

«УТВЕРЖДАЮ»

Ректор Бохтарского государственного  
университета им. Носира Хусрава  
Д.Б.Н., профессор, член-корр. НАН  
Таджикистана Давлатзода С.Х.



« \_\_\_\_\_ » 2023 г.

### ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу Абдурасулова Далера Анваровича на тему **«Исследование равновесных и динамических свойств теплофизических параметров термотропных нематических жидких кристаллов»**, представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника.

#### Актуальность темы диссертации

В решении проблемы обеспечения потребности бурно развивающихся отраслей производства современного общества, новыми материалами, обладающими необходимыми физико-техническими свойствами в последние годы жидкие кристаллы занимают ведущее место. Малая инертность, хорошее качество работы, высокая энергоэффективность жидкокристаллических материалов сделали их основными элементами информационных и коммуникационных систем, телевидения, радиоэлектроники и других отраслей современного производства. Исследование жидких кристаллов, поэтому превратился в один из актуальных областей научных исследований, имеющей большое фундаментальное и прикладное значение.

Установлено, что в жидкокристаллическом состоянии могут находиться вещества молекулы, которых имеют удлиненные или дискообразные формы и многие уникальные прикладные свойства жидких кристаллов проявляются в определённой области значения термодинамических параметров состояния.

В свете вышеизложенного, тема и цели рецензируемой диссертационной работы - исследование теплофизических свойств жидких кристаллов в области существования их жидкокристаллической фазы, является весьма актуальным и обоснованным.

**Методы исследования.** В диссертационной работе удачно сочетаются **современные методы** термодинамического и молекулярно-статистического исследования теплофизических свойств жидкостей. Для исследования аномального поведения равновесных теплофизических параметров НЖК в окрестностях точки фазового перехода нематический жидкий кристалл-



изотропная жидкость (НЖК-ИЖ), используется метод неполного термодинамического потенциала (разложение Ландау-де Жена). Неравновесные теплофизические и динамические вязкоупругие свойства НЖК исследованы методом неравновесной функции распределения (НФР) Зубарева Д.Н.

В диссертации, оставшиеся неизвестные при термодинамическом способе исследования свойств и значений теплофизических параметров НЖК, на последующих главах определяются молекулярно-статистическим методом. Тем самым обеспечивается комплексность и завершённость исследования, улучшается достоверность полученных результатов.

В диссертации широко используются **численные математические методы, алгоритмы и возможности компьютерных пакетов программ - Excel, Математика-7 и другие.** Почти все теоретические аналитические результаты приведены в удобные для реализации численных расчётов форме и проведены численные расчёты закономерностей зависимости теплофизических параметров конкретных НЖК (ПАА и МБА) от температуры, плотности, давления и частоты внешнего возмущения.

**Объектом** исследования является термотропные нематические жидкие кристаллы, которые составляют основу многих жидкокристаллических устройств и приборов.

Рецензируемая диссертационная работа Абдурасулова Д. А. по тематике и методы исследования, по целям и содержанию полученных результатов вполне **соответствует паспорту специальности 01.04.14** - «Теплофизика и теоретическая теплотехника» для технических наук, в том числе: п 2. аналитические и численные исследования теплофизических свойств веществ в различных агрегатных состояниях; п.4. экспериментальные и теоретические исследования процессов взаимодействия интенсивных потоков энергии с веществом; п. 6. экспериментальные исследования, физическое и численное моделирование процессов переноса массы, импульса и энергии в многофазных системах и при фазовых превращениях.

### **Научная новизна полученных в диссертации результатов**

1. Методика неполного термодинамического потенциала **обобщена и применена** для описания вкладов дальнего ориентационного порядка и флуктуации ориентационного порядка в аномальном поведении равновесных теплофизических параметров НЖК в окрестностях точки фазового перехода НЖК-ИЖ. **Получено** аналитическое выражение для определения равновесного ориентационного параметра порядка, позволяющее корректно описать зависимость теплофизических параметров НЖК **от температуры и давления.**



2. **Получены** аналитические выражения и проведены численные расчёты зависимости скачков плотности, энтропии, теплоёмкости, теплового расширения и сжимаемости ИЖК от температуры и давления с учётом вкладов ориентационного порядка и флуктуации ориентационного порядка в их аномальном поведении вблизи точки фазового перехода НЖК-ИЖ.

3. **Показана** возможность стабилизации и управления температурной области существования нематической фазы (рабочая область жидкокристаллических приборов) с помощью изменения давления жидкости.

4. **Впервые получено** комплексное выражение для расчёта теплоёмкости изотропной фазы НЖК, корректно учитывающее вклады теплового движения и взаимодействия молекул, ближних радиальных и ориентационных структур и флуктуации ориентационного порядка в определении характера зависимости теплоёмкости НЖК от температуры и плотности в изотропной окрестности точки фазового перехода НЖК-ИЖ.

5. **Впервые проведено** термодинамическое и молекулярно-статистическое описание реологии НЖК, получены аналитические выражения для ориентационных модулей упругости НЖК (при ориентационных деформациях типа поперечного изгиба, продольного изгиба и кручения), вычислена зависимость ориентационных модулей упругости ПАА от температуры, плотности и давления.

6. Сформулирована **замкнутая система уравнения обобщённой гидродинамики**, позволяющая описать динамические вязкоупругие свойства асимметричных жидкостей, проведён детальный анализ молекулярных механизмов термических релаксационных процессов и определены их вклады в динамические вязкоупругие свойства НЖК.

7. Получены упрощённые аналитические выражения для динамических коэффициентов ориентационных вязкостей и соответствующих им динамических модулей ориентационных упругостей НЖК. Проведены численные расчёты зависимости времени вращательной релаксации и динамических ориентационных вязкоупругих параметров ПАА от температуры, плотности, давления и частоты внешнего возмущения.

### **Общая характеристика, структура и содержание диссертации.**

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка цитированной литературы и приложения. Содержание работы изложено на **143** страницах компьютерного текста, содержит **15**-таблиц, **39**-рисунков. Список использованной литературы включает **124** наименований работ отечественных и зарубежных авторов.



**Во введении** изложены актуальность темы, цели и задачи диссертационной работы, научная новизна и практическая значимость полученных результатов, личный вклад автора.

**В первой главе** представлен обзор литературных данных по экспериментальному и теоретическому исследованию теплофизических параметров нематических жидких кристаллов, показана обоснованность исследования по теме диссертации.

**Во второй главе** термодинамическими методами исследованы равновесные, ориентационные, аномальные поведения теплофизических параметров НЖК в окрестности точки фазового перехода НЖК-ИЖ. Важными результатами автора диссертации в этой главе являются: 1. полученные им аналитические результаты, позволяющие исследовать зависимость ориентационных аномальных явлений теплофизических параметров НЖК от **давления**, относительно которого мало информации в литературе; 2. показана превалирующая роль флуктуации ориентации в определении аномальных поведений теплофизических параметров НЖК вблизи точки фазового перехода НЖК-ИЖ; 3. представляет практический интерес теоретическое предложение автора о возможности стабилизации и управления температурной области работы жидкокристаллических приборов изменением давления жидкости.

**В третьей главе**, оставшиеся неизвестные теплофизические параметра НЖК в изотропной фазе, определяются молекулярно-статистическими методами. На примере теплоёмкости изотропной фазы НЖК показаны вклады всех возможных молекулярных процессов при температурной зависимости в изотропной фазе НЖК. В этой же главе молекулярно-статистическими методами исследованы ориентационные упругие свойства НЖК при деформациях типа поперечного изгиба, кручения и продольного изгиба. Полученные в этой главе результаты являются новыми и проявляют удовлетворительные соответствия с экспериментальными результатами. Термодинамические и молекулярно-статистические методы исследования во второй и третьей главе дополняют друг друга и способствуют повышению уровня достоверности результатов.

**В четвёртой главе** рассматриваются релаксационные явления и динамические ориентационные вязкоупругие процессы в НЖК. Здесь, диссертантом проведен подробный анализ механизмов релаксационных процессов в жидких системах, состоящих из жёстких молекул произвольной формы. Выявлено, что в таких системах имеют место три типа релаксационных процессов – трансляционные, вращательные и интерференционные релаксационные процессы. Показано, что упрощённые общие выражения с учётом только вращательных релаксационных процессов, удовлетворительно описывают



динамические ориентационные вязкоупругие свойства НЖК. Проведены численные расчёты зависимости время вращательной релаксации, динамических коэффициентов ориентационной вязкости, динамических модулей ориентационной упругости НЖК (ПАА) от температуры, плотности, давления и частоты внешнего возмущения. Установлено, что динамические вязкоупругие свойства НЖК при низкочастотных динамических процессах характеризуются низкочастотными значениями коэффициентов вязкостей, а при высокочастотных динамических процессах высокочастотными значениями модулей упругости. Показана определяющая роль структуры и взаимодействия молекул в формировании динамических вязкоупругих свойств НЖК.

В заключение отражены основные выводы по содержаниям глав диссертации. В приложении приведены справки Таджикского национального университета и Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими об использовании результатов диссертации в проведении научно-исследовательских работ и в учебном процессе.

По материалам диссертации опубликована 22 научных работ, 7 из которых в журналах, рекомендуемых ВАК при Президенте Республики Таджикистан и 15 публикаций в материалах международных и республиканских конференций и других изданий. Автореферат и публикации достаточно полно отражают содержание диссертации.

### **Практическая ценность работы и рекомендации**

**Полученные** в диссертации аналитические выражения и формулы, приведенные результаты численных расчётов закономерностей зависимости равновесных и динамических теплофизических параметров НЖК от температуры, давления, плотности и частоты внешнего возмущения, могут быть использованы для прогноза устойчивости работы жидкокристаллических устройств при различных условиях их эксплуатации.

**Приведённые** в диссертации численные значения равновесных теплофизических и динамических вязкоупругих параметров НЖК в широком диапазоне изменения термодинамических параметров состояния и частоты внешнего возмущения могут служить как банк данных о значениях этих параметров при различных условиях практического использования НЖК.

**Установленная** в диссертации возможность изменения температурной области существования НЖК изменением давления может быть использована для стабилизации и управления температурной области работы жидкокристаллических приборов.

**Выявленная** в диссертации связь теплофизических параметров НЖК с формой, размером, массой и энергией взаимодействия молекул может быть



использована как основа создания жидкокристаллических материалов с заданными теплофизическими и другими физико-техническими свойствами.

**Ведущая организация** рекомендует производственным, социально бытовым, медицинским и образовательным организациям, где создаются или используются жидкокристаллические устройства, использовать результаты диссертационной работы для предварительной диагностики области устойчивой работы жидкокристаллических устройств или тестирования благоприятных условий устойчивой работы, создаваемых или эксплуатируемых жидкокристаллических оборудований.

Вместе с вышеуказанными научными и практическими результатами в диссертации имеют место некоторые недостатки и неясности, в том числе:

1. Зависимость ориентационных теплофизических параметров НЖК в нематической фазе от температуры и давления является симметричной, что соответствует экспериментально установленным свойствам НЖК. Однако, на рис. 2.2, стр. 48 значение температуры учтена в  $T$ , а увеличение давления в  $P - P_c$ , которое несколько осложняет восприятие результатов.

2. Один из важных результатов диссертационной работы это определение закономерности зависимости теплофизических параметров НЖК от изменения давления жидкости. Однако, в третьей главе не отмечен вклад давления на теплофизические и упругие свойства НЖК.

3. Задачи исследования динамических вязкоупругих свойств НЖК в диссертационной работе сводятся к задаче определения потенциалов парного взаимодействия молекул жидкости и в работе используется несколько типов потенциалов межмолекулярного взаимодействия. Однако, не проведены анализ и оценка степени пригодности этих потенциалов в определении равновесных и динамических, теплофизических свойств НЖК.

4. Во второй и третьей главе для определения ориентационных упругих свойств используются разные термины- «Коэффициенты упругости «и модули упругости».

5. В диссертации и в автореферате встречаются некоторые технические и стилистические неточности, грамматические ошибки.

### **Заключение**

Диссертационная работа Абдурасулова Далера Анваровича на тему **«Исследование равновесных и динамических свойств теплофизических параметров термотропных нематических жидких кристаллов»** в целом является законченной научно-исследовательской работой по конкретной и актуальной теме. Диссертационная работа Абдурасулова Д.А. как по объему и уровню решенных в ней научных задач, так и по новизне и практической



значимости полученных результатов, соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Республики Таджикистан от 26 ноября 2016 года №505, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Абдурасулов Далер Анварович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальностям 01.04.14 –Теплофизика и теоретическая теплотехника.

Отзыв обсужден на заседании кафедры «Общая физика» Бохтарского государственного университета им. Носира Хусрава (протокол №\_6\_от 17 февраля 2023г.).

**Председатель заседания,  
к.т.н., и.о. доцента кафедры  
«Общая физика» Бохтарского  
государственного университета  
им. Носира Хусрава**

**Тургунбаев М.Т.**

**Эксперты:  
доцент кафедры «Общая физика»  
Бохтарского государственного  
университета им. Носира Хусрава**

**Ойматова Х.Х.**

**к.т.н., ассистент кафедры «Общая физика»  
Бохтарского государственного  
университета им. Носира Хусрава**

**Сафаров Ш.Р.**

**Секретарь, ассистент кафедры  
«Общая физика» Бохтарского  
Государственного университета  
им. Носира Хусрава**

**Хусайнов З.К.**

**Полное название:** Бохтарский государственный университет имени Носира Хусрава.

**Адрес:** 735140, Бохтар, улица С. Айни, 67.

**Веб-сайт:** www.btsu.tj

**Телефон, факс:** (992 8-3222) 2-54-81, (992 8-3222) 2-22-53

**Адрес электронной почты:** bgu- 1978@ mail.ru

**Подписи к.т.н.,и.о.доц. Тургунбаева М.Т.,к.п.н.,доц. Ойматовой Х.Х.,  
к.т.н. Сафарова Ш.Р., Хусайнова З.К.**

**Заверяю:**

**Начальник ОК и ОД  
Бохтарского государственного  
университета им. Носира Хусрава**



**Шукурзод Дж.А.**