

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ОБЪЕДИНЕННОГО ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 99.2.038.03,  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «БАЛТИЙСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «ВОЕНМЕХ»  
ИМ. Д.Ф. УСТИНОВА» МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-  
ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ АЭРОКОСМИЧЕСКОГО  
ПРИБОРОСТРОЕНИЯ» МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-  
ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ  
ИМ. ПРОФ. М.А. БОНЧ-БРУЕВИЧА» МИНИСТЕРСТВА ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ, СВЯЗИ  
И МАССОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ  
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 03 июля 2024 г. № 7

О присуждении Рыбину Вячеславу Геннадьевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Математическое и компьютерное моделирование генераторов хаотических колебаний на основе численных методов с управляемой симметрией» по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ принята к защите 26 апреля 2024 года, протокол № 4 объединенным диссертационным советом 99.2.038.03, созданным на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет

телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича» Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации, 191186, Санкт-Петербург, наб. реки Мойки, д. 61, приказ № 44/нк от 30 января 2017 года.

Соискатель Рыбин Вячеслав Геннадьевич, 1996 года рождения, работает ассистентом в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации. В 2019 году соискатель окончил федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)» с присвоением квалификации магистра по направлению подготовки "Информатика и вычислительная техника. В 2023 году окончил освоение программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)».

Диссертация выполнена на кафедре систем автоматизированного проектирования федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – кандидат технических наук, Бутусов Денис Николаевич, основное место работы: федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)», кафедра систем автоматизированного проектирования, заведующий кафедрой.

Оппоненты: Осипов Григорий Владимирович, доктор физико-математических наук, доцент, основное место работы: федеральное

государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского», кафедра теории управления и динамики систем, заведующий кафедрой; Логинов Сергей Сергеевич, доктор технических наук, доцент, основное место работы: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», кафедра электронных и квантовых средств передачи информации, профессор кафедры, дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Северо-Кавказский федеральный университет», г. Ставрополь, в своем положительном заключении, подписанном Калитой Дианой Ивановной, кандидатом технических наук, доцентом кафедры математического моделирования и Ляховым Павлом Алексеевичем, кандидатом физико-математических наук, доцентом, заведующим кафедрой математического моделирования, утвержденном Алихановым Анатолием Алиевичем, кандидатом физико-математических наук, доцентом, проректором по научной и исследовательской работе, указала, что диссертация Рыбина Вячеслава Геннадьевича на тему «Математическое и компьютерное моделирование генераторов хаотических колебаний на основе численных методов с управляемой симметрией» является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи разработки математического и программного обеспечения генераторов хаотических сигналов на основе полужавных численных методов интегрирования с управляемой симметрией, а также ряда методов анализа и сравнения нелинейных сигналов. Цель работы и поставленные задачи являются актуальными. Полученные результаты и положения, выдвигаемые автором на публичную защиту, имеют научную новизну, теоретическую и практическую значимость. Результаты работы свидетельствуют о существенном личном вкладе автора в науку. Работа соответствует критериям, предъявляемым в отношении кандидатских

диссертаций, которые установлены пп. 9–14 Положения о присуждении ученых степеней (утв. Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 №842), а ее автор Рыбин Вячеслав Геннадьевич заслуживает присуждения степени кандидата технических наук по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Соискатель имеет 53 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации 27, из них в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК, – 3, в том числе 2 в изданиях, соответствующих искомой специальности, а также: 14 работ в изданиях, индексируемых в международных базах цитирования; 9 результатов интеллектуальной деятельности; 4 статьи в других научных журналах, сборниках научных статей, трудов и материалах конференций; 1 отчет о НИР. Из них 1 работа опубликована соискателем без соавторства. Общий объем авторского вклада в работы (без результатов интеллектуальной собственности) составляет 4,2 печ.л. из общего количества 12,6 печ.л. Диссертация не содержит недостоверных сведений об опубликованных соискателем ученой степени работах.

**Наиболее значительные научные работы по теме диссертации.**

Публикации в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК:

1. Рыбин В. Г. Хаотические системы связи с модуляцией сигнала на основе управляемой симметрии полуживных конечно-разностных моделей // Труды учебных заведений связи. – 2024. – Т. 10. – №. 1. – С. 6-16.

2. Рыбин В.Г. Методы бифуркационного и рекуррентного анализа нелинейных динамических систем на примере мемристивной цепи / Д.Н. Бутусов, Н.П. Кобызов, Д.О. Пестерев, А.В. Тутуева, В.Г. Рыбин // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2019. – Т. 19, № 1. – С. 126–133.

Публикации в изданиях, индексируемых в МБЦ:

3. Karimov T., Rybin V., Kolev G., Rodionova E., Butusov D. Chaotic communication system with symmetry-based modulation // Applied Sciences. – 2021. – Т. 11. – No. 8. – С. 3698.

4. Tutueva A.V., Moysis L., Rybin V.G., Kopets E.E., Volos C., Butusov D.N. Fast synchronization of symmetric Hénon maps using adaptive symmetry control // Chaos, Solitons & Fractals. – 2022. – Т. 155. – С. 111732.

5. Tutueva A., Moysis L., Rybin V., Zubarev A., Volos C., Butusov D. Adaptive symmetry control in secure communication systems // Chaos, Solitons & Fractals. – 2022. – Т. 159. – С. 112181.

6. Rybin V., Butusov D., Rodionova E., Karimov T., Ostrovskii V., Tutueva A. Discovering chaos-based communications by recurrence quantification and quantified return map analyses // International Journal of Bifurcation and Chaos. – 2022. – Т. 32. – No. 09. – С. 2250136.

7. Rybin V., Karimov T., Bayazitov O., Kvitko D., Babkin I., Shirnin K., Kolev G., Butusov D. Prototyping the symmetry-based chaotic communication system using microcontroller unit // Applied Sciences. – 2023. – Т. 13. – No. 2. – С. 936.

8. Rybin, V., Babkin, I., Kvitko, D., Karimov, T., Nardo, L., Nepomuceno, E., Butusov, D. Estimating Optimal Synchronization Parameters for Coherent Chaotic Communication Systems in Noisy Conditions // Chaos Theory and Applications. – 2023. – Т. 5. – No. 3. – С. 141-152.

9. Rybin V., Tutueva A., Karimov T., Kolev G., Butusov D., Rodionova E. Optimizing the synchronization parameters in adaptive models of Rössler system // 2021 10th Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO). – IEEE, 2021. – С. 1-4.

Результаты интеллектуальной деятельности:

10. Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2019617202, Программа расчета ляпуновского спектра для нелинейных динамических систем, реализованных полуявными алгоритмами интегрирования, дата поступления заявки: 21.05.2019, дата регистрации: 04.06.2019, авторы: Бутусов Д.Н., Пестерев Д.О., Рыбин В.Г., Тутуева А.В.

11. Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2023616256, Программа для расчета наибольшей Ляпуновской экспоненты с использованием распределенных вычислений на основе технологии CUDA, дата

поступления заявки: 14.03.2023, дата регистрации: 23.03.2023, авторы: Рыбин В.Г., Ширнин К.В., Пестерев Д.О., Бабкин И.А., Трубина А.А., Колев Г.Ю.

12. Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2023616798, Программа для расчета Ляпуновских показателей с использованием распределенных вычислений на основе технологии CUDA, дата поступления заявки: 14.03.2023, дата регистрации: 03.04.2023, авторы: Рыбин В.Г., Бутусов Д.Н., Ширнин К.В., Квитко Д.В., Федосеев П.С.

13. Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2023615744, Программа для построения одномерных и двумерных бифуркационных диаграмм с использованием распределенных вычислений на основе технологии CUDA, дата поступления заявки: 14.03.2023, дата регистрации: 17.03.2023, авторы: Рыбин В.Г., Бутусов Д.Н., Островский В.Ю., Ширнин К.В., Баязитов О.О.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы: ведущей организации СКФУ; официального оппонента Осипова Г.В.; официального оппонента Логинова С.С.; Мазакова Е.Б., к.т.н., доц., заведующего кафедрой информационных систем и вычислительной техники Санкт-Петербургского горного университета императрицы Екатерины II; Ловягина Ю.Н., к.ф.-м.н., доц., старшего преподавателя кафедры информатики математико-механического факультета Санкт-Петербургского государственного университета; Буркина И.М., д.ф.-м.н., доц., профессора кафедры вычислительной механики и математики Тульского государственного университета; Пчелинцева А.Н., к.ф.-м.н., доц., заведующего кафедрой высшей математики Тамбовского государственного технического университета; Щанникова С.А., к.т.н., доц., научный руководитель лаборатории систем искусственного интеллекта Муромского института (филиала) Владимирского государственного университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых; Ильиной М.В., к.т.н., доц., доцента института нанотехнологий, электроники и приборостроения Южного федерального университета; Хальясмаа А.И., к.т.н., доц., заведующей научной

лабораторией цифровых двойников в электроэнергетике Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина.

Все отзывы положительные, но имеются следующие критические замечания. Полуявный метод интегрирования, использующийся в данной диссертации, предназначен для численного решения систем уравнений непрерывных хаотических моделей. К тому же, в моделировании динамических систем присутствует зашумление. Непонятно, как соискатель с помощью данного подхода интегрирования вывел численные решения дискретных и зашумленных хаотических моделей? Как исследовалась сходимость и устойчивость процесса решения систем уравнений в явной и неявной схемах? В работе сказано о детерминированности задачи основанной на исследовании хаоса, однако, не приводится никаких обоснований по этому вопросу. В исследовании не ясно, к какому из известных типов модуляции сигнала можно отнести предлагаемый автором метод. Диссертационное исследование не раскрывает ответ на вопрос о противоречии в науке и практике в области исследований, заявленной в работе. Отсутствует формулировка общей научной задачи, однако, присутствует декомпозиция на ряд частных задач. В диссертации предложено использовать изменение параметров численного метода для модуляции сигнала, порождаемого конечно-разностной моделью на его основе. Известно множество численных методов интегрирования, однако автором был выбран класс полуявных композиционных интеграторов. Чем обусловлен этот выбор? Можно ли использовать другие классы методов подобным образом? В главе 2 указано что в работе сделан выбор в пользу генераторов сигналов на основе численного решения дифференциальных уравнений, описывающих непрерывные хаотические системы. Известно, что многие дискретные хаотические отображения (например, логистическое отображение, отображение Эно и др.) порождают сигналы, более близкие к шуму по спектральным характеристикам, а также проще реализуемы на ЭВМ за счет меньшего числа арифметических операций. С чем связан выбор способа генерации хаотических сигналов через решение определяющих дифференциальных уравнений? На стр. 11 автореферата и в разделе 2.1.2 речь

идет об адекватности дискретной модели схем генераторов хаотических колебаний непрерывному прототипу, в то же время приведено лишь сопоставление старших показателей Ляпунова и объемов фазового пространства для различных методов численного интегрирования. Вопрос соответствия непрерывному прототипу требует пояснения. На стр. 62 диссертации п. 5, требует пояснения фраза, что ведомая система «совпадает с динамикой с задержкой по времени относительно ведущей системы». На рис. 4.11а, стр. 108 присутствуют выбросы в зависимостях  $BER = f(SNR)$ . Необходимо изложить мнение автора о причинах данных выбросов. На рис. 4.21 необходимо уточнить причину появления периодических пиков нормы ошибок синхронизации в зависимости от времени. На стр. 86, в формуле (3.3) приведена запись, соответствующая элементу матрицы расстояний, а не сама матрица расстояний как об это говорится в тексте. Требуется пояснение использования отношения сигнал/шум по мощности, а не отношения энергии на бит информации к спектральной плотности мощности шума в графиках BER, приведенных на рис. 4.23–4.26. Из автореферата неясно, может ли предложенный способ модуляции применяться для хаотических систем размерностью больше трех. Может ли подобный способ модуляции быть реализован в виде простого переключения между двумя численными методами без применения адаптивной симметрии интегратора? Во-первых, указано, что обоснован метод моделирования, но это подтверждается разбором нескольких конкретных случаев и проведением экспериментов. Во-вторых, из текста автореферата неясно, почему предложенные автором алгоритмы лучше имеющихся. Или аналогов нет? Тогда это следовало бы отметить. И, в-третьих, было бы полезно оценить сложность разработанного алгоритма. В тексте автореферата говорится о разработанном алгоритме для поиска оптимального коэффициента синхронизации, однако не уточняется, возможно ли его вычислить аналитически или результат может быть получен исключительно экспериментально? Из текста автореферата не ясно, какие типы шумов проверялись для оценки производительности и устойчивости к помехам прототипа когерентной хаотической системы связи? Как при этом изменялся



оптимальный коэффициент синхронизации? Из автореферата трудно понять, сколько именно различных хаотических систем рассматривал автор в практической части исследования. Сохраняется ли свойство обратимости численного решения консервативных динамических систем во времени при изменении коэффициента симметрии? Из автореферата неясно, рассматривались ли автором другие способы синхронизации хаотических систем, например, адаптивная синхронизация. Неочевиден выбор тестовых задач для диссертационного исследования. В автореферате неоднократно упоминаются преимущества авторского подхода по скорости, однако не указаны критерии оценки и их значения. В автореферата отсутствуют результаты мультипараметрического анализа, описанные в диссертационной работе, которые более наглядно показывают адекватность полученных генераторов хаотических сигналов непрерывным прототипам. В работе рассмотрено относительно малое число непрерывных систем. Представляется целесообразным оценить адекватность моделирования хаотических систем с применением предложенного математического аппарата на большем числе задач. Помимо рассматриваемых в работе полуявных методов КДПС, известны также методы полуявной и полунявной средней точки. Может ли предложенный способ модуляции быть реализован на их основе? На основе композиции явного и неявного методов Эйлера? Из текста автореферата непонятно, какую цель преследует автор, моделируя негамильтоновы системы (например, осциллятор Ресслера) симплектическими численными методами. В чем смысл применения симплектических интеграторов к диссипативным системам?

Выбор оппонентов и ведущей организации обосновывается их широкой известностью и достижениями в отрасли науки, связанной с тематикой диссертации, наличием у них актуальных публикаций в соответствующей и смежных сферах научных исследований, способностью квалифицированно оценить актуальность, теоретическую значимость и практическую ценность диссертации. Доктор физико-математических наук, профессор Осипов Григорий Владимирович, заведует кафедрой теории управления и динамики систем

заведует научно-исследовательской лабораторией динамического хаоса ННГУ им. Н.И. Лобачевского, известен своими работами в области синхронизации ансамблей, связанных регулярных и хаотических осцилляторов, которые широко используются для исследования динамических режимов сложных систем и применяются для решения ряда крупных задач физики, биологии, нейродинамики и др. Доктор технических наук, профессор Логинов Сергей Сергеевич является крупным специалистом в области проектирования радиоэлектронных устройств, в том числе технических систем использующих динамический хаос. Область научных интересов – динамический хаос, радиоэлектронные динамические системы, негармонический спектральный анализ, системы связи с ортогональным мультиплексированием. Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Северо-Кавказский федеральный университет», кафедра математического моделирования известна своими достижениями в области прикладной математики и компьютерных технологий, применения современных математических методов и программного обеспечения для решения задач науки, техники, экономики и управления, в частности силами таких ученых, как Осипов Д.Л., Гавришев А.А., Ляхов П.А., Калита Д.И.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований: разработаны** новый способ модуляции хаотических сигналов, использующий особые свойства полуявных симметричных численных методов интегрирования; математические модели генераторов хаотических сигналов, реализующие новый способ модуляции хаотических сигналов с управлением симметрией дискретных конечно-разностных схем; алгоритмы и комплекс программного обеспечения для оценки характеристик исполняемых моделей генераторов хаотических сигналов в составе хаотических систем; **предложены** математические модели генераторов хаотических сигналов, реализующие новый способ модуляции хаотических сигналов с управлением симметрией дискретных конечно-разностных схем; новый способ оценки различимости сигналов на основе модифицированного метода фазовых

возвратных преобразований; **доказана** перспективность использования свойств управляемой симметрии для модуляции хаотических сигналов; возможность определения оптимального коэффициента синхронизации сигналов хаотических генераторов, также доказано, что предложенный метод оценки хаотических сигналов на основе численных возвратных преобразований обладает большей чувствительностью по сравнению с методами спектрального и рекуррентного анализа; **введены** понятия: модуляция коэффициентом симметрии, численные возвратные преобразования.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:** **доказаны** возможность реализации новых математических моделей хаотических осцилляторов с управляемой симметрией конечно-разностной схем на основе полуявных алгоритмов интегрирования; возможность управления геометрией фазового пространства дискретных хаотических отображений с помощью изменяемой симметрии оператора интегрирования, применимость разработанных методов и подходов при проектировании генераторов хаотических колебаний с заданными характеристиками; **применительно к проблематике диссертации результативно использованы** методы анализа нелинейных динамических систем, включая инструменты бифуркационного анализа и анализа показателей Ляпунова; метод численных возвратных преобразований, полуявные численные методы интегрирования дифференциальных уравнений; **изложены** способ управления фазовым пространством дискретных моделей генераторов хаотических колебаний; идея задания характеристик генерируемого хаотического сигнала через изменение симметрии конечно-разностной схемы; подход к оптимизации коэффициентов синхронизации; экспериментальные доказательства адекватности дискретных моделей хаотических систем; полученных полуявными численными методами интегрирования; **раскрыты** факторы, значительно влияющие на характеристики генераторов хаотических сигналов и скорость синхронизации хаотических систем в присутствии шума; **изучены** свойства явных, неявных и полуявных численных методов интегрирования при синтезе конечно-разностных моделей хаотических систем, методы анализа нелинейных

систем, методы модуляции сигналов, применяемые в когерентных хаотических системах; **проведена модернизация** математического обеспечения генераторов хаотических сигналов, алгоритма возвратных преобразований, алгоритмов анализа нелинейных динамических систем с целью их программной реализации на графических процессорах, поддерживающих распределенные вычисления.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что: разработаны и внедрены** исполняемые модели генераторов хаотических сигналов и инструменты анализа хаотических генераторов в проектную деятельность ООО НПФ «Модем», а также в учебный процесс кафедры систем автоматизированного проектирования федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)». На результатах диссертационного исследования основаны лабораторные работы по дисциплинам «Моделирование нелинейных динамических систем» и «Современные численные методы и средства моделирования». На разработанное программное обеспечение получены свидетельства о государственной регистрации программ на ЭВМ, показаны границы применимости предложенных методов, моделей и алгоритмов на практике; **определены** перспективы использования разработанных методов и инструментов на различных этапах разработки генераторов хаотических сигналов при заданных требованиях к скорости синхронизации и различимости генерируемого сигнала; **создана** методика применения разработанного программного обеспечения для анализа и оценки характеристик генераторов хаотических колебаний; **представлены** предложения по дальнейшим направлениям исследований, которые могут заключаться в создании альтернативных способов модуляции хаотических сигналов, основанных на управляемых свойствах иных численных методов, например, метода явной средней точки с управляемым положением средней точки, а также в разработке перспективных способов синхронизации хаотических систем, использующих

обратимость численного решения во времени для синхронизации в условиях неполноты или зашумления данных.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:** для **экспериментальных работ** получены результаты численного моделирования, позволяющие оценить меру адекватности дискретных моделей хаотических систем, а также характеристики генераторов хаотических сигналов в приложении к когерентным хаотическим системам связи: различимость сигналов, оценка оптимальных параметров синхронизации, количественную оценку процента битовых ошибок при наличии шума в канале передачи данных и др.; **теория** построена на известной зависимости между применяемым типом дискретного оператора интегрирования и свойствами получаемой конечно-разностной модели нелинейной системы, а также проверяемых данных об устойчивости, сходимости и геометрии фазового пространства дискретных хаотических систем, и согласуется с опубликованными в рецензируемых научных изданиях данными по теме диссертации; **идея базируется** на управлении свойствами фазового пространства дискретных моделей непрерывных хаотических систем за счет изменения симметрии конечно-разностных схем полученных с применением полужавных композиционных численных методов интегрирования; **использованы** сравнение предложенного способа модуляции на основе управления коэффициента симметрии с известными способами модуляции применяемыми в когерентных хаотических системах связи; сравнение свойств предложенных конечно-разностных моделей генераторов хаотических сигналов с такими же для известных моделей, а также сравнение предложенного метода оценки различимости сигналов на основе численных возвратных преобразований с инструментами на основе спектрального и рекуррентного анализа; **установлено** качественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике, в случае задания совпадающих исходных данных, соответствие экспериментальных данных гипотезе исследования; **использованы** положения теории подобия и моделирования, теоретические основы нелинейной динамики, геометрические

численные методы интегрирования, методы анализа нелинейных систем, методы оптимизации, технологии разработки виртуальных приборов, имитационное и полунатурное моделирование.

Личный вклад соискателя состоит в предложенном новом способе модуляции хаотических сигналов, использующем свойство управляемой симметрии полуявных симметричных численных методов интегрирования, новых математических и исполняемых моделях генераторов хаотических сигналов, реализующих новый способ модуляции хаотических сигналов на основе управляемой симметрии, разработанных алгоритмов и программного обеспечения для оптимизации коэффициентов синхронизации генераторов хаотических колебаний, и новом способе оценки различимости сигналов при модуляции для когерентных хаотических систем на основе модифицированного метода возвратных преобразований.

В ходе защиты диссертации было высказано критическое замечание: в чём оценивается и измеряется хаотичность и как применяется показатель Ляпунова.

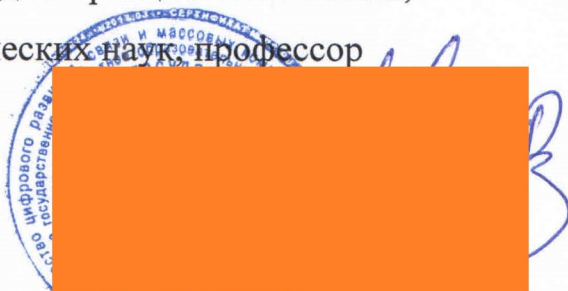
Соискатель Рыбин В.Г. в ходе заседания ответил на задаваемые ему вопросы, согласился с замечаниями и привел собственную аргументацию.

Диссертационный совет установил, что диссертация «Математическое и компьютерное моделирование генераторов хаотических колебаний на основе численных методов с управляемой симметрией» является законченной научно-квалификационной работой и соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а также пунктам 3, 5 и 6 паспорта научной специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

На заседании 03 июля 2024 года объединенный диссертационный совет принял решение присудить Рыбину Вячеславу геннадьевичу ученую степень кандидата технических наук за решение научной задачи по разработке математического и программного обеспечения генераторов хаотических сигналов на основе полуявных численных методов интегрирования с управляемой симметрией.

При проведении тайного голосования объединенный диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 4 докторов наук по научной специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 16, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного совета,  
доктор технических наук, профессор



Киричек Руслан Валентинович

Ученый секретарь диссертационного совета,  
кандидат технических наук, доцент



Владыко Андрей Геннадьевич

05 июля 2024 года