

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Максименко В.А.  
«ЭВОЛЮЦИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ В ПРОСТРАНСТВЕННО-  
РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОННОЙ ПРИРОДЫ»,

представленную на соискание ученой степени

кандидата физико-математических наук

по специальности 01.04.03 – радиофизика

Диссертационная работа Максименко В.А. посвящена исследованию динамики пространственно-распределенных систем электронной природы с помощью расчета спектра показателей Ляпунова.

Пространственно-распределенные системы являются математическими моделями для широкого класса реальных систем, в частности, устройств СВЧ-электроники (пучково-плазменных систем, электронно-волновых, твердотельных), где состояние определяется пространственными распределениями напряженности электрического поля, объемной плотности носителей заряда и потенциала. Изучение динамических режимов, реализующихся в таких системах, и управление ими представляет несомненный интерес для современной радиофизики. Важными задачами при этом являются анализ устойчивости стационарных режимов, исследование перехода от периодических колебаний к хаотическим, диагностика установления синхронных режимов в связанных распределенных системах. Диссертационная работа нацелена на аналитическое и численное решение перечисленных задач. Представленные результаты развивают и дополняют современные представления об эволюции динамических режимов в пространственно-распределенных системах. В связи со сказанным, актуальность и важность темы диссертации, а также ее соответствие специальности не вызывают сомнений.

Диссертационная работа состоит из введения, трех глав и заключения. Во введении обосновывается актуальность работы, ее научная новизна и практическая значимость, а также сформулирована цель работы и приведены

основные выводы и положения, выносимые на защиту. В первой главе разработан метод расчета спектра показателей Ляпунова для пространственно-распределенных систем и с его помощью проведен анализ автономной и неавтономной динамики эталонной модели, описывающей в рамках гидродинамического подхода коллективную динамику носителей заряда в приложенном электрическом поле. Продемонстрирована возможность использования предложенного метода для анализа сложного поведения пространственно-распределенных систем, связанных с системами с конечномерным фазовым пространством.

Во второй главе изучена динамика возмущений неоднородного стационарного состояния распределенной системы, характеризующейся нелинейной зависимостью скорости носителей заряда от напряженности электрического поля. Проведена аналитическая оценка значений коэффициентов затухания возмущений в случае, когда состояние близко к однородному, получены зависимости коэффициентов затухания и собственных частот возмущений от управляющего параметра и обнаружена связь между эволюцией первого возмущения и динамикой опорного состояния.

В третьей главе методика расчета спектра показателей Ляпунова, предложенная в первой главе, применена для анализа нестационарных режимов пространственно-временной динамики таких базовых моделей, как лампа обратной волны с поперечным полем и диод Пирса. Рассмотрено применение показателей Ляпунова для диагностики режима обобщенной синхронизации в связанных распределенных системах.

Представленные в диссертационной работе результаты обладают научной новизной. В частности,

- изучена пространственно-временная динамика возмущений неоднородного стационарного состояния системы, описывающей активную среду, где скорость носителей заряда нелинейно зависит от напряженности электрического поля, и проведен анализ влияния граничных условий на устойчивость стационарного состояния;

– впервые при помощи спектра показателей Ляпунова проведена диагностика установления режима обобщенной хаотической синхронизации в связанных диодах Пирса;

– подробно исследованы особенности выбора опорного состояния пространственно-распределенных систем, необходимого для расчета спектра показателей Ляпунова.

Полученные результаты свидетельствуют о высокой квалификации автора работы, от которого потребовалось хорошее владение математическим аппаратом и методами компьютерного эксперимента. Достоверность научных выводов подтверждается их согласованностью между собой, а также хорошим совпадением результатов, полученных при использовании различных методов анализа исследуемых систем.

Научная и практическая значимость результатов диссертационной работы определяется их степенью общности, так как разработанные автором методы и подходы могут быть применены для анализа широкого класса систем, являющихся моделями реальных пучково-плазменных, электронно-волновых и твердотельных устройств СВЧ-электроники, способных генерировать колебания СВЧ диапазона.

К недостаткам работы, на мой взгляд, относится следующее:

1) В диссертации не обсуждается вопрос выбора конечно-разностных схем, используемых для расчета показателей Ляпунова, а в первой и второй главах не указано даже какая именно численная схема использовалась автором. Кроме того, в работе вообще не затронут вопрос о точности используемых алгоритмов вычисления показателей Ляпунова.

2) В третьей главе при исследовании обобщенной хаотической синхронизации связанных диодов Пирса автор не поясняет, что он понимает под обобщенной синхронизацией взаимно связанных систем. Поскольку в рассмотренном примере, один показатель Ляпунова двух взаимно связанных систем всегда остается положительным, имеет место частичная обобщенная синхронизация [Z. Zheng et al., Phys. Rev. E, 2002, V.65, 056211], при которой

в одном направлении связи синхронизация есть, а в обратном направлении ее нет. Было бы желательно провести сравнение полученных результатов с результатами, полученными при использовании других методов диагностики обобщенной синхронизации.

3) Диссертационная работа содержит опечатки. На многих рисунках (1.10, 1.11, 1.19, 2.9, 2.14, 3.9) имеются ошибки в обозначениях переменных по осям или их единиц измерения. На рис. 3.4 численные обозначения по оси абсцисс указаны неверно и не совпадают с описанием в тексте работы. Русскоязычные публикации [16], [32], [119], [120] в списке литературы приведены на английском языке.

Несмотря на отмеченные недостатки, в целом диссертационная работа производит хорошее впечатление. Работа выглядит единым, цельным производением, развивающим современные направления исследований пространственно-распределенных систем электронной природы, и содержит ряд новых интересных результатов. Автореферат правильно отражает ее содержание.

Работа представляет собой законченное научное исследование, в котором содержится решение задачи, имеющей существенное значение для радиофизики. Результаты диссертационной работы могут быть использованы в Саратовском, Нижегородском, Московском и Томском университетах, ведущих подготовку студентов по радиофизическим направлениям, а также в научных лабораториях ИРЭ РАН и ИПФ РАН, занимающихся теоретическими и экспериментальными исследованиями в области радиофизики и нелинейной динамики.

Результаты диссертации достаточно полно представлены публикациями в ведущих отечественных и зарубежных научных журналах, входящих в перечень ВАК для публикации основных материалов кандидатских и докторских диссертаций (Phys. Rev. Lett., EPL, Appl. Phys. Lett., Phys. Rev. B, Physics of Plasmas, Письма в ЖТФ, Известия ВУЗов «Прикладная нелинейная

динамика»), неоднократно докладывались на международных и российских научных конференциях.

Считаю, что диссертационная работа Максименко Владимира Александровича удовлетворяет требованиям «Положения о присуждении ученых степеней» (п. 9-14), утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года, № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а автор работы заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 – радиоп физика.

29.09.2015

Официальный оппонент  
заведующий лабораторией  
моделирования в нелинейной динамике  
Саратовского филиала Института радиотехники  
и электроники им. В.А. Котельникова РАН,  
д.ф.-м.н.

Прохоров Михаил Дмитриевич

---

Рабочий адрес: 410019, г. Саратов, ул. Зеленая, 38; Телефон: +79063105531;  
e-mail: mdprokhorov@yandex.ru

Подпись Прохорова М.Д. заверяю  
Зам. директора по науке  
СФ ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН,  
д.ф.-м.н.



Е.П. Селезнев