

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.392.01,  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»,  
МИНОБРНАУКИ РОССИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ  
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от 22.10.2021 № 8

О присуждении **Буху Андрею Владимировичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Автоволновые структуры, включая химерные, в одномерных и двумерных системах связанных осцилляторов. Синхронизация и управление» по специальности 1.3.4. – Радиофизика принята к защите 2 июля 2021 года (протокол заседания № 3) диссертационным советом 24.2.392.01, созданным на базе ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского» (ФГБОУ ВО «СГУ имени Н. Г. Чернышевского»), Минобрнауки РФ, 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, 83, приказ Минобрнауки России о создании диссертационного совета от 15.02.2013 №75/нк; приказы об изменении состава совета от 15.12.2015 № 1598/нк-9, от 28.09.2016 № 1180/нк-52, от 15.02.2017 № 116/нк-38, от 26.01.2018 № 92/нк-50, от 17.04.2018 № 431/нк-26, от 23.11.2018 № 301/нк-66, от 24.09.2019 №873/нк-26; приказ об установлении полномочий совета от 03.06.2021 № 561-нк (Приложение 1/597); приказ об изменении состава совета от 15.10.2021 № 1046/нк-33.

Соискатель Бух Андрей Владимирович, 26 декабря 1993 года рождения, в 2017 году окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского» (ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского») с присвоением квалификации магистра по направлению 03.04.03 «Радиофизика». В 2021 году соискатель освоил программу подготовки



научно-педагогических кадров в ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского» по направлению подготовки 03.06.01 «Физика и астрономия», направленность «Радиофизика». Работает инженером кафедры радиофизики и нелинейной динамики в ФГБОУ ВО «СГУ имени Н. Г. Чернышевского», Минобрнауки РФ.

Диссертация выполнена на кафедре радиофизики и нелинейной динамики института физики ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского», Минобрнауки РФ.

Научные руководители – доктор физико-математических наук, профессор, Анищенко Вадим Семенович; доктор физико-математических наук, доцент Стрелкова Галина Ивановна, ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского», кафедра радиофизики и нелинейной динамики, заведующая кафедрой.

Официальные оппоненты:

**Осипов Григорий Владимирович**, доктор физико-математических наук (01.04.03), доцент, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» (г. Нижний Новгород), кафедра теории управления и динамики систем, заведующий кафедрой;

**Станкевич Наталия Владимировна**, кандидат физико-математических наук (01.04.03), доцент, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», г. Нижний Новгород, лаборатория топологических методов в динамике, старший научный сотрудник

дали положительные отзывы на диссертацию.

**Ведущая организация** – ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук», г. Нижний Новгород, в своем положительном отзыве, подписанном Некоркиным Владимиром Исааковичем, доктором физико-математических наук (01.04.03), профессором, заведующим отделом нелинейной динамики, и Клиньшовым Владимиром Викторовичем, кандидатом физико-математических наук (01.04.03), старшим научным сотрудником отдела нелинейной динамики, указала, что диссертационная работа Буха А.В. представляет собой законченное исследование, выполненное на актуальную для современной радиофизики и теории колебаний и волн тему, и содержит решение ряда новых радиофизических задач анализа автоволновых структур, включая химерные, в ансамблях взаимодействующих нелинейных осцилляторов. Полученные результаты дополняют и расширяют имеющиеся представления о динамике сложных взаимосвязанных ансамблей, о возможностях реализации новых пространственно-временных волновых химерных структур при



различной динамике и типе индивидуальных элементов ансамблей и об особенностях эффектов синхронизации автоволновых структур при различных типах межслойной связи. Автореферат с достаточной полнотой соответствует основным положениям диссертационной работы. Работа полностью удовлетворяет требованиям пп. 9-11, 13 и 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года, № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Бух Андрей Владимирович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4. – Радиофизика.

Соискатель имеет 25 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 23 работы общим объемом 16.25 п.л. (авторский вклад 4.93 п.л.), из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 23 работы.

Наиболее значительные научные работы по теме диссертации:

1. **A.V. Bukh**, G.I. Strelkova, V.S. Anishchenko. Spiral wave patterns in a two-dimensional lattice of nonlocally coupled maps modeling neural activity // *Chaos, Solitons & Fractals*. — 2019. — Vol. 120. — Pp. 75–82.
2. **A.V. Bukh**, G.I. Strelkova, V.S. Anishchenko. Synchronization features of target wave structures with an incoherent center // *Chaos, Solitons & Fractals*. — 2020. — Vol. 139. — P. 110002.
3. **A.V. Bukh**, G.I. Strelkova, V.S. Anishchenko. Synchronization of Chimera States in Coupled Networks of Nonlinear Chaotic Oscillators // *Russian Journal of Nonlinear Dynamics*. — 2018. — Vol. 14, no. 4. — Pp. 419–433.
4. **A.V. Bukh**, G.I. Strelkova, V.S. Anishchenko. Spiral Wave Patterns in Two-Layer 2D Lattices of Nonlocally Coupled Discrete Oscillators. Synchronization of Spiral Wave Chimeras // *Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Физика*. — 2019. — Vol. 19, no. 3. — Pp. 166–177.

На диссертацию и автореферат поступило 7 положительных отзывов: из Университета Огайо (США) от д.ф.-м.н. (01.04.03), профессора физики Неймана А.Б.; из Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А. от д.ф.-м.н. (05.13.18), доцента Купцова П.В.; из Саратовского филиала Института радиотехники и электроники РАН им. В.А. Котельникова от д.ф.-м.н. (01.04.03), профессора Пономаренко В.И.; из ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского» от д.ф.-м.н. (01.04.03), профессора Астахова В. В.; из Московского государственного универси-



тета им. М.В. Ломоносова от к.ф.-м.н. (01.04.03) Астахова С. В.; из Национального исследовательского института «Высшая школа экономики» (г. Москва) от к.ф.-м.н. (01.04.03) Захарова Д.Г.; из ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук» (г. Нижний Новгород) от к.ф.-м.н. (01.04.03) Масленникова О.В.

В отзывах сделаны замечания: а) о необходимости объяснения термина “эффективная синхронизация”; б) об отсутствии обсуждения динамических образов найденных режимов в фазовом пространстве исследуемых систем; в) сделаны некоторые редакционные замечания.

Выбор официальных оппонентов обоснован их высокой квалификацией в области радиофизики и теории колебаний, что подтверждено их высокой публикационной активностью в высокорейтинговых журналах по этой тематике. Выбор ведущей организации обосновывается её высоким авторитетом среди научно-исследовательских организаций, эффективно работающих над решением актуальных задач радиофизики и теории колебаний. Выбор официальных оппонентов и ведущей организации удовлетворяет критериям, сформулированным в пп. 22 и 24 действующего «Положения о присуждении ученых степеней» от 24 сентября 2013 г. № 842.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

**установлен** факт реализации новых типов одномерных химерных структур на основе бегущей волны в кольце генераторов Анищенко-Астахова и двумерных концентрических волновых химер в ансамблях генераторов ван дер Поля, синхронизации как одномерных, так и двумерных химерных структур и противофазной удаленной синхронизации двумерных химерных волн;

**разработаны** специальные программные комплексы, позволяющие исследовать динамику ансамблей связанных осцилляторов, как с дискретным, так и непрерывным временем, проводить анализ динамических и статистических характеристик химерных структур в одномерных и двумерных ансамблях с нелокальным взаимодействием, а также эффектов синхронизации в многослойных сетях нелинейных осцилляторов;

**предложен** способ обнаружения и количественной оценки эффекта удаленной синхронизации, в том числе противофазной синхронизации, в многослойных се-



тях нелинейных осцилляторов на основе расчета коэффициентов взаимной корреляции;

**выполнен** детальный сравнительный анализ амплитудных химерных структур на основе стоячей и бегущей волны в одномерном кольце генераторов Анищенко-Астахова, а также спирально-волновых и концентрических химерных автоволн.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

**установлены** механизмы внешней и взаимной синхронизации двух автоволновых химерных структур: в случае спиральных химер ведущими в процессе синхронизации являются когерентные области, тогда как в случае химер на основе концентрических волн — их некогерентный кластер;

**применительно к проблематике диссертации** эффективно использован комплекс современных методов численного моделирования динамики ансамблей взаимодействующих нелинейных осцилляторов с применением оригинальных комплексов программ, разработанных соискателем, что позволило получить ряд новых научных результатов;

**изучены** различные закономерности внешней, взаимной и удаленной синхронизации различных волновых химерных пространственно-временных структур: в случае ансамблей хаотических генераторов наблюдается эффективная синхронизация неидентичных ансамблей; в случае ансамблей генераторов ван дер Поля наблюдается полная синхронизация химер на основе концентрических волн и частичная синхронизация спиральных химер; в случае трехслойной сети генераторов ван дер Поля реализуется эффект удаленной противофазной синхронизации концентрических волн при сохранении в промежуточном слое спиральной химеры.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

**определены** механизмы синхронизации сложных пространственно-временных структур в двухслойных и трехслойных сетях динамических систем, играющие важную роль при анализе процессов передачи информации в инфокоммуникационных системах и системах радиосвязи;

**выявлены** закономерности поведения многослойных сетей нелинейных осцилляторов, в том числе при наличии шума;

**результаты исследований** были использованы при выполнении грантов РФФИ (№20-52-12004 и №19-32-90005), РНФ (№20-12-00119 и №16-12-10175), Минобрнауки РФ (№3.8616.2017) и Немецкого Физического Общества (SFB 910).



Оценка достоверности результатов исследования выявила:

**теория** новых автоволновых химерных структур в сетях связанных осцилляторов с различной периодической и хаотической динамикой базируется на современных теоретических представлениях и экспериментальных результатах в области исследований колебательных процессов в радиофизических системах;

**использованы** математические процедуры, методы и подходы численного моделирования, апробированные для различных моделей и хорошо зарекомендовавшие себя при проведении научных исследований в радиофизике и теории динамических систем;

**результаты, полученные в работе, согласуются** с представленными в научной литературе результатами по данной тематике других авторов;

**использованы** современные технологии сбора и обработки информации при проведении численных расчетов и представлении результатов.

**Личный вклад соискателя.** Защищаемые результаты диссертационной работы получены соискателем лично. Автором разработаны оригинальные программные комплексы и программы, с помощью которых проводились все численные расчеты и обработка экспериментальных данных. Планирование и постановка задач, интерпретация и обсуждение результатов, написание научных статей осуществлялись совместно с научным руководителем.

Результаты работы рекомендуются к использованию в научных исследованиях в академических НИИ (ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН (г. Москва); ИПФ РАН, (г. Нижний Новгород), СФ ИРЭ РАН (г. Саратов), Физическом институте им. Лебедева РАН (г. Москва) и др.), а также в учебном процессе в высших учебных заведениях, ведущих подготовку в области радиофизики и нелинейной динамики: СГУ имени Н.Г. Чернышевского (г. Саратов), МГУ имени М.В. Ломоносова (г. Москва), Национальном исследовательском Нижегородском государственном университете им Н.И. Лобачевского (г. Нижний Новгород), Саратовском государственном техническом университете им. Гагарина Ю.А. (г. Саратов), Воронежском государственном университете (г. Воронеж), Санкт-Петербургском государственном университете (г. Санкт-Петербург) и др.

Содержание диссертации удовлетворяет пп. 9–11, 13, 14 действующего «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г., № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук.



В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания: в первой главе диссертации отсутствует анализ влияния различной топологии связей на пространственно-временную динамику двумерных ансамблей связанных осцилляторов; во второй главе диссертации отсутствует анализ действия внешних шумовых и/или регулярных воздействий на химерные волновые структуры; в третьей главе диссертации не приведены данные о том, как ведет себя среднеквадратичное отклонение между мгновенными значениями симметричных элементов соответствующих слоев, усредненное по времени и по ансамблю элементов, при изменении силы межслойной связи; в работе не приводится детальное описание сходства и различия между концентрической волновой химерой, химерой уединенных состояний, обнаруженных в решетке генераторов ван дер Поля, и химерой уединенных состояний, впервые описанной в работе [Chaos. 2017. Vol. 27, no. 11. P. 111102] для ансамбля отображений Эно; слабо освещена литература по тематике «удаленная противофазная синхронизация» для простейших систем, хотя было бы уместно привести известные результаты по таким сетям и провести сравнение полученных результатов с известными; отсутствуют результаты исследования устойчивости химерных состояний на основе спиральной волны и концентрических химерных состояний к шумовому воздействию и не представлены исследования поведения индекса локальной чувствительности для осцилляторов решетки в режиме концентрической волны.

Соискатель Бух А.В. согласился с замечаниями и ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы об устройстве связей в кольце осцилляторов с нелокальной и с отражающей связью, о влиянии перехода от одного типа связи к другому на динамику кольца осцилляторов, о физической интерпретации различий в характере распределении фаз колебаний между когерентными и некогерентными кластерами, об обосновании выбора большого количества различных динамических систем в качестве элементов ансамбля, о толковании терминов «взрывная синхронизация» и «автоволновые структуры», о механизме самоподдержания автоволн в реальных радиофизических системах.

На заседании 22 октября 2021 года диссертационный совет принял решение присудить за решение актуальной задачи радиофизики, заключающейся в обнаружении ряда новых эффектов в сложных сетях связанных нелинейных осцилляторов и в объяснении механизмов реализации этих эффектов, Буху А.В. ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4. – Радиофизика.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек (15 человек находились в месте проведения заседания, 5 человек участвовали в заседании совета в удаленном интерактивном режиме), из них 5 докторов по специальности 1.3.4. – Радиофизика, участвовавших в заседании, из 28 человек, входящих в состав совета: проголосовал: за – 20, против – нет, воздержавшихся – нет.

Председатель

диссертационного совета



Аникин Валерий Михайлович

Ученый секретарь

диссертационного совета

Слепченков Михаил Михайлович

22 октября 2021 г.