ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Баладжонзода Сулаймонджона Додарджона «Исследование вязкоупругих и акустических свойств квазисферических и полярных жидкостей», представленную на соискание учёной степени доктора философии (PhD) по специальности 6D060400 — Физика (6D060403 — Теоретическая физика).

Соответствие темы диссертации паспорту научной специальности.

Диссертация Баладжонзода С. Д. посвящена исследованию молекулярной теории многоатомных и полярных жидкостей с учётом релаксационных процессов, протекающих в них. Диссертация соответствует паспорту специальности 6D060400 — Физика (6D060403 — Теоретическая физика), а именно следующим областям исследования: п. 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); п. 5 (развитие теории и исследование общих свойств и законов нелинейной динамики неравновесных систем); п. 6 (моделирование физических явлений). В соответствии с паспортом указанной специальности диссертация относится к отрасли физико-математических наук.

Актуальность темы диссертации.

Представленная диссертация посвящена изучению вязкоупругих и акустических свойств жидкостей с квазисферическими и полярными молекулами. Тема работы является актуальной, поскольку жидкости находят широкое практическое применение в качестве топлива, хладагентов, теплоносителей и рабочих сред во многих технологических процессах. Современное теоретическое изучение физико-химических свойств жидкостей опирается на строгие методы статистической физики, включая аппарат корреляционных и временных корреляционных функций распределения, проекционные методы и методы неравновесных статистических операторов, функции Грина, метод коллективных переменных, а также численные и модельные подходы. В рамках кинетической теории становится возможным описание неравновесных состояний жидкостей и расчёт корреляционных функций низших порядков, необходимых для вывода уравнений обобщённой гидродинамики, определения кинетических коэффициентов и соответствующих им модулей упругости.

Автор справедливо отмечает, что полученные теоретические соотношения для динамических коэффициентов объёмной и сдвиговой вязкости, соответствующих им модулей упругости, а также частотно-зависимых значений скорости распространения и коэффициента поглощения акустических волн могут быть использованы для анализа природы теплового движения и неравновесной структуры жидкостей. Результаты численных расчетов имеют прикладное значение для прогнозирования теплофизических характеристик жидкостей, разработки рекомендаций по их применению в различных областях техники и

технологии и могут служить справочным материалом. Таким образом, выбранная тема исследования отвечает современным потребностям отрасли и имеет как научное, так и прикладное значение.

Степень научной новизны результатов диссертации и положения, выносимые на защиту.

Научные положения, выводы и рекомендации диссертационной работы в достаточной степени обоснованы и корректно сформулированы. Обоснованность полученных оригинальных результатов Баладжонзода С. Д. является высокой и подтверждается значительным объёмом теоретического материала, всесторонним анализом имеющейся по данной тематике литературы, применением надёжных и хорошо апробированных теоретических методов исследования, конкретностью и логической завершённостью выводов, а также личным участием автора в выборе методов и проведении численных расчётов с использованием современных программных средств, анализе и интерпретации полученных результатов.

К числу защищаемых положений относятся результаты, описывающие частотную дисперсию коэффициентов сдвиговой и объёмной вязкостей, а также модулей сдвиговой и объёмной упругости при диффузионном и экспоненциальном законах затухания релаксирующих потоков. Установлены закономерности изменения объёмного и сдвигового модулей упругости, а также коэффициентов сдвиговой и объёмной вязкостей в низкочастотном и высокочастотном диапазонах. Проанализировано асимптотическое поведение модулей объёмной и сдвиговой упругости и показан статический характер коэффициентов сдвиговой и объёмной вязкостей в областях предельно низких и предельно высоких частот. Выявлена связь релаксационных процессов в жидкостях с квазисферическими молекулами и в полярных жидкостях с трансляционным движением молекул и структурной перестройкой среды при воздействии внешних полей.

Полученные в диссертационной работе данные по вязкоупругим и акустическим свойствам многоатомных и полярных жидкостей при разных видах внешнего воздействия дополняют существующие сведения о вязкоупругих и акустических характеристиках исследуемых жидкостей и дают возможность учитывать особенности их поведения при разных режимах эксплуатации.

Степень изученности научной темы заключается в том, что использование строгих методов статистической теории жидкостей позволяет более глубоко понять механизмы, определяющие динамическое поведение жидкого состояния, с учётом молекулярной структуры жидкостей и внутренних релаксационных процессов, протекающих в них, на основе молекулярно-кинетического подхода. В этом направлении основополагающими являются работы ряда зарубежных учёных (Kirkwood J. G., Френкель Я. И., Юхновский И. Р., Головко М. Ф., Фишер И. З., Юльменьтев Р. М., Шахпаронов М. И., Бадмаев Б. Б. и др.), а также отечественных учёных (Адхамов А. А., Одинаев С., Абдурасулов А. А., Комилзода К., Зарифзода А. К. и др.).

Объем и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, четырёх глав, выводов и списка литературы. Общий объём работы составляет 140 страниц машинописного текста, включая 9 таблиц, 31 рисунок и 158 источников.

Во введение обоснована актуальность работы, сформулированы цель и задачи исследования, отражены их научная и практическая значимость.

В первой главе приведён литературный обзор экспериментальных, теоретических и численных методов, применяемых при изучении вязкоупругих и акустических свойств жидкостей. Сделано обобщающее заключение и сформулированы задачи диссертационной работы.

Вторая глава посвящена исследованию вязкоупругих свойств жидкостей с учётом затухания релаксирующих потоков по степенному или экспоненциальному закону. При этом с использованием импульсных моментов двухчастичных функций распределения для функции бинарной плотности получено уравнение типа Смолуховского, на основе которого построены уравнения обобщённой гидродинамики. Далее, применяя Фурье-преобразование по времени и подставляя полученные результаты в тензор напряжений, выведены динамические выражения для коэффициентов сдвиговой и объёмной вязкостей, а также модулей сдвиговой и объёмной упругостей.

В третьей главе изложены результаты численных расчётов зависимостей коэффициентов вязкости и модулей упругости для многоатомных жидкостей с квазисферическими молекулами (жидкого метана, тетрафторметана и диоксида углерода) от температуры, плотности и частоты внешнего воздействия, а также для полярных жидкостей (CH_3OH и H_2O) с учётом выбранных моделей межмолекулярного взаимодействия и модельно-теоретической радиальной функции распределения. Полученные результаты сопоставлены с экспериментальными данными и находятся в хорошем согласии с ними.

В четвёртой главе исследованы акустические свойства многоатомных и полярных жидкостей с учётом влияния природы затухания релаксирующих потоков. Проведены численные расчёты зависимостей скорости звука и коэффициента поглощения для многоатомных и полярных жидкостей в широком диапазоне температур, плотностей и частот. В численных расчётах для полярных жидкостей потенциал межмолекулярного взаимодействия выбран в виде потенциала Штокмайера, а для многоатомных жидкостей с квазисферическими молекулами — в виде потенциала Леннард-Джонса. Полученные результаты хорошо согласуются с экспериментальными данными и выводами общей релаксационной теории.

В заключении сформулированы основные выводы диссертационного исследования.

Научная, практическая, экономическая и социальная значимость диссертации. Работа имеет практическое значение, которое заключается в том, что полученные теоретические соотношения для динамических коэффициентов вязкости, соответствующих им модулей упругости, а также частотно-зависимых

значений скорости распространения и коэффициента поглощения акустических волн могут быть использованы для анализа природы теплового движения и неравновесной структуры жидкостей. Результаты численных расчётов имеют прикладное значение для прогнозирования теплофизических характеристик жидкостей, разработки рекомендаций по их применению в различных областях техники и технологии, а также могут служить справочным материалом.

Достоверность полученных в диссертационной работе результатов обеспечена системным подходом к исследованиям с применением современных теоретических методов, а также сопоставлением полученных данных с литературными источниками и результатами других авторов. Численные расчёты проводились с использованием современных компьютерных программных средств. Полученные в рамках диссертационной работы результаты широко обсуждены и опубликованы в рецензируемых журналах, что подтверждает их достоверность.

Публикация результатов исследования по теме диссертации. По результатам исследования опубликовано 16 научных работ, из которых 5 статей — в рецензируемых научных журналах, рекомендуемых ВАК при Президенте Республики Таджикистан, 1 статья — в других изданиях и 10 статей — в материалах международных и республиканских конференций.

Соответствие диссертации требованиям Комиссии. Автореферат диссертации соответствует требованиям Порядка присуждения учёных степеней, утверждённого решением Правительства Республики Таджикистан от 30 июня 2021 года № 267. Оформление диссертации выполнено в соответствии с требованиями «Инструкции о порядке оформления диссертаций и авторефератов», утверждённой решением Президиума ВАК при Президенте Республики Таджикистан от 27 декабря 2024 года № 493, а также с требованиями Приложения 2 к постановлению Правительства Республики Таджикистан № 267 от 30 июня 2021 года (в редакции постановления № 295 от 26 июня 2023 года), определяющими порядок присуждения учёных степеней.

Вместе с тем, в диссертационной работе целесообразно высказать ряд замечаний и рекомендаций.

1. Считаю целесообразным и полезным провести систематизацию и составление таблицы со справочными значениями важных молекулярных параметров жидкостей, используемых при численных расчётах в третьей и четвёртой главах (параметры потенциала Леннард-Джонса — ε/k, σ; параметры потенциала Штокмайера — d_a, d_β, ε/k и др.).

2. Не все параметры и операции при выводе уравнений во второй главе описаны достаточно подробно, например: использование суперпозиционного приближения Кирквуда для трехчастичной функции распределения $f_3(\vec{x}_1, \vec{x}_2, \vec{x}_3, t)$, бинарным потоком частиц $J_2^{\alpha}(\vec{q}_1, \vec{r}_{12}, t)$ и др.

3. Математические выражения действительно сложны, и для их применения к реальным физическим процессам требуется значительное упрощение. В диссертации приведено множество численных расчётов, обоснованных с физической точки зрения. Однако не указано, какими программными средствами

и с какой точностью проводились эти расчёты.

4. В тексте и аналитических выражениях диссертации и автореферата встречаются отдельные технические и стилистические ошибки, а также упущения.

Сделанные замечания не снижают научной и практической ценности диссертационной работы и носят исключительно рекомендательный характер

Заключение

В целом, диссертационная работа Баладжонзода Сулаймонджона Додарджона «Исследование вязкоупругих и акустических свойств квазисферических и полярных жидкостей», представленная на соискание учёной степени доктора философии (PhD) по специальности 6D060400 — Физика (6D060403 — Теоретическая физика), выполнена на высоком научно-методическом уровне, соответствует требованиям пп. 31, 33, 34 и 35 Порядка присуждения учёных степеней, утверждённого постановлением Правительства Республики Таджикистан от 30 июня 2021 года № 267 (в редакции постановления Правительства Республики Таджикистан № 295 от 26 июня 2023 года), а её автор заслуживает присуждения учёной степени доктора философии (PhD) по специальности 6D060400 — Физика (6D060403 — Теоретическая физика).

Официальный оппонент:

Доктор физика-математических наук, заведующий отделом
«Прикладной математики и механики»
Института математики им. А. Джураева
Национальной академии наук Таджикистана
10 февраля 2026 г.

Кабилов М.М.

Адрес: 734063, Таджикистан, Душанбе, Айни, 299/4
Тел:+992 939198960
E-mail: maruf1960@mail.ru

Подпись Кабилова М.М. подтверждаю
Начальник отдела кадров

Юсупова З.Х.

Адрес: Таджикистан, 734063, г. Душанбе,
улица Айни 299/4, Тел: (992) 372 - 25-80-89
Факс: (992) 372 - 21-49-11
E-mail: Mitas@mail.tj
10 февраля 2026 г.