

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

экспертной комиссии диссертационного Совета 6D.KOA-056 при Таджикском национальном университете по диссертации Баладжонзода Сулаймонджони Додарджон на тему «Исследование вязкоупругих и акустических свойств квазисферических и полярных жидкостей» на соискание учёной степени доктора философии (PhD) - доктор по специальности 6D060400-Физика (6D060403-Теоретическая физика)

Актуальность темы. В условиях беспрецедентно быстрого развития новых технологий, нанотехнологий и инновационных методов производства точное знание свойств жидкостей становится крайне необходимым для оптимизации процессов и нахождения инновационных решений. В частности, жидкости с многоатомными молекулами, состоящими из двух и более атомов, имеют сложную молекулярную структуру, что и определяет такие их специфические характеристики, как высокие полярность, вязкость и способность к образованию водородных связей. В технических и природных средах жидкости испытывают влияние различных внешних факторов, что часто приводит к нарушению их динамического равновесия.

Поведение упомянутых характеристик определяется, как характером внешнего частотного воздействия, так и особенностями течения релаксационных процессов в самой жидкости. Поэтому для адекватного теоретического описания динамических свойств полярных и многоатомных жидкостей, учитывающего их молекулярную структуру и внутренние релаксационные процессы, необходимо использовать строгие методы статистической теории жидкого состояния. Такие исследования позволяют более глубоко понять механизмы, определяющие динамическое поведение жидкостей. Эта задача является основным направлением настоящего исследования и основой для дальнейших научных разработок в данной области.

Диссертационная работа выполнена в 2021-2025 гг. в соответствии с тематикой научных исследований кафедры теоретической физики Таджикского национального университета по теме «Теоретическое исследование вопросов физики жидкостей, газов и плазмоподобных сред».

Задачи исследования состоят из следующих пунктов:

- получение аналитических выражений для динамических модулей упругости и коэффициентов вязкости жидкостей с учётом релаксационных процессов при условии диффузионного или экспоненциального затухания тензора напряжений;

- выбор равновесных потенциала межчастичного взаимодействия, модельно-теоретической радиальной функции распределения и коэффициента трения для многоатомных жидкостей с квазисферическими молекулами и полярных жидкостей;

- проведение численных расчетов коэффициентов сдвиговой и объемной вязкостей и соответствующих модулей сдвиговой и объемной упругостей

многоатомных жидкостей с квазисферическими молекулами и полярных жидкостей в широком интервале изменения термодинамических параметров и частоты внешнего воздействия;

-исследование частотной дисперсии акустических параметров многоатомных и полярных жидкостей с учетом природы затухания релаксирующих потоков и оценка влияния типа механизма релаксации на их акустическое поведение;

-проведение численных расчетов скорости распространения и коэффициента поглощения акустических волн в широком диапазоне изменений плотности, температуры и частоты для многоатомных жидкостей с квазисферическими молекулами и полярных жидкостей.

Научная новизна исследования:

-проведены численные расчёты коэффициента трения β , времен релаксации τ и τ_0 в зависимости от плотности, температуры и ориентации для квазисферических и полярных жидкостей при выборе потенциала межмолекулярного взаимодействия (потенциалов Ленард-Джонса и Штокмайера) и учёте модельных аспектов радиальной функции распределения молекул;

-показано, что ширина частотной дисперсии коэффициентов сдвиговой и объемной вязкостей, а также модулей сдвиговой и объемной упругостей определяется характером затухания релаксирующих потоков: при диффузионном законе затухания наблюдается более широкая область дисперсии, в то время как при экспоненциальном затухании область существенно сужается, что отражает различие во временной структуре релаксационных процессов;

-установлено, что при исследовании частотных зависимостей в области низких частот, характерной для диффузионного затухания, объёмный модуль упругости стремится к адиабатическому пределу, а сдвиговый модуль упругости убывает по закону $\sim \omega^{\frac{3}{2}}$; коэффициенты вязкости в этом режиме приближаются к своим статическим значениям по закону $\sim \omega^{\frac{1}{2}}$; в высокочастотной области напротив, наблюдается спад коэффициенты вязкостей пропорционально $\sim \omega^{-1}$, при этом значения модулей упругости становятся независимыми от частоты и соответствуют высокочастотным пределам, определённым теорией Цванцига;

-показано, что при низких частотах и экспоненциальном механизме релаксации модули упругости стремятся к асимптотическим значениям, а коэффициенты сдвиговой и объемной вязкостей сохраняют статический характер. В области высоких частот модули упругости становятся постоянными, а коэффициенты вязкостей убывают по закону $\sim \omega^{-2}$, что согласуется с положениями общей релаксационной теории;

-доказано, что во всех рассматриваемых жидкостях с квазисферическими молекулами и полярных жидкостях релаксационные процессы обусловлены взаимодействием трансляционных движений молекул и их структурной

перестройкой, что определяет характер отклика жидкостей на внешнее воздействие;

-определено, что ширина частотной дисперсии скорости распространения и коэффициента поглощения акустических волн в жидкостях с квазисферическими молекулами и полярных жидкостях определяется характером затухания релаксирующих потоков: при диффузионном законе наблюдается более широкая область дисперсии, а при экспоненциальном затухании область существенно сужается, что соответствует акустическим данным, а также результатам общей релаксационной теории.

Теоретическая и практическая ценность исследования.

Понимание вязкоупругих и акустических свойств жидкостей с квазисферическими и полярными молекулами способствует раскрытию тонкой структуры молекулярного строения в условиях внешнего возмущения. Разработка теоретических моделей, описывающих влияние молекулярной структуры и внешних факторов (угловой ориентации молекул, температуры, плотности) на акустические свойства жидкостей способствует уточнению существующих теорий вязкоупругого поведения и распространения акустических волн в полярных и квазисферических жидкостях, что является новым взглядом на физические свойства подобных систем.

Практическая значимость исследований позволяют оценить и определить численные значения вязкоупругих и акустических свойств многоатомных и полярных жидкостей при разного рода динамических воздействиях. Результаты численных расчётов расширяют существующую базу данных о вязкоупругих и акустических свойствах рассмотренных типов жидкостей, что позволяет учесть их поведение в различных эксплуатационных условиях, а также установить зависимость вязкоупругих и акустических свойств этих жидкостей от их молекулярного строения и оптимизировать условия работы различных технологических цепочек и устройств.

Основные положения, выносимые на защиту:

- частотная дисперсия коэффициентов сдвиговой и объёмной вязкостей, модулей сдвиговой и объёмной упругостей при диффузионном и экспоненциальном законах затухания релаксирующих потоков;

-закономерности поведения объёмного и сдвигового модулей упругости, коэффициентов сдвиговой и объёмной вязкостей в низкочастотной и высокочастотной областях;

-асимптотическое поведение модулей объёмной и сдвиговой упругостей и статический характер сдвиговой и объёмной вязкостей в областях низких и высоких частот;

-связь релаксационных процессов в жидкостях с квазисферическими молекулами и полярных жидкостях с трансляционными движениями молекул и их структурной перестройкой при взаимодействии с внешних полей.

Апробация диссертации. Материалы диссертационной работы были представлены и обсуждены на конференциях и симпозиумах международного, республиканского и вузовского уровня, проходивших в 2022-2025 годах.

Личный вклад автора заключается в выборе методов и разработке алгоритмов решения поставленных задач, установлении основных закономерностей протекания динамических процессов в жидкостях, проведении численных расчетов с использованием новейших компьютерных программных средств, обработке, анализе и интерпретации результатов.

Публикации по теме диссертации. Материалы диссертационной работы опубликованы в 16 научных трудах, в том числе 5 статьях в изданиях из Перечня ВАК при Президенте Республики Таджикистан, 1 статье в другом издании и 10 работах в материалах республиканских и международных конференций.

Структура и объем диссертации. Структура диссертации определена в соответствии с целями и задачами исследования и включает введение, четыре главы, заключение, список цитированной литературы (173 наименования). Общий объем диссертации составляет 140 страниц компьютерного набора, количество рисунков 31, таблиц 9.

Диссертация соответствует требованиям пунктов 31, 33 и 34 Порядка присуждения ученых степеней и ученых званий (доцента, профессора), утвержденного Постановлением Правительства Республики Таджикистан от 30 июня 2021 года №267. В ней рассматриваются вопросы, важные для развития теоретической физики и физики конденсированного состояния в Таджикистане. Диссертация написана автором самостоятельно и имеет внутреннее единство. Результаты и новые научные положения, представленные на защиту, представляют собой личный вклад автора диссертации. Тема и содержание исследования соответствуют паспорту специальности 6D060400-Физика (6D060403-Теоретическая физика), согласно которому Диссертационному совету по приказу ВАК при Президенте Республики Таджикистан от 19 января, 2022 года по № 27/шд предоставлено право приема диссертаций на защиту.

Соответствие паспорту научной специальности.

Содержание диссертации соответствует паспорту научной специальности 6D060400 - Физика (6D060403-Теоретическая физика), который утвержден Высшей аттестационной комиссией при Президенте Республики Таджикистан по следующим пунктам:

1. теория конденсированного состояния макроскопических и микроскопических классических и квантовых систем. Изучение различных состояний вещества и физических явлений в них. Статистическая физика и кинетическая теория равновесных и неравновесных систем»,

5. развитие теории и исследование общих свойств и законов нелинейной динамики неравновесных систем,

6. моделирование физических явлений.

На основании пунктов 61 и 62 Типового положения о Диссертационном совете, утвержденного Постановлением Правительства Республики Таджикистан от 30 июня 2021 года № 267 и Постановлением Правительства Республики Таджикистан от 26 июня 2023 года № 295, комиссия предлагает:

Исследование соответствует требованиям Реестра специальностей, по которым присуждаются ученые степени в Республике Таджикистан, утвержденного Постановлением Правительства Республики Таджикистан от 30 июня 2021 года №267 и Постановлением Правительства Республики Таджикистан от 26 июня 2023 года № 295 № 295.

В диссертационном исследовании Баладжонзода Сулаймонджони Додарджон использование материала без ссылки на автора или источник не допускается, все использованные источники оформлены ссылкой на автора или источник посредством цитирования, что является свидетельством соблюдения пунктов 31, 32 и 34 Порядка присуждения ученых степеней и ученых званий (доцент, профессор). Принимая во внимание важность и новизну исследования, теоретическую и практическую значимость диссертации, комиссия пришла к выводу, что диссертация Баладжонзода Сулаймонджони Додарджон на тему «Исследование вязкоупругих и акустических свойств квазисферических и полярных жидкостей». - Душанбе. - 2025. - 140 с. является полным и законченным исследованием и соответствует требованиям ВАК при Президенте Республики Таджикистан.

Автореферат диссертации, статьи и тезисы докладов, опубликованные соискателем ученой степени доктора философии (PhD) - доктор по специальности 6D060400-Физика (6D060403-Теоретическая физика) составляют комплексное содержание общего содержания диссертации.

На основании пунктов 61 и 62 Типового положения о Диссертационном совете, утвержденного Постановлением Правительства Республики Таджикистан от 30 июня 2021 года № 267 и Постановлением Правительства Республики Таджикистан от 26 июня 2023 года №295, комиссия предлагает:

1. Принять к защите на диссертационном Совете 6D.КОА-056 диссертацию Баладжонзода Сулаймонджони Додарджон на тему «Исследование вязкоупругих и акустических свойств квазисферических и полярных жидкостей» на соискание учёной степени доктора философии (PhD) - доктор по специальности 6D060400-Физика (6D060403-Теоретическая физика).

2. Официальными оппонентами по диссертации назначить:

Кабилова Маруфа Махмудовича - доктора физико-математических наук, доцента, заведующего отделом прикладной математики и механики Института математики имени А.Джураева Национальной академии наук Таджикистана.

Абдурахмонова Абдурахмона Абдулкадимовича - кандидата физико-математических наук, старшего преподавателя кафедры теоретической

физики Таджикского государственного педагогического университета имени С. Айни.

3. В качестве **ведущей организации** назначить Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими.

4. Опубликовать объявление о дальнейшей защите и размещении автореферата диссертации на сайте Учреждения и Высшей аттестационной комиссии при Президенте Республики Таджикистан, одновременно дать разрешение на опубликование автореферата диссертации с правами на рукопись.

Председатель комиссии:

д.ф-м.н., профессор

Джуразода Х.Ш.

Члены комиссии:

д.ф-м.н., профессор

Махсуд Б.А.

д.ф-м.н., доцент

Абдукаримов М.Ф.

Подписи заверяю:

Начальник управления кадров
и спецчасти ТНУ

Шодихонзода Э.Ш.

18.12.2025

