

Отзыв

эксперта на диссертационную работу
Мингалеева Сергея Федоровича
**«Эффекты дальнего действия и ангармонизма
в нелинейном транспорте энергии и заряда»**,
представленную для переаттестации документа
об ученой степени кандидата физико-математических наук
по специальности 01.04.02 – «Теоретическая физика»

*Соответствие диссертации специальности и отрасли науки, по
которым она представлена*

Диссертация С.Ф. Мингалеева посвящена получению и исследованию солитонных решений в нелинейных моделях молекулярных цепочек с учетом нелокальности и ангармонизма и полностью соответствует пунктам «Нелинейная динамика» и «Математические методы теоретической физики» раздела III паспорта специальности 01.04.02 – «Теоретическая физика», отрасли «физико-математические науки».

Актуальность темы диссертации

Представленная для переаттестации диссертационная работа С.Ф. Мингалеева выполнена в 1990-е годы в Институте теоретической физики им. Н.Н. Боголюбова НАН Украины под руководством профессора Ю.Б. Гайдидея и развивает проблематику, впервые сформулированную и в течение многих лет плодотворно исследовавшуюся в Киеве научной школой известного советского физика А.С. Давыдова. В частности, сюда относятся нелинейные эффекты в многочастичных системах, включающих и относительно простую, но при этом богатую по содержанию модель молекулярной цепочки, в которой возможно возбуждение и распространение так называемых давыдовских солитонов – связанных состояний внутримолекулярных возбуждений и механических колебаний молекул. К молекулярным цепочкам такого рода можно отнести многие полимеры и биологически важные молекулы (такие, как ДНК), эффективность которых для переноса заряда и энергии в биологических системах до сих пор во многом остается загадкой. Нелинейные свойства таких систем, связанные с возбуждением в них сохраняющих форму солитонных волн, могли бы ответить хотя бы на часть вопросов. Диссертация С.Ф. Мингалеева продолжает работу в этом направлении и вносит существенный вклад в понимание роли ангармонизма колебаний и

нелокальности межмолекулярных взаимодействий в системах такого типа, что обуславливает несомненную актуальность темы диссертации.

Степень новизны результатов, полученных в диссертации

Научная новизна представленных в диссертации результатов на момент ее опубликования не вызывает сомнений. Следует отметить наиболее значимые, на мой взгляд, научные результаты:

1. Детально проанализированы все виды солитоноподобных решений, которые существуют в системе уравнений движения, описывающих перенос вдоль молекулярной цепочки двухкомпонентных возбуждений, состоящих из внутримолекулярных возбуждений и фононных колебаний молекул. Показано, что существует критическое значение параметра ангармонизма колебаний, при котором существующие в системе давыдовские и акустические (чисто фононные) солитоны не взаимодействуют друг с другом, тогда как при параметрах ангармонизма выше критического возможно существование двугорбых солитонов, являющихся бризероподобными связанными состояниями двух упомянутых видов солитонов.

2. В рамках континуального приближения предложено нелокальное нелинейное уравнение Шредингера для описания систем, в которых плоские волны обладают насыщающимся законом дисперсии. Показано, что полученное уравнение допускает только неподвижные стационарные солитонные решения, тогда как движущиеся солитоны являются нестационарными и при движении излучают энергию и замедляются. Показано также, что при уровне нелинейности, превышающем некоторое критическое значение, неподвижные стационарные солитонные решения теряют свою устойчивость и коллапсируют.

3. Предложено одномерное дискретное нелинейное уравнение Шредингера со степенной дисперсионной нелокальностью, позволяющее описывать перенос возбуждения вдоль молекулярных цепочек при наличии мультиполь-мультипольных межмолекулярных взаимодействий. Показано, что в такой системе существуют два типа солитонов (слабо- и сильнолокализованные), что связано с наличием в ней двух пространственных масштабов – межмолекулярного расстояния (дискретность) и характерного радиуса межмолекулярного взаимодействия (дальнодействие).

Обоснованность и достоверность выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Для получения результатов автор диссертации использует несколько хорошо известных и апробированных в литературе математических методов: в интегрируемом случае солитонные решения удается найти аналитически, в неинтегрируемом используются вариационный подход и численные расчеты. При этом результаты, получаемые различными методами, сравниваются между собой и в целом находятся в согласии, а имеющиеся отличия имеют ясное физическое обоснование. Всё это обеспечивает достоверность и обоснованность выводов и положений диссертации и свидетельствует о надежности физической интерпретации результатов диссертации.

Научная, практическая, экономическая и социальная значимость результатов диссертации с указанием рекомендаций по их использованию

Научная значимость результатов диссертации заключается в обнаружении и исследовании ряда новых солитонных решений нелокального нелинейного уравнения Шредингера и двухкомпонентных уравнений движения молекулярной цепочки, позволяющих понять роль ангармонизма колебаний и эффектов дальнего действия в таких системах. Полученные в диссертации результаты углубляют наше понимание физики многочастичных систем и их нелинейной динамики, что может пролить свет на особенности транспорта энергии и заряда в некоторых наноструктурах и биологических системах.

Практическая значимость результатов диссертации состоит в возможности их использования для проектирования и создания новых природоподобных наноструктур, позволяющих эффективно переносить энергию или заряд. Такие структуры могли бы применяться в искусственных аналогах фотосинтетического аппарата для энергетических применений. Кроме того, понимание деталей процессов переноса энергии в реальных биологических системах может использоваться для лечения заболеваний, связанных с его нарушениями.

Результаты диссертации могут использоваться в Институте физики НАН Беларуси, БГУ, БНТУ и других научно-исследовательских организациях и учреждениях образования Республики Беларусь, занимающихся проблемами нелинейной динамики и теоретической физики. Полагаю, результаты

могут использоваться соискателем при чтении лекций на физическом факультете БГУ, что обеспечит их *социальную значимость*.

На основании анализа диссертации можно сделать вывод о *соответствии научной квалификации соискателя ученой степени* кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 – «Теоретическая физика».

Диссертация С.Ф. Мингалеева «Эффекты дальнего действия и ангармонизма в нелинейном транспорте энергии и заряда» является квалификационной научной работой и отвечает всем требованиям ВАК Беларуси, установленным главой 3 Положения о присуждении ученых степеней. В ней содержатся новые научно обоснованные результаты, вносящие существенный вклад в теорию солитонов и физику нелинейных транспортных явлений в молекулярных системах.

По результатам переаттестации рекомендую присудить Мингалееву Сергею Федоровичу ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 – «Теоретическая физика» *за следующие научные результаты:*

- аналитическое и численное определение условий существования и устойчивости связанных состояний давидовского и акустического солитонов в одномерной модели переноса энергетического возбуждения вдоль ангармонической молекулярной цепочки;

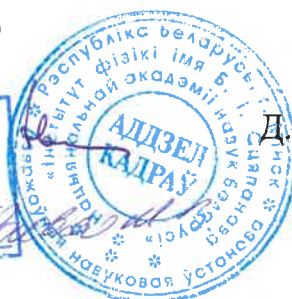
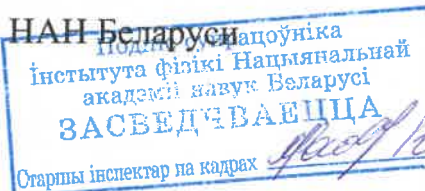
- нелокальное обобщение нелинейного уравнения Шредингера для систем с насыщающимся законом дисперсии волн, получение его решений в виде неподвижных солитонов и анализ их устойчивости;

- обнаружение явления бистабильности, допускающего сосуществование двух типов солитонных решений в одной области параметров, в модели дискретного нелинейного уравнения Шредингера со степенной дисперсионной нелокальностью.

Доктор физико-математических наук, доцент,
Заведующий центром «Нанофотоника»

Института физики НАН Беларуси

30.05.2025



Д.В. Новицкий