

Отзыв

официального оппонента на работу Максименко Владимира Александровича «Эволюция динамических режимов в пространственно-распределенных системах электронной природы», представленной на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 – радиофизика.

В настоящей диссертационной работе изучается эволюция динамических режимов, реализующихся в пространственно-распределенных системах электронной природы. В качестве примеров рассматриваются такие распространенные системы, как диод Пирса – базовая модель для анализа пучково-плазменных систем, ЛОВ с поперечным полем – модель, описывающая электронно-волновое взаимодействие, а также распределенная система, описывающая транспорт заряда в активной среде, где зависимость скорости носителей от напряженности поля определяется соотношением Эсаки-Тсу. Практическая направленность исследований подобных систем связана с возможностью применения полученных результатов к анализу реальных устройств, перспективных в терагерцовом диапазоне частот, что является большим вкладом в решение задач, характерных для современной радиофизики. В этой связи, рассмотрение распределенных нелинейных систем, связанных с колебательным контуром, моделирующим внешнюю нагрузку, восполняет важный пробел большинства аналогичных исследований, где влиянием внешнего окружения на саму систему часто пренебрегается, хотя известно что согласование с внешней волноведущей системой существенно меняет режимы генерации. Поэтому тема диссертации представляется актуальной для различных направлений нелинейной науки и ее приложений в области создания различных устройств, работающих в сверхвысококачастотном диапазоне. Диссертация написана автором самостоятельно, является законченной научно-квалификационной работой, обладает внутренним единством и содержит решение задач, имеющих важное значение для радиофизики. Основные результаты и положения, выдвигаемые на защиту, являются новыми.

Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения и списка цитированной литературы. Во введении обосновывается актуальность темы диссертации, приводится формулировка цели работы, описывается научная новизна и практическая значимость полученных результатов, формулируются основные положения и результаты, выносимые на защиту, а также приводятся сведения об апробации результатов и публикациях по теме диссертации.

В первой главе описывается метод расчета спектра показателей Ляпунова для пространственно-распределенных систем, при помощи которого в диссертационной работе проводится анализ сложных режимов пространственно-временной динамики. Апробация

метода в рамках данной главы проводится на примере модельной системы, описываемой в рамках гидродинамического приближения при помощи уравнений непрерывности и Пуассона. Для данной системы при помощи спектра показателей Ляпунова исследована устойчивость стационарного состояния и переход от периодических колебаний к сложным квазипериодическим и хаотическим режимам. Кроме того, в первой главе рассмотрен вопрос о расчете и применении спектра показателей Ляпунова для анализа распределенных систем, связанных с системами с малым числом степеней свободы.

Во второй главе проведено исследование пространственно-временной динамики набора малых возмущений неоднородного по пространству стационарного состояния распределенной системы, исследуемой в рамках первой главы. Получены зависимости коэффициентов затухания и собственных частот нескольких возмущений от управляющего параметра. Обнаружена связь между частотой колебаний первого возмущения и частотой колебаний опорного состояния в момент возникновения неустойчивости. Исследовано влияния параметров эмиттера на устойчивость стационарного состояния данной системы.

В третьей главе диссертации рассматривается нестационарная пространственно-временная динамика распределенных систем диода Пирса и ЛОВ с поперечным полем, являющихся базовыми моделями радиофизики. При помощи спектра показателей Ляпунова продемонстрирован переход от периодических к хаотическим (в диоде Пирса) и гиперхаотическим (в ЛОВ) колебаниям, а также исследовано установление режима обобщенной синхронизации в пучково-плазменных системах, связанных однонаправленно и взаимно.

В заключении суммируются основные результаты и выводы диссертационной работы.

Результаты работы достаточно полно опубликованы в рецензируемых научных изданиях (16 работ), в т.ч. в ведущих международных изданиях, таких как Phys. Rev. Lett., Appl. Phys. Lett., Phys. Rev. B, и доложены на конференциях самого разного уровня (19 опубликованных работ в сборниках трудов конференций и семинаров). Отличительная положительная черта диссертации в том, что она выполняется в рамках многих научно-исследовательских работ. Следует также отметить, что Максименко В.А. являлся лауреатом конкурсов фонда «Династия» для студентов-физиков и аспирантов и молодых ученых без степени, а также является лауреатом стипендии Президента РФ для молодых ученых, осуществляющих исследования по приоритетным направлениям модернизации российской экономики. Все вышперечисленное свидетельствует о высокой квалификации автора и о его вкладе в науку.

В целом работа оставляет хорошее впечатление: автор умело сочетает различный математический вычислительный аппарат с аналитическими расчетами для решения поставленных задач и дает трактовку полученным результатам и рекомендации по использованию научных выводов.

Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации.

Наиболее важные результаты, полученные автором диссертационной работы, на мой взгляд, состоят в следующем.

- Разработан метод расчета спектра показателей Ляпунова для пространственно-распределенных систем, основанный на непрерывном описании состояния системы и ее возмущений.
- Показано, что в пространственно-распределенной системе, где зависимость скорости носителей заряда от напряженности поля определяется соотношением Эсаки-Тсу, приложение периодического внешнего воздействия, обусловленного модуляцией величины приложенного напряжения, может приводить к квазипериодическим и хаотическим режимам коллективного транспорта заряда.
- Показано, что наличие нагрузки, моделируемой колебательным контуром, существенно изменяет режимы генерации пространственно-распределенной системы от периодических до хаотических, в зависимости от параметров контура.
- Показано, что в распределенной системе, где скорость носителей заряда нелинейно зависит от напряженности электрического поля, а закон инжекции носителей заряда определяется характеристикой эмиттера, реализуются состояния, характеризующиеся одинаковыми распределениями концентрации носителей заряда и электрического поля, которые, в зависимости от характеристики эмиттера, могут быть и устойчивыми, и неустойчивыми.

Работа грамотно написана и хорошо оформлена. Предложенные автором диссертации решения аргументированы и оценены по сравнению с другими известными решениями. Полученные результаты могут иметь не только фундаментально-научное, но и прикладное значение. Эти результаты могут быть использованы в СГУ, ННГУ, ИПФ РАН, ИФМ РАН, ИРЭ РАН, МФТИ, МИФИ, НГТУ, СГТУ и в других организациях, занимающихся исследованием активных нелинейных систем в радиофизических задачах, и при чтении специальных курсов лекций для студентов соответствующих специальностей.

К числу недостатков диссертационной работы можно отнести следующее:

- В диссертационной работе в качестве объекта для исследования широко используется гидродинамическая модель активной среды, где зависимость скорости носителей заряда от напряженности поля определяется формулой Эсаки-Тсу и имеет участок отрицательной дифференциальной проводимости. При этом, на мой взгляд, в работе уделено недостаточно внимания описанию реальных систем, где подобная зависимость может встречаться, не достаточно полно рассмотрен вопрос о природе данной зависимости и границах ее применимости.

- В работе недостаточно внимания уделяется рассмотрению влияния граничных условий на динамику возмущений и, как следствие, на спектр показателей Ляпунова пространственно-распределенных систем.
- В конце стр. 38, начале стр. 39 написано, что на Рис. 1.11 отсутствуют области с положительными значениями старшего показателя Ляпунова. Однако, если увеличить масштаб Рис. 1.11, то видны небольшие области с положительными значениями старшего показателя Ляпунова, например вблизи значения частоты $1.31e+011$ ГГц.
- В работе есть ряд опечаток, например на стр. 18 в слове "гигагерцового" пропущена буква "г", на стр. 26 д.б. "носители заряда" вместо "носителя", на стр. 52 д.б. "в исследуемой системе" вместо "в исследуемой системы", и т.д.

Данные недостатки не сказываются на общем положительном впечатлении от диссертационной работы. Считаю, что диссертация "Эволюция динамических режимов в пространственно-распределенных системах электронной природы" соответствует требованиям п. 9-14 "Положения о присуждении ученых степеней", утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года, № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, В.А. Максименко, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 – радиофизика.

Официальный оппонент

старший научный сотрудник

отдела терагерцовой спектроскопии

Института физики микроструктур РАН

д.ф.-м.н., Панкратов Андрей Леонидович

Почтовый адрес: ГСП-105, Нижний Новгород,

603950, Россия

Телефон: +79051913223

e-mail: alp@ipmras.ru

Подпись Панкратова А.Л. заверяю
Ученый секретарь ИФМ РАН, к.ф.-м.н.



Д.А. Рыжов