

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Сергеева Константина Сергеевича
«КОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ И ВОЛНОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ В
УПОРЯДОЧЕННЫХ И НЕУПОРЯДОЧЕННЫХ АНСАМБЛЯХ
ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИХ ЧАСТИЦ», представленную на
соискание ученой степени кандидата физико-математических
наук по специальности 01.04.03 - радиофизика

Теория нелинейных колебательных и волновых процессов в средах различной природы является важным разделом радиофизики. Отдельный класс таких сред образуют системы, состоящие из большого числа взаимодействующих между собой консервативных или активных элементов. Бурный рост возможностей вычислительной техники в последние годы привел к активному использованию подходов, связанных с моделированием макроскопических феноменов на микро-уровне, таких, например, как методы молекулярной динамики. С другой стороны, активное развитие нелинейно-динамических подходов и методов теории нелинейных колебаний и волн, а также разнообразная динамика элементов, образующих такие среды, постоянно стимулируют их теоретические и экспериментальные исследования. Условия формирования различных пространственных структур, эволюция этих структур во времени и в пространстве – в этой области остается много открытых вопросов, требующих дальнейшего изучения. В этой связи, актуальность и важность темы диссертации Сергеева К.С., а также ее соответствие специальности не вызывают сомнений.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав и заключения. Во введении обоснована актуальность работы, ее научная новизна и практическая значимость, а также сформулирована цель работы и приведены основные выводы и положения, выносимые на защиту.

В первой главе проводится исследование динамики одномерной цепочки взаимодействующих активных частиц и осцилляторов с нелинейным трением в форме Рэля и связанных потенциальными силами Морзе. Описываются основные типы нелинейных возбуждений (диссипативные солитоны). Установлено, что в цепочках активных частиц возможно возбуждение метастабильных мод с неравномерным распределением максимумов плотности частиц в цепочке. Обнаружены новые типы стационарных

состояний в форме равномерно распределенных кластеров с различным числом солитонов в цепочке с нелокальными связями, в дополнение к связям с соседними элементами. Исследован механизм переключения мод под воздействием шума. Интересными представляются результаты сравнения динамики цепочки частиц Рэля с цепочкой осцилляторов Рэля, поскольку первая является предельным случаем второй. В цепочке осцилляторов Рэля, связанных нелинейными потенциальными силами Морзе, обнаружены стационарные моды, в пространственном распределении которых существуют локализованные кластеры, которые автор назвал диссипативными дискретными бризерами.

Во второй главе исследуется двумерная плотноупакованная (с треугольной симметрией) решетка активных частиц с нелинейным трением в форме Рэля, связанных посредством потенциальных сил Морзе. Показано, что набор стационарных мод представлен трансляционными модами (движением решетки как целого). Продемонстрировано несколько типов локализованных метастабильных состояний и изучены их свойства, в том числе устойчивость к шуму. Показана возможность возникновения таких локализованных возбуждений, как диссипативные краудионы, связанные с тем, что частицы могут покидать свой узел.

В третьей главе изучаются особенности динамики неупорядоченного ансамбля частиц, взаимодействие которых обеспечивается механизмом выравнивания скоростей. Для такой системы известны результаты гидродинамического описания, справедливого для очень большого числа элементов. В диссертации определяются границы применимости методов гидродинамического описания к малым ансамблям. Показано, что малые ансамбли демонстрируют явление гистерезиса, связанное с существованием области бистабильности в пространстве параметров. Продемонстрировано, что в присутствии шума бистабильность сменяется бимодальностью, состоящей в наличии двух пиков в распределении скорости частиц. Границы области бимодальности соответствуют мягким стохастическим бифуркациям.

Четвертая глава посвящена исследованию динамики мобильных дискретных бризеров в молекуле ДНК. Показано, что в молекулах ДНК с закрепленными концами можно возбуждать мобильные дискретные бризеры за счет начального возмущения скорости или координат небольшого числа смежных нуклеотидных пар, расположенных у одного из концов цепочки,

если взаимодействие между нуклеотидными парами превышает определенный порог.

В заключении сформулированы основные выводы и результаты диссертационной работы.

Представленные в диссертационной работе результаты обладают существенной научной новизной. В своей работе автор корректно использует известные научные методы обоснования полученных результатов, выводов и рекомендаций. Обоснованность и достоверность результатов диссертации обеспечивается их согласованностью между собой, а также использованием в расчетах известных, апробированных численных методов, современных средств и методик проведения исследований, соответствием с результатами предшествующих исследований в этой области. Научная и практическая значимость результатов диссертационной работы определяется их степенью общности, поскольку обнаруженные автором особенности и закономерности колебательных и волновых явлений присущи целому классу ансамблей взаимодействующих частиц. Также результаты четвертой главы могут быть интересны с практической точки зрения, поскольку предполагается, что мобильные бризеры способны обеспечить транспорт заряда в ДНК.

Среди наиболее значимых с научной точки зрения результатов, полученных автором диссертационного исследования, можно отметить следующие:

- показана возможность управлять шумом переключениями между модами (возбуждение или разрушение солитонов) в цепочках активных частиц;

- показана возможность возбуждения диссипативных дискретных бризеров в цепочках осцилляторов Рэлея;

- определено как, за счет выбора начальных возмущений координат и скоростей в группе нуклеотидных пар можно эффективно возбудить мобильный бризер с заданным направлением движения.

К недостаткам работы, на мой взгляд, относится следующее:

1. В первой главе отсутствует анализ возможности для частиц перескочить из своего сайта в соседний в одномерной цепочке. Во второй главе такой анализ присутствует применительно к двумерным системам в связи с образованием краудионов.

2. В четвертой главе не расшифровывается, что означает фраза «решаются численно методом Рунге-Кутты 4-го порядка с контролем точности выполнения закона сохранения энергии». Если используется специальный вариант метода – тогда следует его указать, если же просто взят шаг мелкий настолько, что можно пренебречь изменениями интеграла энергии за время вычислений – тогда следует указывать порядок отклонения для различных режимов динамики.

3. В целом диссертация написана ясно и хорошим языком, практически без опечаток, но есть некоторая небрежность в формулах – так во введении, с опечатками приведены формулы для потенциалов Тоды и Леннарда-Джонса. Формула для потенциала Морзе приводится в разной форме по тексту диссертации, то относительно расстояния от положения равновесия (1.6), то относительно расстояния между частицами (8) без дополнительных пояснений. Формула для средней скорости ансамбля (1.9) приведена без указания на то, что она верна лишь в случае, когда стационарная скорость изолированной частицы равна по модулю единице.

Несмотря на отмеченные недостатки, в целом диссертационная работа производит хорошее впечатление. Работа представляет собой законченное научное исследование, в котором содержится решение задачи, имеющей существенное значение для радиофизики. Проведенные в работе исследования являются значимыми, обладают необходимой общностью и представляют интерес как с фундаментальной, так и прикладной точек зрения. Работа выглядит цельным произведением, развивающим современные представления о сложных колебательных и волновых процессах в ансамблях нелинейно связанных частиц. Автореферат правильно отражает ее содержание.

Результаты диссертационной работы могут быть рекомендованы к использованию в научно-исследовательских разработках в области сложной динамики естественных и технических систем, а также использованы в учебных курсах по радиофизическим специальностям в Саратовском и Нижегородском университетах.

Результаты диссертации достаточно полно представлены публикациями (7 статей) в ведущих отечественных и зарубежных научных журналах, входящих в перечень ВАК для публикации основных материалов кандидатских и докторских диссертаций. Материалы диссертации

неоднократно докладывались на международных и российских научных конференциях.

Считаю, что диссертационная работа Сергеева Константина Сергеевича удовлетворяет требованиям «Положения о присуждении ученых степеней» (пп. 9-11, 13,14), утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года, № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а автор работы заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 - радиофизика.

Я, Сатаев Игорь Рустамович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

Официальный оппонент

кандидат физико-математических наук (01.04.03),
ведущий научный сотрудник

ФГБУН «Институт радиотехники и
электроники им. В.А. Котельникова РАН»,
Саратовский филиал

03.12.18

Сатаев Игорь Рустамович

Почтовый адрес: 410019, г. Саратов, ул. Зеленая, 38;

Телефон: +78452391238;

Электронный адрес: sataevir@rambler.ru;

Специальность и отрасль науки по
которой защищена диссертация: 01.04.03 - радиофизика

Подпись Сатаева И.Р. заверяю

Филимонов Юрий Александрович

Директор Саратовского филиала Института радиотехники и электроники им.
В.А. Котельникова РАН

