

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.238.01, СОЗДАННОГО НА
БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО НАУЧНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР ИНСТИТУТ
ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ им. А.В. ГАПОНОВА-ГРЕХОВА РОССИЙСКОЙ
АКАДЕМИИ НАУК», ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № ____

решение диссертационного совета от 22.06.2026 № 227

О присуждении Масленникову Олегу Владимировичу, гражданину РФ, учёной степени
доктора физико-математических наук

Диссертация «Коллективная динамика и функциональные свойства обучаемых нелинейных сетей активных элементов» по специальности 1.3.4 – Радиофизика принята к защите 16 марта.2026, протокол № 224, диссертационным советом 24.1.238.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук» (ИПФ РАН), 603950, Нижний Новгород, ул. Ульянова, 46, приказ о создании совета №717/нк от 09.11.2012.

Соискатель, Масленников Олег Владимирович, 1988 года рождения, в 2011 году окончил Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, диссертацию на соискание ученой степени кандидата физ.-мат. наук «Динамические сети хаотических осцилляторов в задачах модульной и кластерной синхронизации нейронных ансамблей» защитил в 2014 году в диссертационном совете Д 002.069.02, созданном на базе ИПФ РАН, работает старшим научным сотрудником в ИПФ РАН. Диссертация выполнена в отделе нелинейной динамики ИПФ РАН.

Научный консультант — член-корреспондент РАН, доктор физико-математических наук Некоркин Владимир Исаакович, заведующий отделом ИПФ РАН.

Официальные оппоненты Куркин Семен Андреевич, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник РЭУ им. Г.В. Плеханова, Стрелкова Галина Ивановна, доктор физико-математических наук, заведующий кафедрой СГУ им. Н.Г. Чернышевского, и Казаков Алексей Олегович, доктор физико-математических наук, профессор НИУ ВШЭ, дали положительные отзывы на диссертацию. Ведущая организация, ФГБУН Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова

Российской академии наук (ИРЭ РАН), в своём положительном заключении, утвержденном директором ИРЭ РАН академиком РАН, доктором физико-математических наук Никитовым С.А., указала, что диссертация О.В. Масленникова актуальна, имеет значение как для фундаментальных исследований, так и для практических применений, является законченным научным исследованием, удовлетворяет требованиям ВАК РФ, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.4 – Радиофизика.

Соискатель имеет по теме диссертации 32 статьи в рецензируемых журналах, удовлетворяющих требованиям ВАК к научным изданиям, в которых излагаются основные результаты диссертации, в том числе 30 работ опубликовано в журналах, индексируемых в категориях К1-К2 или приравненных к ним. Наиболее значимыми работами по теме диссертации являются:

1. Масленников О. В., Пугавко М. М., Щапин Д. С., Некоркин В. И. Нелинейная динамика и машинное обучение рекуррентных спайковых нейронных сетей // Успехи физических наук. — 2022. — Т. 192, № 10. — С. 1089–1109.
2. Масленников О. В., Некоркин В. И. Адаптивные динамические сети // Успехи физических наук. — 2017. — Т. 187, № 7. — С. 753–764.
2. Maslennikov O. V. Geometry and efficiency of learned and reservoir recurrent dynamics in context-dependent integration–switching // Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science. — 2026. — Vol. 36, № 1. — P. 012345.
3. Maslennikov O. V. Topological and geometrical signatures of computation in rate, spiking, and oscillatory neural reservoirs // Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science. — 2025. — Vol. 35, № 12. — P. 121106.
4. Pugavko M. M., Maslennikov O. V., Nekorkin V. I. Multitask computation through dynamics in recurrent spiking neural networks // Scientific Reports. — 2023. — Vol. 13, № 1. — P. 3997.
5. Ivanov D. A., Larionov D. A., Maslennikov O. V., Voevodin V. V. Neural network compression for reinforcement learning tasks // Scientific Reports. — 2025. — Vol. 15, № 1. — P. 9718.

На диссертацию и автореферат поступило 12 отзывов. Все отзывы положительные, в них отмечаются актуальность диссертации, научная новизна и практическая значимость полученных результатов.

Положительный отзыв ведущей организации содержит, наряду с редакционными, следующие замечания и вопросы: об обоснованности использования одиннадцати моделей активных элементов и о возможности ограничиться меньшим числом базовых моделей; о целесообразности включения в финальную часть работы раздела, прямо поясняющего значение полученных результатов для проблемы объяснимого искусственного интеллекта (ИИ); о наличии качественных различий между цифровыми и аналоговыми реализациями нейроподобных сетей; о том, какие из предложенных математических моделей предпочтительны при построении систем с объяснимым ИИ; о желательности в заключении обобщающих выводов о достижении целей, поставленных во вводной части диссертации.

Положительный отзыв официального оппонента д.ф.-м.н. С.А. Куркина содержит замечания о критичности способа усреднения при выводе аналитической оценки старшего показателя Ляпунова быстро-медленного хаотического аттрактора и о желательности количественной оценки погрешности предложенной аппроксимации; о возможности обобщения формализма гиперсети на сети большего размера; о критериях редукции числа вершин гиперсети; о роли увеличения размерности вектора признаков при динамическом считывании и корректности соответствующего сравнения с осцилляторным резервуаром.

Положительный отзыв официального оппонента д.ф.-м.н. Г.И. Стрелковой содержит следующие замечания и вопросы: о степени универсальности спектрального механизма формирования аттракторов при использовании иных (в частности, градиентных) алгоритмов настройки весов и при увеличении размерности сети; о возможности обобщения принципа вычислительного соответствия на аperiodические и стохастические целевые функции; о влиянии топологии и числа элементов на вычислительные характеристики физического резервуара на генераторах ФитцХью–Нагумо; о сохранении качественного различия динамических стратегий обучения с подкреплением и с учителем для задач с непрерывным пространством действий.

Положительный отзыв официального оппонента д.ф.-м.н. А.О. Казакова содержит, наряду с редакционными, следующие замечания и вопросы: о природе хаотического

бёрстового аттрактора с точки зрения современной классификации хаотических множеств и о проверке его методами верификации псевдогиперболичности; о необходимости явного разграничения результатов, относящихся к радиофизическим моделям, и результатов, относящихся к машинному обучению; о систематическом анализе чувствительности результатов к гиперпараметрам обучения и их воспроизводимости; о строгости процедуры контроля эквивалентности задач при сопоставлении обучений с учителем и с подкреплением; о целесообразности указания связей между главами для облегчения восприятия единой логической линии работы.

Положительные отзывы на автореферат директора ИШИМ МГУ им. Ломоносова, академика РАН, д.м.н. К.В. Анохина, первого зам. рук. по научной работе НИЦ «Курчатовский Институт», д.ф.-м.н. В.А. Демина, и проректора СГУ им. Чернышевского, д.ф.-м.н. А.А. Короновского замечаний не содержат. Положительный отзыв директора Центра биоэлектрических интерфейсов НИУ ВШЭ д.ф.-м.н. А.Е. Осадчего содержит пожелание о применении разработанного инструментария к рекуррентным сетям, обученным на реальных нейрофизиологических данных, как о возможном мосте к объяснимому ИИ в нейротехнологиях. Положительный отзыв начальника лаборатории ФГБНУ «НПК Технологический центр», д.ф.-м.н. Р.Т. Сибатова содержит пожелание о включении в круг рассматриваемых физических резервуаров субстратов с аномальной кинетикой и эффектами памяти, обладающих нелокальной во времени динамикой, и сопоставления их вычислительных свойств с традиционными генераторными цепочками. Положительный отзыв чл.-корр. РАН, профессора СПбГУ, д.ф.-м.н. Н.В. Кузнецова содержит замечания о связи полученных результатов по локализации аттракторов и анализу мультиустойчивости с теорией скрытых колебаний и классификацией самовозбуждающихся и скрытых колебаний, явно не используемой в работе, а также о необходимости дополнительного обоснования анализа ляпуновских экспонент в случае разрывных нелинейностей. Положительный отзыв зав. каф. СГУ им. Чернышевского, д.ф.-м.н. А.С. Караваева содержит замечания редакционного характера. Положительный отзыв зав. каф. СПбПУ Петра Великого, д.ф.-м.н. И.В. Сысоева содержит, наряду с редакционными, замечания: о правомерности отнесения экспоненциального убывания со скоростью $\alpha\delta$ и экспоненциального убывания с увеличенной эффективной скоростью к качественно различным режимам; о степени стационарности режима переходного хаоса и корректности введения для него ляпуновского показателя; а также вопросы о

количественной мере бассейновой устойчивости и о характере процесса синхронизации бёрстов в разделе 2.1. Во всех отзывах отмечается, что высказанные замечания и пожелания носят дискуссионный и рекомендательный характер, не снижают общей высокой оценки работы и не ставят под сомнение новизну, достоверность и значимость полученных результатов, а автор заслуживает присуждения учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.4 – Радиофизика.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обоснован тем, что оппоненты являются признанными высококвалифицированными специалистами в области радиофизики, теории нелинейных колебаний, теории динамического хаоса и динамики нейронных сетей, а одним из основных направлений работ ведущей организации является исследование нелинейной динамики сложных систем и обработки сигналов в радиофизических и нейроподобных системах.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- описан новый тип релаксационных колебаний в дискретных быстро-медленных системах с хаотической динамикой на быстром временном масштабе: доказано существование инвариантной области в фазовом пространстве, получена аналитическая оценка старшего показателя Ляпунова, устанавливающая наследование хаотических свойств аттрактора от быстрой подсистемы, а также установлено влияние периодической модуляции управляющего параметра на переходный хаос в отображении лоренцевского типа с возможностью как ускорения, так и замедления выхода из хаотической области;
- показано, что в сетях быстро-медленных осцилляторов нелокальная («бассейновая») устойчивость синхронизации хаотических бёрстовых колебаний максимальна для топологии «малого мира» и немонотонно зависит от параметров связей и динамики элементов;
- предложены модель адаптивной сети спайковых осцилляторов с событийной перестройкой топологии и формализм гиперсети: показано, что внешний стимул переводит случайное блуждание по гиперсети в детерминированный стимул-специфичный цикл кластерных переключений (подтверждено аппаратной реализацией на ПЛИС), а в гетерогенных безмасштабных и мультиплексных сетях выявлены механизмы самоорганизованного формирования доменных структур, включая их перенос на однородный слой и пространственный хаос;

- установлен спектральный механизм формирования аттракторов при обучении резервуарных сетей и показано, что для стимул-индуцированных задач обучение не подавляет хаос, а формирует детерминированные метастабильные маршруты; сформулирован принцип вычислительного соответствия (эффективность резервуара максимальна при топологическом и геометрическом согласовании многообразия состояний со скрытой структурой задачи) и реализован экспериментальный электронный резервуар на цепочке генераторов ФитцХью–Нагумо;
- показано, что в полностью обучаемых рекуррентных сетях тип задачи определяет структуру фазового пространства и функциональную самоорганизацию популяций, а парадигма обучения определяет качественную структуру фазового пространства: обучение с подкреплением формирует гибридные аттракторные архитектуры и сбалансированные популяции, тогда как обучение с учителем сводит динамику преимущественно к неподвижным точкам.

Теоретическая значимость работы состоит в развитии теории нелинейной динамики сложных, адаптивных и обучаемых систем, в установлении связи между методами машинного обучения и физическими механизмами формирования функциональных динамических режимов; установленные закономерности возникновения различных типов аттракторов в обучаемых сетях открывают новое направление в теории синтеза многомерных динамических систем с заданными свойствами.

Практическая значимость работы обусловлена возможностью применения полученных результатов при разработке новых вычислительных архитектур и алгоритмов, в частности в области нейроморфных вычислений; разработанные подходы к анализу многомерной динамики обучаемых сетей представляют собой новый инструментарий для перехода от феноменологического описания работы нейросетевых моделей к выявлению лежащих в их основе динамических механизмов, что имеет прямое отношение к актуальной задаче построения объяснимого искусственного интеллекта.

Достоверность результатов обеспечивается корректностью математических постановок задач, применением апробированных аналитических и численных методов, согласованностью результатов, полученных различными методами, сопоставлением с известными теоретическими и экспериментальными данными, а также подтверждением ряда выводов аппаратными реализациями; результаты прошли апробацию на

