

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 26.05.2023 № 33

О присуждении **Ханадееву Владиславу Андреевичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Исследование особенностей обобщенной синхронизации в системах со сложной топологией аттрактора», по специальности 1.3.4. – Радиофизика принята к защите 10 марта 2023 года (протокол заседания № 32) диссертационным советом 24.2.392.01, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского» (ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»), Минобрнауки России, 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 **Ханадеев Владислав Андреевич**, 1995 года рождения, окончил в 2019 году ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского», Минобрнауки России, по направлению 03.04.03 – Радиофизика с присвоением квалификации «Магистр». В период подготовки и защиты диссертации с 2019 года и по настоящий момент соискатель обучается в очной аспирантуре ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского», Минобрнауки России, по группе научных специальностей

1.3. Физические науки, специальность 1.3.4. – Радиофизика, работает младшим научным сотрудником кафедры физики открытых систем института физики ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского».

Диссертация выполнена на кафедре физики открытых систем института физики ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского», Минобрнауки России.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, доцент **Москаленко Ольга Игоревна**, ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского», институт физики, кафедра физики открытых систем, профессор.

Официальные оппоненты:

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

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

дали положительные отзывы на диссертацию.

**Ведущая организация** – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта» (г. Калининград) в своем положительном отзыве, подписанном Куркиным Семеном Андреевичем, доктором физико-математических наук (05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ), доцентом (01.04.03 – Радиофизика), ведущим научным сотрудником центра нейротехнологий и машинного обучения, и Андреевым Андреем Викторовичем, кандидатом физико-математических наук (01.04.03 – Радиофизика), старшим научным сотрудником центра нейротехнологий и машинного обучения, указала, что диссертация Ханадеева Владислава Андреевича является законченным научным исследованием, выполненным на актуальную для радиофизики тему. Разработанные соискателем новые методы анализа режима обобщенной синхронизации и перемежающегося поведения, имеющего место вблизи ее границы, в однонаправленно и взаимно связанных системах со сложной топологией аттрактора имеют большой потенциал практического применения и в перспективе могут быть использованы

для решения широкого круга прикладных задач. Такие системы могут использоваться также в качестве генераторов передающего и принимающего устройств в схемах скрытой передачи информации на основе режима обобщенной синхронизации, позволяя тем самым повысить конфиденциальность известных способов скрытой передачи информации, что имеет важное значение для практики. Фундаментальный характер результатов позволяет использовать их в научных исследованиях, посвященных хаотической синхронизации как одного из разделов современной радиофизики. Диссертация Ханадеева В.А. полностью удовлетворяет требованиям пп. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013, предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, а её автор, Ханадеев Владислав Андреевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4. – Радиофизика.

Соискатель имеет 17 опубликованных работ по теме диссертации, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 7 работ общим объемом 7,125 п.л. (авторский вклад 3,51 п.л.). Список публикаций также включает 10 работ в трудах научных конференций, 9 из которых имеют всероссийский и международный статус. С участием соискателя зарегистрировано также 2 программы для ЭВМ.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. **Ханадеев В.А.**, Москаленко О.И. О влиянии характеристик шумового сигнала на установление обобщенной синхронизации в системах со сложной топологией аттрактора // Известия Российской академии наук. Серия физическая. 2022. Т. 86, № 2. С. 293-297 (Scopus, RSCI).

2. **Ханадеев В.А.**, Москаленко О.И., Короновский А.А. Перемежаемость вблизи границы обобщенной синхронизации в системах со сложной топологией аттрактора // Известия Российской академии наук. Серия физическая. 2021. Т. 85, № 2. С. 265–269 (Scopus, RSCI).

3. Koronovskii A.A., Moskalenko O.I., Pivovarov A.A., **Khanadeev V.A.**, Hramov A.E., Pisarchik A.N. Jump intermittency as a second type of transition to and from generalized synchronization // Physical Review E. 2020, V. 102, no. 1. P. 012205 (Web of Science, Scopus, Q1).

4. Москаленко О.И., Короновский А.А., **Ханадеев В.А.** Метод выделения характерных фаз поведения в системах со сложной топологией аттрактора,

находящихся вблизи границы обобщенной синхронизации // Известия вузов. ПНД. 2020. Т. 28, № 3. С. 274-281 (Web of Science, Scopus, RSCI).

5. Москаленко О.И., Ханадеев В.А., Короновский А.А. Метод диагностики обобщенной синхронизации в системах со сложной топологией хаотического аттрактора // Письма в ЖТФ. 2018. Т. 44, № 19. С. 87-95 (Web of Science, Scopus, RSCI).

На автореферат диссертации поступило 7 положительных отзывов: из Физико-математического института Коми, г. Сыктывкар от к.ф.-м.н. (01.04.07), доцента (01.04.03), с.н.с. Макарова П.А.; из Федерального исследовательского центра Институт прикладной физики РАН, г. Нижний Новгород от д.ф.-м.н. (01.04.03), в.н.с. Клиньшова В.В.; из Института радиотехники и электроники имени В.А. Котельникова РАН, г. Москва от к.ф.-м.н. (01.04.01), заместителя директора по научной работе Корниенко В.Н.; из Национального исследовательского Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского, г. Нижний Новгород, от д.ф.-м.н. (01.04.03), доцента, заведующего кафедрой нейротехнологий Казанцева В.Б.; из Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург от д.ф.-м.н. (01.04.04), профессора Зверева В.В.; из Саратовского филиала Института радиотехники и электроники имени В.А. Котельникова РАН, г. Саратов, от д.ф.-м.н. (01.04.03), главного научного сотрудника Прохорова М.Д.; из Университета Иннополис, г. Иннополис, от д.ф.-м.н. (05.13.18), профессора Максименко В.А.

В отзывах на автореферат содержатся замечания: а) о недостаточно подробном освещении вопроса о принципиальном различии различных режимов синхронизации; б) о недостаточной информативности подписи к рисунку 3; в) об отсутствии четкого определения величины шумового порога.

Выбор официальных оппонентов обосновывается их высокой квалификацией и наличием публикаций в признанных научным сообществом журналах в области радиофизики, а также отсутствием совместных печатных работ с соискателем, что позволяет объективно определить и оценить научную и практическую значимость диссертационной работы. Выбор ведущей организации обосновывается ее статусом одной из ведущих научных организаций Российской Федерации в области радиофизики, большим количеством публикаций сотрудников, работающих в направлениях, близких к теме диссертационной работы, а также отсутствием договорных отношений с соискателем. 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:

**разработан** метод выделения характерных фаз поведения в системах со сложной топологией аттрактора, находящихся вблизи границы обобщенной синхронизации, основанный на анализе расположения изображающих точек на аттракторах взаимодействующих систем;

**проведено** исследование особенностей (невозможность диагностирования синхронного режима при помощи метода ближайших соседей, характеристики перемежаемости вблизи его границы и пр.) установления режима обобщенной синхронизации в системах со сложной топологией аттрактора;

**обнаружен** новый тип поведения, названный перемежаемостью перескоков (jump intermittency), имеющий место вблизи границы обобщенной синхронизации в системах со сложной топологией аттрактора;

**показана** возможность использования метода фазовых трубок для диагностики обобщенной синхронизации в однонаправленно и взаимно связанных системах со сложной топологией аттрактора.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

**доказаны** положения, формулирующие общие закономерности возникновения/разрушения режима обобщенной синхронизации в однонаправленно и взаимно связанных системах со сложной топологией аттрактора;

применительно к проблематике диссертации **результативно использованы** классические модели нелинейной динамики и методы их исследования;

**выявлены** механизмы возникновения перемежаемости перескоков;

**проведена разработка новых и модернизация** существующих методов анализа сложной динамики и синхронного поведения в системах со сложной топологией аттрактора: доказана некорректность использования метода ближайших соседей для диагностирования обобщенной синхронизации в таких системах, разработан универсальный метод выделения характерных фаз поведения в системах со сложной топологией аттрактора;

**изучен** вопрос об устойчивости режима обобщенной синхронизации по отношению к шумам в системах со сложной топологией аттрактора.

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

**определены** перспективы практического применения разработанных методов (метод фазовых трубок, метод перескоков и др.) при обработке экспериментальных данных в области радиофизики, электроники и смежных наук;

**представлены** предложения по использованию полученных результатов по устойчивости обобщенной синхронизации в системах со сложной топологией аттрактора к внешним шумам в информационно-телекоммуникационных системах для повышения конфиденциальности известных способов скрытой передачи информации;

**исследования выполнялись** при поддержке грантов Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых (№ МК-531.2018.2, № МД-21.2020.2, № МД-18.2022.1.2) и гранта Российского научного фонда (№ 19-12-00037).

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

**использованы** классические математические модели и базовые методы, имеющие строгое обоснование в научной литературе и апробированные на различных системах при решении радиофизических задач;

**достигнуто** согласование результатов, полученных при помощи различных (метод вспомогательной системы, метод расчета спектра показателей Ляпунова, методов фазовых трубок, а также метод перескоков и амплитудный метод) методов и подходов;

**установлены** количественные и качественные совпадения полученных результатов по определению порога обобщенной синхронизации с результатами исследований, известными из литературы.

**Личный вклад соискателя состоит** в выборе методов решения задач диссертационной работы, проведении численного моделирования нелинейных динамических систем, разработке оригинальных программ, обработке и интерпретации полученных результатов, апробации результатов исследования на научных конференциях и семинарах и подготовке научных публикаций по теме диссертации.

Результаты диссертационной работы рекомендуются к использованию:

в научных исследованиях в Институте радиотехники и электроники им. В. А. Котельникова РАН (г. Москва), Институте прикладной физики РАН (г. Нижний Новгород), Физическом институте имени П.Н. Лебедева РАН (г. Москва), Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова, Балтийском федеральном университете им. И. Канта, Национальном

исследовательском Нижегородском государственном университете им. Н.И. Лобачевского, Национальном исследовательском университете «Высшая школа экономики», Воронежском государственном университете, Казанском (Приволжском) федеральном университете, Южном федеральном университете, Санкт-Петербургском государственном университете, Санкт-Петербургском государственном электротехническом университете «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина), Национальном исследовательском Томском государственном университете, Поволжском государственном университете телекоммуникаций и информатики, Иркутском государственном университете, Университете Иннополис;

в учебном процессе в высших учебных заведениях Российской Федерации, ведущих подготовку специалистов (бакалавров, магистров, аспирантов) в области радиофизики.

В ходе защиты диссертации были высказаны критические замечания о необходимости сравнения результатов численного моделирования и экспериментальных исследований, о необходимости рассмотрения работоспособности различных методов и подходов в более широком диапазоне изменения параметра связи.

Соискатель ответил на замечания, содержащиеся в отзывах ведущей организации, официальных оппонентов, в отзывах на автореферат и на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и дал необходимые пояснения: 1) о том, что возникновение обобщенной синхронизации не приводит к появлению сложной топологии аттрактора; 2) о новых методах анализа сложной динамики и синхронного поведения (в частности, методе перескоков), предложенных в диссертации для систем со сложной топологией; 3) дал определение сложной топологии аттрактора; 4) о свойствах функционального соотношения при взаимной связи; 5) о выборе способа введения связи в уравнения систем; 6) о режимах, которые наблюдались во взаимодействующих системах (хаотические режимы в обеих системах, взаимодействие систем, находящихся в режимах хаоса и гиперхаоса); 7) о зависимости диапазона устойчивости по отношению к шумам от выбора системы и параметров; 8) о влиянии типа аттракторов взаимодействующих систем на установление обобщенной синхронизации; 9) о том, что возникновение обобщенной синхронизации связано с подавлением собственной хаотической динамики ведомой системы; 10) об универсальности сделанных выводов для систем в более сложной топологией аттрактора (например, с несимметричным строением); 11) об универсальности критерия

диагностики обобщенной синхронизации по переходу второго по старшинству показателя Ляпунова в область отрицательных значений; 12) о наблюдении обнаруженных эффектов в эксперименте; 13) о скрытости передачи информации на основе обобщенной синхронизации; 14) о выборе достаточно большой величины параметра связи при проверке наличия обобщенной синхронизации при помощи методов ближайших соседей и фазовых трубок для того, чтобы избежать граничных эффектов; 15) о согласованности результатов различных методов диагностики обобщенной синхронизации; 16) о понятиях ведущей и ведомой систем.

В диссертационной работе Ханадеева В.А. решена актуальная задача по изучению особенностей обобщенной синхронизации и явлений, имеющих место вблизи ее границы, в радиофизических системах со сложной топологией аттрактора. Содержание диссертации удовлетворяет требованиям пп. 9-11, 13, 14 действующего «Положения о присуждении ученых степеней» (утверждено Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4. – Радиофизика.

На заседании 26 мая 2023 года диссертационный совет принял решение присудить Ханадееву В.А. ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4. – Радиофизика.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 21 человека (18 человек находились в месте проведения заседания, 3 человека участвовали в заседании совета в удаленном интерактивном режиме), из них 8 докторов по специальности 1.3.4. – Радиофизика, участвовавших в заседании, из 30 человек, входящих в состав совета, проголосовал: за – 21, против – нет, воздержавшихся – нет.

Председатель  
диссертационного совета

Ученый секретарь  
диссертационного совета



Аникин Валерий Михайлович

Сысоев Илья Вячеславович

26 мая 2023 г.