

УТВЕРЖДАЮ

Проректор Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского",
д.ф.-м.н., профессор

С.Н. Гурбатов



2014 года

ОТЗЫВ

ведущей организации – Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского"
на диссертацию **Аржанухиной Дарьи Сергеевны**
**«РАДИОФИЗИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ С ДИНАМИКОЙ,
ОПИСЫВАЕМОЙ ОТОБРАЖЕНИЯМИ НА ТОРЕ»**,
на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 – радиоп физика.

Диссертационная работа **Аржанухиной Дарьи Сергеевны** содержит исследование нелинейного поведения ряда колебательных систем, сконструированных так, чтобы в них была возможна хаотическая динамика, связанная с присутствием равномерно гиперболических аттракторов. Такие аттракторы, как установлено в математической теории динамических систем, обладают свойством структурной устойчивости, благодаря чему генераторы хаоса на этой основе должны демонстрировать характеристики, нечувствительные к различным мешающим факторам, и поэтому могут оказаться перспективными для прикладных целей. Работа также представляет интерес с фундаментальной точки зрения, поскольку содействует установлению связей между абстрактной теорией динамических систем и конкретными задачами радиоп физики и техники. Ее следует признать актуальной с учетом современного состояния и перспектив развития радиоп физики и теории колебаний и волн. Содержание работы соответствует паспорту специальности 01.04.03 – радиоп физика в части, относящейся к разработке физических основ генерации, усиления и преобразования колебаний и волн.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения и списка цитируемой литературы, обладает достаточно четкой и логично организованной структурой.

Во введении обоснована актуальность работы, определены цели и задачи исследования, охарактеризованы новизна, научная и практическая ценность работы, кратко обосновывается достоверность результатов и соответствие дис-

сертации специальности, сформулированы основные положения, выносимые на защиту. Также во введении представлены сведения об апробации работы и публикациях.

Первая глава диссертационной работы посвящена исследованию модельных систем с дискретным временем (отображений), получающихся из гиперболических отображений Аносова добавлением зависящих от параметров функций. Представлен довольно обширный материал, выявляющий богатую картину бифуркационных явлений, включая переход от динамики Аносова к так называемому DA аттрактору Смейла с последующим разрушением гиперболического хаоса и возможным возникновением регулярной периодической динамики. Материал первой главы создает концептуальную основу для конструирования физических устройств с гиперболическим хаосом, чему посвящена остальная часть работы.

Во второй главе конструируется система в виде трех идентичных автоколебательных элементов, которые становятся активными по очереди благодаря периодической модуляции параметра, отвечающего за возбуждение колебаний в каждом осцилляторе. Показано, что для фаз осцилляторов на последовательных стадиях активности при определенных предположениях получается гиперболическое отображение Аносова на торе. Также указана модификация системы, в которой реализуется DA-аттрактор Смейла. Эти результаты установлены на качественном уровне и затем убедительно подтверждены численными расчетами путем решения соответствующих дифференциальных уравнений и анализа результатов с привлечением аппарата современной нелинейной динамики, включая расчеты показателей Ляпунова.

В третьей главе представлены конкретные схемотехнические решения, реализующие генераторы хаоса на основе механизмов, указанных во второй главе, и продемонстрировано их функционирование посредством моделирования в программной среде Multisim.

Четвертая глава посвящена рассмотрению системы, описываемой дифференциальным уравнением с запаздыванием. Предложенная система содержит автоколебательный элемент и две цепи запаздывающей обратной связи, причем в зависимости от параметров в ней удастся реализовать аттракторы различных типов. Один из них – аттрактор в виде соленоида Смейла-Вильямса, вложенный в бесконечномерное фазовое пространство системы с запаздыванием, другой – аттрактор, на котором динамика переменных, имеющих смысл фаз колебаний, описывается отображением Аносова, и третий – соответствующий предположительно DA-аттрактору Смейла.

В заключении суммированы результаты диссертации.

Диссертационная работа представляет собой цельное научное исследование, направленное на реализацию и анализ радиофизических систем – генераторов хаоса с грубой, структурно устойчивой динамикой.

Разработаны принципы конструирования радиофизических систем, динамика которых ассоциируется с гиперболическими отображениями на торе и указаны новые конкретные примеры таких систем. Впервые указаны примеры

физических систем, демонстрирующих DA-аттрактор Смейла, известный ранее только как абстрактный объект математической теории динамических систем. Впервые указан пример системы с запаздыванием, которая в зависимости от выбора параметров может характеризоваться наличием разных типов гиперболических аттракторов, включая аттрактор Смейла-Вильямса и DA-аттрактор. В качестве сильной стороны работы нужно отметить, что автор не ограничивается чисто теоретическим исследованием, а предлагает варианты конкретных радиотехнических схем, реализующих рассматриваемые типы динамики. Нет сомнений, что в рамках тех постановок задач, которые в работе сформулированы, диссертантом получены достоверные результаты.

По диссертации можно сделать следующие замечания.

- 1) Название диссертации не вполне четко отражает содержание исследований. Во-первых, проведенное рассмотрение в контексте физически реализуемых систем (главы 2, 3, 4) касается не всех возможных типов отображений на торе, а только их специального класса с гиперболической хаотической динамикой (Аносова и типа DA). Во-вторых, основной аппарат, использованный для описания конкретных систем в диссертации – это дифференциальные уравнения и уравнения с запаздыванием, а отображения играют скорее роль вспомогательного инструмента для интерпретаций.
- 2) Среди рассмотренных в первой главе задач встречаются такие ситуации, когда двумерное отображение перестает быть обратимым. Из проведенного в диссертации обсуждения остается неясным, могут ли они иметь отношение к физически реализуемым системам, обсуждаемым в остальных главах.
- 3) Представляется, что диссертанту не удалось в полной мере прояснить детали перехода от динамики типа Аносова к DA-аттрактору с его последующим разрушением на уровне анализа и описания бифуркаций и бифуркационных сценариев.
- 4) В работе не уделено внимание и не проведен анализ инвариантной меры на исследуемых аттракторах. Как известно из математической теории динамических систем, существование инвариантной меры со специальными свойствами (мера Синяя – Рюэля – Боуэна) – одно из главных свойств равномерно гиперболических аттракторов.
- 5) Представленные примеры систем с гиперболическими аттракторами имеют размерность фазового пространства существенно более высокую, нежели это требуется для таких аттракторов согласно теории динамических систем. Вопрос о возможности реализовать эти типы аттракторов в системах меньшей размерности в диссертации не обсуждается.

Отмеченные недостатки не снижают общей высокой оценки диссертации Д.С. Аржанухиной, выполненной на высоком научном уровне.

Сформулированные положения, результаты и методы, представленные в диссертации, расширяют возможности исследований в радиофизике и нелиней-

ной динамике. В частности, можно рекомендовать использование результатов в научных исследованиях в Институте радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН (г. Москва), в Саратовском и Фрязинском филиалах ИРЭ РАН, в Институте прикладной физики РАН, а также в Московском, Нижегородском, Саратовском, Томском, Казанском, Воронежском государственных университетах. Материалы диссертации могут быть рекомендованы к внедрению в учебный процесс в МГУ, НИУ МЭИ, ННГУ, СГУ, СГТУ, ВГУ, КГУ, ТГУ и других вузах, осуществляющих подготовку специалистов в области радиофизики, нелинейной динамики и математического моделирования.

Диссертация Д.С. Аржанухиной представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой содержится решение задачи, актуальной для радиофизики и состоящей в построении систем с гиперболическим хаосом, допускающих физическую реализацию, а также исследование этих систем в численном эксперименте и посредством схмотехнического моделирования.

Автореферат правильно отражает содержание диссертации.

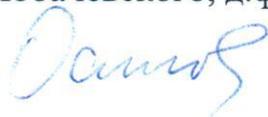
Материалы диссертации с достаточной полнотой представлены публикациями, включая 5 статей в журналах, рекомендованных ВАК при Минобрнауки РФ для публикации материалов диссертаций. Материалы диссертации были широко представлены и обсуждались на научных конференциях.

Можно заключить, что диссертационная работа «**Радиофизические системы с динамикой, описываемой отображениями на торе**» удовлетворяет предъявляемым к кандидатским диссертациям требованиям пункта 9, а также пунктов 10-14 "Положения о присуждения ученых степеней", утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842.

Автор диссертации **Аржанухина Дарья Сергеевна** заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 – радиофизика.

Отзыв составил:

Заведующий кафедрой теории управления и динамики машин Факультета вычислительной математики и кибернетики Нижегородского государственного университета им Н. И. Лобачевского, д.ф.-м.н., профессор



Осипов Григорий Владимирович

Отзыв заслушан и одобрен на заседании кафедры теории управления и динамики машин факультета ВМК, протокол № 1 от 1 сентября 2014 г.

Почтовый адрес: 603950, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23,
ННГУ им. Н.И. Лобачевского.

Телефон: +7 831 462-30-04

Электронный адрес: gurb@rf.unn.ru