

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

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 11.10.2021 № 136

О присуждении Клиньшову Владимиру Викторовичу, гражданину РФ,
ученой степени доктора физико-математических наук

Диссертация «Колебания в сложных системах с импульсными взаимодействиями» по специальности 01.04.03 – радиофизика принята к защите 24.06.2021 г., протокол № 130 диссертационным советом Д 002.069.02, созданным на базе Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук» (ИПФ РАН), 603950, Нижний Новгород, ул. Ульянова, 46, приказ Министерства образования и науки РФ № 717 от 09.10.2012 г.

Соискатель Клиньшов Владимир Викторович 1984 года рождения в 2006 году окончил Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук «Кластеры колебательной активности и динамическое хранение информации» защитил в 2009 году в диссертационном совете Д 002.069.02, созданном на базе Института прикладной физики РАН, и работает старшим научным сотрудником в ИПФ РАН. Диссертация выполнена в отделении Нелинейной динамики и оптики ИПФ РАН.

Официальные оппоненты:

Кашенко Сергей Александрович, доктор физико-математических наук, профессор, первый проректор Ярославского государственного университета им. П.Г. Демидова,
Храмов Александр Евгеньевич, доктор физико-математических наук, профессор, руководитель Лаборатории нейронауки и когнитивных технологий Университета Иннополис,
Кузнецов Николай Владимирович, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий Кафедрой прикладной кибернетики Санкт-Петербургского государственного университета дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Физический институт имени П. Н. Лебедева РАН (г. Москва) в своем положительном заключении, подписанном Полежаевым Андреем Александровичем, д.ф.-м.н., г.н.с., заведующим лабораторией нелинейной динамики и теоретической биофизики, указала, что диссертация В.В. Клиньшова выполнена на высоком научном уровне и представляет собой законченный научный труд, имеющий важное значение для развития радиофизики и перспективы приложений, а автор диссертации Клиньшов Владимир Викторович заслуживает присуждения ему ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.03 – «радиофизика».

Соискатель имеет 36 опубликованных статей в рецензируемых научных изданиях по теме диссертации. Наиболее значимыми работами соискателя являются:

1. Klinshov V. V., Nekorkin V.I. Synchronization of time-delay coupled pulse oscillators // *Chaos, Solitons and Fractals*. 2011. V. 44, № 1-3. P. 98-107.
2. Klinshov V. V., Teramae J.N., Nekorkin V.I., Fukai T. Dense neuron clustering explains connectivity statistics in cortical microcircuits. // *PLoS One*. 2014. V. 9, № 4. P. e94292.
3. Klinshov V., Franović I. Mean field dynamics of a random neural network with noise // *Physical Review E*. 2015. V. 92, № 6. P. 062813.
4. Klinshov V., Lücker L., Shchapin D., Nekorkin V., Yanchuk S. Emergence and combinatorial accumulation of jittering regimes in spiking oscillators with delayed feedback // *Physical Review E*. 2015. V. 92, № 4. P. 042914.
5. Klinshov V., Shchapin D., Yanchuk S., Wolfrum M., D’Huys O., Nekorkin V. Embedding the dynamics of a single delay system into a feed-forward ring // *Physical Review E*. 2017. V. 96. P. 042217.
6. Franović I., Klinshov V. Clustering promotes switching dynamics in networks of noisy neurons // *Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science*. 2018. V. 28. P. 023111.
7. Klinshov V., Franović I. Two scenarios for the onset and suppression of collective oscillations in heterogeneous populations of active rotators // *Physical Review E*. 2019. V. 100, № 6. P. 62211.
8. Klinshov V., Shchapin D., D’Huys O. Mode hopping in oscillating systems with stochastic delays // *Physical Review Letters*. 2020. V.125, № 3. P. 034101.

На диссертацию и автореферат поступили 12 отзывов. Все отзывы положительные. В них отмечаются высокий уровень работы, ее актуальность, научная новизна и практическая значимость полученных результатов.

В положительном отзыве ведущей организации были сделаны следующие замечания: 1) При введении понятий порога устойчивости и порога переключения следовало бы обсудить случай, когда переменные фазового пространства системы имеют разную физическую размерность. 2) Было бы интересно и важно обсудить, как могут измениться эффекты динамики и синхронизации автогенераторов с импульсными запаздывающими связями в случае более реалистичных моделей автогенераторов. 3) Следовало бы прокомментировать необычную структуру точки Богданова-Такенса на бифуркационной диаграмме на Рис. 3.14. 4) Следовало бы более детально изложить результаты о спонтанной переключательной динамике в сети с кластерными структурами связей и сравнить области параметров, в которых наблюдаются переключения в однородной и кластерной сетях.

Положительный отзыв официального оппонента д.ф.-м.н. С.А. Кащенко содержит следующие замечания: 1) В подразделе 2.3.1 рассматривается динамика генератора ФитцХью-Нагумо с импульсной обратной связью, причем длительность импульсов не уточняется, в связи с чем непонятно, как к такой системе можно применять событийный подход, разработанный для импульсов бесконечно малой длительности. 2) Было бы полезно провести исследование устойчивости так называемых «дрожащих» режимов в системе с запаздыванием. 3) Следовало бы изучить роль запаздывания и неоднородности параметров при их одновременной присутствии в популяциях активных элементов. 4) Следовало бы пояснить причину, по которой синаптическая задержка не учитывается в редуцированной модели для нейронной активности в четвертой главе.

Положительный отзыв официального оппонента д.ф.-м.н. А.Е. Храмова содержит следующие замечания: 1) Было бы полезно провести более систематичный анализ эффектов переключения динамических систем между аттракторами и работоспособности предложенных методов при наличии различных типов шумовых воздействий. 2) Из материала третьей главы диссертации не совсем ясно, какие особенности поведения имеют коллективные сети с импульсными связями по сравнению с классическими сетями с непрерывными связями. 3) В главе 4 было бы полезно более подробно проиллюстрировать и обсудить результаты формирования различных режимов генерации в сети с различным числом кластеров. 4) Желательно более подробно описать процедуры численного моделирования, используемые численные методы и их параметры.

Положительный отзыв официального оппонента д.ф.-м.н. Н.В. Кузнецова содержит следующие замечания: 1) Следовало бы обсудить возможное влияние

наличия скрытых аттракторов на работу методов определения порогов устойчивости. 2) Следовало бы применить метод порогов переключения из первой главы к мультистабильным системам, рассматриваемым в следующих главах, например к кластерным сетям. 3) Необходимо уточнить, какие результаты о синхронизации колебательных элементов с импульсными запаздывающими связями справедливы только для рассмотренного вида связи, а какие — и для других видов связи, и для каких именно. 4) Необходимо пояснить, чем продиктован выбор передаточной функции строго определенного вида в четвертой главе, и насколько существенным может быть влияние ее вида на полученные результаты.

В положительном отзыве на автореферат от д.ф.-м.н. Д.А. Смирнова содержатся замечания о неясности понятий «матрица порогов переключения» и выражения о седло-узловых бифуркациях, происходящих внутри зон синхронизации. В положительном отзыве на автореферат д.ф.-м.н. А.С. Караваева, наряду с редакционными, содержатся замечания о необходимости более формализованного определения терминов «импульсная динамика» и «импульсное взаимодействие». В положительном отзыве д.ф.-м.н. Г.И.Стрелковой и д.ф.-м.н. Т.Е.Вадивасовой содержатся замечания о чрезмерной краткости автореферата и недостаточном описании некоторых задач и полученных результатов. В положительном отзыве на автореферат д.ф.-м.н. Е.Б.Постникова содержатся замечания о неясности степени строгости использования слова «мера» и о первенстве Релея в открытии автоколебаний. В отзыве на автореферат д.ф.-м.н. А.И.Лавровой содержится замечание о желательности верификации развиваемых в работе подходов на биологически-релевантных моделях. В отзывах на автореферат д.ф.-м.н. Я.Б.Казановича, д.ф.-м.н. А.С.Караваева, д.ф.-м.н. Е.Б.Постникова, д.ф.-м.н. Г.И.Стрелковой и д.ф.-м.н.Т.Е.Вадивасовой, д.ф.-м.н. А.И.Лавровой и д.ф.-м.н. Л.В. Кузьмина содержится замечание о желательности включения в автореферат графического иллюстративного материала. В отзывах на автореферат д.ф.-м.н. Е.П.Селезнева и д.ф.-м.н. В.И.Пономаренко, д.ф.-м.н. А.В.Чижова, д.ф.-м.н. М.А. Закса, д.ф.-м.н. О.И.Москаленко и д.ф.-м.н. А.А.Короновского, д.ф.-м.н. В.Н.Бслых замечаний не содержится.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обоснован тем, что оппоненты являются признанными высококвалифицированными специалистами в области нелинейной динамики и моделирования нейронных сетей, а ведущая организация является передовым институтом в области радиофизики и нелинейной динамики.

Диссертационный совет отмечает, что в результате выполненных соискателем исследований:

- разработаны численные методы вычисления порога устойчивости и порога переключения мультистабильных динамических систем для характеристики формы и взаимного расположения бассейнов притяжения различных аттракторов;
- в автоколебательных системах с импульсной запаздывающей обратной связью обнаружен новый сценарий дестабилизации колебаний с периодом, близким к собственному, при котором в системе возникают сложные длиннопериодические, квазипериодические и хаотические колебания, характеризующиеся высокой мультистабильностью;
- показано, что в автоколебательных сетях с запаздывающими связями синхронизация между элементами сети может наблюдаться при сколь угодно большой величине запаздывания;
- показано, что в неоднородной популяции автоколебательных и возбудимых элементов при увеличении дисперсии локальных параметров происходит переход от состояния покоя к синхронным колебаниям сети, а затем к асинхронным колебаниям, причем такой переход может быть как непрерывным, так и скачкообразным с гистерезисным поведением системы;
- описаны динамические механизмы возникновения мультистабильности в нейронных сетях со случайными и кластерными связями, а также механизмы спонтанных переключений между уровнями различной активности.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- разработана концепция функции перестановки фазы, описывающей отклик автоколебательной динамической системы на внешний сигнал в форме последовательности импульсов;
- определены понятия порога устойчивости и порога переключения мультистабильных динамических систем, характеризующие форму и взаимное расположение бассейнов притяжения различных аттракторов;
- разработана редукция динамики сетевых систем с импульсными запаздывающими связями к многомерным точечным отображениям;
- разработана редукция коллективной динамики сетей с кластерной структурой связей к низкоразмерным динамическим системам для усредненных переменных.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что развитые в работе подходы и полученные результаты важны

для задач, связанных с динамикой нейронных популяций, геофизических систем, искусственных систем обработки информации и техногенных систем.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что достоверность получаемых результатов обеспечивается хорошим качественным и количественным совпадением результатов, полученных аналитически, с результатами численного счета и результатами физических экспериментов. Результаты диссертации опубликованы в рецензируемых российских и зарубежных научных журналах, докладывались на многочисленных международных и всероссийских конференциях.

Личный вклад соискателя состоит в том, что все изложенные в диссертационной работе результаты получены автором лично, либо при его непосредственном участии. В совместных работах автор принимал непосредственное участие в выборе направлений исследований и постановке основных задач, проведении исследований и обсуждении результатов.

Соискатель Клиньшов В.В. ответил на заданные ему в ходе заседания вопросы и дал пояснения и комментарии по сделанным замечаниям.

На заседании 11.10.2021 г. диссертационный совет принял решение: за разработку теоретических положений, совокупность которых можно квалифицировать как новое научное достижение, присудить Клиньшову В.В. ученую степень доктора физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 24 человека, из них 10 докторов наук по специальности, рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 31 человека, входящего в состав совета, проголосовали: за 23, против нет, недействительных бюллетеней 1.

Заместитель председателя
диссертационного совета,
член-корреспондент РАН

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор физ.-мат. наук



Денисов Григорий Геннадьевич

Абубакиров Эдуард Булатович

11 октября 2021 г.