

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу

КРУГЛОВА ВЯЧЕСЛАВА ПАВЛОВИЧА

«Конечномерные и распределенные системы кольцевой структуры,

генерирующие грубый хаос»,

представленную на соискание ученой степени

кандидата физико-математических наук

по специальности 01.04.03 – «Радиофизика»

Проблематика и актуальность работы.

Основой современных беспроводных телекоммуникационных технологий являются сложные широкополосные сигналы. Актуальность исследования и разработки новых видов широкополосных (или сверхширокополосных) сигналов вызвана тем, что с их помощью можно повысить помехоустойчивость передачи информационных сообщений; увеличить скрытность и защищенность каналов связи; разработать новые методы модуляции-демодуляции сообщений.

Начиная с 1990-х годов, в мировой научной литературе непрерывно растут исследования по применению хаотических широкополосных сигналов в области телекоммуникаций, например, для скрытной передачи данных. Это направление интенсивно развивается отечественными научными группами, среди которых А.С. Дмитриев, А.И. Панас (ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН), С.П. Кузнецов, Д.И. Трубецков, Б.П. Безручко (Саратовский государственный университет), В.Д. Шалфеев, В.В. Матросов (Нижегородский государственный университет), М.В. Капранов, Н.Н. Удалов (Московский энергетический институт) и другие. Среди зарубежных исследователей можно выделить фундаментальные работы L. Chua, T. Endo, L. Pesora, T. Carroll и многих других. На сегодняшний день перспективность

применения хаотических сигналов в телекоммуникациях, например, для скрытной передачи данных не вызывает сомнений. Однако важнейшим для практического применения является вопрос чувствительности хаотических режимов к изменению различных параметров системы. Существующие генераторы детерминированного хаоса не обладают свойством «грубости», т.е. они чрезвычайно чувствительны к параметрам, а реализовать на практике и с высокой степенью точности все значения параметров не представляется возможным. Среди хаотических генераторов свойством «грубости» обладают достаточно молодые системы с гиперболическим хаосом, которые и являются предметом исследований рассматриваемой работы. Поэтому тему диссертации В.П. Круглова следует считать актуальной и интересной.

Оценка содержания диссертации в целом.

Диссертация В.П. Круглова состоит из введения, четырех глав, заключения и списка использованных источников. Общий объем диссертации составляет 140 страниц, содержит 45 иллюстраций, список литературы состоит из 51 наименования.

Во введении обсуждается актуальность заявленной темы, научная новизна и ее значимость. Изложено краткое содержание работы и приводятся сведения о публикациях и апробации диссертационной работы.

В первой главе исследованы различные генераторы гиперболического хаоса с кольцевой структурой, содержащие два полосовых фильтра и элемент с квадратичной нелинейностью и насыщением. В первом варианте функционирование схемы обеспечивается воздействием на систему периодической последовательности импульсов, а во втором модулированного сигнала с синусоидальной огибающей. Данные модели описываются системами неавтономных обыкновенных дифференциальных уравнений четвертого порядка. Анализ проводился как с помощью

численного моделирования, так и с помощью анализа приближенных укороченных уравнений для комплексных амплитуд.

Во второй главе исследована автономная динамическая система с аттрактором типа Смейла-Вильямса, динамика которой осуществляется вблизи гетероклинического цикла кольцевой цепочки из автогенераторов при поочередной активации элементов с передачей возбуждения по кольцу.

В третьей главе исследуются некоторые распределенные системы, демонстрирующие гиперболический хаос и описываемые уравнениями с частными производными.

В четвертой главе проводится компьютерная проверка гиперболической природы аттракторов систем, рассмотренных в предыдущих главах, а также некоторых других. Метод численной проверки гиперболичности основан на свойстве трансверсальности многообразий гиперболических аттракторов.

В заключении изложены основные итоги работы и направления ее дальнейшего развития.

Новые научные результаты.

1. Предложены кольцевые структуры с хаотической динамикой, обусловленной наличием в фазовом пространстве аттракторов типа Смейла-Вильямса.
2. Доказано существование гиперболического хаоса в цепочке автоколебательных систем с медленно меняющейся по кольцу рабочей частотой, в которой обеспечивается резонансная передача возбуждения между звеньями цепочки.
3. Впервые исследованы автономная и неавтономная распределенные системы типа реакция-диффузия с периодической модуляцией коэффициентов диффузии, где реализуется гиперболический хаос.

4. Развита методика проверки гиперболической природы аттракторов, которая применялась Кругловым В.П. для многочисленных примеров динамических систем.

Теоретическая и практическая значимость работы.

1. Представлены и исследованы новые примеры систем с гиперболическим хаосом, допускающих радиофизическую реализацию.
2. Исследованные динамические системы обладают малой чувствительностью к изменению управляющих параметров, что является решающим для практического применения таких генераторов в телекоммуникациях, например, в системах скрытной передачи данных.

Публикации и апробация основных результатов работы.

Основные научные результаты и положения, выносимые на защиту, апробированы в научных публикациях автора, докладывались на международных и российских научно-технических конференциях и семинарах. Среди опубликованных работ 7 статей в научных журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ для публикации материалов докторских и кандидатских диссертаций. Диссертация написана хорошим языком и аккуратно оформлена. Содержание автореферата в полной мере отражает основные результаты диссертационной работы.

Личный вклад соискателя.

Все включенные в диссертационную работу результаты получены В.П. Кругловым, производившим выбор методов решения задач, программирование, численные расчеты, а также графическую обработку и анализ данных. Постановка задач и интерпретация некоторых результатов

выполнялись совместно с научным руководителем. Диссертация свидетельствует о высокой квалификации автора.

По тексту диссертационной работы имеются следующие замечания:

1. В диссертации нет рекомендаций по выбору различных схем генераторов гиперболического хаоса для конкретных телекоммуникационных устройств. В частности, в главе 1 рассматриваются различные структурно близкие варианты генераторов хаоса и не представлено их сравнение с точки зрения практического применения.
2. Не проведен схемотехнический эксперимент с разработанными генераторами гиперболического хаоса даже для сравнительно простых с практической точки зрения устройств, описанных в первой главе.
3. В диссертации есть небольшие неточности в подписях к рисункам и стилистические дефекты.

Сделанные замечания не носят принципиального характера и не снижают высокой оценки диссертационной работы.

Итоговое заключение.

В целом диссертационная работа Круглова В.П. представляет собой серьезное законченное исследование, выполненное на высоком научном уровне. В ней получен ряд новых важных как с теоретической, так и с практической стороны, результатов по решению сложной задачи о создании генераторов гиперболического хаоса.

Рассмотренная диссертационная работа обладает высокой научной ценностью в области радиофизики, отвечает специальности 01.04.03 – «Радиофизика» (физико-математические науки) и имеет важное значение для практических приложений в области телекоммуникаций. Считаю, что

диссертация Круглова Вячеслава Павловича полностью удовлетворяет требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК, предъявляемых к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присвоения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 – «Радиофизика».

Официальный оппонент,
кандидат технических наук,
доцент кафедры формирования
и обработки радиосигналов
ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»

САФИН Ансар Ризаевич

Адрес: 111250, г. Москва, Красноказарменная ул., д.14
Телефон: (495) 362-73-84
e-mail: arsafin@gmail.com

Подпись Сафина Ансара Ризаевича удостоверяю

Подпись _____
удостоверяю
заместитель начальника управления
по работе с персоналом
_____ Е.Ю. Баранова

