

УТВЕРЖДАЮ:

Ректор

ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»

Алексей Николаевич Чумаченко

февраль 2023 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского»

по диссертации **Ханадеева Владислава Андреевича** «Исследование особенностей обобщенной синхронизации в системах со сложной топологией аттрактора» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4. – Радиофизика, выполненной на кафедре физики открытых систем института физики ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского».

Тема диссертационной работы утверждена приказом ректора СГУ от 30.12.2019 № 237-Д.

Соискатель **Ханадеев Владислав Андреевич** окончил в 2019 году федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского» по направлению 03.04.03 «Радиофизика» с присвоением квалификации «Магистр».

В период подготовки диссертации с 2019 и по настоящий момент соискатель обучается в очной аспирантуре ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского» 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».

Справка о сданных кандидатских экзаменах № 3-2023 выдана 15.02.2023 г. федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского».

Научный руководитель – Москаленко Ольга Игоревна, доктор физико-математических наук, доцент, профессор кафедры физики открытых систем института физики ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского», утвержденная приказом ректора СГУ от 30.12.2019 № 237-Д, представила положительный отзыв о диссертации и соискателе.

Научную экспертизу диссертация проходила на объединенном научном семинаре кафедр физики открытых систем, электроники, колебаний и волн и нелинейной физики института физики ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского» с приглашением специалистов по профилю диссертации из других структурных подразделений СГУ.

На заседании присутствовали:

1. Аникин Валерий Михайлович, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой общей, теоретической и компьютерной физики СГУ;
2. Вадивасова Татьяна Евгеньевна, доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры радиофизики и нелинейной динамики СГУ;
3. Короновский Алексей Александрович, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой физики открытых систем СГУ;
4. Москаленко Ольга Игоревна, доктор физико-математических наук, доцент, профессор кафедры физики открытых систем СГУ;
5. Павлов Алексей Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры физики открытых систем СГУ;
6. Рыскин Никита Михайлович, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой динамических систем на базе Саратовского филиала ФГБУН ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН СГУ;

7. Сысоев Илья Вячеславович, доктор физико-математических наук, доцент, профессор кафедры системного анализа и автоматического управления СГУ;
8. Адилова Асель Булатовна, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры физики открытых систем СГУ;
9. Грачев Андрей Андреевич, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник лаборатории «Магнитные метаматериалы» СГУ;
10. Гришин Сергей Валерьевич, кандидат физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой электроники, колебаний и волн СГУ;
11. Егоров Евгений Николаевич, кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры электроники, колебаний и волн СГУ;
12. Журавлев Максим Олегович, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры физики открытых систем СГУ;
13. Куровская Мария Константиновна, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры физики открытых систем СГУ;
14. Савин Алексей Владимирович, кандидат физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой современных методик преподавания физики на базе МОУ «Лицей прикладных наук имени Д.И. Трубецкова», доцент кафедры нелинейной физики СГУ;
15. Савин Дмитрий Владимирович, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры физики открытых систем СГУ;
16. Садовников Александр Владимирович, кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры физики открытых систем СГУ;
17. Сельский Антон Олегович, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры физики открытых систем СГУ;
18. Слепнев Андрей Вячеславович, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры радиофизики и нелинейной динамики СГУ;
19. Слепченков Михаил Михайлович, кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры радиотехники и электродинамики СГУ;

20. Титов Владимир Николаевич, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры электроники, колебаний и волн СГУ;

21. Титов Алексей Владимирович, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры электроники, колебаний и волн СГУ.

Рецензенты диссертации:

Вадивасова Татьяна Евгеньевна, доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры радиоп физики и нелинейной динамики ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского» представила положительный отзыв.

Павлов Алексей Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры физики открытых систем ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского» представил положительный отзыв.

По итогам обсуждения диссертации принято следующее заключение:

Заключение

по диссертации Ханадеева Владислава Андреевича «Исследование особенностей обобщенной синхронизации в системах со сложной топологией аттрактора» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4. – Радиофизика.

В диссертации Ханадеева В.А. проведено исследование особенностей обобщенной синхронизации и перемежающегося поведения, имеющегося место вблизи ее границы, в однонаправленно и взаимно связанных системах со сложной топологией аттрактора. Для решения данной задачи в работе предложены и апробированы новые методы анализа этого режима, а также проведен анализ влияния шумов на его границу.

Научная новизна работы

1. Обнаружена обобщенная синхронизация в однонаправленно и взаимно связанных системах со сложной (двухлистной) топологией аттрактора. Показано, что диагностирование этого режима возможно при помощи расчета спектра показателей Ляпунова и метода фазовых трубок, а для однонаправленно связанных систем – и при помощи метода вспомогательной

системы. Применение метода ближайших соседей в данном случае приводит к некорректным результатам.

2. Разработан универсальный метод выделения характерных фаз поведения в системах со сложной топологией аттрактора, находящихся вблизи границы обобщенной синхронизации, справедливый как для систем с однонаправленной, так и взаимной связью.

3. Показано, что вблизи границы обобщенной синхронизации в системах со сложной топологией аттрактора имеет место новый тип поведения, названный перемежаемостью перескоков. Выявлены механизмы возникновения данного типа поведения. Показано, что тип перемежаемости в данном случае не зависит от типа связи между системами (однонаправленного или взаимного).

4. Изучен вопрос о влиянии шума на обобщенную синхронизацию в системах со сложной топологией аттрактора. Показано, что режим обобщенной синхронизации в данном случае оказывается устойчивым по отношению к шумам в широком, но ограниченном диапазоне изменения интенсивности шумового воздействия. При этом, характеристики шумового сигнала не оказывают существенного влияния на установление синхронного режима.

Практическая значимость работы

В диссертационной работе решена научная задача, имеющая большое значение для современной радиофизики в части изучения особенностей обобщенной синхронизации и явлений, имеющих место вблизи ее границы, в системах со сложной (двулистной) топологией аттрактора. Полученные результаты могут найти практическое применение в информационно-телекоммуникационных системах, в частности, для повышения конфиденциальности известных способов скрытой передачи информации, основанных на режиме обобщенной синхронизации, в том числе, при наличии внешних шумов.

Ценность научных работ соискателя, лежащих в основе его диссертации, определяется тем, что полученные результаты вносят большой вклад в развитие научного направления, связанного с изучением обобщенной хаотической синхронизации в связанных нелинейных системах, а разработанные методы и подходы могут найти практическое применение при обработке экспериментальных данных, в том числе радиофизической и нейрофизиологической природы.

Личный вклад автора

Все защищаемые результаты и положения, вошедшие в диссертационную работу, получены соискателем лично. Автором разработаны оригинальные программы, с помощью которых осуществлялось численное моделирование нелинейных динамических систем и производилась обработка полученных результатов. Планирование и постановка задач, интерпретация и обсуждение результатов, а также написание научных статей и тезисов докладов осуществлялись совместно с научным руководителем.

Достоверность результатов

Достоверность полученных результатов обеспечивается применением хорошо известных и общепринятых моделей, использованием строгих математических методов и подходов, обоснованных в научной литературе. Достоверность полученных результатов подтверждается отсутствием противоречий с уже существующими результатами, известными в научной литературе, воспроизводимостью результатов, а также согласованностью получаемых данных с помощью разных методов диагностики.

Апробация работы

Основные материалы работы докладывались на следующих школах и конференциях:

1. XVIII Научная школа «Нелинейные волны – 2018», 26 февраля – 4 марта 2018 г., Нижний Новгород, Российская Федерация (стендовый доклад);

2. IX научно-практическая конференция “Presenting Academic Achievements to the World”, 10-11 апреля 2018 г., Саратов, Российская Федерация (стендовый доклад);
3. XIII Всероссийская научная конференция молодых ученых «Наноэлектроника, нанофотоника и нелинейная физика», 4-6 сентября 2018 г., Саратов, Российская Федерация (стендовый доклад);
4. XVII Всероссийская школа-семинар «Физика и применение микроволн» имени А.П. Сухорукова («Волны-2019»), 26-31 мая 2019 г., г. Можайск, Российская Федерация (стендовый доклад);
5. XI научно-практическая конференция “Presenting Academic Achievements to the World”, 3 июня 2020 г., Саратов, Российская Федерация (стендовый доклад);
6. XVII Всероссийская школа-семинар «Волновые явления в неоднородных средах имени профессора А.П. Сухорукова» («Волны-2020»), 23-28 августа 2020 г., г. Можайск, Российская Федерация (устный доклад);
7. XV Всероссийская научная конференция молодых ученых «Наноэлектроника, нанофотоника и нелинейная физика», 8-10 сентября 2020 г., г. Саратов, Российская Федерация (стендовый доклад);
8. XX Международная конференция и молодежная школа «Математическое моделирование и суперкомпьютерные технологии», 23-27 ноября 2020 г., г. Нижний Новгород, Российская Федерация (устный доклад);
9. Всероссийская школа-конференция «Нелинейные дни в Саратове для молодых – 2020», 30 ноября – 4 декабря 2020г., г. Саратов, Российская Федерация (устный доклад);
10. XXII Всероссийская школа-семинар «Волновые явления: физика и применения имени профессора А.П. Сухорукова» («Волны-2021»), 6-11 июня 2021 г., Можайск, Российская Федерация (устный доклад);
11. Конференция международных математических центров мирового уровня, 9-13 августа 2021 г., г. Сочи, Российская Федерация (устный доклад);

12. XXI Международная конференция «Математическое моделирование и суперкомпьютерные технологии», 22-26 ноября 2021 г., г. Нижний Новгород, Российская Федерация (устный доклад);

13. Международная научная конференция «Динамические системы. Теория и приложения», 26-29 июня 2022 г., г. Нижний Новгород, Российская Федерация (устный доклад).

Материалы диссертации были использованы при выполнении грантов:

1. Обобщенная синхронизация однонаправленно и взаимно связанных сосредоточенных и распределенных систем, характеризующихся несколькими положительными показателями Ляпунова. Грант Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых № МК-531.2018.2, 2018-2019 гг. (руководитель – д.ф.-м.н., профессор Москаленко О.И.);

2. Теоретическое и экспериментальное исследование перемежающегося поведения вблизи границ различных типов синхронизации в связанных системах и сетях со сложной топологией аттрактора. Грант Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых № МД-21.2020.2, 2020-2021 гг. (руководитель – д.ф.-м.н., профессор Москаленко О.И.);

3. Исследование мультистабильности вблизи границ различных типов хаотической синхронизации в однонаправленно и взаимно связанных системах с различной топологией аттрактора. Грант Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых № МД-18.2022.1.2, 2022-2023 гг. (руководитель – д.ф.-м.н., профессор Москаленко О.И.);

4. Фундаментальные закономерности процессов установления/разрушения динамических режимов и переходов между ними в сложных нелинейных системах. Грант Российского научного фонда № 19-12-00037, 2019-2023 гг. (руководитель – д.ф.-м.н., профессор Короновский А.А.).

По результатам диссертационной работы были зарегистрированы программы ЭВМ:

1. Ханадеев В.А., Москаленко О.И., Короновский А.А. Программа для анализа перемежаемости на границе обобщенной синхронизации в системах со сложной топологией аттрактора методом перескоков, № 2020661110, Официальный бюллетень Реестра программ для ЭВМ. Дата государственной регистрации 18.09.2020.
2. Ханадеев В.А., Москаленко О.И., Короновский А.А. Программа для реализации метода фазовых трубок и диагностики режима обобщенной синхронизации в двух взаимно связанных системах Чена, № 2021668020, 04.11.2021.

Публикации

По результатам диссертационной работы опубликовано 17 работ, из них 7 статей в центральных рецензируемых научных журналах, входящих в системы цитирования Web of Science, Scopus, RSCI, рекомендованных ВАК РФ для опубликования основных научных результатов диссертаций на соискание ученой степени кандидата и доктора наук:

1. 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. – Вып. 19. – С. 87-95.
2. Москаленко О.И., Короновский А.А., **Ханадеев В.А.** Перемежающееся поведение на границе обобщенной синхронизации во взаимно связанных системах со сложной топологией аттрактора // Журнал технической физики. – 2019. – Т. 89. – Вып. 3. – С. 338-341.
3. 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. Прикладная нелинейная динамика. – 2020. – Т. 28. – Вып. 3. – С. 246-253.

4. 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. – N. 1. – P. 012205.
5. **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. – Вып. 2. – С. 265–269.
6. Москаленко О.И., **Ханадеев В.А.** Влияние шума на обобщенную синхронизацию в системах со сложной топологией аттрактора // *Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Физика*. – 2021. – Т. 21. – Вып. 3. – С. 233–241.
7. **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. – Вып. 2. – С. 293-297.

В работе Ханадеева В.А. не содержится материал или отдельные результаты без ссылок на авторов и источники заимствования.

Общая оценка диссертации

Диссертационная работа «Исследование особенностей обобщенной синхронизации в системах со сложной топологией аттрактора» является логически законченной научно-квалификационной работой, содержащей решение актуальной задачи радиофизики, направленной на изучение особенностей обобщенной синхронизации и перемежающегося поведения, имеющегося место вблизи ее границы, в однонаправленно и взаимно связанных системах со сложной топологией аттрактора, разработку новых методов анализа этого режима и анализ влияния шумов на его границу.

Основные положения и результаты диссертации в полной мере опубликованы в научных статьях и материалах конференций. Тема и содержание диссертации соответствуют специальности 1.3.4. – Радиофизика.

Диссертация удовлетворяет требованиям пп. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Диссертация «Исследование особенностей обобщенной синхронизации в системах со сложной топологией аттрактора» Ханадеева Владислава Андреевича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4. – Радиофизика как удовлетворяющая критериям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней» для кандидатских диссертаций.

Заключение принято на объединенном научном семинаре кафедр физики открытых систем, электроники, колебаний и волн и нелинейной физики института физики ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского» с приглашением специалистов по профилю диссертации из других структурных подразделений СГУ. На заседании присутствовал 21 человек, из них 7 докторов наук и 14 кандидатов наук по профилю диссертации. Результаты голосования: «за» – 21 чел., «против» – нет, воздержались – нет (протокол № 1302 от 21 февраля 2023 г.).

Заведующий кафедрой
физики открытых систем
института физики
ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»,
д.ф.-м.н., профессор



Короновский Алексей Александрович

410012, г. Саратов, ул. Астраханская, 83

Тел.: +7 (8452) 27 - 14 - 96

e-mail: alexey.koronovskii@sgu.ru

