

ОТЗЫВ

научного руководителя

на диссертацию И.А. Шепелева «Бегущие волны и сложные пространственные структуры в активных распределенных системах с периодическими граничными условиями», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 - радиофизика

Диссертация И.А. Шепелева посвящена фундаментальной проблеме теории нелинейных колебаний и волн, являющейся важным разделом современной радиофизики. Эта проблема состоит во всестороннем изучении пространственно-временной динамики распределенных систем, состоящих из множества активных взаимодействующих элементов. В работе исследуются различные пространственно-организованные ансамбли и модели среды с периодическими граничными условиями. С помощью компьютерного моделирования динамики распределенных систем устанавливаются условия возникновения и эволюции бегущих волн и сложных структур частичной синхронизации, таких как химерные состояния, анализируется влияние собственной динамики парциальных элементов, характера связей и выбора начального состояния системы на устанавливающийся режим. Исследуются эффекты внешнего воздействия на пространственную структуру и динамику элементов распределенной системы.

Актуальность данной проблемы связана с важной ролью пространственно-организованных ансамблей взаимодействующих нелинейных элементов при моделировании многих реальных распределенных систем и протекающих в них процессов, как в живой природе, так и в технике. К таким системам можно отнести множество реальных объектов от клеточных тканей и сообществ бактерий до энергетических систем и компьютерных сетей. Распределенные активные системы характеризуются сложностью и многообразием динамических режимов и далеко не все характерные для них нелинейные явления на сегодняшний день в достаточной степени изучены. Кроме того, важной задачей остается поиск путей управления пространственно-временной динамикой сложных систем, которое может, в частности, осуществляться с помощью внешних регулярных воздействий на всю систему или локализованную в пространстве группу элементов системы.

В работе И.А. Шепелева решаются несколько актуальных научных задач, связанных с процессами и пространственными структурами в распределенных активных системах с периодическими граничными условиями. В большинстве рассмотренных задач динамика элементов является бистабильной. Хотя ансамбли бистабильных элементов исследовались ранее в ряде научных статей и монографий, выбор в качестве базового элемента бистабильного осциллятора ФитцХью-Нагумо, обладающего при этом свойствами возбудимости, а также учет нелокального взаимодействия позволил установить и исследовать ряд новых эффектов, таких как бегущие волны в модели бистабильной среды с периодическими граничными условиями и новый тип химерных структур (двухъямные химеры). Были исследованы эффекты, связанные с внешним периодическим воздействием на распределенную активную систему, такие как синхронизация бегущих волн в режиме бистабильной динамики элементов, подавление и возбуждение кластеров некогерентности в ансамбле хаотических осцилляторов с нелокальной связью.

Особенностью исследования сложных режимов поведения ансамблей и распределенных систем, состоящих из множества элементов с ярко выраженными нелинейными свойствами является крайне ограниченные возможности применения теоретических методов и целенаправленных натуральных экспериментов. В связи с этим приобретают особое значение методы компьютерного моделирования. В работе И.А. Шепелева компьютерное моделирование являлось главным инструментом исследования. В соответствии с решаемыми задачами были разработаны специальные алгоритмы и программы, направленные на исследование сложной динамики распределенных систем с нелокальным взаимодействием элементов. Для интерпретации полученных результатов широко использовался круг представлений современной теории нелинейных колебаний и волн.

В работе И.А. Шепелева получен ряд новых научных результатов, наиболее важными из которых являются следующие.

- Было показано, что в кольце осцилляторов, типа осциллятора ФитцХью-Нагумо, бегущие волны возникают не только при возбудимой динамике осцилляторов, но также и в бистабильном режиме, причем они также, как и

волны в возбудимом режиме, могут быть синхронизованы локализованным и распределенным внешним периодическим воздействием.

- Установлено существование устойчивых химерных состояний в кольце осцилляторов с локальной нелинейной однонаправленной связью. Показано, что данные режимы существуют в широкой области значений параметров и не критичны к конкретному выбору функции нелинейности связи.
- Установлен новый тип химерных состояний, типичный для ансамблей из нелокально-связанных элементов, обладающих в определенной области значений параметров бистабильной динамикой. Химеры данного типа, названные двухъямными, обнаружены и исследованы как в ансамблях отображений, так и в системах с непрерывным временем с регулярной и хаотической динамикой.
- Установлено существование химерных состояний в ансамбле осцилляторов Лоренца с нелокальной связью в режиме квазигиперболического хаоса. Выявлены особенности их эволюции, при вариации параметров связи, состоящие в возникновении и исчезновении метастабильных кластеров некогерентности.
- Установлены и исследованы различные типы химерных структур, а также режимы уединенных состояний для двумерного ансамбля бистабильных элементов с нелокальным взаимодействием.
- Показана возможность управления характером сложной пространственной структуры в ансамбле нелокально связанных хаотических автогенераторов с помощью одного и того же периодического воздействия как на весь ансамбль в целом, так и на выбранную группу элементов. Соответствующий выбор параметров воздействия позволяет как устранить кластеры пространственной некогерентности в химерном состоянии, так и возбудить такие кластеры в области когерентного поведения.

И.А. Шепелев со студенческих лет активно занимается научными исследованиями на кафедре радиофизики и нелинейной динамики СГУ. Главным направлением его научной деятельности является исследование процессов самоорганизации в распределенных нелинейных системах. И.А. Шепелев глубоко

изучил современную теорию нелинейных колебаний и волн, хорошо разбирается в принципах построения математических моделей реальных систем и процессов и в совершенстве владеет методами программирования и компьютерного моделирования динамики сложных многокомпонентных систем и ансамблей. Все результаты в проводимых им исследованиях были получены и обработаны с помощью специальных программ, написанных им самим или при его активном участии.

В период обучения в аспирантуре И.А. Шепелев являлся исполнителем международного гранта РФФИ и Немецкого Физического Общества (№ 14-52-12002), международного гранта Немецкого Физического Общества DFG SFB-911 и гранта РФФИ (№ 16-12-1075). В рамках международного гранта И.А. Шепелев активно сотрудничал с научной группой профессора Э. Шёлля в Берлинском Техническом университете. Он неоднократно посещал Берлинский Технический университет, проводил совместные исследования, выступал на научных семинарах. В рамках гранта РФФИ И.А. Шепелев проводил совместные исследования с коллегами из (ИПСМ РАН) г. Уфа. Обучаясь в аспирантуре и участвуя в научных проектах кафедры радиофизики и нелинейной динамики И.А. Шепелев приобрел большой опыт совместной научной работы и взаимодействия с различными научными коллективами, выступлений на научных семинарах и конференциях, написания статей и отчетов, в том числе на английском языке.

Результаты диссертационной работы И.А. Шепелева докладывались на 13 международных конференциях. По теме диссертации опубликовано 20 работ, в том числе 11 статей в реферируемых журналах, рекомендованных ВАК, из них 7 статей – в изданиях, входящих в базу данных Web of Science.

В период обучения в аспирантуре И.А. Шепелев активно участвовал в педагогической работе, проводил практические и лабораторные занятия со студентами кафедры радиофизики и нелинейной динамики, осуществлялось руководство курсовыми работами.

Диссертация И.А. Шепелева представляет собой серьезную работу, содержащую подробное и последовательное изложение результатов проведенных исследований. Она хорошо написана и содержит большое количество

иллюстративного материала. Все результаты работы отражены в имеющихся публикациях и докладывались на многих международных научных конференциях и семинарах. Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Диссертация И.А. Шепелева является законченным исследованием и вносит заметный вклад в развитие важного направления статистической радиофизики и теории нелинейных колебаний. Работа полностью соответствует специальности 01.04.03 – «радиофизика» и отвечает всем требованиям пп. 9-11, 13-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013, предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата наук. Считаю, что автор диссертации, Шепелев Игорь Александрович достоин присуждения искомой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 – радиофизика.

Профессор кафедры радиофизики
и нелинейной динамики,
доктор физ.-мат. наук, профессор
ФГБОУ ВО «Саратовский национальный
исследовательский государственный
университет имени Н.Г. Чернышевского»
г. Саратов, 410012, Астраханская 83
тел. 210-710
vadivasovate@yandex.ru

Вадивасова Татьяна
Евгеньевна

Личную подпись Т.Е. Вадивасовой «ЗАВЕРЯЮ»
Ученый секретарь СГУ
доцент, к.х.н.



И.В. Федусенко

24.05.2018