

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора физмат наук, профессора Салихова Тагаймурода Хаитовича на диссертационную работу Абдурасулова Анвара Абдурасуловича на тему «Статистическая теория релаксационных явлений и динамических процессов переноса в жидкостях с произвольными формами молекул», представленную на соискание учёной степени доктора физико - математических наук по специальности: 01.04.02 – Теоретическая физика.

Актуальность темы диссертации. Диссертационная работа Абдурасулова Анвара Абдурасуловича «Статистическая теория релаксационных явлений и динамических процессов переноса в жидкостях с произвольными формами молекул», посвящена развитию теории жидкого состояния - самой распространённой и широко используемой среды. Среда, в которой или в присутствии которой происходят почти все природные и технологические процессы.

Основным характерным свойством жидкостей является их высокая текучесть, а при использовании их в качестве рабочего материала во многих случаях на первый план выходят необходимость знания их переносных свойств. Установлено, что переносные свойства жидкостей при динамических процессах существенно отличаются от таковых при медленных и статических процессах. При этом влияние внешнего возмущения на разные жидкости не одинаково и зависит от особенностей их структуры и характера происходящих в них внутренних релаксационных процессов. Следовательно, исследование зависимостей практически важных переносных свойств жидкостей от параметров внешних воздействий и природы самих жидкостей в широком диапазоне изменения термодинамических параметров состояния несомненно является задачей актуальной не только физики жидкого состояния, но и современного материаловедения вообще. Кроме того, возможные успехи в этом направлении обязательно будут способствовать и решению проблем создания новых жидких материалов с заданными физико-техническими характеристиками.

На основе вышеизложенного можно с уверенностью утверждать, что сформулированные в диссертации задачи обоснованы и востребованы, а сама тема диссертации, бесспорно, актуальна.

Научная новизна. Диссертантом получен целый ряд новых результатов, содержание некоторых значимых из них можно сгруппировать и представить в следующем виде:

1) Предложенная в диссертации более общая модель жидкости, состоящей из жёстких молекул произвольной формы и полученные на её основе замкнутые системы уравнений обобщённой гидродинамики для описания динамических процессов переноса и термических релаксационных явлений в сложных жидких системах с учётом вкладов трансляционных и вращатель-

ных степеней свободы молекул является относительно новым и заметным шагом в развитии молекулярно-статистической теории сложных жидких систем.

2) Предлагаемая теория, обобщённая значительным увеличением числа динамических величин, характеризующих неравновесное состояние жидкой системы и более корректное использование угловых координат метода НФР для описания явлений переноса и релаксации в сложных асимметричных жидкостях является существенным и интересным результатом диссертации;

3) Замкнутые системы уравнений обобщённой гидродинамики, полученные в линейном приближении по отклонениям термодинамических параметров состояния жидкости от их равновесного значения с пренебрежением взаимного влияния диффузионных, вязкоупругих и термоупругих процессов в жидкостях, позволяющие исследовать динамические процессы переноса массы, импульса и момента импульса в жидких системах с произвольными формами молекул, являются общими и имеют большое теоретическое и прикладное значение. Они позволяют исследовать зависимости динамических параметров переноса от особенностей структуры жидкостей, от характера происходящих в них внутренних релаксационных процессов и частоты внешнего возмущения в широком масштабе изменения термодинамических параметров состояния. Одним из преимуществ подобных систем является их простота, компактность и удобство при использовании. Можно не решая их упрощать и использовать для исследования динамических параметров переноса в различных классах жидкостей.

4). Упрощённые с учётом особенностей структуры жидкостей системы уравнений обобщённой гидродинамики использованы для описания динамических процессов переноса в простых и многоатомных жидкостях, а также в нематических жидких кристаллах. Показано, что полученные упрощённые выражения содержат результаты известных теорий и позволяют выявлять новые эффекты, связанные с несферичностью молекул жидкости.

Все основные выражения и формулы приведены в удобные для численных расчётов форме. Физические параметры жидкостей выражены через равновесные радиальные функции распределения молекул, потенциальные энергии парного взаимодействия, массы, размеры и другие молекулярные параметры жидкости, которые могут быть использованы при прогнозировании свойств жидкостей и создании жидкостей с заданными физико-техническими свойствами.

Полученные в диссертации уравнения и аналитические выражения обоснованы, выводы и заключения достаточно аргументированы. Достоверность полученных результатов обеспечена использованием апробированных методов исследования и хорошим согласием результатов с известными теориями и экспериментом.

Результаты диссертационной работы обсуждены на более чем 30 международных, региональных и республиканских научных конференциях. По

результатам диссертации опубликованы 86 работ, 32 из которых в рецензируемых научных журналах.

Основное содержание диссертационной работы - аналитические расчёты, выводы уравнений и их решения, анализ и оформление результатов в виде научных публикаций, формулировка выводов и заключений выполнены лично самим диссертантом.

Структура диссертации и автореферата составлена в соответствие с регламентирующими документами ВАК при Президенте Республики Таджикистан. Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения, списка цитированной литературы. Основное содержание диссертации изложено на 254 страницах компьютерного набора, 52 рисунков и 40 таблиц. Список литературы содержит 304 ссылки.

Во введении обоснована актуальность темы, определены цель и задачи диссертационной работы. Коротко проанализировано состояние научных исследований по направлению темы диссертации, приведены научная новизна, теоретическая и практическая значимость полученных результатов, выносимые на защиту положения.

В первой главе выполнен анализ состояния экспериментальных и теоретических работ по исследованию явлений переноса и релаксации в однокомпонентных жидкостях. Подробно описаны результаты молекулярно-статистического исследования явлений переноса в жидкостях. Приведены основные определения и аналитические выражения, которые составляют методическую основу диссертации.

Во второй и третьей главах приведены описание используемых в диссертации основных понятий и определений, физическая модель, принципы и методы исследования явлений переноса и релаксации в сложных асимметричных жидких системах. Изложены основные результаты теоретического исследования динамических процессов переноса и релаксационных явлений в сложных жидкостях, состоящих из жёстких молекул произвольной формы.

Рассмотрена жидкая система, состоящая из N одинаковых жёстких молекул произвольной формы с массами m и моментом инерции I . Для описания состояния таких несферических молекул в фазовом пространстве использован набор декартовых и угловых координат, а также соответствующие им компоненты импульса и собственного момента импульса молекул. Полагается, что такие молекулы обладают поступательными и вращательными степенями свободы, которые можно описать законами классической физики.

Создана замкнутая система уравнений обобщённой гидродинамики для плотности векторов потока числа частиц и тензоров вязких напряжений, обусловленных трансляционными и вращательными степенями свободы молекул, а также взаимодействиями этих степеней свободы. Показано, что по-

лученная система уравнений обобщённой гидродинамики является более общей, относительно простой и удобной для использования. В ней содержатся многие известные в литературе результаты.

В четвёртой главе рассмотрена жидкая система, где обмен энергиями между одинаковыми степенями свободы молекул происходит гораздо быстрее, чем обмен энергиями между различными степенями свободы молекул. Выяснено, что в этом случае динамические процессы переноса трансляционными степенями свободы в пространстве координат и вращательными степенями свободы в пространстве углов происходят независимо друг от друга.

Предполагается, что упрощённая таким образом часть уравнений обобщённой гидродинамики, где определяющую роль играют трансляционные степени свободы и трансляционные релаксационные процессы, позволяет описать динамические процессы переноса в простых одноатомных жидкостях.

В пятой главе рассмотрена жидкая система, где обмен энергией между одинаковыми степенями свободы молекул происходит медленнее, чем обмен энергиями между различными степенями свободы молекул. В этом случае для описания динамических свойств параметров переноса определяющим являются перекрёстные релаксационные процессы с характерным временем релаксации, но при этом другие релаксационные процессы также вносят свой вклад.

Выявлена возможность появления связанных с несферичностью молекул дополнительных коэффициентов переноса и соответствующих модулей упругости в многоатомных жидкостях. Выяснено, что кривые дисперсии динамических коэффициентов переноса и динамических модулей упругости многоатомных жидкостей имеют как минимум две релаксационные области.

В шестой главе приведены результаты термодинамического и молекулярно-статистического описания равновесных и неравновесных ориентационных теплофизических свойств нематических жидких кристаллов (НЖК). Более подробно исследовано аномальное ориентационное поведение теплоёмкости НЖК в окрестности точки фазового перехода НЖК-ИЖ (изотропная жидкость). Предложено выражение, позволяющее описать закономерность зависимости теплоёмкости НЖК от температуры, плотности и давления как в нематической, так и в изотропной фазах. Результаты теоретических расчётов хорошо согласуются с экспериментальными данными.

Проведено термодинамическое и молекулярно-статистическое исследование ориентационных упругих свойств НЖК при деформациях типа поперечного изгиба, кручения и продольного изгиба. Полученные результаты проявляют хорошее соответствие с экспериментальными данными.

Упрощённая с учётом условий система уравнений обобщённой гидродинамики, где определяющую роль играют вращательные релаксационные процессы, использована для исследования динамических процессов переноса массы и момента импульса, а также вращательных релаксационных явлений в НЖК. Получены аналитические выражения и проведены численные расчёты зависимости характерного времени вращательной релаксации, коэффициентов вращательного внутреннего трения, вращательной диффузии, ориентационных вязкостей и соответствующих им динамических ориентационных модулей упругости НЖК от температуры и плотности.

В конце каждой главы приведена краткая аннотация результатов главы. Публикации достаточно отражают результаты диссертации.

При анализе диссертации не выявлено существенных недостатков, как по научному содержанию, так и по форме, способных негативно влиять на оценку качества проведенных исследований и выводов по ним. Можно отметить не принципиальные замечания, а также некоторые стилистические, технические и грамматические ошибки. Например:

1) Можно было сократить обзор, не проводя анализ термоупругих свойств жидкостей, что далее в диссертации не рассматриваются, а более подробно показать связь между методами НФР и методом кинетических уравнений;

2) Вычисление равновесных корреляторов потоков числа частиц, импульса и момента импульса сложная задача. В третьей главе использованы значения только кинетических частей этих корреляторов. Было бы хорошо, если были бы оценены возможные вклады и других частей этих корреляторов в переносные свойства рассматриваемых жидкостей;

3) В диссертации получены обобщённые и конкретные аналитические выражения для частотной дисперсии динамических коэффициентов переноса конкретных типов жидкостей. Однако не проведено исследование влияния частоты динамических процессов (кроме асимптотического поведения параметров переноса при предельно высокочастотных и предельно низкочастотных процессах).

Вышеприведенные замечания ни коим образом не уменьшают научную и практическую значимость приведённого в диссертации огромного количества реальных научных результатов.

Автореферат диссертации удовлетворяет требованиям Положения о порядке присуждения учёных степеней, утверждённого Постановлением Правительства Республики Таджикистан от 30 июня 2021 года, №267 для учёной степени доктора физико-математических наук и на необходимом

уровне отражает содержание диссертации. В нем приведены значимые результаты, их новизна, научная и практическая значимость.

В целом диссертационная работа Абдурасулова Анвара Абдурасуловича «Статистическая теория релаксационных явлений и динамических процессов переноса в жидкостях с произвольными формами молекул» представляет собой выполненное на высоком научном уровне завершённое исследование по конкретной актуальной теме. Содержание текста и аналитические выражения в разделах диссертации изложены последовательно, научно и логически связано. Выводы и предложения обоснованы и аргументированы.

Заключение. В связи с выше изложенным считаю, что диссертация «Статистическая теория релаксационных явлений и динамических процессов переноса в жидкостях с произвольными формами молекул», как по объёму, так и по научному уровню решённых в ней задач, по их теоретическому и практическому значениям соответствует требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям и удовлетворяет пунктам 33-35 Положения о порядке присуждения ученых степеней, Приложения 2 к Постановлению Высшей аттестационной комиссии при Президенте Республики Таджикистан от 30 июня 2021 года за №267 (в редакции постановления Правительства Республики Таджикистан от 26.06.2023, №295), а ее автор Абдурасулов Анвар Абдурасулович достоин присуждения ему учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.02 - теоретическая физика

Официальный оппонент:

Доктор физико-математических наук,
профессор, главный научный сотрудник
лаборатории физики конденсированных сред
НИИ ТНУ, член-корр. НАН Таджикистана
по специальности 01.04.02- теоретическая физика

Салихов Т.Х.

Дата составления: 05.09.2025

Контакты: 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, пр. Рудаки. 17,
Научно-исследовательский институт Таджикского национального университета. тел.; +992 919248311, E-mail; tsalikhov@mail.ru

Подпись официального оппонента профессора Салихова Т.Х. подтверждаю:

Начальник управления кадров
и специальных работ ТНУ



Шодихонзода Э.Ш.