

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**Федеральное государственное**  
**бюджетное образовательное**  
**учреждение высшего образования**  
**«Саратовский государственный**  
**технический университет**  
**имени Гагарина Ю.А.»**  
**(СГТУ имени Гагарина Ю.А.)**  
ул. Политехническая, 77, г. Саратов, 410054  
Телефоны: (8452) 99-88-11  
факс (8452) 99-88-10;  
(8452) 99-86-03; факс (8452) 99-86-04  
E-mail: [sstu\\_office@sstu.ru](mailto:sstu_office@sstu.ru)

**«УТВЕРЖДАЮ»**

Проректор по науке и инновациям  
федерального государственного  
бюджетного образовательного  
учреждения высшего образования  
«Саратовский государственный  
технический университет  
имени Гагарина Ю.А.»,  
д.ф.м.н., профессор



А.И. Землянухин

15.01.2026 № 04/58-57

На № \_\_\_\_\_

### **ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ**

о научно-практической ценности диссертации

**Любченко Дмитрия Олеговича** на тему **«Сложные динамические режимы, отвечающие концепции грубости и концепции хрупкости, в приложении для средств коммуникации»**, представленной к защите на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по научной специальности 1.3.4. – Радиофизика.

#### **Актуальность темы исследования**

Представленная диссертационная работа посвящена исследованию двух фундаментально противоположных классов динамических систем: грубых – структурно устойчивых и хрупких – экстремально чувствительных к возмущениям, а также применению таких систем в задачах хаотической коммуникации. Как справедливо отмечено в работе, с одной стороны, существует практическая потребность в связанных генераторах сложных сигналов, устойчивых к неизбежным в реальных условиях параметрическим расстройкам, шуму и другим возмущениям. С другой стороны, задачи защищенной связи требуют решений, обеспечивающих высокий уровень скрытности передачи, что может быть достигнуто за счет использования систем с экстремальной мультистабильностью. Исследование такой дихотомии представляется крайне своевременным и соответствует ведущим направлениям развития нелинейной динамики и современной радиофизики.

#### **Новизна полученных результатов**

Научная новизна корректно отражена в диссертации и подтверждается опубликованными работами. Основные результаты включают:

1. Формирование прикладной парадигмы «грубость – хрупкость» для задач хаотической связи.
2. Методологическое расширение анализа синхронизации через исследование локальных статистических характеристик.
3. Демонстрация устойчивости грубых генераторов в задачах синхронной связи.
4. Построение иерархии приближённых моделей бильярда с осциллирующей границей.
5. Обнаружение эффекта разделения режимов ускорения Ферми на медленный и быстрый.
6. Разработка новой схемы скрытой коммуникации, основанной на экстремальной мультистабильности.

### **Теоретическая и практическая значимость результатов, полученных автором диссертации**

С теоретической точки зрения важнейшим является перенос абстрактных понятий грубости и хрупкости в прикладную область задач синхронизации и защиты информации. Работа вносит вклад в теорию нелинейной динамики, углубляя понимание роли грубости при синхронизации таких связанных систем, а также развивает представления о механизмах экстремальной мультистабильности. Значимым фундаментальным результатом является открытие эффекта разделения режимов ускорения Ферми, что создаёт основу для дальнейшего исследования процессов замедления в консервативных системах.

С практической точки зрения результаты диссертации дают конкретные ориентиры для разработки устойчивых широкополосных схем связи и средств защищённой передачи. Более того, предложенная схема, основанная на экстремальной мультистабильности, задаёт новое перспективное направление для создания средств защиты информации за счёт динамического переключения между множеством хаотических состояний.

### **Оценка структуры и содержания работы**

Диссертационная работа состоит из введения, четырёх глав, заключения и списка использованной литературы. Общий объём диссертации – 172 страницы, включает в себя 66 рисунков, 2 таблицы и список литературы из 196 наименований. Структура логична и соответствует поставленным задачам.

**Во введении** дан содержательный историко-научный обзор, охватывающий путь от работ Андронова и Понтрягина о грубости до современных исследований мультистабильных систем. Весьма убедительно обоснована актуальность диссертационной работы, указаны цели и задачи, представлены научная и практическая

значимость результатов, научная новизна полученных результатов и положения, выносимые на защиту, описана структура и объем диссертации.

**Первая глава** выполняет вводную и демонстрационную функцию: в ней демонстрируются преимущества использования схем скрытой коммуникации на основе синхронизации при использовании генераторов грубых сложных режимов: гиперболического хаоса и странной нехаотической динамики. К таковым преимуществам отнесена принципиальная возможность осуществления передачи и детектирования информации в условиях неидентичности приёмника и передатчика.

**Вторая глава** углубляет исследование свойств грубых систем, фокусируясь на анализе синхронных режимов связанных неидентичных по параметрам генераторов и связанных идентичных генераторов, но в условиях потерь в канале связи в виде полосы непропускания различных частотных диапазонов.. Ключевым результатом является формулировка и численная проверка гипотезы об однородности локальных во времени статистических характеристик связанных грубых систем в режиме неполной синхронизации.

**В третьей главе** осуществляется концептуальный переход от грубости к хрупкости. На примере задачи о движении частицы в бильярде типа волновода с одной гофрированной осциллирующей границей построена иерархия приближённых моделей,, сохраняющих выявленный фундаментальный эффект разделения режимов ускорения Ферми. При этом одна из моделей сведена к диссипативному отображению, фазовое пространство которого обладает консервативным подпространством, и, вследствие этого, крайне чувствительному к возмущениям в этом подпространстве.

**В четвёртой главе** представлено объемное исследование разноплановыми численными методами динамических режимов полученной в третьей главе модели. Помимо подтверждения экстремальной мультистабильности в ней, усилия сконцентрированы на поиске в пространстве параметров и в фазовом пространстве системы областей с мультистабильностью хаотической. Предложено использовать отвечающие этим областям режимы для схем хаотической коммуникации, повышение уровня скрытности в которых обеспечивается за счет динамического переключения между бесконечным числом хаотических состояний.

**В заключении** содержатся основные выводы.

Содержание работы выстроена последовательно – от анализа преимуществ грубых и хрупких систем к их глубокому исследованию и практическому использованию. Работа сочетает широкую обзорную мотивацию с детальными численными экспериментами,

содержит хорошо описанные модели и методы, а результаты представлены наглядно и сопровождаются количественными характеристиками.

### **Степень обоснованности и достоверности результатов исследования**

Автор использует широкий спектр современных и апробированных методов нелинейной динамики. Достоверность результатов подтверждается согласованностью данных, воспроизводимостью и соответствием теоретическим представлениям.

### **Публикации**

Основные результаты диссертации отражены в 5 статьях в рецензируемых журналах, а также в 2 полноразмерных статьях в сборниках конференций, индексируемых в международных базах данных. Наличие публикаций в высоко рейтинговых рецензируемых изданиях и широкое представление материалов на профильных конференциях свидетельствует об актуальности работы и признании научным сообществом.

### **Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации**

Результаты и выводы диссертационной работы могут быть рекомендованы к использованию в следующих направлениях:

1. Для разработки устройств широкополосной связи – схемы с генераторами гиперболического хаоса и странных нехаотических аттракторов целесообразно применять в приложениях с высокими требованиями к устойчивости работы в неидеальных условиях.
2. Создания защищённых схем связи – двухканальная схема на основе экстремальной мультистабильности представляет значительный интерес для задач, требующих высокого уровня конфиденциальности, и рекомендуется для дальнейшей экспериментальной разработки.
3. В научно-исследовательской и образовательной деятельности – Материалы диссертации могут быть использованы при подготовке учебных курсов по нелинейной динамике и радиофизике, а также для постановки новых научных задач.

### **Замечания по диссертационной работе**

1. В работе вводится и активно используется дихотомия «грубость – хрупкость». Однако если понятие грубости (структурной устойчивости) является классическим и строго определённым в теории динамических систем, то термин «хрупкость» редко используем в научной литературе. В диссертации он фактически отождествляется с экстремальной мультистабильностью – структурной неустойчивостью аттракторов по отношению к изменению

начальных условий. В то же время хрупкость определяется как неустойчивость аттракторов во времени.

2. Обсуждение уязвимостей предложенных коммуникационных схем имеет в основном качественный характер. Чтобы более объективно говорить об уязвимости, требуются количественные оценки устойчивости схем к возможным сценариям атак. Также отсутствуют стандартные инженерные метрики передачи, например, BER/FER, SNR. Их отсутствие не позволяет сравнить предлагаемые схемы с уже существующими.
3. В работе подчеркивается готовность коммуникационных схем к экспериментальной реализации, однако, например, в первой главе демонстрируется неустойчивость передачи при неидентичности частот генераторов на передающей и принимающей стороне, что, вообще говоря, свидетельствует о непригодности таких схем к практической реализации.
4. Во второй главе центральное место занимает гипотеза об однородности локальных во времени статистических характеристик грубых систем при неполной синхронизации. Представлены обстоятельные численные подтверждения этой гипотезы, однако отсутствует строгая аналитическая и экспериментальная её верификация.
5. Третья глава диссертации представляет собой солидное самостоятельное исследование в области теории динамических систем и статистической физики, посвященное сложной модели бильярда. Несмотря на безусловную научную ценность полученных в ней результатов (построение иерархии моделей, обнаружение разделения режимов ускорения Ферми), её связь с магистральной темой работы – разработкой средств коммуникации – выглядит опосредованной и неочевидной. Создаётся впечатление, что глава несколько «выбивается» из общей направленности диссертации.
6. В свою очередь, четвертая глава, напрямую посвященная приложениям, концентрируется на анализе экстремальной мультитабильности в выделенной упрощенной модели. Непосредственно коммуникационным аспектам уделено сравнительно мало внимания, что создаёт дисбаланс между глубиной динамического анализа и проработкой их практического применения.

Вместе с тем указанные замечания не являются принципиальными и не снижают общей положительной оценки работы; они свидетельствуют о направлениях, требующих дальнейшей проработки и уточнения в рамках точечных исследований.

Автореферат полностью соответствует материалу, излагаемому в самой работе, по содержанию и полноте изложения основных положений диссертации.

## Заключение

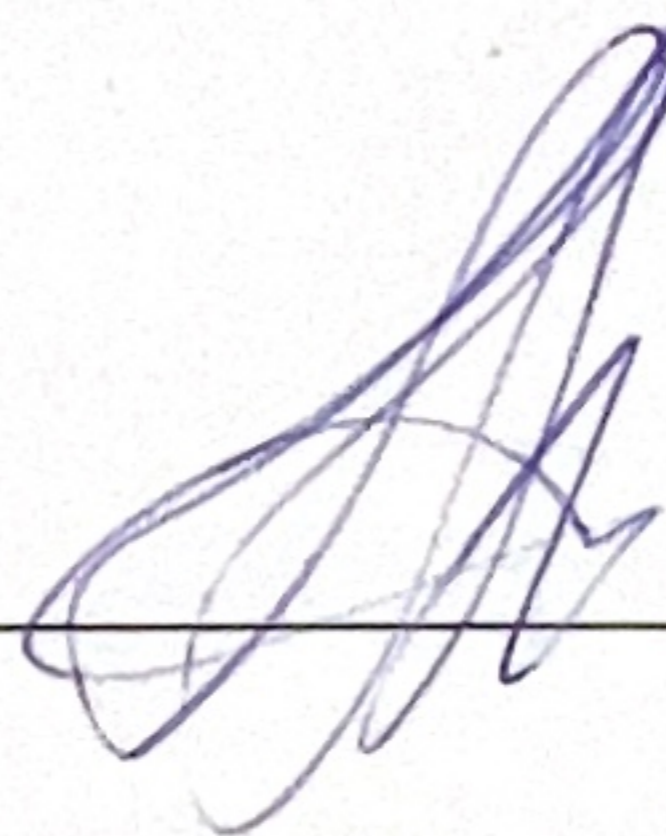
Диссертационная работа Любченко Дмитрия Олеговича на тему «Сложные динамические режимы, отвечающие концепции грубости и концепции хрупкости, в приложении для средств коммуникации» на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований в области нелинейной динамики и её приложений к задачам коммуникации, разработаны методы хаотической связи на основе системного использования фундаментальных свойств их динамики – грубости и хрупкости.

Диссертационная работа Любченко Дмитрия Олеговича на тему «Сложные динамические режимы, отвечающие концепции грубости и концепции хрупкости, в приложении для средств коммуникации» соответствует паспорту специальности 1.3.4. – Радиофизика и отвечает требованиям и критериям п.п. 9-11, 13-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г., № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, а её автор, Любченко Д.О., заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по научной специальности 1.3.4. - Радиофизика.

Диссертационная работа Любченко Д.О. и отзыв на неё обсуждены на заседании кафедры радиоэлектроники и телекоммуникаций федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.» (протокол заседания №7 от 24.12.2025 года).

Отзыв составил:

Заведующий кафедрой радиоэлектроники  
и телекоммуникаций, д.т.н., профессор \_\_\_\_\_



Львов Алексей Арленович

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Саратовский государственный технический университет  
имени Гагарина Ю.А.»

Адрес: 410054, г. Саратов, улица Политехническая, д. 77

Контактные телефоны: (8452) 99-88-11

Адрес электронной почты: [rectorat@sstu.ru](mailto:rectorat@sstu.ru)

Веб-сайт: <https://www.sstu.ru/>

Подпись Львов Алексей Арленович  
Заместитель начальника управления кадров  
15 01 2026 г.

