кондратьев //– М.: ГИТЛ,1954.– 408 с.

50. Кудряшова,Ж.Б. Рекомендации по методам обработки результатов наблюдений при прямых измерениях./Ж.Б.Кудряшова,С.Г. Рабинович, К.А. Резник.//Тр. Метрологических институтов СССР.–1972.– Вып.134 (194). – С. 5-90.

51.Курепин, В.В. Приборы для исследования теплопроводности и теплоемкости в режиме монотонного разогрева. / В.В. Курепин, Е.С.Платунов // Известия вузов. Приборостроение. – 1966. – Т. IX. - №3. – С. 127-130.

52.Кнупянц, И.Л.Химическая энциклопедический словарь. // Гл.ред. И.Л.Кнупянц.- М.: Советская энциклопедия, 1983. – 792 с

53.Литвиненко, И.В. Теплопроводность водных растворов электролитов и ее связь со структурой воды./ Игорь Владимирович Литвиненко // Дисс. на соис. уч. степени к.т. н. – Днепропетровск, 1968, - 186 с.

54.Клименко, А.В. Теоретическое основы теплотехники. / А.В. Клименко, В.Н. Зорина //– М.:Изд-во МЭИ, 2001. – 560 с.

55. Le, Neindre B., Bury P., Tufen R. e.t. Results experimentause surla conductivity thermigned. J'eau boarden phase liquide, jusqua, and temperature de 370°C// Rep. C.-1, 7-th JLPS. – Tokyo, 1968. – 105 p.

56.Lawson, A.W. Thermal conductivity of Water at high pressures./ A.W. Lawson, Lowell R., Yain A. L. J. Chem. Phys. - 1959. V.30. - N3. - pp.643 - 647.

57.Маджидов, Х. Экспериментальная установка для измерения теплопроводности жидкостей методом монотонного разогрева. /Х.Маджидов, Е.П. Двойкин, А.И. Богданов,С.Зубайдов, М.М. Сафаров// Приборостроение, 1989. Т. 32. - № 12. – С. 78-81.

58. Маджидов, Х. Экспериментальное исследование коэффициента теплопроводности дигептилового эфира в зависимости от температуры и давления. / Х. Маджидов, М. М. Сафаров. // Физика жидкостей и растворов. – Душанбе, 1982. – С. 4-11

59. Михайлов, И. Г. Основы молекулярной акустики. / И. Г. Михайлов, В. А. Соловьев, Ю. П. Сырников. // – М.: Наука, 1964. – 514 с.

60. Мищенко, К. П. Термодинамика и строение неводных растворов электролитов. / К. П. Мищенко, В. В. Соколов. // Ж. структ. химии. – 1963. – Т. 4, № 2. – С. 184-188.

61. Мустафаев, Р. А. Метод монотонного нагрева для исследования теплопроводности жидкостей, паров и газов при высоких температурах и давлениях. / Р. А. Мустафаев // Сб. по теплофизическим свойствам жидкостей. – М.: Наука, 1973. – С. 112-117.

62. Мустафаев, Р. А. Теплофизические свойства углеводородов при высоких параметрах состояния. / Р. А. Мустафаев // – М., 1980. – 296 с.

63. Собиров, Дж. Ф. Влияние носителей, температуры и давления на теплофизические и термодинамические свойства полупроводников в сегнето-, параэлектрическом состоянии с учетом фазового перехода и в среде наножидкостей. / Джурабой Файзалиевич Собиров // Автореф. дисс. д.т.н., Душанбе, 2020. - 97с.

64. Мустафаев, Р. А. Теплофизические свойства капроатов при высоких параметрах состояния. / Р. А. Мустафаев, Н. М. Байрамов, М. А. Гусейнов // Тезисы докладов. 9^{-ая} Теплофизическая конференция СНГ. Махачкала, 24-28 июня 1992. – С. 119.

65. Мустафаев, Р. А., Экспериментальное исследование P - λ - T зависимости динонилового эфира янтарной кислоты в широком интервале параметров состояния. / Р. А. Мустафаев, Д. К. Ганиев, Р. С. Рагимов // Тезисы докладов. 9^{-ая} Теплофизическая конференция СНГ. Махачкала, 24-28 июня 1992. – С. 68.

66. Мустафаев, Р. А. Экспериментальное исследование и методика расчета теплопроводности органических жидкостей в диапазоне температур 300-

600°K и давлений (0,1-98,0)МПа./Р.А.Мустафаев,Б.Г. Гараджаев, Р.С. Рагимов.//Теплофизические свойства веществ. Труды VIII всесоюзной конференции. Часть 1. Новосибирск. 1989. - С. 175-180.

67. Minamiyama T., Yata J.//Proc. of 8th International conference of steam. France, Giems, 1974.; Viscosity of water. Proc. Ann Meeting. JSPE, 1975. – N 750-20. – P.9.

68.Варгафтик, Н.Б. Справочник по теплопроводности жидкостей и газов./Н.Б.Варгафтик,Л.П.Филлипов,А.А.Тарзиманов,Е.Е.Тоцкий.//М.: Энергоатомиздат,1990.-352с.

69. Осминин,Ю.П. Экспериментальное исследование теплопроводности водных растворов электролитов./Ю.П. Осминин//Вестник МГУ. Сер. математики, механики, физики, химии. – 1957. - №2. – С. 117-125.

70.Tarzimanov, A.A. Experimental investigation of the heat conductivity of Water at High Pressures./**A.A. Tarzimanov, Y.S.Lozovoi**// Report C-8 of the 7-th ICPS -Tokyo.–1968.p.1-11.

71.Парфенов, В.Г. Регрессионный и корреляционный анализ. Обработка результатов наблюдений при измерениях. /В.Г.Парфенов//Учеб. пособие. ЛИТМО. – Л., 1983. – 78 с.

72.Пасынский, А.Г. Сжимаемость и сольватации растворов электролитов /А.Г.Пасынский // ЖФХ. – 1938. – Т.11, Вып. 5. – С. 606-627.

73.Пасынский, А.Г. Сольватации неэлектролитов и сжимаемость их растворов. / А.Г. Пасынский //ХФХ. – 1946. – Т.20, Вып. 9. – С. 981-994.

74.Платунов, Е.С. Теплофизические измерения в монотонном режиме./Е.С. Платунов.// – Л.: Энергия, 1973. – 142 с.

75.Погодин, В.П. Теплопроводность водных растворов электролитов и некоторые вопросы их строения./В.П. Погодин, М.Х. Карапетьянц// Термодинамика и строение растворов.// Сб. Вып. 2. – Иваново, 1975. – С. 20.

76. Зарипова, М.А. Теплофизические и термодинамические свойства водных растворов гидразина и фенилгидразина/Сафаров.М.М,Зарипова.М.А, Бадалов А.Б.//Могография Душанбе ООО «Хирад» 2007-128с.

77. Palmer, G. Thermal conductivity of liquids //Ind. Engeng. Chem. – 1948. – V.40, N1. – P.89.

78. Powell, R.W. //Phyl.Mag.Suppl. – 1958. – V.7, N7, N26, - P. 276, P. 354.

79. Рабинович, С.Г. Методика вычисления погрешности результатов измерения. / С.Г. Рабинович//Метрология. – 1970. - №1. – С. 3-12.

80. Расторгуев, Ю.Л. Теплопроводность водных растворов органических жидкостей. /Ю.Л. Расторгуев, Ю.А. Ганиев.//ЖФХ.–1966.– Т.40, Вып.7. – С. 1608-1612.

81. Ривкин, С.А. Теплофизические свойства воды и водяного пара./ С.А. Ривкин, А.А. Александров. – М. 1980. – С. 412-413.

82. Riedel, L. Messung der Wärmeleitfähigkeit von organisches Flüssigkeiten, insbesondere von kaltemitteln. / L.Riedel, Forschung aut dem Gxbiere das Ingenier wesens.- Bd.2,-1940,-N6.-s.340 - 347.

83. Самойлов, О.Я. Структура водных растворов электролитов и гидратации ионов./ О.Я.Самойлов //– М.: Изд-во АН СССР, 1957. – 182 с.

84. Санюков, В.В. Структура одноатомных жидкостей, воды и водных растворов электролитов. / В.В. Санюков //– М.: Наука, 1976. – 176 с.

85. Сафаров, М.М. Модифицированное уравнение Тейта для расчета теплопроводности жидких простых эфиров./М.М. Сафаров //ИФЖ.Т.66, № 6, 1994.-С.721-724

86. Сафаров, М.М. Теплопроводность водных растворов диметилгидразина в широком интервале температур и давлений./М.М.Сафаров//ИФЖ. Т. 71, №3. 1998.- С.375-383.

87. Сафаров, М.М. Теплофизические свойства простых эфиров и водных растворов гидразина и фенилгидразина в зависимости от температуры и давления. / Махмадали Махмадиевич Сафаров //Дисс. на соис.уч. д-ра т. н. Душанбе, 1993, 490 с.

88. Сафаров, М.М. Влияние нанокремиевого порошка на изменение теплоемкости антифриза и воды. / М.М. Сафаров, Ш.А. Аминов, М.А. Зарипо-

ва, М.М. Анакулов, Х.А. Зоиров, Т.Р. Тиллоева. //Материалы Республиканской научно-практической конференции” Состояние и будущее энергетики Таджикистана” Душанбе-2009.- С.126-128.

89.Сафаров, М.М.Влияние нанопористых порошков на изменение теплоемкости воды. / М.М. Сафаров,Ш.А. Аминов, Ш.З. Нажмудинов, М.А. Зарипова, и др //Сб.трудов международной конференции «Фазовые переходы, критические и нелинейные явления в конденсированных средах ”Махачкала, 7-10 сентября 2009.-С.369-374

90.Сафаров, М.М. Устройства для определения влияния магнитного поля на изменение температуропроводности магнитных жидкостей./ М.М. Сафаров, Д.С.Джураев, Ш.З.Нажмудинов.// Патент Республики Таджикистан,ТJ 229, - 14с.

91.Сафаров, М.М.Устройства и способ комплексного определения теплофизических свойств жидкостей./М.М.Сафаров,Д.С.Джураев, Ш.З. Нажмудинов. //Патент Республики Таджикистан. ТJ 100, - 14с.

92.Сафаров, М.М. Взаимосвязь между теплопроводностью и плотностью водных растворов гидразина./ М.М. Сафаров, Зарипова М.А. //Тез. докл. науч.-практ. конф. (28-30) октября 1993.– Душанбе.– С. 142.

93. Сафаров,М.М.Расчет теплопроводности электролитов в зависимости от концентрации растворителя при атмосферном давлении./М.М.Сафаров,М.А.Зарипова. //Научнопракт. конф., 28-30 октября 1993. – Душанбе. – С. 112.

94.Сафаров, М.М.Теплопроводность и плотность водных растворов гидразина при высоких параметрах состояния //Материалы Республиканской технической конференции по ТСВ./ М.М. Сафаров,М.А. Зарипова.// – Баку, 1992.– 118 с.

95.Safarov, M.M. Thermal conductivity and acoustic. Properties of hydrazine of deferent temperatures and Pressure./M.M.Safarov,M.A. Zaripova, Sweda I. //25 ITCC/11 ITC. Ann Arbor, USA. June (13-16) 1999. p. 321.

96. Safarov, M.M. Temperature conductivity of magnetic liquids (Rocket fuel)/ M.M. Safarov, Sh.A. Aminov, D.S. Juraev, T.R. Tilloeva, H.A. Zoirov //17th Symposium on Thermophysical Properties, Boulder, Colorado USA, June 21-26, 2009, p.300

97. Сафаров, М.М. Экспериментальное исследование теплопроводности гидразина при высоких параметрах состояния./ М.М. Сафаров, М.А. Зарипова // Измерительная техника. – 1993. - №4. – С. 48-49.

98. Сафаров, М.М. Тепло- и электрофизические свойства двухкомпонентных водных растворов./ М.М. Сафаров, М.А. Зарипова, А.Г. Шашков. и др. //Материалы XI Российской конференции по теплофизическим свойствам веществ. Т.1. – (4-7) октября 2005 г. – Санкт-Петербург. – С. 55-56

99. Сафаров, М.М. Теплофизические свойства некоторых электролитов./М.М.Сафаров, Х.Маджидов, М.А.Зарипова//24 Международная конференция. Тезисы докладов. США, Аризона, 1993.-С.345-346.

100. Сафаров, М.М., Давлатшоев С.К., Зарипов Дж. А./Устройства для определения электрофизических свойств электролитов в зависимости от давления. Малый патент РТ, № ТЖ 371, 2010г, 7с.

101. Самойлов, О.Я. О структуре воды. / Укр.физ.ж. - 1964.-9.№ 4.-С. 387-393.

102. Самойлов, О.Я. Координационные число в структуре некоторых жидкостей. /О.Я. Самойлов / ЖФХ. - 1946. - Вып.20. - №12. С.1411 - 1414.

103. Castelly, J.J., Stanley E.M. //J.Chem. A. Eng. Data. – 1974. – V.19, N1. – P.8.

104. Свойства органических соединений: //Справочник Ред. А.А. Потехина. – Л.: Химия, 1984. – 518 с.

105. Сергеев, О.А. Метрологические основы теплофизических измерений./О.А.Сергеев //– М.: Изд-во стандартов, 1972. – 156 с.

106. Сирота, А.М. Экспериментальное исследование максимумов теплопроводности в критической области./А.М. Сирота, В.Н.Латунин, Г.М.Беляева. //Теплоэнергетика. – 1976. – №1. – С.62., - №2. – С. 339.

107.Соловьев, В.А. Элементарные методы обработки результатов. / В.А. Соловьев, В.Е. Яхонтова. //– Л.: Изд-во ЛГУ, 1977. – 86 с.

108.Спирин, Г.Г. О теплопроводности воды в окрестности 4°C./ Г.Г. Спирин. //Инженерно-физический журнал. – 1980. - №2. – С. 339.

109.Стальнов, П.И. Метод повышения точности физико-химических измерений./П.И.Стальнов //Тезисы докладов Вторая международная теплофизическая школа. 25-30 сентября 1995 г. Тамбов. С. 238.

110.Таблицы термодинамических свойств воды и водяного пара / Тимрот Д.Л., Ривкин С.Л., Сирота А.М., Варгафтик Н.Б. //– М.: Госэнергоиздат. 1958. – 107 с.

111.Тарзиманов, А.А. //Докл. на VIII Международной конференции по свойствам водяного пара. – Жиен, 1974. – 105 с.

112.Тарзиманов, А.А. Экспериментальное исследование теплопроводности воды при высоких давлениях./А.А.Тарзиманов, В.С. Лазовой// Международная конференция по свойствам водяного пара: Тез. докл. -Токио, 1968. – 105 с.

113.Тейлор, Дж. Введение в теорию ошибок. / Дж.Тейлор /Пер. с англ. канд. физ. - мат. наук Л.Г. Деденко. – М.: Мир, 1985. – 272 с.

114.Температурные измерения: //Справочник Ю.А. Геращенко, А.Н. Гордов, Р.И. Лах, Н.Я. Ярышев. – Киев: Наукова думка, 1984. – 495 с.

115.Теплотехнический справочник/Под общ.Ред. В.Н.Юренева и П.Д. Лебедева. Т.2.–М.: Энергия, 1976. – 896 с.

116.Теплофизические свойства жидкостей в метастабильном состоянии//В.П.Скрипов, Е.Н.Синицын, П.А.Павлов и др.–М.:Атомиздат, 1980. - 208 с.

117.Теплофизические измерения и приборы Платунов Е.С., Буравой С.Е., Курепин В.В., Петров Г.С. //под общ. ред. Е.С. Платунова - Л.: Машиностроение. Ленинград,-1986.–256 с.

118. Takizawa, S., Nagashima A., Tanishita J. Thermal conductivity of Water by a transient hot wire method. //Proc. 8th JCPS. Paris, 1974. – V.1. – P.246.

119.Тимрот, Д.Л. Теплопроводность воды при высоких температура. / Д.Л.Тимрот,Н.Б.Варгафтик . Журнал технической физики. - 1940.- 10.- № 3.- С.1063.

120.Усманов, И.У. Теплопроводность водных и неводных растворов органических кислот./И.У.Усманов//Изв.АН Уз. ССР.Сер.техн.наук.–1968.-№1– С.70-72.

121.Эльдаров, Ф.Г.Теплопроводность неводных растворов солей. /Ф. Г. Эльдаров - ЖФХ. - 1960. -Т.34 .- Вып.6. - С.1205 – 1211.

122. Филлипов,Л.П. Исследование теплопроводности жидкостей./Л.П.Филлипов //– М.: Изд-во МГУ, 1970. – 239 с.

123.Филлипов, Л.П. Прогнозирование теплофизических свойств жидкостей и газов./Л.П.Филлипов//–М.: Энергоатомиздат, 1989. – 168 с.

124.Френкель, Я.И. Кинетическая теория жидкостей./Я.И.Френкель//–Л.: Наука, 1975.–692 с.

125.Фукс, Л.Т. Метод комплексного определения теплофизических свойств/ Л.Т. Фукс,В.Н. Шмандина.//Известия вузов. Энергетика. – 1970.- № 2.– С. 124-126.

126.Филлипов, Л.П.О теплопроводности водных органических жидкостей./Л.П.Филлипов.// Вестник МГУ. Сер. 3. - 1960. - № 2. - С.43 - 50.- Vol. 73. N. 7.- p.775 - 781.

127. Абдуназаров,С.С. Адсорбционные и теплофизические свойства наноструктурной пористой гранулированной окиси алюминия с различными фракциями./А.Г.Мирзомамадов,М.М.Сафаров,С.С.Абдуназаров, М.А. Зарипова, А.С.Назруллоев, А. Неъматов. // Сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной 115 – летию персидского – таджикского ученого – энциклопедиста, врача, алхимика и философа Абу Бакри Мухаммада ибн Закария Рози, Институт химии, Душанбе, 27 – 28 мая 2015. - С. 125 – 128.

128. Абдуназаров,С.С. Экспериментальные данные теплопроводности и коэффициента массоотдачи катализаторов на основе пористой гранулиро-

ванной окиси алюминия в среде азота./ А. Г. Мирзомамадов, М. М. Сафаров, С.С. Абдуназаров.// Международная молодежная научная школа – семинар, «Тепломассоперенос в системах обеспечения тепловых режимов энергонасыщенного технического и технологического оборудования», Томск – 22 – 23 апреля 2015 г. - С. 45 – 47.

129. Абдуназаров, С.С. Адсорбционные свойства катализаторов на основе гранулированного оксида./М.М.Сафаров,А.Г.Мирзомамадов,С.С. Абдуназаров,М.А.Зарипова.//Сборник тезисов докладов научной конференции «Актуальные проблемы современной науки» посвященной 70 – летию победы в Великой Отечественной Войне, 21 – 24 сентября 2015. Издательство МИСиС.-С. 79 – 80.

130. Абдуназаров, С. С. Взаимосвязь между коэффициентами теплопроводности и адсорбции пористой гранулированной окиси алюминия в процессе увлажнения. /М.М. Сафаров, А.Г.Мирзомамадов, С.С. Абдуназаров.// Материалы Республиканской научно – практической конференции « Экономическое развитие энергетики в Республике таджикистан», Курган – Тюбе, 2015-С. 51 – 56.

131. Абдуназаров, С.С. Зависимость коэффициента адсорбции от времени для пористой гранулированной окиси алюминия с наполнителями кобальта в процессе увлажнения./ С.С.Абдуназаров, М.М.Сафаров.// Материалы Республиканской научно – практической конференции «Экономическое развитие энергетики в Республике Таджикистан», Курган – Тюбе, 2015 . - С. 122 – 126.

[132-А]. Норов, З.Ю. Теплопроводность гранулированной окиси алюминия с различной фракцией./М.М. Сафаров,С.С.Абдуназаров,А.Г.Мирзомамадов,**З.Ю.Норов.**//Первые Международные Лыковский научные чтения. Посвященной 105–летию академика А. В. Лыкова. «Актуальные проблемы сушки и термовлажностной обработки материалов в различных отраслях промышленности и агропромышленном комплексе», Минск 22 – 23 сентября 2015. - С. 477 – 482.

[133-А]. Норов, З.Ю. Влияние наноструктурных частиц на изменение термодинамических и адсорбционных свойств на линии увлажнения/М. М. Сафаров, М. А. Зарипова, А. С. Назруллоев, М. М. Гуломов, Н. Б. Давлатов, А. Г. Мирзوماмадов, С. С. Абдуназаров, **З. Ю. Норов.**//Тезисы докладов 10-го Всероссийского симпозиума с международным участием, Термодинамика и материаловедение. Физико – технический институт имени А. Ф. Иоффе, РАН, 7 – 11 сентября 2015. Санкт Петербург. - С. 42.

134. Абдуназаров, С.С. Коэффициент массоотдачи кобальтовых катализаторов в среде авиационного керосина./М.М. Сафаров, С.С. Абдуназаров //Вестник Таджикского национального университета, (научный журнал), Серия естественных наук, Душанбе, Сино, 2015, 1/6 (134). - С. 68 – 73.

135. Абдуназаров, С. С. Влияние авиационного керосина на изменение коэффициента адсорбции кобальтовых катализаторов/. М.М. Сафаров, С. С. Абдуназаров, Дж.А.Зарипов.//Вестник Таджикского технического университета имени академика М. С. Осими, №4 (32), (134). Душанбе, 2015, - С.18 – 24, ISSN-2015-177X.

136. Абдуназаров, С.С. Влияние питьевой воде на изменение коэффициента адсорбции кобальтовых катализаторов/.М.М. Сафаров, С.С. Абдуназаров.//Материалы Международной научно – практической конференции «Инновации в технике, технологии и теплотехнике» Исфара – 2015.-С. 272 – 280.

137. Абдуназаров, С.С. Взаимосвязь между теплопроводностью и коэффициентом адсорбции кобальтовых катализаторов в среде авиационного керосина./М.М.Сафаров,С.С.Абдуназаров.//Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики Казанский государственный энергетический университет (Казань), №11 – 12, 2015. -С. 30 – 38.

[138-А]. Норов,З.Ю. Тепло -, массоотдача катализаторов на основе пористой гранулированной окиси алюминия./М.М.Сафаров, А.Г.Мирзوماмадов, **З.Ю.Норов**,С.С.Абдуназаров, А.Неъматов//Центр научного сотрудничества «Международные научные исследования». Международная научно –

практическая конференция «Проблемы и перспективы современной науки»
Вып. №1, 2015, М. -С. 57 – 63.

[139-А]. Норов,З.Ю. Теплопроводность, коэффициент теплоотдачи и адсорбция увлажнённых катализаторов на основе гранулированной пористой окиси алюминия./М.М.Сафаров, А.Г.Мирзомамадов, С.С.Абдуназаров, **З.Ю. Норов**, Б.М. Махмадиев, Дж.А. Зарипов.//15 Минский Международный форум по тепло –и массообмену. Минск – 23 – 26 мая 2016.- С.34 – 38.

[140-А]. Норов,З.Ю. Теплофизические, кинетические свойства, коэффициента массоотдачи гранулированной пористой окиси алюминия с металлическими наполнителями и их компонентов./ М.М. Сафаров, А.Г. Мирзомамадов, С.С.Абдуназаров,**З.Ю. Норов**,Б.М.Махмадиев, А.Неъматов.// Физика, Научный журнал, Институт физико – технических проблем и материаловедения НАН Киргизской Республики 2016. -С. 67 – 74.

141.Абдуназаров, С.С. Взаимосвязь теплопроводности и коэффициента адсорбции кобальтовых катализаторов./ М.М. Сафаров, С.С. Абдуназаров, А.Наъматов.//Вестник Таджикского национального университета, (научный журнал). Серия естественных наук. Душанбе, Сино, 2016, 1/1 (192). - С. 146 – 150.

142.Абдуназаров, С.С. Коэффициент массоотдачи иридиевых катализаторов на основе гранулированной пористой окиси алюминия./ М.М. Сафаров, С.С.Абдуназаров.// Сборник научных трудов международной научно – технической конференции, посвященной 105 – летию со дня рождения А. Н. Плановского «Повышение эффективности процессов и аппаратов в химической и смежных отраслях». (МНТК Плановский - 2016).М. 2016. Т.2. - С. 196 – 200.

143.Абдуназаров, С.С. Взаимосвязь теплопроводности и коэффициента массоотдачи иридиевых катализаторов на основе гранулированной окиси алюминия./ М.М. Сафаров, Х.Х. Назаров, С.С.Абдуназаров, Д.Ш.Хакимов, Д. А.Назирмадов, С.С.Рафиев, А.Р.Раджабов.//Вестник Таджикского нацио-

нального университета, (научный журнал). Серия естественных наук, Душанбе, Сино, 2016, 1/4 (216). - С. 56 – 61.

[144-А]. Норов,З.Ю. Влияние влажности на изменение теплопроводности металлических катализаторов на основе гранулированной пористой окиси алюминия./М.М.Сафаров,А.Г.Мирзомамадов,С.С.Абдуназаров,З.Ю. **Норов**, Д.Ш. Хакимов, Д.А.Назирмадов, С.С.Рафиев, А.Р.Раджабов, С.Г.Ризоев //Вестник Таджикского национального университета, (научный журнал). Серия естественных наук, Душанбе, Сино, 2016, 1/4 (216). - С. 71 – 76.

[145-А]. Norov,Z.U. Influence of carbon nanotubes, Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 , nanometallic to exchange thermo physical and thermo dynamics of hydrazinehydrate (rocket fuel) in dependence temperature and pressures./ М.М. Safarov, Kh.H. Nazarov,S.A.Tagoev, H.A.Zoirov, M.A.Zaripova,T.R.Tilloeva,A.S.Nazrulloev, S. G.Rizoev,A.G.Mirzomamadov, S.S.Abdunazarov, **Z.U.Norov**, D. Sh.Hakimov, D.A.Nazirmadov,B.M.Mahmadiev, S.S. Rafiev,D.S.Juraev, M.M.Kholikov, N.B. Davlatov, Iman Bahromi Manish.// Conference book, 10ICTP, (3 – 8) October 2016, «Thermophysical properties measurements in the quality control of substances, materials and products». Dushanbe – Tambov, 2016. - P. 201 – 218.

146.Абдуназаров, С.С. Взаимосвязь теплопроводности и коэффициента адсорбции иридиевых катализаторов на основе гранулированной пористой окиси алюминия/М.М.Сафаров, С.С. Абдуназаров, Ш.А. Аминов, Д.А. Назирмадов, А.Г.Мирзомамадов, С.К.Сафаров.//Материалы 10 Международной теплофизической школы. (3 – 8) октября 2016 г. «Теплофизические исследования и измерения при контроле качества веществ, материалов и изделий». Душанбе – Тамбов, 2016. - С. 301 – 308.

147.Абдуназаров, С.С. Исследование коэффициента адсорбции иридиевых катализаторов./М.М.Сафаров, С.С. Абдуназаров// Материалы 10 международной теплофизической школы (3 – 8) октября 2016 г. «Теплофизические исследования и измерения при контроле качества веществ, материалов и изделий». Душанбе – Тамбов, 2016. - С. 520 – 523.

148. Абдуназаров, С.С. Исследование коэффициента адсорбции иридиевых катализаторов. /М.М.Сафаров, С.С.Абдуназаров// Материалы 8 международной научно-практической конференции «Перспективы развития науки и образования» посвященной 25 – летию государственной независимости Республики Таджикистан и 60 – летию ТГУ имени академик М. С. Осими (3-4) ноября 2016 г, часть 2, Душанбе. - С. 190 – 193.

149. Абдуназаров, С.С. Коэффициент массоотдачи кобальтовых катализаторов на основе пористой гранулированной окиси алюминия в среде авиационного керосина./М.М. Сафаров,С.С. Абдуназаров// Вестник филиала Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова в г. Душанбе (научный журнал). Серия естественных наук, 1(1) 2017. - С. 74 – 80.

150. Абдуназаров, С.С. Способ обобщение коэффициента адсорбции зернистых материалов (способ Сафаров М.М)./С.С.Абдуназаров, Х.Х. Назаров, М.А.Зарипова, С.А.Тагоев,С.С.Рафиев, Д.А.Назирмадов, А.Г. Мирзомамадов, Махмадали Курбонали, С.Г.Ризоев, М.Т.Тургунбоев// Вестник Таджикского национального университета, (научный журнал). Серия естественных наук. Душанбе, Сино, 2016, 1/4 (216). - С. 71 – 76.

[151-А]. Норов, З.Ю. Способ и устройства для определения коэффициента адсорбции ферромагнетных наночастиц в зависимости от температуры при атмосферном давлении/М.М.Сафаров,Д.С.Джураев, М.М.Холиков, С. А.Тагоев, С.Г.Ризоев, М.А.Зарипова, А.Г.Мирзомамадов, **З.Ю.Норов**, С.С. Абдуназаров, Б.М.Махмадиев, Т.Р. Тиллоева.// Патент Республики Таджикистан, № TJ 824, 2016.-7с.

[152-А]. Норов, З.Ю. Способ и устройства для определения коэффициента адсорбции ферромагнетных наночастиц в зависимости от магнитного поля./М.М.Сафаров,Д.С.Джураев,М.М.Холиков,С.А.Тагоев,С.Г.Ризоев,М. А.Зарипова,А.Г.Мирзомамадов,**З.Ю.Норов**,С.С.Абдуназаров,Б.М.Махмадиев Т.Р.Тиллоева.//Патент Республики Таджикистан, № TJ 825, 2016. -5с.

[153-А]. Норов, З.Ю. Определение коэффициента массоотдачи при исследовании полимера (пентэласт) в процессе увлажнения при различном ко-

личестве /М.М.Сафаров, **З.Ю.Норов**, Б.М. Махмадиев// Вестник Таджикского национального университета,(научный журнал), Серия естественных наук, Душанбе, Сино, 2015, 1/6 (134), - С.63-68.

[154-А]. **Норов,З.Ю.** Определение коэффициент набухания полимера (пентэласт)./М.М.Сафаров,**З.Ю.Норов**,Ш.А.Аминов,М.Б.Махмадиев//Вестник Таджикского технического университета им. академика М.С.Осими, № 4 (32). Душанбе,-2015,-С.24-29, ISSN-2075-177X

[155-А]. **Норов,З.Ю.** Кинетические, адсорбционные свойства пентэласта и некоторых нанопорошков с различными фракциями для технологических процессов получения сплавов/М.М.Сафаров,**З.Ю.Норов**,Ш.А.Аминов, Б.М.Махмадиев,А.С. Назруллоев, Д.С.Джураев,С.Г.Ризоев, М.М.Холиков, Д. Ш.Хакимов//Физика, Научный журнал, Институт физико-технических проблем и материаловедения НАН Киргизской Республики.2016, - С.74-81.

[156-А]. **Норов,З.Ю.** Определение коэффициента массоотдачи пентэласта при увлажнении водой/М.М.Сафаров,Х.Х.Назаров, Ш.А.Аминов, **З.Ю.Норов**,А.С.Назруллоев,А.Неъматов,Б.М.Махмадиев,С.С.Рафиев,Р.Д. Давлатов,С.К.Сафаров.//Материалы 10 Международная теплофизическая школа, (3-8) октября 2016 г., “Теплофизические исследования и измерения при контроле качества веществ, материалов и изделий”. Душанбе-Тамбов, 2016. - С. 326-334.

[157-А]. **Норов,З.Ю.** Определение коэффициента массоотдачи полимера (пентэласт) в процессе увлажнения при различном их количестве./**З.Ю. Норов**,М.М.Сафаров,Б.М.Махмадиев,Ш.А.Аминов,С.Г.Ризоев,С.К.Сафаров / Материалы 10 Международная теплофизическая школа, (3-8) октября 2016, “Теплофизические исследования и измерения при контроле качества веществ, материалов и изделий”. Душанбе-Тамбов, 2016.- С.355-360.

[158-А]. **Норов,З.Ю.** Влияние термического нанопорошка на изменение электрофизических свойств воды при высоких параметрах состояния.// Вестник Технологический Университет. Душанбе, 2021.-С99-108,ISSN-2707-8000.

159. Аминов, Ш.А., Влияние герметика на изменение тепло- и электрофизических свойств воды./**Ш.А.Аминов, М.М. Сафаров, М.А. Зарипова, Ш.З.Нажмудинов.** // (Монография). Изд.Хочи Хусейн. Душанбе, 2011, - 143с.

160. Львов, Б.В. Терморазложения твердых и жидких веществ. СПб. Изд-во Политехнического университета, 2006, 278с. (Химия в политехническом университете, вып №1).

161. Губарев, В.Я. Исследование процессов тепломассообмена во впрыскивающих пароохладителях./**В.Я. Губарев, В.В. Папин, В.Е.Ролдучин** //”Современные проблемы теплоэнергетики”, Липецк .-28 ноября 2019.- С.49-58.

162. Анисимов, М.П. Нуклеация для материаловедения. Эксперимент и теория. /**М.П. Анисимов, Н.О.Шишкин.**// Международная конференция“ Современные методы и средства исследования ТСВ”.-г.Санкт Петербург.-23 -24 мая 2019г. - С.32.

163. Таблицы физических величин. Справочник. /Под ред.И.К. Кикоина. М.Атомиздат. -1976.-290с.(32 г.2)

164. Nertz, H.// Ann Phys. Chem.1882.Vd. 17.S.177-200. (19,г.2)

165. Матвеев, А.Н. Молекулярная физика. М.: Высшая школа. -1987.-360с.(22,г.2)

166. Львов, Б.В., Фериандес Х.Г.А.// Журнал аналитическая химия. 1984,Т.39,С.221-231 (24,г.2) .

167. Львов, Б.В.,Рябчук Г.Н.// Журнал аналитическая химия. 1981, Т. 36, С.2085-2096 (25,г.2) .

168. Smith, M.L., Topley B.// Proc.Roy.Soc.A.1931.V.134.P.224-245.

169. Cooper, M.M., Garner W.E.// Proc.Roy.Soc.A.1940.V.174.P.487-503.

170. Anous, M.M., Bredly R.S., Colvin J.//J.Chem.Soc.1951.P.3348-3354.

171. L'vov, B.V., Novechikhin A.V., Dyakov A.O.//Thermochim.Acta.1998. V.315.P.135-143.

172.L'vov, B.V., Novechikhin A.V., Dyakov A.O.//Thermochim.Acta.1998. V.315.P.169-179.

173. Мирзомамадов, А.Г. Теплопроводность, температуропроводность, адсорбционные свойства увлажненных медных и никелевых катализаторов на основе пористой гранулированной окиси алюминия./ Алимамад Гулмамадович Мирзомамадов //Дис к.т.н., Душанбе, 2017.-176с.

174. Мирзомамадов, А.Г. Теплопроводность, температуропроводность, адсорбционные свойства увлажненных медных и никелевых катализаторов на основе пористой гранулированной окиси алюминия./Алимамад Гулмамадович Мирзомамадов//Автор.дис к.т.н., Казань, 2017.-16с.

175. Аминов, Ш.А. Влияние температуры, давления и концентрации нанонаполнителей на изменение теплофизических свойств углеродосодержащих растворителей. /Ш.А.Аминов, М.А.Зарипова, М.М.Гуломов, М.М. Сафаров.//Вестник ТГУ им. академика М.С. Осими, №1(29). Душанбе,-2015,- С. 10-17, ISSN-2075 -177X

176. Аминов, Ш.А. Влияние герметик на изменение электропроводности и теплопроводности воды. /Ш.А. Аминов, М.М. Сафаров// Материалы 9^{ой} Азиатской конференции по теплофизическим свойствам.(АТРС-2010), Китай, АТРС-109/028.

177. Аминов, Ш.А. Влияние герметики на изменение электропроводности воды. /Ш.А. Аминов, М.М. Сафаров, М.А.Зарипова, Ш.З.Нажмудинов // Материалы Международной НПК “Перспективы развития науки и образования”-Душанбе, 2010.- С.219-224.

178. Аминов, Ш.А. Влияние герметики на изменение электро- и теплопроводности воды и некоторых водных растворов. /Ш.А. Аминов, М.М. Сафаров, М.А.Зарипова, Ш.З.Нажмудинов,М.М.Анакулов, Т.Р.Тиллоева, Х.А. Зоиров.//Материалы 7 Международная теплофизическая школа “Теплофизические исследования и измерения в энергосбережении, при контроле, управлении и улучшении качества продукции, процессов и услуг ” Ч.1, Тамбов, 20-25 сентябрь. 2010, - С.100-101.

179. Тимрот, Д. Л. Теплопроводность воды при высоких температур./ Д.Л.Тимрот,Н.Б. Варгафтик.// Журнал технической физики. - 1940. - 10. - № 3. - С.1063.

180. Аминов, Ш.А. Влияние температуры, давления на изменение теплофизических свойств системы (вода-герметик)./Ш.А.Аминов, Ш.З.Нажмудинов,М.М.Сафаров,М.А.Зарипова.//Материалы МНТК "Современные методы и средства для измерения теплофизических свойств веществ". Санкт Петербург-2010.-С.80.

181. Сафаров,М.М. и др. Устройства для определения коэффициента теплопроводности наножидкостей./М.М.Сафаров,С.Х. Мирзоев,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, № ТЈ 923, 2017. -5с

П Р И Л О Ж Е Н И Е

Таблица П.1. Исходные данные для количественной оценки доверительной границы погрешности измерения теплопроводности по методу монотонного разогрева

№	Наименование	Величина
1	Высота образца (высота ячеек) h , м	$5 \cdot 10^{-3}$
2	Погрешность измерения высоты ячеек (микрометром) Δh , м	10^{-6}
3	Величина перепада температуры на образце ΔT_o , мкВ	210
4	Погрешность измерения величины перепада температуры на образце $\sigma(\Delta T_o)$, мкВ	3
5	Общая теплоемкость образца C_o , Дж/К	2.925
6	Погрешность определения общей теплоемкости образца ΔC_o , Дж/К	0.03
7	Общая теплоемкость стержня C_c , Дж/К	18.18
8	Погрешность определения общей теплоемкости стержня ΔC_c , Дж/К	0.03
9	Скорость разогрева измерительной ячейки v_o , К/с	0.173
10	Погрешность определения скорости разогрева измерительной ячейки Δv_o , К/с	0.005
11	Общая площадь поперечного сечения медных ячеек S , м ²	$1.76 \cdot 10^{-4}$
12	Погрешность определения общей площади поперечного сечения медных ячеек ΔS , м ²	10^{-3}
13	Перепад температуры на пластине v_T , мкВ	80
14	Погрешность определения перепада температуры на пластине Δv_T , мкВ	3
15	Общая теплоемкость пластины C_p , Дж/К	4.47
16	Погрешность определения общей теплоемкости пластины ΔC_p , Дж/К	0.3

№	Наименование	Величина
17	Общая теплоемкость контактной пластины C_n , Дж/К	8.94
18	Погрешность определения общей теплоемкости контактной пластины ΔC_n , Дж/К	0.3
19	Доверительная граница погрешности измерений теплопроводности в относительной форме при $\alpha = 0.95$, %	1.9
20	Методическая погрешность, %	0.2
21	Инструментальная погрешность, %	1.1
22	Общая относительная погрешность измерения теплопроводности по методу монотонного разогрева, %	3.2

Таблица П.П. Исходные данные для количественной оценки доверительной границы погрешности измерения теплопроводности методом регулярного теплового режима

№	Наименование	Величина
1	Диаметр ядра бикалориметра D_1 , м	$49,1 \cdot 10^{-3}$
2	Погрешность определения диаметра ядра (микрометром) ΔD_1 , м	$5 \cdot 10^{-5}$
3	Внутренний диаметр оболочки D , м	$52,3 \cdot 10^{-3}$
4	Погрешность определения внутреннего диаметра оболочки ΔD , м (нутромер индикаторный)	$5 \cdot 10^{-5}$
5	Удельная теплоемкость материала измерительного цилиндра (ядро) C^* , Дж/(кг·К)	400
6	Погрешность определения удельной теплоемкости ядра бикалориметра ΔC^* , Дж/(кг·К)	1,2
7	Общая теплоемкость ядра (измерительного шара) C' , Дж/К	20,96
8	Погрешность определения общей теплоемкости ядра $\Delta C'$, Дж/К	0,22
9	Общая теплоемкость исследуемого слоя F' , Дж/К	1,67

№	Наименование	Величина
10	Погрешность определения общей теплоемкости исследуемого слоя $\Delta F'$, Дж/К	0,03
11	Время регулярного охлаждения τ , с	120
12	Погрешность определения времени охлаждения $\Delta\tau$, с	0,2
13	Масса ядра G' , кг	$49,9 \cdot 10^{-3}$
14	Погрешность измерения массы ядра $\Delta G'$, кг	$1 \cdot 10^{-4}$
15	Масса слоя G , кг	$3 \cdot 10^{-3}$
16	Погрешность определения массы слоя ΔG , кг	$1 \cdot 10^{-4}$
17	Коэффициент K	0,938
18	Погрешность определения коэффициента ΔK	0,005
19	Критерий \mathcal{J}	0,052
20	Погрешность определения критерия $\Delta \mathcal{J}$	0,0001
21	Критерий A	3,31
22	Погрешность определения критерия ΔA	0,01
23	Критерий B	0,143
24	Погрешность определения критерия ΔB	0,005
25	Темп регулярного охлаждения m , 1/с	$10,3 \cdot 10^{-3}$
26	Погрешность определения темпа регулярного охлаждения Δm , 1/с	$0,03 \cdot 10^{-3}$
27	Плотность материала измерительного ядра γ , кг/м ³	7880
28	Погрешность определения плотности материала измерительного ядра $\Delta\gamma$, кг/м ³	18
29	Доверительная граница погрешности измерений теплопроводности в регулярном режиме в относительной форме при $\alpha = 0,95$	1,2
30	Значение теплопроводности толуола, Вт/(мК)	0,132
31	Методическая погрешность, %	0,6

№	Наименование	Величина
32	Инструментальная погрешность, %	0,3
33	Общая относительная погрешность измерения теплопроводности при данном методе, %	2,1

Таблица П.Ш. Исходные данные для количественной оценки доверительной границы погрешности измерения удельной теплоемкости по методу монотонного разогрева, а измерения проведены калориметром

№	Наименование	Величина
1	Величина тепловой проводимости тепломера $K_T(t_C)$	0,41
2	Погрешность определения тепловой проводимости тепломера ΔK_T	0,001
3	Величина перепада температуры на тепломере $\Delta t_T(\tau)$, К	2,5
4	Погрешность определения перепада температуры на тепломере $\sigma(\Delta t_T)$	0,01
5	Суммарная теплоемкость стакана $C_C(t_C)$, Дж/К	3,2
6	Погрешность определения суммарной теплоемкости стакана ΔC_C , Дж/К	0,03
7	Скорость разогрева $b_C(\tau)$, К/с	0,22
8	Погрешность определения скорости разогрева $\Delta b_C(\tau)$, К	0,01

Приложение глава 3.

Таблица ПЗ.1. Влияние герметика (термического нанопорошка (ТНП)), на изменение теплопроводности ($\lambda \cdot 10^3$, Вт/(мК)) (воды родника Зонга) на линии насыщения.

Образцы Т, К	№1	№2	№3	№4	№5	№6
293	638	658	678	696	720	743
303	648	667	686	708	726	748
313	660	678	695	718	735	756
323	668	687	704	722	742	768
333	678	696	713	733	752	773
343	688	708	721	738	757	780
353	698	714	728	745	766	787
363	708	723	735	750	773	796
373	712	732	746	760	781	805

Образцы Т, К	№1	№2	№3	№4	№5	№6
383	723	741	755	768	788	812
393	728	746	762	773	798	822
403	733	750	767	784	808	832
413	742	757	775	792	815	838

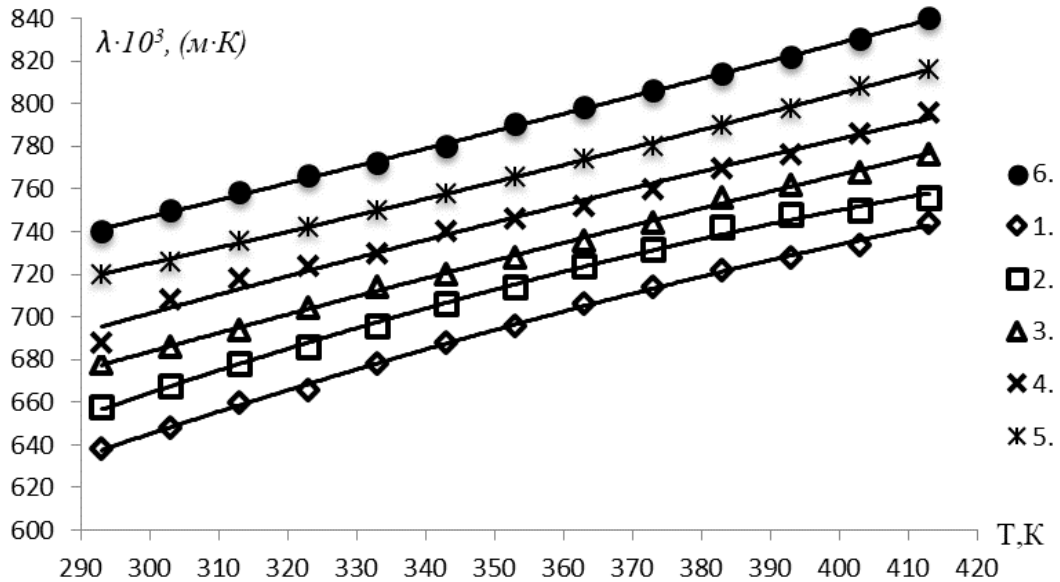


Рисунок ПЗ.1. Зависимость теплопроводности растворов системы (воды родника Зонга+ТНП) от температуры на линии насыщения. Обозначение как на рисунке 3.1. и в таблице 3.1.

Таблица ПЗ.2. Влияние герметика (термического нанопорошка (ТНП)), на изменение теплопроводности ($\lambda \cdot 10^3$, Вт/(м·К)) (воды родника Ямчуна) на линии насыщения.

Образцы Т, К	№1	№2	№3	№4	№5	№6
293	643	663	682	702	728	748
303	654	668	690	712	733	753
313	664	683	700	720	741	760
323	673	693	709	726	748	768
333	684	703	716	736	756	775
343	704	712	728	743	764	779
353	711	718	736	750	770	786
363	715	728	745	750	777	798
373	720	736	752	763	786	808

Образцы Т, К	№1	№2	№3	№4	№5	№6
383	726	744	758	773	793	816
393	732	752	766	788	801	824
403	735	758	772	795	811	835
413	738	761	780	802	818	844

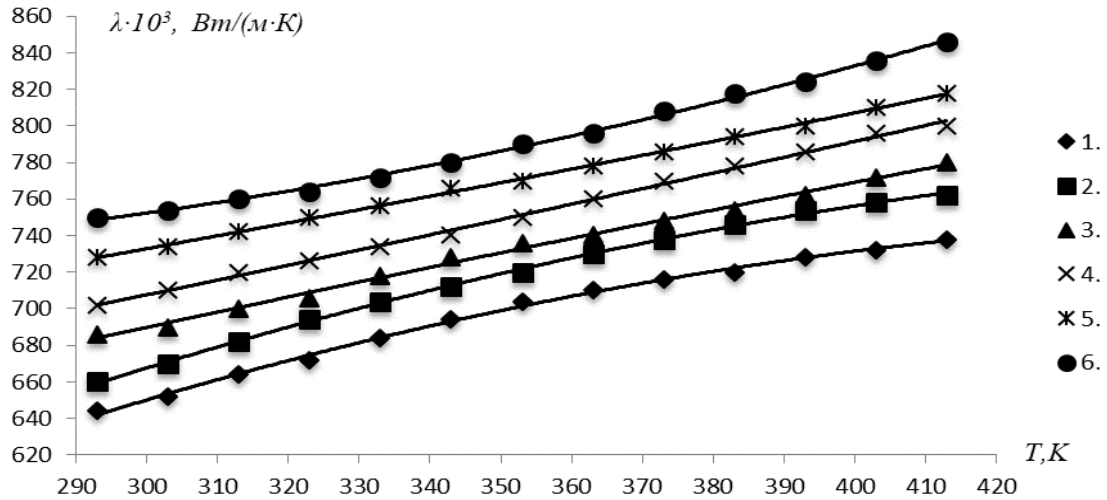


Рисунок ПЗ.2. Зависимость теплопроводности растворов системы (воды родника Ямчуна+ТНП) от температуры на линии насыщения. Обозначение как на рисунке 3.1. и в таблице 3.1.

Таблица ПЗ.3. Теплопроводность ($\lambda \cdot 10^3$, Вт/(мК)) системы вода +герметик (Образец №2) в зависимости от температуры и давления [158]

Т, К	Давление P, МПа						
	0,101	4,91	9,61	14,52	19,43	24,34	29,25
293	640	648	660	669	681	689	698
313	659	668	680	689	697	707	714
333	677	684	696	707	711	720	729
353	690	701	709	714	723	730	738
373	706	713	715	722	730	739	746
393	712	720	725	732	737	743	750
413	717	724	729	734	741	746	752
433		719	725	732	738	742	749
453		710	718	726	733	738	745
473		700	708	717	724	731	737

493		690	698	708	717	723	730
513		680	687	699	708	715	723
533		670	679	690	700	708	716
553		659	669	681	692	701	709
573		647	658	672	683	694	702

Таблица ПЗ.4. Теплопроводность ($\lambda \cdot 10^3$, Вт/(мК)) системы вода + герметик (Образец №3) в зависимости от температуры и давления [158]

T, К	Давление P, МПа						
	0,101	4,91	9,61	14,52	19,43	24,34	29,25
293	664	675	683	692	700	708	717
313	680	689	696	704	713	721	729
333	694	703	711	717	726	732	742
353	710	717	723	730	737	745	753
373	721	729	735	742	748	754	762
393	730	737	743	749	755	762	770
413	738	742	748	754	759	765	774
433		738	745	752	757	762	769
453		730	737	744	750	757	762
473		717	725	733	740	748	754
493		702	712	721	730	739	746
513		688	699	710	720	728	737
533		674	686	698	709	720	729
553		660	674	687	700	710	721
573		645	660	675	690	701	712

Таблица ПЗ.5. Теплопроводность ($\lambda \cdot 10^3$, Вт/(мК)) системы вода + герметик (Образец №4) в зависимости от температуры и давления [158]

T, К	Давление P, МПа						
	0,101	4,91	9,61	14,52	19,43	24,34	29,25

293	686	695	707	721	732	741	749
313	704	712	726	738	746	755	764
333	721	730	742	753	761	770	776
353	734	740	752	762	773	780	785
373	742	752	760	769	778	784	789
393	751	757	764	775	780	786	792
413	754	762	768	777	783	789	795
433		754	761	768	774	783	790
453		743	753	761	770	777	784
473		731	742	750	757	768	777
493		720	731	740	750	758	767
513		708	719	730	740	749	758
533		697	708	720	731	740	749
553		684	697	709	721	730	738
573		673	685	699	711	722	731

Таблица ПЗ.6. Теплопроводность ($\lambda \cdot 10^3$, Вт/(мК)) системы вода + герметик (Образец №5) в зависимости от температуры и давления [158]

T, К	Давление P, МПа						
	0,101	4,91	9,61	14,52	19,43	24,34	29,25
293	704	713	724	735	743	752	761
313	720	729	738	750	759	766	775
333	736	745	753	762	773	780	786
353	750	759	768	775	782	790	797
373	761	768	777	784	793	798	805
393	770	777	785	792	800	805	812
413	775	781	789	796	804	808	815
433		776	786	792	800	806	812
453		771	778	784	790	797	803
473		759	765	772	781	787	794
493		745	753	761	770	779	787
513		730	740	750	760	768	777
533		716	728	739	750	759	768
553		702	715	728	739	750	760

573		687	702	717	730	740	752
-----	--	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Таблица ПЗ.7. Эффективной теплопроводности ($\lambda \cdot 10^3$, Вт/(м·К)) системы (вода родника Вранга+герметика ТНП (Образец №1)) в зависимости от температуры и давления

T, К	Давление P, МПа				
	0,101	2,45	4,91	9,62	14,52
293	637	646	659	669	675
303	643	652	668	677	694
313	652	664	674	686	702
323	661	666	684	695	710
333	670	681	691	701	720
343	677	689	700	713	728
353	686	698	708	721	737
363	693	706	716	729	745
373	701	715	724	737	753
383	711	723	733	747	762
393	720	732	741	755	771
403	727	739	752	764	782
413	737	749	756	772	789

Таблица ПЗ.8. Эффективной теплопроводности ($\lambda \cdot 10^3$, Вт/(м·К)) системы (вода родника Вранга+герметика ТНП (Образец №2)) в зависимости от температуры и давления

T, К	Давление P, МПа				
	0,101	2,45	4,91	9,62	14,52
293	643	651	665	676	684
303	649	658	674	683	694
313	658	661	681	692	702
323	667	669	692	701	710
333	676	687	697	711	720
343	683	695	707	719	728
353	693	702	714	726	738
363	699	712	722	735	743
373	707	721	730	743	753
383	717	729	739	753	762
393	726	738	747	761	772

403	733	745	756	770	782
413	747	755	768	777	796

Таблица ПЗ.9. Эффективной теплопроводности ($\lambda \cdot 10^3$, Вт/(мК)) системы (вода родника Вранга + герметика ТНП (Образец №3)) в зависимости от температуры и давления

T, К	Давление P, МПа				
	0,101	2,45	4,91	9,62	14,52
293	649	660	671	683	691
303	655	664	681	690	701
313	664	667	688	699	710
323	675	679	697	709	717
333	683	692	704	716	727
343	689	701	714	728	735
353	698	710	721	731	745
363	705	718	729	742	752
373	714	727	737	750	760
383	723	735	746	760	769
393	732	745	754	769	777
403	739	751	763	778	790
413	760	771	782	790	803

Таблица ПЗ.10. Эффективной теплопроводности ($\lambda \cdot 10^3$, Вт/(мК)) системы (вода родника Вранга + герметика ТНП (Образец №4)) в зависимости от температуры и давления

T, К	Давление P, МПа				
	0,101	2,45	4,91	9,62	14,52
293	655	666	677	689	697
303	661	671	689	697	708
313	670	675	697	706	717
323	681	683	704	716	724
333	692	700	711	723	734
343	696	708	721	735	742
353	706	717	727	738	751
363	711	725	736	749	759
373	721	734	744	757	767
383	730	742	753	767	776

393	739	753	760	775	784
403	746	757	770	785	797
413	767	779	791	797	810

Таблица ПЗ.11. Эффективной теплопроводности ($\lambda \cdot 10^3$, Вт/(мК)) системы (вода родника Вранга+герметика ТНП (Образец №5)) в зависимости от температуры и давления

T, К	Давление P, МПа				
	0,101	2,45	4,91	9,62	14,52
293	661	673	685	695	703
303	668	687	696	703	708
313	677	689	703	713	717
323	688	697	711	723	731
333	699	715	719	730	739
343	703	723	727	742	749
353	713	731	735	744	751
363	718	739	743	756	760
373	728	747	750	763	774
383	737	756	759	774	782
393	746	763	768	783	791
403	750	774	777	794	803
413	774	787	798	813	819

Таблица 3.12. Эффективной теплопроводности ($\lambda \cdot 10^3$, Вт/(мК)) системы (вода родника Вранга+ герметика ТНП (Образец №6)) в зависимости от температуры и давления

T, К	Давление P, МПа				
	0,101	2,45	4,91	9,62	14,52
293	667	680	692	701	710
303	675	687	696	703	708
313	676	697	711	719	725

323	695	703	718	729	731
333	706	722	726	736	740
343	711	732	735	749	751
353	721	737	741	751	759
363	725	746	750	763	768
373	735	754	758	770	781
383	743	763	768	782	790
393	751	769	775	790	799
403	758	782	784	799	813
413	782	789	806	821	829

Таблица ПЗ.13. Эффективной теплопроводности ($\lambda \cdot 10^3, \text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$) системы (вода родника Зонга + герметика ТНП (Образец №1)) в зависимости от температуры и давления

T, К	Давление P, МПа				
	0,101	2,45	4,91	9,62	14,52
293	645	654	667	677	683
303	659	668	685	694	707
313	668	680	692	709	719
323	678	682	700	715	727
333	686	699	709	723	738
343	693	705	716	730	745
353	703	715	725	739	754
363	710	723	733	746	762
373	718	732	740	754	770
383	728	740	751	766	779
393	736	748	758	772	788
403	744	755	769	780	799
413	753	765	772	789	806

Таблица ПЗ.14. Эффективной теплопроводности ($\lambda \cdot 10^3, \text{Вт}/(\text{мК})$) системы (вода родника Зонга + герметика ТНП (Образец №2)) в зависимости от температуры и давления

T, К	Давление P, МПа				
	0,101	2,45	4,91	9,62	14,52
293	652	668	675	685	691
303	665	674	690	700	714
313	674	678	695	709	718
323	683	688	709	718	726
333	692	704	713	728	737
343	700	711	721	735	744
353	709	718	730	742	754
363	715	726	738	752	760
373	723	734	746	760	770
383	733	745	755	770	779
393	742	754	763	779	789
403	750	761	771	786	799
413	755	763	775	786	804

Таблица ПЗ.15. Эффективной теплопроводности ($\lambda \cdot 10^3, \text{Вт}/(\text{мК})$) системы (вода родника Зонга + герметика ТНП (Образец №3)) в зависимости от температуры и давления

T, К	Давление P, МПа				
	0,101	2,45	4,91	9,62	14,52
293	667	678	686	700	708
303	671	682	698	708	718
313	680	684	705	716	727
323	692	696	714	726	734
333	700	709	721	733	744
343	706	718	730	745	752

353	714	726	738	748	761
363	722	734	746	759	769
373	730	743	754	768	778
383	740	751	762	778	786
393	749	762	770	786	793
403	755	768	780	795	808
413	776	788	799	807	820

Таблица ПЗ.16. Эффективной теплопроводности ($\lambda \cdot 10^3, \text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$) системы (вода родника Зонга + герметика ГНП (Образец №4)) в зависимости от температуры и давления

$T, \text{К}$	Давление $P, \text{МПа}$				
	0,101	2,45	4,91	9,62	14,52
293	673	682	694	706	714
303	678	689	706	714	725
313	686	692	714	723	735
323	698	700	721	733	741
333	709	717	728	740	750
343	713	725	738	753	760
353	722	736	744	755	767
363	728	742	753	766	776
373	738	752	762	774	784
383	745	759	770	784	792
393	755	770	778	793	800
403	763	774	787	802	814
413	784	796	808	814	826

Таблица ПЗ.17. Эффективной теплопроводности ($\lambda \cdot 10^3, \text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$) системы (вода родника Зонга + герметика ГНП (Образец №5)) в зависимости от температуры и давления

$T, \text{К}$	Давление $P, \text{МПа}$
---------------	--------------------------

	0,101	2,45	4,91	9,62	14,52
293	678	690	702	712	720
303	684	703	713	720	728
313	694	706	720	731	735
323	705	714	728	740	747
333	716	721	738	747	756
343	720	740	744	759	766
353	730	748	753	760	769
363	734	756	760	773	778
373	745	764	767	780	791
383	754	771	776	790	799
393	763	779	784	800	809
403	766	790	794	811	820
413	790	804	815	830	836

Таблица ПЗ.18. Эффективной теплопроводности ($\lambda \cdot 10^3$, Вт/(мК)) системы (вода родника Зонга+ герметика ТНП (Образец №6)) в зависимости от температуры и давления

T, К	Давление P, МПа				
	0,101	2,45	4,91	9,62	14,52
293	676	689	701	714	723
303	684	696	705	716	720
313	684	706	720	732	737
323	704	712	727	741	744
333	715	731	738	748	753
343	720	741	746	758	763
353	730	746	750	760	772
363	734	755	759	772	779
373	744	763	767	779	793
383	752	772	777	790	802

393	760	778	784	801	812
403	767	790	793	810	824
413	790	798	815	832	843

Таблица ПЗ.19. Эффективной теплопроводности ($\lambda \cdot 10^3, \text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$) системы (вода родника Ямчуна + герметика ТНП (Образец №1)) в зависимости от температуры и давления

T, К	Давление P, МПа				
	0,101	2,45	4,91	9,62	14,52
293	655	664	677	687	695
303	669	678	695	704	718
313	678	690	702	719	729
323	688	692	710	725	737
333	696	709	719	733	748
343	703	715	726	740	755
353	713	725	735	749	764
363	720	733	743	756	772
373	728	732	750	764	780
383	738	750	761	776	789
393	746	758	768	782	798
403	754	765	779	790	809
413	763	775	782	799	816

Таблица ПЗ.20. Эффективной теплопроводности ($\lambda \cdot 10^3, \text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$) системы (вода родника Ямчуна + герметика ТНП (Образец №2)) в зависимости от температуры и давления

T, К	Давление P, МПа				
	0,101	2,45	4,91	9,62	14,52
293	662	678	685	695	701
303	675	684	700	710	724
313	684	688	705	719	728

323	693	698	719	728	736
333	702	714	723	738	747
343	710	721	731	745	754
353	719	728	740	752	764
363	725	736	748	762	770
373	733	744	756	770	780
383	743	755	765	780	7889
393	752	764	773	789	799
403	760	771	781	796	809
413	765	773	785	796	814

Таблица ПЗ.21. Эффективной теплопроводности ($\lambda \cdot 10^3, \text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$) системы (вода родника Ямчуна + герметика ТНП (Образец №3)) в зависимости от температуры и давления

T, К	Давление P, МПа				
	0,101	2,45	4,91	9,62	14,52
293	677	688	696	710	718
303	681	692	708	718	728
313	690	694	715	726	737
323	702	706	724	736	744
333	710	719	731	743	754
343	716	728	740	755	762
353	724	736	748	758	771
363	732	744	756	769	779
373	740	753	764	778	788
383	750	761	772	788	796
393	759	772	780	796	803
403	765	778	790	805	818
413	786	798	809	817	830

Таблица ПЗ.22. Эффективной теплопроводности ($\lambda \cdot 10^3, \text{Вт}/(\text{мК})$) системы (вода родника Ямчуна + герметика ТНП (Образец №4)) в зависимости от температуры и давления

T, К	Давление P, МПа				
	0,101	2,45	4,91	9,62	14,52
293	683	692	704	716	724
303	688	699	716	724	735
313	696	702	724	733	745
323	708	710	731	743	751
333	719	727	738	750	760
343	723	735	748	763	770
353	732	746	754	765	777
363	738	752	763	776	786
373	748	762	772	784	794
383	755	769	780	794	802
393	765	780	788	803	810
403	773	784	797	812	824
413	794	806	818	824	836

Таблица ПЗ.23. Эффективной теплопроводности ($\lambda \cdot 10^3, \text{Вт}/(\text{мК})$) системы (вода родника Ямчуна + герметика ТНП (Образец №5)) в зависимости от температуры и давления

T, К	Давление P, МПа				
	0,101	2,45	4,91	9,62	14,52
293	686	700	712	722	730
303	694	713	723	730	738
313	704	716	730	741	745
323	715	724	738	750	757
333	726	731	748	757	766
343	730	750	757	769	776
353	740	758	763	770	779
363	744	766	770	783	788

373	755	774	777	790	801
383	764	781	786	800	809
393	773	789	794	810	819
403	776	800	804	821	830
413	800	814	825	840	846

Таблица ПЗ.24. Эффективной теплопроводности ($\lambda \cdot 10^3$, Вт/(мК)) системы (вода родника Ямчуна+ герметика ТНП (Образец №6)) в зависимости от температуры и давления

T, К	Давление P, МПа				
	0,101	2,45	4,91	9,62	14,52
293	686	702	713	724	733
303	696	706	715	726	730
313	699	716	730	742	747
323	716	722	737	751	764
333	730	741	748	758	763
343	735	751	756	760	773
353	740	756	760	770	782
363	754	765	769	782	789
373	764	773	777	789	803
383	769	782	787	800	812
393	776	788	794	813	824
403	787	800	813	830	844
413	805	818	835	852	863

Таблица ПЗ.25. Плотность (ρ , кг/м³) системы (воды река Душанбе + герметик (ТНП)) в зависимости от температуры при атмосферном давлении [158,172, 174].

Образцы T, К	№1	№2	№3	№4	№5	№6
	293	999,9	1000,4	1001,6	1002,8	1003,0
313	992,4	994,6	996,3	999,0	999,8	1001,4
333	985,6	988,5	990,8	993,6	995,7	997,6
353	979,8	982,3	986,1	989,0	992,0	994,3
373	973,1	976,4	980,6	984,1	988,0	991,8
393	967,0	970,2	976,0	979,7	984,1	988,0
413	960,5	964,2	970,4	975,0	980,3	984,5

Таблица 3.26. Экспериментальное исследование процесса увлажнения герметика (ТНП) [140-А],[152-А],[153-А],[154-А],[155-А],[156-А].

Полученная масса вещества пентаэласт при увлажнении водой родника «Вранга» (м гр)						
№	t (ч)	1 (гр)	2 (гр)	3 (гр)	4 (гр)	5 (гр)
1.	0,5	1,0224	2,0590	3,0814	4,0896	5,1030
2.	1,0	1,0508	2,0874	3,1098	4,1180	5,1314
3.	1,5	1,0650	2,1158	3,1382	4,1464	5,1598
4.	2,0	1,0792	2,1442	3,1666	4,1748	5,1882
5.	2,5	1,0934	2,1726	3,1950	4,2032	5,2166
6.	3,0	1,1076	2,2010	3,2234	4,2316	5,2450
7.	3,5	1,1218	2,2294	3,2518	4,2600	5,2734
8.	4,0	1,1360	2,2578	3,2802	4,2884	5,3018
9.	4,5	1,1502	2,2862	3,3086	4,3168	5,3302
10.	5,0	1,1644	2,3146	3,3370	4,3452	5,3586
11.	5,5	1,1786	2,3430	3,3654	4,3736	5,3870
12.	6,0	1,1930	2,3714	3,3938	4,4020	5,4154
13.	6,5	1,2072	2,3998	3,4222	4,4304	5,4438
14.	7,0	1,2214	2,4282	3,4506	4,4588	5,4722
15.	7,5	1,2356	2,4566	3,4790	4,4872	5,5006
16.	8,0	1,2498	2,4850	3,5074	4,5156	5,5290
17.	8,5	1,2640	2,5134	3,5358	4,5444	5,5574
18.	9,0	1,2782	2,5418	3,5642	4,5724	5,5858
19.	9,5	1,2924	2,5702	3,5926	4,6008	5,6142
20.	10,0	1,3066	2,5986	3,6210	4,6292	5,6426
21.	10,5	-	-	3,6494	4,6576	5,6710
22.	11,0	-	-	3,6778	4,6860	5,6994
23.	11,5	-	-	3,7062	4,7144	5,7278

24.	12,0	-	-	3,7346	4,7428	5,7562
25.	12,5	-	-	3,7630	4,7712	5,7846
26.	13,0	-	-	3,7914	4,7996	5,8130
27.	13,5	-	-	3,8198	4,8280	5,8414
28.	14,0	-	-	3,8482	4,8564	5,8698
29.	14,5	-	-	3,8766	4,8848	5,8982
30.	15,0	-	-	3,9050	4,9132	5,9266
31.	15,5	-	-	3,9334	4,9416	5,9550
32.	16,0	-	-	-	4,9700	5,9834
33.	16,5	-	-	-	4,9984	6,0118
34.	17,0	-	-	-	5,0268	6,0402
35.	17,5	-	-	-	5,0552	6,0686
36.	18,0	-	-	-	5,0836	6,0970
37.	18,5	-	-	-	5,1120	6,1254
38.	19,0	-	-	-	5,1404	6,1538
39.	19,5	-	-	-	5,1688	6,1822
40.	20,0	-	-	-	5,1972	6,2106
41.	20,5	-	-	-	5,2256	6,2390
42.	21,0	-	-	-	-	6,2674
43.	21,5	-	-	-	-	6,2958
44.	22,0	-	-	-	-	6,3242
45.	22,5	-	-	-	-	6,3526
46.	23,0	-	-	-	-	6,3810
47.	23,5	-	-	-	-	6,4094
48.	24,0	-	-	-	-	6,4378
49.	24,5	-	-	-	-	6,4662
50.	25,0	-	-	-	-	6,4946
51.	25,5	-	-	-	-	6,5230
52.	26,0					6,5514

Таблица ПЗ.27. Экспериментальное значение коэффициента адсорбции термического нанопорошка (ТНП) увлажненным водой родника «Вранга» [140-А], [152-А],[153-А],[154-А],[155-А],[156-А]. Значение коэффициент адсорбции исследуемых герметиков рассчиталось следующей выражением:

№	t (ч)	$\Gamma, \left(\frac{\text{МОЛЬ}}{\text{КГ}} \right)$				
		1 (гр)	2 (гр)	3 (гр)	4 (гр)	5 (гр)
1.	0,5	1,24	1,63	1,50	1,19	1,14
2.	1,0	2,82	2,42	2,03	1,63	1,46
3.	1,5	3,61	3,21	2,55	2,03	1,77
4.	2,0	4,40	4,00	3,08	2,42	2,09
5.	2,5	5,18	4,79	3,61	2,82	2,40
6.	3,0	5,97	5,58	4,13	3,21	2,72
7.	3,5	6,76	6,37	4,66	3,61	3,03
8.	4,0	7,55	7,16	5,18	4,00	3,35
9.	4,5	8,34	7,95	5,71	4,40	3,66
10.	5,0	9,13	8,73	6,24	4,79	3,98
11.	5,5	9,92	9,52	6,76	5,18	4,29
12.	6,0	10,72	10,31	7,29	5,58	4,61
13.	6,5	11,51	11,10	7,81	5,97	4,92
14.	7,0	12,3	11,89	8,34	6,37	5,24
15.	7,5	13,08	12,68	8,87	6,76	5,55
16.	8,0	13,87	13,47	9,39	7,16	5,87
17.	8,5	14,66	14,26	9,92	7,56	6,18
18.	9,0	15,45	15,05	10,44	7,95	6,50
19.	9,5	16,24	15,83	10,97	8,34	6,81
20.	10,0	17,03	16,67	11,5	8,73	7,13
21.	10,5		17,41	12,02	9,13	7,44
22.	11,0			12,55	9,52	7,76
23.	11,5			13,07	9,92	8,07

24.	12,0			13,60	10,31	8,39
25.	12,5			14,12	10,71	8,70
26.	13,0			14,65	11,10	9,02
27.	13,5			15,18	11,50	9,33
28.	14,0			15,70	11,89	9,65
29.	14,5			16,23	12,28	9,96
30.	15,0			16,75	12,68	10,28
31.	15,5			17,28	13,07	10,59
32.	16,0				13,47	10,91
33.	16,5				13,86	11,22
34.	17,0				14,26	11,54
35.	17,5				14,65	11,85
36.	18,0				15,05	12,17
37.	18,5				15,44	12,48
38.	19,0				15,83	12,80
39.	19,5				16,23	13,11
40.	20,0				16,62	13,43
41.	20,5				17,02	13,74
42.	21,0					14,06
43.	21,5					14,37
44.	22,0					14,69
45.	22,5					15,00
46.	23,0					15,32
47.	23,5					15,63
48.	24,0					15,95
49.	24,5					16,26
50.	25,0					16,58
51.	25,5					16,89
52.	26,0					17,23

Таблица ПЗ.28. Экспериментальные исследование процесса увлажнения герметика (ТНП) увлажнением водой родника «Зонга» [140-А],[152-А],[153-А],[154-А],[155-А],[156-А].

Полученное масса вещество пентаэласта (ТНП) после увлажнении водой родника «Зонга» (т, гр)						
№	t (ч)	1 (гр)	2 (гр)	3 (гр)	4 (гр)	5 (гр)
1.	0,50	1,0286	2,0396	3,0564	4,0648	5,0698
2.	1,00	1,0428	2,0680	3,0848	4,0932	5,0982
3.	1,50	1,0570	2,0964	3,1132	4,1216	5,1266
4.	2,00	1,0712	2,1248	3,1416	4,1500	5,1550
5.	2,50	1,0854	2,1532	3,1700	4,1784	5,1834
6.	3,00	1,0996	2,1816	3,1984	4,2068	5,2118
7.	3,50	1,1138	2,2100	3,2268	4,2352	5,2402
8.	4,00	1,1280	2,2384	3,2552	4,2636	5,2686
9.	4,50	1,1422	2,2668	3,2836	4,2920	5,2970
10.	5,00	1,1564	2,2952	3,3120	4,3204	5,3254
11.	5,50	1,1706	2,3236	3,3404	4,3488	5,3538
12.	6,00	1,1848	2,3520	3,3688	4,3772	5,3822
13.	6,50	1,1990	2,3804	3,3972	4,4056	5,4106
14.	7,00	1,2132	2,4088	3,4256	4,4340	5,4390
15.	7,50	1,2274	2,4372	3,4540	4,4624	5,4674
16.	8,00	1,2416	2,4656	3,4824	4,4908	5,4958
17.	8,50	1,2558	2,4940	3,5108	4,5192	5,5242
18.	9,00	1,2700	2,5224	3,5392	4,5476	5,5526
19.	9,50	1,2842	2,5508	3,5676	4,5760	5,5810
20.	10,0	-	2,5792	3,5960	4,6044	5,6094
21.	10,5	-	2,6076	3,6244	4,6328	5,6378
22.	11,0	-	-	3,6528	4,6612	5,6662

23.	11,5	-	-	3,6812	4,6896	5,6946
24.	12,0	-	-	3,7096	4,7180	5,7230
25.	12,5	-	-	3,7380	4,7464	5,7514
26.	13,0	-	-	3,7664	4,7748	5,7798
27.	13,5	-	-	3,7948	4,8032	5,8082
28.	14,0	-	-	3,8232	4,8316	5,8366
29.	14,5	-	-	3,8516	4,8600	5,8650
30.	15,0	-	-	3,8800	4,8884	5,8934
31.	15,5	-	-	3,9084	4,9168	5,9218
32.	16,0	-	-	3,9368	4,9452	5,9502
33.	16,5	-	-	-	4,9736	5,9786
34.	17,0	-	-	-	5,0020	6,0070
35.	17,5	-	-	-	5,0304	6,0354
36.	18,0	-	-	-	5,0588	6,0638
37.	18,5	-	-	-	5,0872	6,0922
38.	19,0	-	-	-	5,1156	6,1206
39.	19,5	-	-	-	5,1440	6,1490
40.	20,0	-	-	-	5,1724	6,1632
41.	20,5	-	-	-	5,2008	6,1916
42.	21,0	-	-	-	-	6,2200
43.	21,5	-	-	-	-	6,2484
44.	22,0	-	-	-	-	6,2768
45.	22,5	-	-	-	-	6,3052
46.	23,0	-	-	-	-	6,3336
47.	23,5	-	-	-	-	6,3620
48.	24,0	-	-	-	-	6,3904
49.	24,5	-	-	-	-	6,4188
50.	25,0	-	-	-	-	6,4472
51.	25,5	-	-	-	-	6,4756

52.	26,0	-	-	-	-	6,5040
-----	------	---	---	---	---	--------

Таблица П 3.29. Экспериментальное значение коэффициента адсорбции термического нанопорошка (ТНП) увлажненным водой родника «Зонга» [140-А],[152-А],[153-А],[154-А],[155-А],[156-А]. Значение коэффициент адсорбции исследуемых герметиков рассчиталось следующей выражением:

$$\Gamma = \left[\frac{m - m_0}{\mu \cdot m_0} \right]$$

№	t (ч)	$\Gamma, \left(\frac{\text{МОЛЬ}}{\text{КГ}} \right)$				
		1 (гр)	2 (гр)	3 (гр)	4 (гр)	5 (гр)
1.	0,5	1,58	1,10	1,04	0,90	0,77
2.	1,0	2,37	1,88	1,57	1,29	1,09
3.	1,5	3,16	2,67	2,09	1,68	1,40
4.	2,0	3,95	3,46	2,62	2,08	1,72
5.	2,5	4,74	4,25	3,14	2,47	2,03
6.	3,0	5,53	5,04	3,67	2,87	2,35
7.	3,5	6,32	5,83	4,20	3,26	2,66
8.	4,0	7,11	6,62	4,72	3,66	2,98
9.	4,5	7,90	7,41	5,25	4,05	3,30
10.	5,0	8,68	8,20	5,77	4,45	3,61
11.	5,5	9,47	8,98	6,30	4,84	3,93
12.	6,0	10,26	9,77	6,82	5,23	4,24
13.	6,5	11,05	10,56	7,35	5,63	4,56
14.	7,0	11,84	11,35	7,88	6,02	4,87
15.	7,5	12,63	12,14	8,40	6,42	5,19
16.	8,0	13,42	12,93	8,93	6,81	5,50
17.	8,5	14,21	13,72	9,45	7,21	5,82
18.	9,0	15,00	14,51	9,98	7,60	6,14
19.	9,5	15,78	15,30	10,51	8,00	6,45

20.	10,0	-	16,08	11,03	8,39	6,77
21.	10,5	-	16,87	11,56	8,78	7,08
22.	11,0	-	-	12,08	9,18	7,40
23.	11,5	-	-	12,61	9,57	7,71
24.	12,0	-	-	13,14	9,97	8,03
25.	12,5	-	-	13,66	10,36	8,34
26.	13,0	-	-	14,19	10,76	8,66
27.	13,5	-	-	14,71	11,15	8,98
28.	14,0	-	-	15,24	11,55	9,29
29.	14,5	-	-	15,77	11,94	9,61
30.	15,0	-	-	16,29	12,33	9,92
31.	15,5	-	-	16,82	12,73	10,24
32.	16,0	-	-	-	13,12	10,55
33.	16,5	-	-	-	13,52	10,87
34.	17,0	-	-	-	13,91	11,18
35.	17,5	-	-	-	14,31	11,50
36.	18,0	-	-	-	14,70	11,82
37.	18,5	-	-	-	15,10	12,13
38.	19,0	-	-	-	15,49	12,45
39.	19,5	-	-	-	15,88	12,76
40.	20,0	-	-	-	16,28	12,92
41.	20,5	-	-	-	16,67	13,24
42.	21,0	-	-	-	-	13,55
43.	21,5	-	-	-	-	13,87
44.	22,0	-	-	-	-	14,18
45.	22,5	-	-	-	-	14,50
46.	23,0	-	-	-	-	14,81
47.	23,5	-	-	-	-	15,13
48.	24,0	-	-	-	-	15,44

49.	24,5	-	-	-	-	15,76
50.	25,0	-	-	-	-	16,08
51.	25,5	-	-	-	-	16,39
52.	26,0	-	-	-	-	16,71

Таблица ПЗ.30. Расчет коэффициента набухания выражением (3.1) герметика увлажненным водой родника «Зонга» [140-А],[152-А],[153-А],[154-А],[155-А],[156-А].

$$\left[\gamma = \frac{m_z - m_0}{m_\infty} \cdot 100\% \right]$$

№	Увлажнитель вода родника «Зонга».				
	1 (гр)	2 (гр)	3 (гр)	4 (гр)	5 (гр)
1.	2,047	1,519	1,383	1,246	1,073
2.	3,333	2,608	2,154	1,792	1,510
3.	4,439	3,697	2,875	2,338	1,946
4.	5,544	4,786	3,597	2,884	2,383
5.	6,650	5,875	4,318	3,430	2,820
6.	7,756	6,964	5,040	3,976	3,256
7.	8,862	8,053	5,761	4,522	3,693
8.	9,967	9,143	6,482	5,068	4,130
9.	11,073	10,232	7,204	5,615	4,566
10.	12,179	11,321	7,925	6,161	5,003
11.	13,285	12,410	8,647	6,707	5,440
12.	14,390	13,499	9,368	7,253	5,876
13.	15,496	14,588	10,089	7,799	6,313
14.	16,602	15,677	10,811	8,345	6,750
15.	17,708	16,766	11,532	8,891	7,186
16.	18,813	17,855	12,254	9,437	7,623
17.	19,919	18,945	12,975	9,983	8,060
18.	21,025	20,034	13,696	10,529	8,496
19.	22,131	21,123	14,418	11,075	8,933
20.		22,212	15,139	11,621	9,370
21.		23,301	15,861	12,167	9,806
22.			16,582	12,713	10,243
23.			17,303	13,259	10,680

24.			18,025	13,806	11,116
25.			18,746	14,352	11,553
26.			19,468	14,898	11,990
27.			20,189	15,444	12,426
28.			20,910	15,990	12,863
29.			21,632	16,536	13,300
30.			22,353	17,082	13,736
31.			23,075	17,628	14,173
32.			23,796	18,174	14,609
33.				18,720	15,046
34.				19,266	15,483
35.				19,812	15,919
36.				20,358	16,356
37.				20,904	16,793
38.				21,451	17,229
39.				21,997	17,666
40.				22,543	17,884
41.					18,321
42.					18,758
43.					19,194
44.					19,631
45.					20,068
46.					20,504
47.					20,941
48.					21,378
49.					21,814
50.					22,251
51.					22,688
52.					23,124

Приложение для главы 4.

Таблица П.4.1. Сравнение вычисленных значений теплопроводности ($\lambda \cdot 10^3$, Вт/(мК)) системы водопроводная вода и герметик в зависимости от температуры и давления

Растворы	Т=293К; Р=4,91МПа			Т=293К; Р=29,25МПа			Т=413К; Р=4,91МПа			Т=413К; Р=29,25МПа		
	$\lambda_{\text{экс.}}$	$\lambda_{\text{рас.}}$	σ , %	$\lambda_{\text{экс.}}$	$\lambda_{\text{рас.}}$	σ , %	$\lambda_{\text{экс.}}$	$\lambda_{\text{рас.}}$	σ , %	$\lambda_{\text{экс.}}$	$\lambda_{\text{рас.}}$	σ , %

Обр. №1	631,5	650,4	2,99	679,3	679,2	0,01	704,5	705,8	0,18	741,6	736,9	0,63
Обр. №2	648,7	666,5	2,74	698,1	696,1	0,29	724,7	723,3	0,19	753,8	755,3	0,2
Обр. №3	675,3	683,3	1,18	717,8	713,6	0,59	742,3	741,5	0,11	774,9	761,9	1,68
Обр. №4	695,2	700,7	0,79	747,9	731,7	2,17	755,1	760,3	0,69	795,7	781,3	1,81
Обр. №5	713,6	718,7	0,7	762,5	750,5	1,57	781,2	779,8	0,18	815,5	801,3	1,74
Обр. №6	739,2	739,2	0,3	781,4	769,9	1,47	806,8	799,8	0,77	838,2	822,0	1,22
	T=453K; P=4,91МПа			T=453K; P=29,25МПа			T=573K; P=4,91МПа			T=573K; P=29,25МПа		
Обр. №1	700,4	703,3	0,41	730,8	734,7	0,53	616,7	622,8	0,99	675,3	661,1	2,1
Обр. №2	711,0	720,7	1,36	745,3	752,7	0,99	638,5	638,1	0,06	702,2	677,2	3,6
Обр. №3	730,9	738,8	1,08	762,7	771,6	1,17	646,9	654,1	1,11	710,3	694,3	2,3
Обр. №4	744,3	757,6	1,79	785,0	791,2	0,79	672,8	670,8	0,29	731,5	711,8	2,7
Обр. №5	770,2	777,1	0,90	802,8	811,5	1,08	687,5	687,9	0,06	751,3	730,2	2,8
Обр. №6	795,2	797,2	0,25	830,1	832,5	0,29	722,3	715,7	0,91	779,1	759,9	2,5

Таблица П.4.2. Сравнение вычисленных значения ($C_p, Дж/(кг \cdot K)$) системы водопроводная вода +герметик в зависимости от температуры и давления

Растворы	T=293K; P=4.91МПа			T=293K; P=29.25МПа			T=413K; P=4.91МПа			T=413K; P=29.25МПа		
	С.рас.	С.экс.	$\Delta\%$	С.рас.	С.экс.	$\Delta\%$	С.рас.	С.экс.	$\Delta\%$	С.рас.	С.экс.	$\Delta\%$
Обр. №1	582.24	640	9.03	392.5	380	3.3	2355.7	2340	0.67	1588.04	1680	5.47
Обр. №2	553.13	600	7.8	372.9	360	3.6	2237.9	2100	6.57	1508.64	1500	0.57
Обр. №3	524.02	560	6.4	353.2	330	7.04	2120.2	2080	1.9	1429.23	1320	8.28
Обр. №4	494.9	520	4.8	333.6	320	4.3	2002.4	1940	3.2	1349.8	1240	8.86
Обр. №5	465.8	510	8.7	313.99	290	8.27	1884.59	1840	2.4	1270.4	1180	7.66
Обр. №6	436.7	480	9.02	294.4	280	5.13	1766.81	1790	1.3	1191.03	1160	2.67
Растворы	T=453K; P=4.91МПа			T=453K; P=29.25МПа			T=573K; P=4.91МПа			T=573K; P=29.25МПа		
	С.рас.	С.экс.	$\Delta\%$	С.рас.	С.экс.	$\Delta\%$	С.рас.	С.экс.	$\Delta\%$	С.рас.	С.экс.	$\Delta\%$
Обр. №1	3004.7	2900	3.6	2025.5	2200	7.9	5124.6	4860	5.4	3454.6	3680	6.1
Обр. №2	2854.4	2760	3.4	1924.2	2090	7.9	4868.4	4800	1.4	3281.8	3600	8.8
Обр. №3	2704.2	2720	0.6	1822.9	1700	7.2	4612.2	4660	1.02	3109.2	3400	8.5
Обр. №4	2554	2600	1.8	1721.6	1670	3.1	4355.9	4560	4.5	2936.4	3200	8.2

Обр. №5	2404	2550	5.7	1620.4	1590	1.9	4099.7	4420	7.2	2763.7	2940	5.99
Обр. №6	2253.5	2450	8.02	1519.1	1460	4.04	3843.5	4220	8.9	2590.9	2780	6.8

Таблица П4.3. Сравнение вычисленных значения электропроводности (σ , См*м⁻¹) водопроводная вода+герметик

Растворы	Т=293К			Т=313К			Т=323К			Т=338К		
	$\sigma_{\text{экс.}}$	$\sigma_{\text{рас.}}$	$\Delta\%$	$\sigma_{\text{экс.}}$	$\sigma_{\text{рас.}}$	$\Delta\%$	$\sigma_{\text{экс.}}$	$\sigma_{\text{рас.}}$	$\Delta\%$	$\sigma_{\text{экс.}}$	$\sigma_{\text{рас.}}$	$\Delta\%$
Обр. №1	0,2	0,2	0,8	0,25	0,23	8,62	0,28	0,26	9,18	0,314	0,29	6,29
Обр. №2	0,2	0,2	7,8	0,28	0,24	16,5	0,30	0,26	14,77	0,325	0,3	9,12
Обр. №3	0,2	0,2	7,8	0,25	0,25	0,55	0,27	0,28	1,97	0,316	0,32	0,29
Обр. №4	0,3	0,2	16,7	0,31	0,28	13,65	0,34	0,31	12,2	0,369	0,34	6,29
Обр. №5	0,3	0,3	26,2	0,35	0,32	12,17	0,37	0,35	7,5	0,428	0,39	8,63
Обр. №6	0,3	0,3	10,5	0,4	0,36	8,5	0,42	0,40	4,4	0,466	0,46	2,27

Таблица П4.4. Погрешность расчета коэффициента адсорбции герметика увлажнённым водой родника «Зонга»

$$G = \left(\left(\frac{t}{t_1} \right) + c \right) (At + B) \text{ моль/г} \quad (\text{П.1})$$

№	1 (гр)			2 (гр)			3 (гр)		
	$\Gamma_{\text{эксп.}}$	$\Gamma_{\text{выч.}}$	σ (%)	$\Gamma_{\text{эксп.}}$	$\Gamma_{\text{выч.}}$	σ (%)	$\Gamma_{\text{эксп.}}$	$\Gamma_{\text{выч.}}$	σ (%)
1.	1,63	1,33	18,40	1,16	1,29	11,20	1,01	1,04	2,97
2.	2,42	2,20	9,09	1,95	2,12	8,71	1,49	1,61	8,05
3.	3,21	3,06	4,67	2,74	2,95	7,66	2,01	2,18	8,45
4.	4,14	3,93	5,07	3,53	3,77	6,79	2,54	2,75	8,26
5.	4,93	4,80	2,63	4,32	4,60	6,48	3,07	3,31	7,81
6.	5,72	5,67	0,87	5,11	5,43	6,26	3,60	3,88	7,77
7.	6,51	6,54	0,46	5,90	6,26	6,10	4,13	4,45	7,74
8.	7,30	7,40	1,36	6,69	7,09	5,97	4,66	5,02	7,72
9.	8,08	8,28	2,47	7,48	7,92	5,88	5,19	5,59	7,70

10.	8,87	9,14	3,04	8,27	8,75	5,80	5,72	6,16	7,69
11.	9,66	10,01	3,62	9,06	9,58	5,73	6,25	6,73	7,68
12.	10,45	10,87	4,01	9,85	10,40	5,58	6,78	7,30	7,66
13.	11,24	11,75	4,53	10,64	11,23	5,54	7,31	7,87	7,66
14.	12,03	12,61	4,82	11,43	12,06	5,51	7,84	8,44	7,65
15.	12,82	13,48	5,14	12,22	12,89	5,48	8,37	9,01	7,64
16.	13,61	14,34	5,36	13,01	13,72	5,45	8,90	9,58	7,64
17.	14,40	15,22	5,69	13,80	14,55	5,43	9,43	10,15	7,63
18.	15,19	16,08	5,85	14,59	15,37	5,34	9,96	10,72	7,63
19.	15,98	16,95	6,07	15,38	16,20	5,33	10,49	11,29	7,62
20.	16,77	17,82	6,26	16,17	17,03	5,31	11,02	11,86	7,62
21.	17,56	18,69	6,43	16,96	17,86	5,30	11,55	12,43	7,61
22.				17,75	18,69	5,29	12,08	13,00	7,61
23.							12,61	13,57	7,61
24.							13,14	14,14	7,61
25.							13,67	14,70	7,53
26.							14,20	15,27	7,53
27.							14,73	15,84	7,53
28.							15,16	16,41	8,24
29.							15,79	16,98	7,53
30.							16,32	17,55	7,53
31.							16,85	18,12	7,53
32.							17,38	18,69	7,53

Продолжение таблица П4.4.

№	4(гр)			5(гр)		
	$\Gamma_{\text{эксп.}}$	$\Gamma_{\text{выч.}}$	$\eta(\%)$	$\Gamma_{\text{эксп.}}$	$\Gamma_{\text{выч.}}$	$\eta(\%)$
1.	1,05	0,90	14,28	1,07	0,81	24,2
2.	1,42	1,33	6,33	1,38	1,16	15,9

3.	1,81	1,76	2,76	1,69	1,52	10,0
4.	2,21	2,20	0,45	2,01	1,86	7,46
5.	2,60	2,64	1,53	2,32	2,22	4,31
6.	3,00	3,06	2,00	2,64	2,56	3,03
7.	3,39	3,50	3,24	2,96	2,92	1,35
8.	3,78	3,93	3,96	3,27	3,27	0,00
9.	4,18	4,37	4,54	3,59	3,62	0,83
10.	4,58	4,80	4,80	3,90	3,97	1,79
11.	4,97	5,23	5,23	4,22	4,32	2,36
12.	5,36	5,67	5,78	4,53	4,67	3,09
13.	5,76	6,11	6,07	4,85	5,03	3,71
14.	6,16	6,54	6,16	5,16	5,37	4,06
15.	6,55	6,97	6,41	5,48	5,72	4,37
16.	6,95	7,40	6,47	5,80	6,08	4,82
17.	7,34	7,84	6,81	6,11	6,42	5,07
18.	7,73	8,28	7,11	6,43	6,78	5,44
19.	8,12	8,70	7,14	6,74	7,12	5,63
20.	8,53	9,14	7,15	7,06	7,48	5,94
21.	8,92	9,58	7,39	7,37	7,83	6,24
22.	9,32	10,01	7,40	7,69	8,18	6,37
23.	9,70	10,44	7,62	8,00	8,53	6,62
24.	10,10	10,87	7,62	8,32	8,88	6,73
25.	10,49	11,31	7,81	8,64	9,23	6,82
26.	10,88	11,75	7,99	8,95	9,59	7,15
27.	11,28	12,18	7,97	9,27	9,93	7,11
28.	11,67	12,61	8,05	9,58	10,28	7,30
29.	12,07	13,04	8,03	9,90	10,63	7,37
30.	12,46	13,48	8,18	10,21	10,98	7,54
31.	12,86	13,92	8,24	10,53	11,34	7,69

32.	13,25	14,34	8,22	10,84	11,68	7,74
33.	13,65	14,78	8,27	11,16	12,04	7,88
34.	14,04	15,22	8,40	11,48	12,38	7,83
35.	14,44	15,65	8,37	11,79	12,74	8,05
36.	14,83	16,08	8,42	12,11	13,09	8,09
37.	15,23	16,51	8,40	12,42	13,44	8,21
38.	15,62	16,95	8,51	12,74	13,79	8,24
39.	16,02	17,39	8,55	13,05	14,14	8,35
40.	16,41	17,82	8,59	13,37	14,49	8,37
41.	16,81	18,25	8,56	13,68	14,84	8,47
42.	17,20	18,69	8,66	14,00	15,19	8,50
43.				14,32	15,54	8,51
44.				14,63	15,90	8,68
45.				14,95	16,24	8,62
46.				15,26	16,60	8,78
47.				15,58	16,94	8,72
48.				15,89	17,30	8,87
49.						
50.				16,21	17,65	8,88
51.				16,52	18,00	8,95
52.				16,84	18,35	8,96

Таблица П4.5. Погрешность расчета коэффициента адсорбции герметика увлажнённым водой родника «Ширгина»

$$G = \left(\left(\frac{t}{t_1} \right) + c \right) (Am + B). \quad \text{моль/г} \quad (\text{П.2})$$

№	1 (гр)			2 (гр)			3 (гр)		
	$\Gamma_{\text{ЭКСП.}}$	$\Gamma_{\text{ВЫЧ.}}$	σ (%)	$\Gamma_{\text{ЭКСП.}}$	$\Gamma_{\text{ВЫЧ.}}$	σ (%)	$\Gamma_{\text{ЭКСП.}}$	$\Gamma_{\text{ВЫЧ.}}$	σ (%)
1.	1,800	1,529	15,00	1,390	1,46	5,51	1,130	1,13	0,00
2.	2,580	2,419	6,20	2,180	2,30	5,56	1,650	1,64	0,60
3.	3,370	3,309	1,78	2,960	3,13	5,93	2,180	2,15	1,37

4.	4,160	4,199	0,95	3,750	3,97	5,87	2,710	2,66	1,84
5.	4,950	5,089	2,82	4,540	4,80	5,72	3,230	3,17	1,85
6.	5,740	5,979	4,17	5,330	5,63	5,62	3,760	3,69	1,86
7.	6,530	6,869	5,19	6,120	6,47	5,71	4,280	4,19	2,10
8.	7,320	7,759	5,99	6,910	7,30	5,64	4,810	4,70	2,28
9.	8,110	8,649	6,64	7,700	8,14	5,71	5,340	5,21	2,43
10.	8,900	9,539	7,17	8,490	8,97	5,65	5,860	5,72	2,38
11.	9,680	10,429	7,73	9,280	9,81	5,71	6,390	6,23	2,50
12.	10,47	11,319	8,10	10,06	10,64	5,76	6,910	6,74	2,46
13.	11,26	12,209	8,42	10,85	11,48	5,80	7,440	7,25	2,55
14.	12,05	13,099	8,70	11,64	12,31	5,75	7,970	7,76	2,63
15.	12,84	13,989	8,94	12,43	13,15	5,79	8,490	8,27	2,59
16.	13,63	14,879	9,16	13,22	13,98	5,74	9,020	8,78	2,66
17.	14,42	15,769	9,35	14,01	14,82	5,78	9,540	9,29	2,62
18.	15,21	16,659	9,52	14,80	15,65	5,74	10,07	9,80	2,68
19.	16,00	17,549	9,68	15,59	16,48	5,70	10,60	10,31	2,73
20.	16,78	18,439	9,88	16,38	17,32	5,73	11,12	10,82	2,69
21.	-	-	-	17,16	18,15	5,78	11,65	11,33	2,74
22.	-	-	-	-	-	-	12,17	11,84	2,71
23.	-	-	-	-	-	-	12,70	12,35	2,75
24.	-	-	-	-	-	-	13,22	12,86	2,72
25.	-	-	-	-	-	-	13,75	13,37	2,76
26.	-	-	-	-	-	-	14,28	13,88	2,80
27.	-	-	-	-	-	-	14,80	14,39	2,77
28.	-	-	-	-	-	-	15,33	14,90	2,80
29.	-	-	-	-	-	-	15,85	15,41	2,77
30.	-	-	-	-	-	-	16,38	15,92	2,80
31.	-	-	-	-	-	-	16,91	16,43	2,83

Продолжение таблица П4.5.

№	4(гр)			5(гр)		
	Г _{эксп.}	Г _{выч.}	σ (%)	Г _{эксп.}	Г _{выч.}	σ (%)
1.	1,080	0,99	8,33	1,020	0,92	9,80
2.	1,360	1,38	1,47	1,202	1,24	3,16
3.	1,760	1,76	0,00	1,510	1,56	3,31
4.	2,150	2,15	0,00	1,830	1,88	2,73
6.	2,550	2,53	0,78	2,140	2,19	2,33
7.	2,940	2,91	1,02	2,460	2,51	2,03
8.	3,330	3,30	0,90	2,780	2,83	1,79
9.	3,730	3,68	1,34	3,090	3,15	1,94
10.	4,120	4,06	1,45	3,410	3,47	1,75
11.	4,520	4,45	1,54	3,720	3,78	1,61
12.	4,910	4,83	1,62	4,040	4,10	1,48
13.	5,310	5,21	1,88	4,350	4,42	1,60
14.	5,705	5,60	1,84	4,670	4,74	1,49
15.	6,100	5,98	1,96	4,980	5,06	1,60
16.	6,490	6,36	2,00	5,300	5,37	1,32
17.	6,880	6,75	1,43	5,620	5,69	1,24
18.	7,280	7,13	2,06	5,930	6,01	1,34
19.	7,670	7,52	1,95	6,250	6,33	1,28
20.	8,070	7,90	2,10	6,560	6,65	1,37
21.	8,460	8,28	2,12	6,880	6,97	1,30
22.	8,860	8,67	2,14	7,190	7,28	1,25
23.	9,250	9,05	2,16	7,510	7,60	1,19
24.	9,650	9,43	2,27	7,820	7,92	1,27
25.	10,04	9,82	2,19	8,140	8,24	1,22
26.	10,4	10,20	2,20	8,460	8,56	1,18
27.	10,83	10,58	2,30	8,770	8,87	1,14
28.	11,22	10,97	2,22	9,090	9,19	1,10

1.	1,24	1,39	12,09	1,63	1,73	6,13	1,50	1,49	0,67
2.	2,82	2,56	9,22	2,42	2,49	2,89	2,03	2,01	0,99
3.	3,61	3,37	6,65	3,21	3,26	1,56	2,55	2,53	0,78
4.	4,40	4,17	5,23	4,00	4,03	0,75	3,08	3,05	0,97
5.	5,18	4,97	4,05	4,79	4,79	0,00	3,61	3,57	1,11
6.	5,97	5,78	3,18	5,58	5,56	0,36	4,13	4,09	0,97
7.	6,76	6,58	2,66	6,37	6,33	0,63	4,66	4,62	0,86
8.	7,55	7,38	2,25	7,16	7,10	0,84	5,18	5,13	0,97
9.	8,34	8,19	1,80	7,95	7,86	1,13	5,71	5,66	0,88
10.	9,13	8,99	1,53	8,73	8,63	1,15	6,24	6,17	1,12
11.	9,92	9,79	1,31	9,52	9,40	1,26	6,76	6,70	0,89
12.	10,72	10,59	1,21	10,31	10,17	1,36	7,29	7,22	0,96
13.	11,51	11,40	0,96	11,10	10,93	1,53	7,81	7,74	0,90
14.	12,3	12,20	0,81	11,89	11,70	1,60	8,34	8,26	0,96
15.	13,08	13,00	0,61	12,68	12,47	1,66	8,87	8,78	1,01
16.	13,87	13,81	0,43	13,47	13,23	1,78	9,39	9,30	0,96
17.	14,66	14,61	0,34	14,26	14,00	1,82	9,92	9,82	1,01
18.	15,45	15,41	0,26	15,05	14,76	1,93	10,44	10,34	0,96
19.	16,24	16,22	0,12	15,83	15,54	1,83	10,97	10,87	0,91
20.	17,03	17,02	0,06	16,67	16,30	2,22	11,5	11,38	1,04
21.				17,41	17,07	1,95	12,02	11,91	0,92
22.							12,55	12,43	0,96
23.							13,07	12,95	0,92
24.							13,60	13,47	0,96
25.							14,12	13,99	0,92
26.							14,65	14,51	0,96
27.							15,18	15,03	0,99
28.							15,70	15,55	0,96
29.							16,23	16,08	0,92

30.							16,75	16,59	0,96
31.							17,28	17,12	0,93

Продолжение таблица **П4.6.**

№	4(гр)			5(гр)		
	$\Gamma_{\text{эксп.}}$	$\Gamma_{\text{выч.}}$	σ (%)	$\Gamma_{\text{эксп.}}$	$\Gamma_{\text{выч.}}$	σ (%)
1.	1,19	1,36	14,29	1,14	1,28	12,28
2.	1,63	1,76	7,98	1,46	1,60	9,59
3.	2,03	2,15	5,91	1,77	1,90	7,34
4.	2,42	2,55	5,37	2,09	2,22	6,22
5.	2,82	2,94	4,26	2,40	2,53	5,42
6.	3,21	3,34	4,05	2,72	2,85	4,78
7.	3,61	3,73	3,32	3,03	3,16	4,29
8.	4,00	4,13	3,25	3,35	3,47	3,58
9.	4,40	4,52	2,73	3,66	3,78	3,28
10.	4,79	4,92	2,71	3,98	4,10	3,02
11.	5,18	5,32	2,70	4,29	4,41	2,80
12.	5,58	5,71	2,33	4,61	4,72	2,39
13.	5,97	6,10	2,18	4,92	5,03	2,24
14.	6,37	6,50	2,04	5,24	5,34	1,91
15.	6,76	6,90	2,07	5,55	5,66	1,98
16.	7,16	7,29	1,82	5,87	5,97	1,70
17.	7,56	7,68	1,59	6,18	6,28	1,62
18.	7,95	8,08	1,64	6,50	6,59	1,38
19.	8,34	8,48	1,68	6,81	6,91	1,47
20.	8,73	8,87	1,60	7,13	7,22	1,26
21.	9,13	9,26	1,42	7,44	7,53	1,21
22.	9,52	9,66	1,47	7,76	7,84	1,03
23.	9,92	10,06	1,41	8,07	8,16	1,12
24.	10,31	10,45	1,36	8,39	8,47	0,95

25.	10,71	10,85	1,31	8,70	8,79	1,03
26.	11,10	11,24	1,26	9,02	9,09	0,78
27.	11,50	11,64	1,22	9,33	9,40	0,75
28.	11,89	12,03	1,18	9,65	9,72	0,73
29.	12,28	12,43	1,22	9,96	10,03	0,70
30.	12,68	12,82	1,10	10,28	10,35	0,68
31.	13,07	13,21	1,07	10,59	10,65	0,57
32.	13,47	13,61	1,04	10,91	10,97	0,55
33.	13,86	14,01	1,08	11,22	11,28	0,53
34.	14,26	14,41	1,05	11,54	11,60	0,52
35.	14,65	14,79	0,96	11,85	11,90	0,42
36.	15,05	15,19	0,93	12,17	12,22	0,41
37.	15,44	15,59	0,97	12,48	12,53	0,40
38.	15,83	15,99	1,01	12,80	12,85	0,39
39.	16,23	16,37	0,86	13,11	13,16	0,38
40.	16,62	16,77	0,90	13,43	13,46	0,22
41.	17,02	17,17	0,88	13,74	13,78	0,29
42.				14,06	14,09	0,21
43.				14,37	14,41	0,28
44.				14,69	14,72	0,20
45.				15,00	15,03	0,20
46.				15,32	15,34	0,13
47.				15,63	15,66	0,19
48.				15,95	15,97	0,13
49.				16,26	16,28	0,12
50.				16,58	16,59	0,06
51.				16,89	16,91	0,12
52.				17,23	17,22	0,06

Таблица П4.7. Погрешность расчета коэффициента адсорбции герметика увлажнённым водой реки Душанбе

$$\Gamma = \left(\left(\frac{t}{t_1} \right) + c \right) (Am + B), \quad \text{моль/г} \quad (\text{П.4})$$

№	1 (гр)			2 (гр)			3 (гр)		
	$\Gamma_{\text{эксп.}}$	$\Gamma_{\text{выч.}}$	σ (%)	$\Gamma_{\text{эксп.}}$	$\Gamma_{\text{выч.}}$	σ (%)	$\Gamma_{\text{эксп.}}$	$\Gamma_{\text{выч.}}$	σ (%)
1.	0,600	0,830	38,3	0,790	0,880	11,3	0,920	0,650	29,3
2.	1,310	1,560	19,0	1,570	1,660	5,73	1,450	1,210	16,5
3.	2,100	2,300	9,52	2,360	2,440	3,38	1,980	1,760	11,1
4.	2,870	3,030	5,57	3,150	3,220	2,22	2,510	2,310	7,96
5.	3,670	3,770	2,72	3,940	4,000	1,52	3,040	2,860	5,92
6.	4,450	4,500	1,12	4,730	4,780	1,13	3,570	3,310	7,28
7.	5,240	5,240	0,00	5,520	5,560	0,79	4,100	3,850	6,15
8.	6,030	5,970	0,89	6,310	6,340	0,54	4,630	4,380	5,34
9.	6,820	6,710	1,50	7,100	7,120	0,28	5,160	4,920	4,70
10.	7,610	7,440	2,16	7,880	7,900	0,25	5,690	5,450	4,18
11.	8,400	8,180	2,61	8,680	8,680	0,00	6,220	5,990	3,75
12.	9,190	8,910	2,99	9,470	9,460	0,10	6,750	6,520	3,38
13.	9,980	9,640	3,31	10,26	10,24	0,13	7,280	7,060	3,07
14.	10,76	10,38	3,49	11,05	11,02	0,21	7,810	7,590	2,80
15.	11,55	11,11	3,73	11,83	11,79	0,33	8,340	8,130	2,57
16.	12,34	11,85	3,94	12,62	12,58	0,31	8,870	8,660	2,36
17.	13,13	12,5	4,18	13,41	13,36	0,37	9,400	9,200	2,17
18.	13,92	13,32	4,29	14,21	14,14	0,49	9,930	9,730	2,01
19.	14,71	14,05	4,43	15,00	14,92	0,53	10,46	10,27	1,86
20.	15,50	14,79	4,57	15,79	15,70	0,56	10,99	10,80	1,73
21.	16,28	15,52	4,63	16,58	16,48	0,60	11,52	11,33	1,61
22.	17,07	16,26	4,74	17,37	17,26	0,63	12,05	11,87	1,50
23.	-	-	-	-	-	-	12,58	12,40	1,40
24.	-	-	-	-	-	-	13,11	12,94	1,30

25.	-	-	-	-	-	-	13,64	13,47	1,22
26.	-	-	-	-	-	-	14,17	14,01	1,14
27.	-	-	-	-	-	-	14,70	14,54	1,07
28.	-	-	-	-	-	-	15,23	15,08	1,00
29.	-	-	-	-	-	-	15,76	15,61	0,93
30.	-	-	-	-	-	-	16,29	16,15	0,87
31.	-	-	-	-	-	-	16,82	16,68	0,82
32.	-	-	-	-	-	-	17,35	17,22	0,77

Продолжение таблица П4.7.

№	4(гр)			5(гр)		
	$\Gamma_{\text{эксп.}}$	$\Gamma_{\text{выч.}}$	σ (%)	$\Gamma_{\text{эксп.}}$	$\Gamma_{\text{выч.}}$	σ (%)
1.	0,990	0,540	45,4	1,000	0,480	52,00
2.	1,390	0,980	29,4	1,310	0,830	36,00
3.	1,780	1,410	20,7	1,630	1,200	26,30
4.	2,100	1,850	11,9	1,940	1,560	19,30
5.	2,400	2,200	8,30	2,260	1,920	15,00
6.	2,800	2,620	6,42	2,580	2,290	11,10
7.	3,200	3,040	5,00	2,890	2,660	7,900
8.	3,600	3,460	3,88	3,200	3,030	5,300
9.	4,040	3,880	3,00	3,510	3,40	3,130
10.	4,540	4,300	2,27	3,820	3,770	1,300
11.	4,990	4,730	5,20	4,150	4,140	0,240
12.	5,390	5,150	5,15	4,470	4,500	0,670
13.	5,790	5,570	3,79	4,780	4,860	1,600
14.	6,190	5,990	3,21	5,100	5,220	2,350
15.	6,590	6,410	2,70	5,420	5,580	2,950
16.	6,990	6,830	2,26	5,730	5,940	3,660
17.	7,390	7,250	1,86	6,040	6,300	4,300
18.	7,790	7,670	1,50	6,360	6,650	4,700

19.	8,190	8,090	1,18	6,680	7,020	5,080
20.	8,590	8,510	0,93	6,990	7,380	5,570
21.	8,990	8,930	0,66	7,310	7,740	5,880
22.	9,390	9,350	0,42	7,620	8,100	6,290
23.	9,790	9,770	0,20	7,940	8,460	6,540
24.	10,19	10,19	0,00	8,250	8,820	6,900
25.	10,59	10,61	0,18	8,570	9,180	7,110
26.	10,99	11,03	0,36	8,880	9,540	7,430
27.	11,39	11,45	0,52	9,200	9,900	7,600
28.	11,79	11,87	0,67	9,520	10,26	7,770
29.	12,19	12,29	0,82	9,830	10,62	7,940
30.	12,59	12,71	0,95	10,15	10,98	8,110
31.	12,99	13,13	1,07	10,46	11,34	8,280
32.	13,39	13,55	1,19	10,78	11,70	8,450
33.	13,79	13,97	1,30	11,09	12,06	8,620
34.	14,19	14,39	1,40	11,41	12,42	8,790
35.	14,59	14,81	1,50	11,72	12,78	8,960
36.	14,99	15,23	1,60	12,04	13,14	9,130
37.	15,39	15,65	1,68	12,36	13,50	9,220
38.	15,79	16,07	1,77	12,67	13,86	9,390
39.	16,19	16,49	1,85	12,99	14,22	9,460
40.	16,59	16,91	1,92	13,30	14,58	9,620
41.	17,00	17,33	1,94	13,62	14,94	9,690
42.	-	-	-	13,94	15,30	9,750
43.	-	-	-	14,26	15,66	9,810
44.	-	-	-	14,58	16,02	9,870
45.	-	-	-	14,88	16,38	10,08
46.	-	-	-	15,20	16,74	10,13
47.	-	-	-	15,51	17,10	10,25

48.	-	-	-	15,83	17,46	10,29
49.	-	-	-	16,15	17,82	10,34
50.	-	-	-	16,46	18,18	10,44
51.	-	-	-	16,77	18,54	10,55
52.	-	-	-	17,09	18,90	10,59

Таблица П4.8. Расчет погрешность коэффициент набухание герметика увлажнённым водой родника «Ширгина»

$$\eta = \frac{\gamma_{\text{выч.}} - \gamma_{\text{экс.}}}{\gamma_{\text{экс.}}} \cdot 100\% \quad (\text{П.5})$$

№	1 (гр)			2 (гр)			3 (гр)		
	$\gamma_{\text{эксп.}}$	$\gamma_{\text{выч.}}$	σ (%)	$\gamma_{\text{эксп.}}$	$\gamma_{\text{выч.}}$	σ (%)	$\gamma_{\text{эксп.}}$	$\gamma_{\text{выч.}}$	σ (%)
1.	0,107	0,087	18,6	0,081	0,084	3,70	0,067	0,071	5,97
2.	0,154	0,132	14,2	0,127	0,134	5,51	0,098	0,104	6,12
3.	0,201	0,192	4,47	0,172	0,184	6,97	0,129	0,137	6,20
4.	0,248	0,244	1,61	0,218	0,234	7,33	0,160	0,171	6,87
5.	0,295	0,296	0,33	0,264	0,283	7,19	0,191	0,204	6,80
6.	0,342	0,349	2,04	0,310	0,333	7,41	0,222	0,237	6,75
7.	0,389	0,401	3,08	0,356	0,383	7,58	0,253	0,270	6,71
8.	0,436	0,454	4,12	0,402	0,433	7,71	0,284	0,304	7,04
9.	0,483	0,506	4,76	0,448	0,483	7,81	0,315	0,337	6,98
10.	0,530	0,558	5,28	0,494	0,532	7,69	0,346	0,370	6,93
11.	0,577	0,611	5,89	0,540	0,582	7,77	0,378	0,404	6,87
12.	0,624	0,663	6,25	0,586	0,632	7,84	0,409	0,437	6,84
13.	0,671	0,716	6,70	0,632	0,681	7,75	0,440	0,470	6,81
14.	0,718	0,768	6,96	0,678	0,731	7,81	0,471	0,504	7,00
15.	0,765	0,821	7,32	0,724	0,781	7,87	0,502	0,537	6,97
16.	0,812	0,873	7,51	0,770	0,831	7,92	0,533	0,570	6,94
17.	0,859	0,926	7,79	0,816	0,881	7,96	0,564	0,604	7,09
18.	0,906	0,978	7,94	0,862	0,931	8,00	0,595	0,637	7,05

19	0,953	1,031	8,18	0,908	0,980	7,92	0,626	0,670	7,02
20	1,000	1,083	8,30	0,954	1,030	7,96	0,657	0,703	7,00
21				1,000	1,080	8,00	0,689	0,737	6,96
22							0,720	0,770	6,94
23							0,751	0,803	6,92
24							0,782	0,837	7,03
25							0,813	0,870	7,01
26							0,844	0,903	6,99
27							0,875	0,937	7,08
28							0,906	0,970	7,06
29							0,937	1,003	7,04
30							0,968	1,036	7,02
31							1,000	1,070	7,00

Продолжение таблица **П4.8.**

№	4 (гр)			5 (гр)		
	$\gamma_{\text{эксп.}}$	$\gamma_{\text{выч.}}$	σ (%)	$\gamma_{\text{эксп.}}$	$\gamma_{\text{выч.}}$	σ (%)
1.	0,064	0,058	-9,37	0,062	0,055	-11,2
2.	0,081	0,082	1,23	0,073	0,075	2,73
3.	0,105	0,106	0,95	0,092	0,095	3,26
4.	0,128	0,129	0,78	0,112	0,115	2,67
5.	0,152	0,153	0,65	0,131	0,134	2,29
6.	0,175	0,177	1,14	0,150	0,154	2,66
7.	0,199	0,200	0,50	0,170	0,174	2,35
8.	0,222	0,224	0,90	0,189	0,194	2,64
9.	0,246	0,248	0,81	0,208	0,214	2,88
10.	0,269	0,271	0,74	0,227	0,234	3,08
11.	0,293	0,295	0,68	0,247	0,254	2,83

12.	0,317	0,319	0,63	0,266	0,274	3,00
13.	0,340	0,342	0,58	0,285	0,294	3,15
14.	0,364	0,366	0,54	0,305	0,314	2,95
15.	0,387	0,389	0,51	0,324	0,334	3,08
16.	0,411	0,413	0,48	0,343	0,354	3,20
17.	0,434	0,437	0,69	0,363	0,373	2,75
18.	0,458	0,460	0,43	0,382	0,393	2,87
19.	0,481	0,484	0,62	0,401	0,413	2,99
20.	0,505	0,508	0,59	0,420	0,433	3,09
21.	0,529	0,531	0,37	0,440	0,453	2,95
22.	0,552	0,555	0,54	0,459	0,473	3,05
23.	0,576	0,579	0,52	0,478	0,493	3,13
24.	0,599	0,602	0,50	0,498	0,513	3,01
25.	0,623	0,626	0,48	0,517	0,533	3,09
26.	0,646	0,650	0,61	0,536	0,553	3,17
27.	0,670	0,673	0,44	0,556	0,573	3,05
28.	0,693	0,697	0,57	0,575	0,593	3,13
29.	0,717	0,721	0,55	0,594	0,613	3,19
30.	0,740	0,744	0,54	0,613	0,632	3,09
31.	0,764	0,768	0,52	0,633	0,652	3,00
32.	0,788	0,791	0,38	0,652	0,672	3,06
33.	0,811	0,815	0,49	0,671	0,692	3,12
34.	0,835	0,839	0,47	0,691	0,712	3,03
35.	0,858	0,862	0,46	0,710	0,732	3,09
36.	0,882	0,886	0,45	0,729	0,752	3,15
37.	0,905	0,910	0,55	0,749	0,772	3,07
38.	0,929	0,933	0,43	0,768	0,792	3,12
39.	0,952	0,957	0,52	0,787	0,812	3,17
40.	0,976	0,981	0,51	0,806	0,832	3,22

41.	1,000	1,004	0,40	0,826	0,852	3,14
42.				0,845	0,872	3,19
43.				0,864	0,891	3,12
44.				0,884	0,911	3,05
45.				0,903	0,931	3,10
46.				0,922	0,951	3,14
47.				0,942	0,971	3,07
48.				0,961	0,991	3,12
49.				0,980	1,011	3,16
50.				1,000	1,031	3,10

Рт.14. КОЭФФИЦИЕНТ МАССОПЕРЕНОСА ГЕРМЕТИКА УВЛАЖНЕННЫМ РОДНИКОВЫХ ВОДОЙ

Для определения коэффициента массопереноса пэнтэласта используем уравнение

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

где S – площадь объект. Его определим с помощью объем цилиндра.

$$V = S \cdot H \Rightarrow S = V/H$$

Общая объем цилиндр $V = 19,25 \text{ см}^3$, для этой объем масса герметик $m = 13,415 \text{ гр.}$ С помощью двух полученных чисел определим плотность герметик, $\rho = 700 \text{ кг/м}^3$. Масса $m = 13,415 \text{ гр.}$ герметик занимает высотой цилиндра $h = 3 \text{ см.}$ Так как для 13,415 гр. общая высота герметик стало равно 3 см. Создаем пропорция и найдем высота для 1 гр. Герметик (ТНП). Для 1 гр. общая высота герметик равно 0,225 см.

Таблица П 4.9. Коэффициент массопереноса герметика увлажнённым водой родника “Зонга” $\left[\beta = \frac{m - m_0}{S \cdot t} \right], \text{ (кг/м}^2 \cdot \text{с)}$

Коэффициент массопереноса термического нанопорошка ТНП увлажнённым водой родника “Зонга” $\beta \cdot 10^{-5} \text{ (кг/м}^2 \cdot \text{с)}$

№	t (с)	$\beta \cdot 10^{-5}$				
		1 (гп)	2 (гп)	3 (гп)	4 (гп)	5 (гп)
1.	1800	2,486	3,442	4,903	5,633	6,068
2.	3600	1,860	2,956	3,686	4,051	4,268
3.	5400	1,651	2,793	3,280	3,524	3,668
4.	7200	1,547	2,712	3,077	3,260	3,368
5.	9000	1,484	2,663	2,956	3,102	3,189
6.	10800	1,443	2,631	2,874	2,996	3,069
7.	12600	1,413	2,608	2,816	2,921	2,983
8.	14400	1,391	2,590	2,773	2,864	2,919
9.	16200	1,373	2,577	2,739	2,820	2,869
10.	18000	1,359	2,566	2,712	2,785	2,829
11.	19800	1,348	2,557	2,690	2,756	2,796
12.	21600	1,338	2,550	2,672	2,732	2,769
13.	23400	1,330	2,544	2,656	2,712	2,746
14.	25200	1,323	2,538	2,643	2,695	2,726
15.	27000	1,318	2,534	2,631	2,680	2,709
16.	28800	1,312	2,529	2,621	2,666	2,694
17.	30600	1,308	2,526	2,612	2,655	2,680
18.	32400	1,304	2,523	2,604	2,645	2,669
19.	34200	1,300	2,520	2,597	2,635	2,658
20.	36000		2,517	2,590	2,627	2,649
21.	37800		2,515	2,585	2,619	2,640
22.	39600			2,579	2,613	2,632
23.	41400			2,575	2,606	2,625
24.	43200			2,570	2,601	2,619
25.	45000			2,566	2,595	2,613
26.	46800			2,562	2,590	2,607
27.	48600			2,559	2,586	2,602

28.	50400			2,556	2,582	2,597
29.	52200			2,553	2,578	2,593
30.	54000			2,550	2,574	2,589
31.	55800			2,547	2,571	2,585
32.	57600			2,545	2,568	2,581
33.	59400				2,565	2,578
34.	61200				2,562	2,575
35.	63000				2,559	2,571
36.	64800				2,557	2,569
37.	66600				2,554	2,566
38.	68400				2,552	2,563
39.	70200				2,550	2,561
40.	72000				2,548	2,528
41.	73800				2,546	2,526
42.	75600					2,525
43.	77400					2,524
44.	79200					2,522
45.	81000					2,521
46.	82800					2,520
47.	84600					2,519
48.	86400					2,518
49.	88200					2,517
50.	90000					2,516
51.	91800					2,515
52.	93600					2,514

Таблица П 4.10. Коэффициент массопереноса термического нанопорошка (ТНП) увлажнённым водой родника «Ямчуна» $\left[\beta = \frac{m - m_0}{S \cdot t} \right]$, (кг/м²·с)

№	Коэффициент массопереноса термического нанопорошка (ТНП) увлажнённым водой родника «Ямчуна» $\beta \cdot 10^{-5}$ (кг/м ² ·с)					
	t (с)	$\beta \cdot 10^{-5}$ 1 (гр)	$\beta \cdot 10^{-5}$ 2 (гр)	$\beta \cdot 10^{-5}$ 3 (гр)	$\beta \cdot 10^{-5}$ 4 (гр)	$\beta \cdot 10^{-5}$ 5 (гр)
1.	1800	2,782	3,478	4,357	6,242	7,824
2.	3600	2,008	2,974	3,413	4,355	5,146
3.	5400	1,750	2,806	3,098	3,726	4,254
4.	7200	1,621	2,722	2,941	3,412	3,808
5.	9000	1,544	2,671	2,847	3,223	3,540
6.	10800	1,492	2,638	2,784	3,098	3,361
7.	12600	1,456	2,613	2,739	3,008	3,234
8.	14400	1,428	2,595	2,705	2,940	3,138
9.	16200	1,406	2,581	2,679	2,888	3,064
10.	18000	1,389	2,570	2,658	2,846	3,004
11.	19800	1,375	2,561	2,641	2,812	2,956
12.	21600	1,363	2,553	2,627	2,783	2,915
13.	23400	1,354	2,547	2,615	2,759	2,881
14.	25200	1,345	2,541	2,604	2,738	2,851
15.	27000	1,338	2,537	2,595	2,720	2,826
16.	28800	1,331	2,532	2,587	2,704	2,803
17.	30600	1,326	2,529	2,580	2,691	2,784
18.	32400	1,320	2,525	2,574	2,678	2,766
19.	34200	1,316	2,522	2,569	2,667	2,751
20.	36000	1,312	2,520	2,564	2,657	2,736
21.	37800	1,308	2,517	2,559	2,648	2,724
22.	39600	1,305	2,515	2,555	2,640	2,712
23.	41400		2,512	2,551	2,633	2,701

24.	43200			2,548	2,626	2,692
25.	45000			2,545	2,620	2,683
26.	46800			2,542	2,614	2,675
27.	48600			2,539	2,608	2,667
28.	50400			2,537	2,603	2,660
29.	52200			2,534	2,599	2,653
30.	54000			2,532	2,594	2,647
31.	55800			2,530	2,590	2,641
32.	57600			2,528	2,587	2,636
33.	59400				2,583	2,631
34.	61200				2,580	2,626
35.	63000				2,576	2,622
36.	64800				2,573	2,617
37.	66600				2,571	2,613
38.	68400				2,568	2,610
39.	70200				2,565	2,606
40.	72000				2,563	2,603
41.	73800				2,561	2,599
42.	75600				2,558	2,596
43.	77400					2,593
44.	79200					2,590
45.	81000					2,588
46.	82800					2,585
47.	84600					2,583
48.	86400					2,580
49.	88200					2,578
50.	90000					2,576
51.	91800					2,574
52.	93600					2,572

Таблица 4.11. Погрешность расчета коэффициента адсорбции герметика увлажнённым водой родника «Ямчуна»

№	1 (гр)	2 (гр)	3 (гр)	4(гр)	5 (гр)
	σ (%)	σ (%)	σ (%)	σ (%)	σ (%)
1.	38,3	11,3	16,5	11,9	19,30
2.	19,0	5,73	11,1	8,30	15,00
3.	9,52	3,38	7,96	6,42	11,10
4.	5,57	2,22	5,92	5,00	7,900
5.	2,72	1,52	7,28	3,88	5,300
6.	1,12	1,13	6,15	3,00	3,130
7.	0,00	0,79	5,34	2,27	1,300
8.	0,89	0,54	4,70	5,20	0,240
9.	1,50	0,28	4,18	5,15	0,670
10.	2,16	0,25	3,75	3,79	1,600
11.	2,61	0,00	3,38	3,21	2,350
12.	2,99	0,10	3,07	2,70	2,950
13.	3,31	0,13	2,80	2,26	3,660
14.	3,49	0,21	2,57	1,86	4,300
15.	3,73	0,33	2,36	1,50	4,700
16.	3,94	0,31	2,17	1,18	5,080
17.	4,18	0,37	2,01	0,93	5,570
18.	4,29	0,49	1,86	0,66	5,880
19.	4,43	0,53	1,73	0,42	6,290
20.	4,57	0,56	1,61	0,20	6,540
21.	4,63	0,60	1,50	0,00	6,900
22.	4,74	0,63	1,40	0,18	7,110
23.			1,30	0,36	7,430
24.			1,22	0,52	7,600
25.			1,14	0,67	7,770
26.			1,07	0,82	7,940
27.			1,00	0,95	8,110
28.			0,93	1,07	8,280
29.			0,87	1,19	8,450
30.			0,82	1,30	8,620
31.			0,77	1,40	8,790
32.				1,50	8,960
33.				1,60	9,130
34.				1,68	9,220
35.				1,77	9,390
36.				1,85	9,460
37.				1,92	9,620

38.				1,94	9,690
39.				1,98	9,750
40.				2,04	9,810
41.				2,22	9,870
42.					10,08
43.					10,13
44.					10,25
45.					10,29
46.					10,34
47.					10,44
48.					10,55
49.					10,59
50.					11,11
51.					11,46
52.					12,04

П4.11. Обработка экспериментальных данных по теплоемкости исследуемых растворов при различных температурах и давлениях

Для получения расчетного уравнения по теплоемкости исследуемых растворов при различных температурах и давлениях, нами обобщены экспериментальные данные в виде следующих функциональных зависимостей [5, 7,9,30,35,41,43,47,58,62-66,80,86-89,92,94,95,99,112,116,119,120],137,[139-A], [140-A],141,143, [145-A],[146,158,172-175,177,179]:

$$\frac{C_{P,T}}{C_{P_1,T_1}} = f\left(\frac{T}{T_1}\right), \quad (\text{П.7})$$

где $C_{P,T}$ - теплоемкость при давлении P и температуре T ; C_{P_1,T_1} - теплоемкость при давлении P_1 и температуре T_1 ; $P_1 = 4,91$ МПа и $T_1 = 353$ К.

Выполнимость функциональных зависимостей (П.7) для исследуемых растворов показана на рисунке П.1, из которых видно, что экспериментальные данные хорошо укладываются вдоль общей кривой и прямой линии.

Анализ экспериментальных значений теплоемкости C_{P_1,T_1} показал, что они являются функциями давления:

$$C_{P_1,T_1} = f(P); \quad (\text{П.8})$$

Функциональное выполнение (П.8) для исследуемых образцов показано на рисунке П.2.

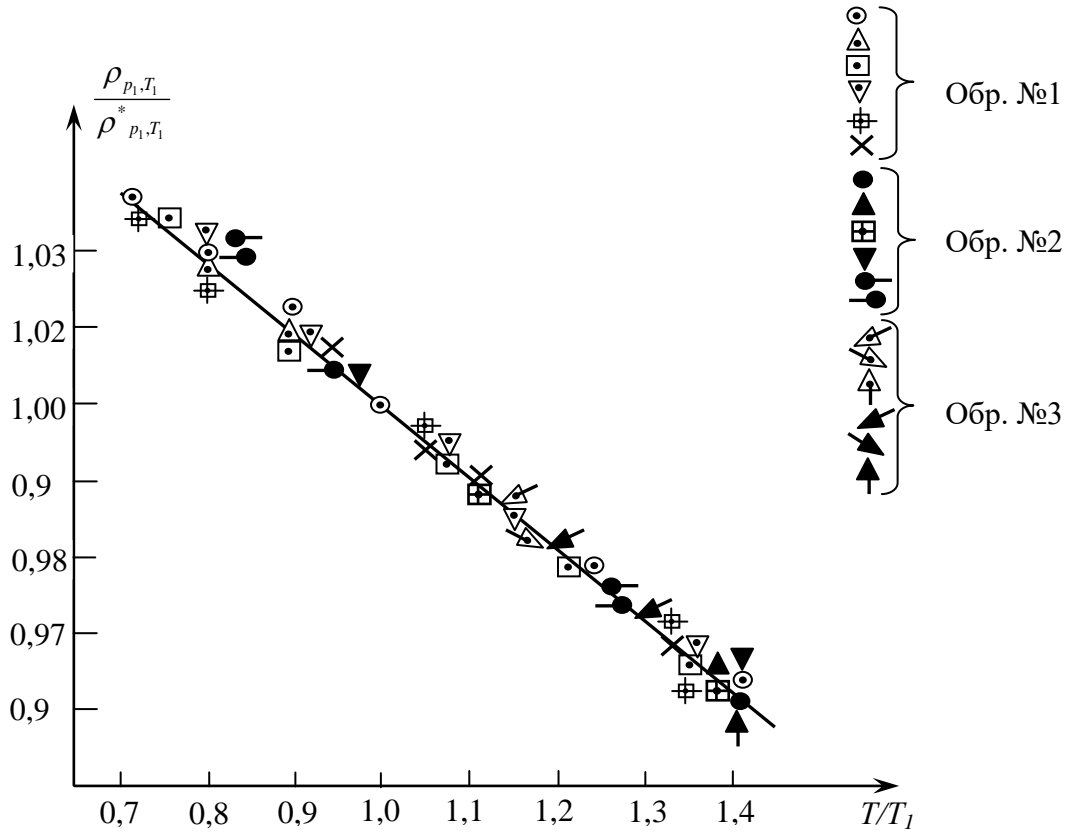


Рисунок П.1. Зависимость относительной теплоемкости $\left(\frac{C_{p,T}}{C_{p,T_1}}\right)$ от относительной температуры $\left(\frac{T}{T_1}\right)$ исследуемых растворов: (1-6)–образец №1; (7-12)–образец №2; (13-18)–образец №3; (19-23)–образец №4; (24-29)–образец №5; (30-35)–образец №6; (36-41)–образец №7; (42-47)–образец №8; (48-53)–образец №9; (54-59)–образец №10; (60-65)–образец №11; (66-71)–образец №12.

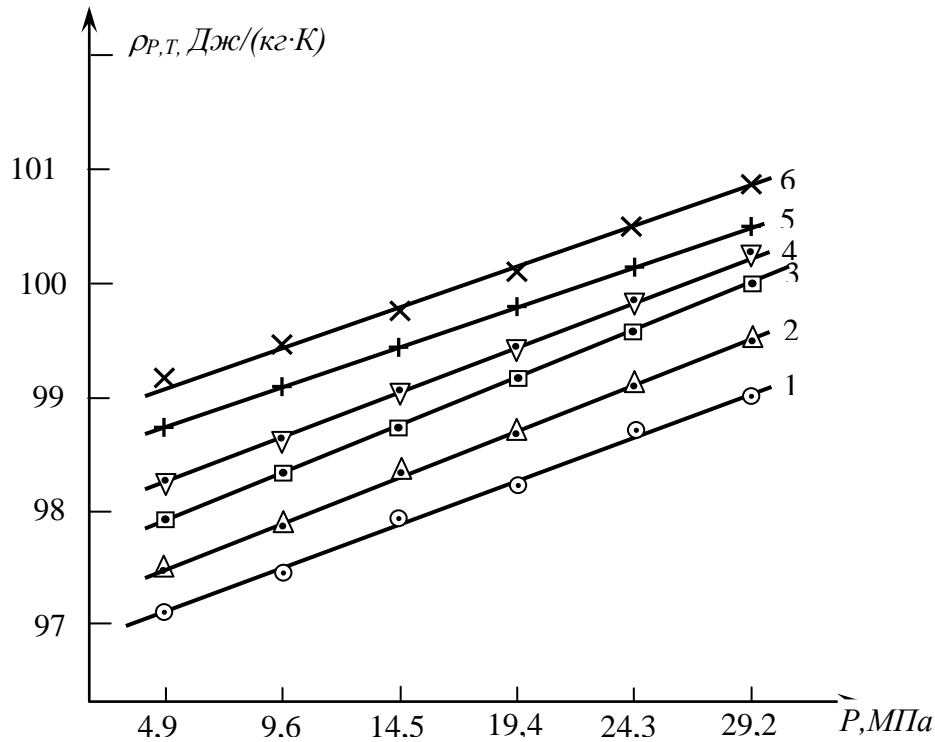


Рисунок П.2. Зависимость C_{P,T_1} от давления P , МПа: 1) – образец №1; 2) – образец №2; 3) \square – образец №3; 4) ∇ – образец №4; 5) $+$ – образец №5; 6) \times – образец №6.

Далее экспериментальные данные, обработаны в виде следующих функциональных зависимостей [132-А],[133-А],[138-А],[140-А], [144-А],[145-А]:

$$\frac{C_{P,T_1}}{C_{P_1,T_1}^*} = f\left(\frac{P}{P_1}\right), \quad (\text{П.9})$$

где $P_1 = 4,91$ МПа. Выполнимость выражений (П.9) представлена на рисунках П.3 – П.5. Анализ значений λ_{P,T_1}^* , C_{P,T_1}^* , показал, что они являются функциями массы растворенного вещества (герметика), а также зависят от чистоты воды (водопроводной и дистиллированной) и родниковых вод (рисунки П.3-П.5).

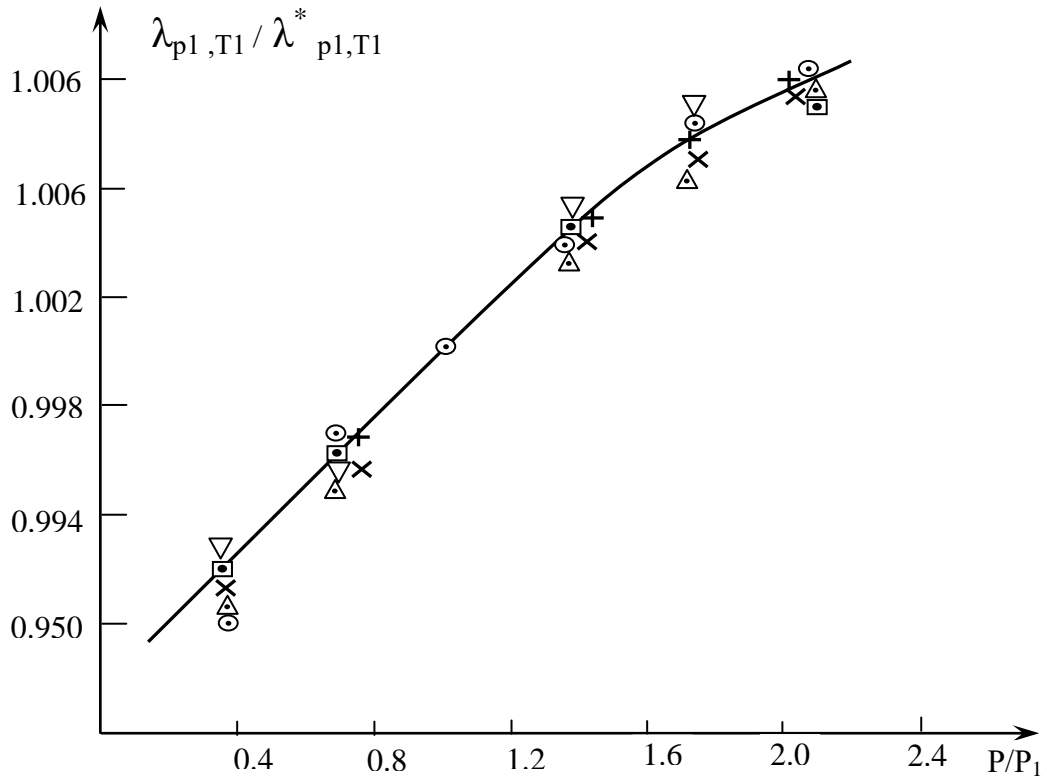


Рисунок П.3. Зависимость $\left(\frac{\lambda_{p_1, T_1}}{\lambda_{p_1, T_1}^*}\right)$ от $\left(\frac{P}{P_1}\right)$ для исследуемых растворов: 1 – образец №1; 2 – образец №2; 3 – образец №3; 4 – образец №4; 5 – образец №5; 6 – образец №6.

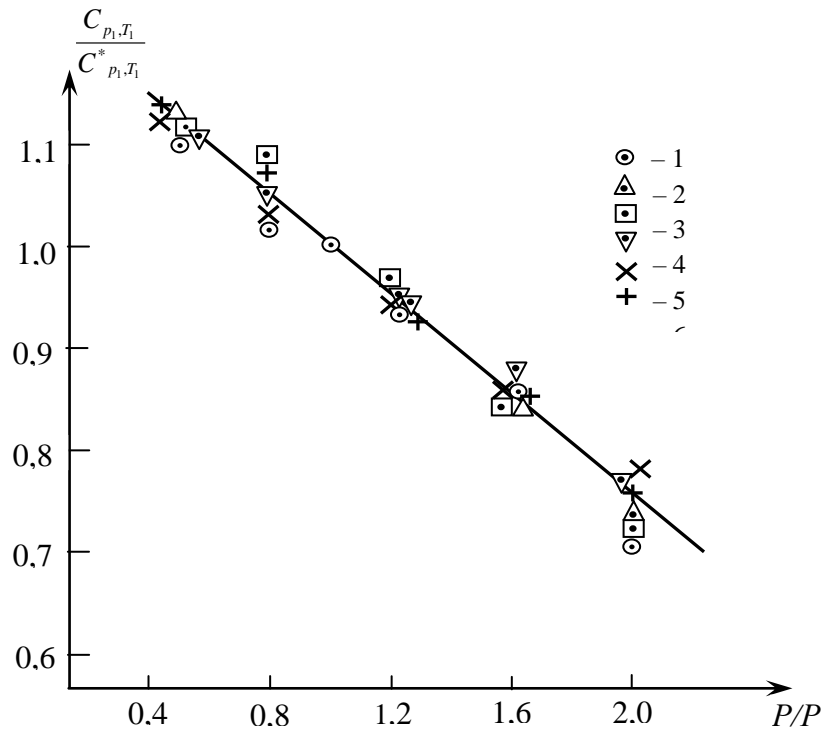


Рисунок П.4. Зависимость $\left(\frac{C_{P,T_1}}{C_{P,T_1}^*}\right)$ от $\left(\frac{P}{P_1}\right)$ для исследуемых растворов: 1 – образец №1; 2 – образец №2; 3 – образец №3; 4 – образец №4; 5 – образец №5; 6 – образец №6.

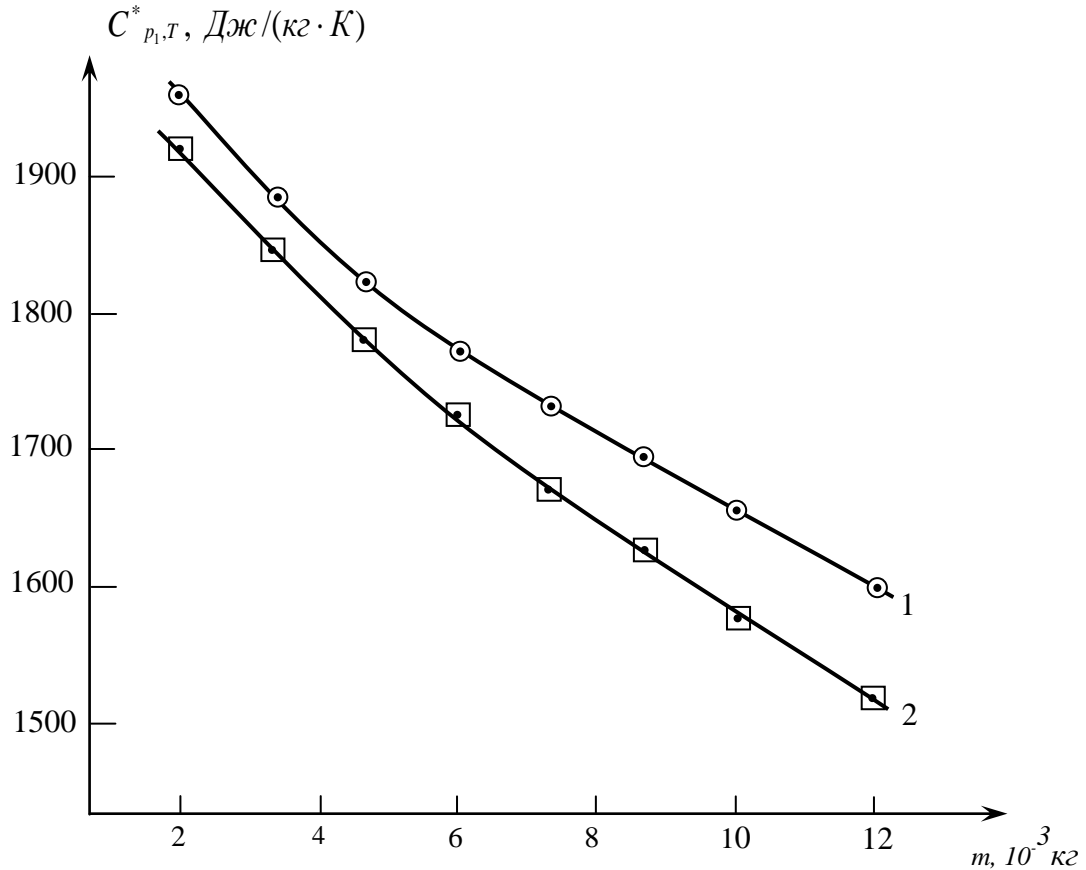


Рисунок П.5. Зависимость от массы m растворенного вещества: (растворители: 1 – водопроводная вода; 2 – дистиллированная вода).

Кривые, изображенные на рисунках 4.28-4.30, описываются уравнениями [132-А],[133-А],[138-А],[140-А], [144-А],[145-А]:

:

$$\frac{\rho_{P,T}}{\rho_{P,T_1}} = \left[-0,0185 \left(\frac{T}{T_1} \right)^2 - 0,0556 \left(\frac{T}{T_1} \right) + 1,0705 \right], \quad (\text{П.10})$$

$$\frac{C_{P,T}}{C_{P,T_1}} = \left[0,656 \left(\frac{T}{T_1} \right)^2 + 1,48 \left(\frac{T}{T_1} \right) - 1,132 \right], \quad (\text{П.11})$$

Прямые и кривые линии, показанные на рисунках П.3-П.4, выражаются уравнениями [132-А],[133-А],[138-А],[140-А], [144-А],[145-А]:

$$\frac{\rho_{P_1, T_1}}{\rho_{P_1, T_1}^*} = \left[-0,0049 \left(\frac{P}{P_1} \right)^2 + 0,0228 \left(\frac{P}{P_1} \right) + 0,9811 \right], \quad (\text{П.12})$$

$$\frac{C_{P_1, T_1}}{C_{P_1, T_1}^*} = 0,48 \left(\frac{P}{P_1} \right)^2 - 0,341 \left(\frac{P}{P_1} \right) + 1,283, \quad (\text{П.13})$$

Кривые на рисунках П.5 описываются уравнениями:

- растворитель – водопроводная вода [132-А], [133-А], [138-А], [140-А], [144-А], [145-А]:

$$\rho_{P_1, T_1}^* = 1775m + 976,3, \frac{\text{КГ}}{\text{М}^3} \quad (\text{П.14})$$

$$C_{P_1, T_1}^* = -50000m + 2100, \left(\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \right) \quad (\text{П.15})$$

- растворитель – дистиллированная вода:

$$\rho_{P_1, T_1}^* = 1500m + 982, \frac{\text{КГ}}{\text{М}^3} \quad (\text{П.17})$$

$$C_{P_1, T_1}^* = 1316953m^2 - 56865,9m + 2091,5, \left(\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \right) \quad (\text{П.18})$$

Уравнение (П.10) -(П.11) с учетом уравнений (П.12)-(П.18) можно написать в следующем виде [132-А], [133-А], [138-А], [140-А], [144-А], [145-А]:

- для растворов, растворитель – водопроводная вода:

$$\rho_{P, T} = \left[-0,113 \left(\frac{T}{T_1} \right) + 1,113 \right] \left[-0,0023 \left(\frac{P}{P_1} \right)^2 + 0,161 \left(\frac{P}{P_1} \right) + 0,986 \right] (1775m + 976,3), \frac{\text{КГ}}{\text{М}^3} \quad (\text{П.19})$$

$$C_{P, T} = \left[0,656 \left(\frac{T}{T_1} \right)^2 + 1,48 \left(\frac{T}{T_1} \right) - 1,132 \right] \left[0,048 \left(\frac{P}{P_1} \right)^2 - 0,341 \left(\frac{P}{P_1} \right) + 1,283 \right] \times \\ \times (-50000m + 2100), \left(\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \right) \quad (\text{П.20})$$

- для растворов, растворитель – дистиллированная вода:

$$\rho_{P, T} = \left[-0,0185 \left(\frac{T}{T_1} \right)^2 - 0,0556 \left(\frac{T}{T_1} \right) + 1,0705 \right] \left[-0,0049 \left(\frac{P}{P_1} \right)^2 + 0,0228 \left(\frac{P}{P_1} \right) + 0,9811 \right] (1500m + 982), \frac{\text{КГ}}{\text{М}^3} \quad (\text{П.21})$$

$$C_{P, T} = \left[0,656 \left(\frac{T}{T_1} \right)^2 + 1,48 \left(\frac{T}{T_1} \right) - 1,132 \right] \left[-0,257 \left(\frac{P}{P_1} \right) + 1,257 \right] \times \\ \times (1316953m^2 - 56865,9m + 2091,5), \left(\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \right) \quad (\text{П.22})$$

Используя выражения (П.21), (П.22) можно выполнить соответствующий расчет теплоемкости и теплопроводности изученных растворов при раз-

ных значениях температуры и давления, а также и экспериментально неисследованных растворов, для чего следует иметь в наличии данные о массе растворенного герметика в воде.

Проверка уравнений (П.21),(П.22) показала хороший результат, т.е. со среднеарифметической погрешностью 2,6% они позволяют рассчитать теплофизические свойства (теплоемкость и теплопроводность) изученных веществ в условиях изменения температуры (293-413) К и давления опыта (4,91-14,52) МПа. Эти уравнения также способны дать хороший результат при расчете названных характеристик при изменении давления вплоть до 49,1 МПа.