ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.262.04 НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ФИЗИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА ИМ. П.Н. ЛЕБЕДЕВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 28 сентября 2026 года № 63

О присуждении Фатееву Илье Сергеевичу, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Состояния частичной синхронизации в системах осцилляторов с супердиффузионным типом взаимодействия» по специальности 1.3.3 — Теоретическая физика принята к защите 25 мая 2026 года (протокол заседания № 56) диссертационным советом 24.1.262.04 созданным 18 октября 2023 года приказом № 1975/нк на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физического института им. П.Н. Лебедева Российской академии наук (ФИАН), 119991 ГСП-1 Москва, Ленинский проспект, д. 53.

Соискатель Фатеев Илья Сергеевич, 24 мая 1998 года рождения, в 2022 году окончил магистратуру Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Алтайский государственный университет» по направлению подготовки 03.04.03. — «Радиофизика». Срок обучения в аспирантуре ФИАН по научной специальности 1.3.3 — «Теоретическая физика» (группа научных специальностей 1.3 «Физические науки») с 01.10.2022 по 30.09.2026. Справка о сдаче кандидатских экзаменов выдана ФИАН в 2026 году. С 2023 г. работает в ФИАН в должности высококвалифицированного младшего научного сотрудника в лаборатории нелинейной динамики и теоретической биофизики Отделения теоретической физики им. И.Е. Тамма (ОТФ).

Диссертационная работа И.С. Фатеева выполнена в ОТФ ФИАН.

Научный руководитель: доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией нелинейной динамики и теоретической биофизики, высококвалифицированный главный научный сотрудник ОТФ ФИАН, Полежаев Андрей Александрович.

Официальные оппоненты:

1. Горский Александр Сергеевич, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник ФГБУН Института проблем передачи информации им. А.А. Харкевича Российской академии наук (ИППИ РАН),
2. Осипов Григорий Владимирович, доктор физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой теории управления и динамики систем, ведущий научный сотрудник ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» (ННГУ),

дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация – ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского» (СГУ) в своем положительном отзыве, составленном доктором физико-математических наук, заведующей кафедрой радиофизики и нелинейной динамики, Стрелковой Галиной Ивановной и утвержденном проректором по научной работе и цифровому развитию ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского», доктором физико-математических наук, профессором Алексеем Александровичем Короновским, указала, что диссертация удовлетворяет требованиям, изложенным в Положении о присуждении ученых степеней, утвержденном постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г., а соискатель заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук.

Соискатель имеет 9 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 7 работ в рецензируемых научных изданиях, включённых в перечень ВАК и индексируемых в базах данных Scopus и Web of Science.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем И.С. Фатеевым работах.

Наиболее значимые результаты по теме диссертации опубликованы в работах:

1. Fateev, I. S. Dynamics of a chain of interacting neurons with nonlocal coupling, given by Laplace operator of fractional and variable orders with nonlinear Hindmarsh–Rose model functions / I. S. Fateev, A. A. Polezhaev // Bulletin of the Lebedev Physics Institute. — 2023. — Vol. 50, no. 6. — P. 243—252.
2. Fateev, I. Chimera states in a chain of superdiffusively coupled neurons / I. Fateev, A. Polezhaev // Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science. — 2023. — Vol. 33, no. 10. — P. 103110.
3. Fateev, I. Chimera states in a lattice of superdiffusively coupled neurons / I. Fateev, A. Polezhaev // Chaos, Solitons & Fractals. — 2024. — Vol. 181. — P. 114722.
4. Фатеев, И. С. Химерные состояния в системах супердиффузионно связанных нейронов / И. С. Фатеев, А. А. Полежаев // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Физика. — 2024. — Т. 24, № 4. — С. 328—339.
5. Fateev, I. Synchronization transitions in a system of superdiffusively coupled neurons: Interplay of chimeras, solitary states, and phase waves / I. Fateev, A. Polezhaev // Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science. — 2024. — Vol. 34, no. 9. — P. 093131.
6. Fateev, I. Fractional Correlation Measure for Spatial Coherence / I. Fateev, A. Polezhaev // International Journal of Bifurcation and Chaos. — 2026. — Vol. 36, no. 7. — P. 2650078.

7. Fateev, I. Analytical study of neural networks with superdiffusive coupling supporting chimera states / I. Fateev, A. Polezhaev // Physical Review E. — 2025. — Vol. 112, no. 1. — P. 014214.

Выбор Горского Александра Сергеевича в качестве оппонента обоснован его высокой квалификацией и наличием достижений мирового уровня в области теории сложных сетей, статистической физики процессов синхронизации и их применения к задачам моделирования когнитивных систем.

Выбор Осипова Григория Владимировича в качестве оппонента обоснован его высокой квалификацией и наличием достижений мирового уровня в области нелинейной динамики систем взаимодействующих осцилляторов различной природы.

Выбор ведущей организации обоснован тем, что ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского» (СГУ) является центром исследований мирового уровня в области нелинейной динамики систем связанных осцилляторов и физики сложных систем.

Оценка выполненной соискателем работы: Диссертационная работа И.С. Фатеева посвящена построению и систематическому исследованию системы взаимодействующих Hindmarsh–Rose осцилляторов с супердиффузионным типом связи в контексте развития различных форм состояний частичной синхронизации. Исследования выполнены на высоком научном уровне, отличаются оригинальностью и глубиной проработки темы, широкой интеграцией в актуальные направления современной нелинейной динамики, а также внутренним единством и логичностью изложения.

Актуальность данной работы обусловлена возрастающей потребностью в создании фундаментальных и одновременно биофизически обоснованных математических моделей систем взаимодействующих нейронов, сочетающих идеи нелинейной динамики, теории открытых неравновесных систем и физики сложных систем, для моделирования кортикальной динамики.

На основании выполненных соискателем исследований были получены следующие **основные результаты**:

1. Определена система взаимодействующих Hindmarsh–Rose осцилляторов с супердиффузионным типом связи, основанным на разностной схеме аппроксимации дробного оператора Лапласа. Определены схемы взаимодействия данных осцилляторов, основанные как на одномерном и двумерном двухкомпонентном, так и на одномерном и двумерном трёхкомпонентном представлениях. Представлены обоснования применения супердиффузионной схемы связи к задачам построения моделей систем взаимодействующих нейронов. Определено место данной модели в контексте широкого круга как теоретических, так и прикладных задач физики сложных систем и систем взаимодействующих осцилляторов различной природы, в частности ансамблей связанных нейронов.
2. В системе Hindmarsh–Rose осцилляторов с супердиффузионной связью установлена возможность возникновения различных состояний полной и частичной синхронизации, а также некогерентных режимов как для одномерных, так и для двумерных систем. Определено параметрическое пространство, задаваемое показателями дробного оператора Лапласа для первой и второй компонент, связанное с обобщенным представлением о структуре супердиффузионных конфигураций.
3. Установлены параметрические конфигурации показателей дробного оператора Лапласа, при которых в системах Hindmarsh–Rose осцилляторов с супердиффузионной связью для множества равномерно распределённых случайных начальных условий возможно формирование химерных и уединённых состояний, фазовых волн различных масштабов, а также некогерентных режимов. Установлено структурное сходство параметрического пространства показателей дробного оператора Лапласа для систем, основанных как на

одномерной двухкомпонентной, так и на двумерной двухкомпонентной постановках.

4. Для дискретной системы Hindmarsh–Rose осцилляторов с супердиффузионной связью, основанной на одномерном двухкомпонентном представлении, определены области в параметрическом пространстве показателей дробного оператора Лапласа, соответствующие однородным и неоднородным синхронизационным переходам. Продемонстрировано, что эти области отражают сложное влияние изменения супердиффузионных конфигураций на результирующую динамику системы. Выполнена модификация одной из основных метрик, используемых для оценки состояний частичной синхронизации — меры пространственной корреляции, на случай спектра дробных мер пространственной корреляции. Продемонстрирована уместность предложенного спектра метрик для исследования состояний частичной синхронизации в системах Hindmarsh–Rose осцилляторов с супердиффузионным типом связи, а также обоснована возможность использования представленного подхода для исследования динамических режимов, реализуемых в иных сетевых архитектурах.
5. Выполнен расширенный линейный анализ двухкомпонентной одномерной системы реакционно-супердиффузионных уравнений с нелинейными функциями модели Hindmarsh–Rose. Установлено соответствие между типами устойчивости пространственных мод в линейном приближении и развитием различных состояний как полной, так и частичной синхронизации в системе с супердиффузионной связью, а также с параметрическими областями однородных и неоднородных синхронизационных переходов. Введено в систематическое рассмотрение явление — несогласованная дробная Тьюринговская неустойчивость, которая может наблюдаться в распределённых системах с различной супердиффузионной кинетикой для соответствующих компонент.

Научная новизна полученных результатов заключается в рассмотрении системы связанных Hindmarsh–Rose осцилляторов с супердиффузионным типом взаимодействия, построенной на основе разностной схемы аппроксимации дробного оператора Лапласа, и в получении на её основе широкого спектра состояний частичной синхронизации, в частности химерных состояний. В работе впервые систематически рассмотрено параметрическое пространство показателей дробного оператора Лапласа, описывающее связь между супердиффузионными конфигурациями и конкретными типами состояний частичной синхронизации. Проведён линейный анализ системы реакционно-супердиффузионных уравнений, обобщающих рассматриваемую дискретную систему. Получено качественное соответствие результатов для сетей Hindmarsh–Rose осцилляторов с супердиффузионной связью и теоретических представлений об устойчивости пространственных мод в реакционно-супердиффузионной постановке.

Теоретическая и практическая значимость диссертационного исследования состоит в углублении понимания процессов зарождения и развития состояний частичной синхронизации, в частности химерных состояний, в системах осцилляторов с супердиффузионной связью. Теоретическая значимость заключается в применении и развитии дробно-дифференциального формализма для описания динамики систем взаимодействующих осцилляторов различной физической природы. Развитие такого формализма важно для теории неравновесных распределённых систем и физики сложных систем. Практическая значимость обусловлена тем, что использованная нелинейность соответствует известной динамической модели, описывающей качественную динамику нейронов. Это, наряду с многочисленными экспериментальными данными о зарождении состояний частичной синхронизации в биологических нейронных сетях, свидетельствует о

прикладной ценности полученных результатов для построения физических моделей когнитивных процессов.

Ценность научных работ соискателя подтверждается публикацией 7 статей в рецензируемых научных журналах, входящих в перечень ВАК и индексируемых в Scopus и Web of Science, при этом 5 из них опубликованы в журналах первого уровня «Белого списка». Тематика исследований получила поддержку Фонда развития теоретической физики и математики «Базис». На основе опубликованных исследований получен грант РНФ, поддерживающий дальнейшее развитие данной тематики.

Личное участие соискателя в получении результатов, изложенных в диссертации заключается в непосредственном участии Фатеева И.С. на всех этапах исследования: начиная от постановки целей и задач, сбора данных и изучения соответствующих источников, выбора методологии и проведения самих исследований, заканчивая обработкой полученных данных, а также подготовкой самих статей. Автором реализованы супердиффузионные схемы связей между Hindmarsh–Rose осцилляторами; проведено исследование развития состояний частичной синхронизации на базе представленных систем; построено параметрическое пространство показателей дробного оператора Лапласа и определены его области, соответствующие развитию широкого спектра состояний частичной синхронизации; развит подход к определению нового спектра метрик для оценки состояний частичной синхронизации; исследован аналитический непрерывный предел для рассматриваемой постановки и выполнено сопоставление результатов с дискретной системой.

Достоверность полученных результатов обеспечивается, с одной стороны, предельным согласованием дискретной системы с супердиффузионной связью с её непрерывным приближением, построенным на основе реакционно-супердиффузионных уравнений; с другой стороны — предельным переходом системы с супердиффузионной связью к хорошо изученной классической реакционно-диффузионной модели. Дополнительно достоверность результатов обеспечивается тщательным

тестированием всех программных компонент и применением нескольких независимых метрик, демонстрирующих формирование полной и частичной синхронизации, а также некогерентных состояний. **Апробация** полученных результатов производилась в рамках различных семинаров, а также на всероссийских и международных конференциях.

Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем: Публикации автора в полном объеме отражают содержание диссертационного исследования. Результаты, представленные в диссертации, основаны на 7 опубликованных работах, в которых И.С. Фатеев фигурирует как первый автор. Все основные научные результаты, включенные в диссертацию Фатеева И.С., получены соискателем лично. Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации.

Соответствие пунктам паспорта научной специальности 1.3.3 — «Теоретическая физика» по физико-математическим наукам. Тема диссертации Фатеева И.С. соответствует паспорту специальности 1.3.3 — «Теоретическая физика». Это обусловлено сразу несколькими факторами. Для формирования супердиффузионных конфигураций и воспроизведения на их основе различных форм частичной синхронизации в работе используется явная разностная схема аппроксимации дробного оператора Лапласа, что определяет связь диссертации с **(п. 8)** паспорта, в частности с **моделированием физических процессов на решётке**. Наличие непрерывного приближения для рассматриваемой постановки, основанного на системе реакционно-супердиффузионных уравнений с нелинейными функциями модели Hindmarsh–Rose, а также анализ данной системы предопределяют связь диссертации с **(п. 10)** и **теорией открытых неравновесных систем.** Кроме того, выбранная модель точечного Hindmarsh–Rose осциллятора, а также воспроизведение на основе системы с супердиффузионной связью сложных пространственно-временных сценариев, связанных с согласованным развитием пространственного порядка и беспорядка, связывают результаты проведённых исследований с задачами **теории хаоса (п. 10)**. Наконец, связь диссертации с задачами построения **физических моделей когнитивных процессов (п. 12)** определяется тремя

результатами: интерпретацией системы Hindmarsh–Rose как модели точечного нейрона; обоснованием супердиффузионного формализма в контексте задачи о связи между нейронами; получением широкого спектра эмпирически значимых состояний частичной синхронизации в рассматриваемой распределенной системе.

В ходе защиты соискатель Фатеев И.С. аргументированно ответил на заданные ему вопросы членов диссертационного совета, а также на замечания ведущей организации и оппонентов.

На заседании 28 сентября 2026 года диссертационный совет принял решение присудить И.С. Фатееву учёную степень кандидата физико-математических наук за решение научных задач, связанных с применением дробно-дифференциального подхода к определению систем взаимодействующих осцилляторов, в контексте изучения широкого спектра состояний частичной синхронизации, в частности химерных состояний.

При проведении тайного голосования члены диссертационного совета в количестве **12** человек, из них **12** докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации (1.3.3 – Теоретическая физика), участвовавшие в заседании, из 14 человек, входящих в состав совета, проголосовали:

за присуждение учёной степени – **12**,
против присуждения учёной степени – **0**,
недействительных бюллетеней – **0** .

Председатель диссертационного
совета член-корр. РАН, д.ф.-м.н.

Арсеев Пётр Иварович

Учёный секретарь диссертационного совета
д.ф.-м.н.

Чернышов Дмитрий Олегович

28 сентября 2026 г.