



«УТВЕРЖДАЮ»

**Директор ИПФ РАН,
член-корреспондент РАН**

Сергеев А.М.

« 7 » сентября 2015 г.

О Т З Ы В

ведущей организации – Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук» на диссертацию 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.

Диссертационная работа Максименко Владимира Александровича посвящена исследованию эволюции динамических режимов в пространственно-распределенных системах электронной природы. Подобные системы часто используются для описания процессов транспорта заряда в устройствах электроники СВЧ, и, соответственно, являются важными объектами исследования в радиофизике. В частности, среди подобных систем часто встречаются модели, основанные на решении самосогласованных уравнений непрерывности и Пуассона, дополненных уравнений, описывающих закон движения носителей заряда. В зависимости от значений управляющих параметров, распределенные системы могут демонстрировать различные типы динамики – от стационарного во времени состояния, характеризующегося стационарными распределениями напряженности электрического поля и концентрации носителей заряда, до сложных нестационарных режимов, которым соответствует формирование структур пространственного заряда (например, доменов в полупроводниковых сверхрешетках и виртуального катода (плотного сгустка электронов) в виркаторах), что определяет характеристики генерации электромагнитного излучения в подобных системах.

Таким образом, выявление общих закономерностей эволюции динамических режимов в подобных системах и изучение возможности управления ими представляет значительный интерес и для фундаментальной науки, и для прикладных исследований, связанных, главным образом, с разработкой систем радиолокации, связи, скрытой передачи информации. С учетом этого, тема диссертационной работы В.А. Максименко является актуальной и практически значимой.

Работа состоит из введения, трех глав, заключения и списка использованной литературы. Диссертационная работа имеет достаточно логично организованную структуру и характеризуется четким и ясным изложением материала.

Во введении обоснована актуальность темы проведенных исследований, сформулирована цель работы, описаны научная новизна и практическая значимость полученных результатов. Введение содержит также основные положения и результаты, выносимые на защиту, и сведения об апробации результатов и публикациях в рецензируемых научных журналах.

В первой главе предлагается метод расчета спектра показателей Ляпунова для пространственно-распределенных систем. Апробация метода проводится на примере одномерной модели распределенной активной среды, содержащей носители заряда, средняя скорость которых зависит от напряженности электрического поля согласно формуле Эсаки-Тсу. При помощи спектра показателей Ляпунова продемонстрирована возможность реализации в данной системе квазипериодических и хаотических режимов пространственно-временной динамики. Также в первой главе рассмотрен вопрос о расчете спектра показателей Ляпунова для пространственно-распределенных систем, связанных с системами конечной размерности.

Во второй главе рассматривается пространственно-временная динамика малых возмущений стационарного (неоднородного по пространству) состояния модельной распределенной системы с зависимостью скорости носителей заряда от напряженности электрического поля, характеризующейся нелинейной характеристикой Эсаки-Тсу. Предлагается метод приближенной аналитической оценки коэффициентов затухания возмущений опорного состояния и сформулированы условия, при которых данная оценка остается справедливой. Помимо приближенной оценки предлагается метод анализа динамики всего набора возмущений, при помощи которого проанализированы зависимости коэффициентов затухания и собственных частот возмущений от управляющего параметра (значения приложенного напряжения). В рамках второй главы диссертационной работы проведено также исследование динамики возмущения состояния данной системы с помощью численного моделирования с последующим сопоставлением результатов с аналитическим рассмотрением.

Третья глава диссертационной работы В.А. Максименко посвящена описанию результатов, полученных с помощью применения показателей Ляпунова для анализа сложных режимов нестационарной пространственно-временной динамики эталонных распределенных систем электронной природы. В качестве примеров в данной главе рассмотрены диод Пирса в гидродинамическом приближении и лампа обратной волны с поперечным полем, являющиеся математическими моделями реальных устройств электроники СВЧ. При этом, в рассмотрение включена как автономная динамика систем, так и режимы, наблюдающиеся в связанных пучково-плазменных системах.

Основные результаты работы и выводы сформулированы в заключении диссертационной работы. Среди них можно выделить следующие наиболее интересные моменты:

1. Рассмотрен вопрос о расчете спектра показателей Ляпунова для систем, описывающих взаимодействие между распределенной активной средой и конечномерной динамической системой с сосредоточенными параметрами. Показано, что для расчета показателей Ляпунова опорное состояние таких

систем, содержащее переменные, зависящие как только от времени, так и от времени и координаты, может быть определено в бесконечномерном фазовом пространстве, что дает возможность применить метод, разработанный для распределенных динамических систем.

2. Рассмотрена пространственно-временная динамика возмущений стационарного состояния системы, где скорость носителей заряда нелинейно зависит от напряженности электрического поля. Показано, что для данной системы в приближении однородного распределения электрического поля возможна аналитическая оценка значений показателей Ляпунова. В работе продемонстрировано, что данное условие выполняется для малых значений приложенного напряжения.
3. Исследована устойчивость стационарного состояния системы, где зависимость скорости носителей заряда от напряженности поля определяется формулой Эсаки-Тсу, а закон инжекции – характеристикой эмиттера. Показано, что в данной системе реализуются состояния, характеризующиеся одинаковыми распределениями электрического поля, которые могут быть как устойчивыми, так и неустойчивыми, в зависимости от значения дифференциальной проводимости эмиттера.

Достоверность результатов и выводов диссертационной работы обеспечивается применением апробированных математических моделей, сопоставлением известных аналитических и полученных численно результатов друг с другом, отсутствием противоречий между полученными в диссертационной работе результатами и результатами, содержащихся в публикациях других авторов. Предложенные автором диссертации решения аргументированы и оценены по сравнению с другими известными решениями.

По диссертационной работе имеются следующие замечания:

1. Известно, что значения показателей Ляпунова могут зависеть от параметров и типа численной схемы, используемой для их нахождения, в частности, при моделировании эволюции малых возмущений. Однако в диссертационной работе вопрос выбора конечно-разностных схем, использующихся для нахождения показателей Ляпунова, не затронут.
2. Во второй главе проведено аналитическое исследование динамики возмущений при различных характеристиках эмиттера, в частности, показано существование состояний, устойчивость которых определяется только его дифференциальной проводимостью. Однако, не представлено сравнение этих результатов с результатами численного моделирования динамики опорного состояния системы.
3. В третьей главе диссертационной работы рассматривается вопрос о применении спектра показателей Ляпунова для диагностики установления режима обобщенной синхронизации. При этом, не лишним было бы подтвердить возникновение обобщенной синхронизации при помощи других методов, например, метода вспомогательной системы и метода ближайших соседей.

В то же время, отмеченные недостатки не снижают общей оценки диссертационной работы В.А. Максименко, которая выполнена на высоком уровне, и, безусловно, свидетельствует о личном вкладе автора в науку.

Заключение.

Диссертация В.А. Максименко является законченной научно-квалификационной работой, содержащей решение задач, имеющих важное значение для развития радиофизики и нелинейной динамики. Тема диссертации соответствует специальности 01.04.03 – радиофизика. Диссертационная работа написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством и содержит новые научные результаты. Автореферат правильно отражает ее содержание.

По результатам диссертационной работы опубликовано 16 статей в центральных реферируемых отечественных и зарубежных научных журналах, рекомендованных ВАК РФ для опубликования основных результатов диссертаций на соискание ученой степени кандидата и доктора наук: «Physical Review Letters», «Physical Review B», «Applied Physics Letters», «Europhysics Letters», «Physics of Plasmas», «Physics of Wave Phenomena», «Письма в Журнал Технической Физики», «Известия РАН Серия Физическая», «Известия вузов. Прикладная нелинейная динамика», «Вестник ТГУ». Работа прошла хорошую апробацию на многочисленных отечественных и международных научных конференциях.

Диссертационная работа содержит рекомендации по использованию научных результатов и выводов в образовательном и технологическом процессах. Результаты, полученные в диссертации, могут быть использованы в научных исследованиях в Институте прикладной физики РАН (г. Нижний Новгород), Институте радиотехники и электроники РАН (г. Москва), Московском, Нижегородском, Воронежском, Томском, Саратовском, Ростовском университетах, а также могут быть рекомендованы к внедрению в учебный процесс в Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова (г. Москва), Нижегородском государственном университете им. Н.И.Лобачевского (г. Нижний Новгород), Московском физико-техническом институте (г. Москва) МФТИ, Саратовском государственном университете им. Н.Г. Чернышевского (г. Саратов), Воронежском государственном университете (г. Воронеж), Саратовского государственном техническом университете им. Гагарина Ю.А. (г. Саратов), Московском институте электроники и математики (г. Москва), Томском государственном университете (г. Томск) и других вузах, ведущих подготовку специалистов в области радиофизики и физической электроники.

С учетом вышесказанного можно сделать вывод, что диссертационная работа Максименко Владимира Александровича вносит актуальный вклад в развитие современной радиофизики и нелинейной теории колебаний и удовлетворяет требованиям п. 9-14 «Положения о присуждении учёных степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года, № 842, предъявляемых к кандидатским диссертациям, а сам диссертант заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 – радиофизика.

Отзыв составил

Некоркин Владимир Исаакович _____

Профессор, д.ф.-м.н., заведующий отделом нелинейной динамики
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный
исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук».

Почтовый адрес: 603950 г. Нижний Новгород, ул. Ульянова, д. 46

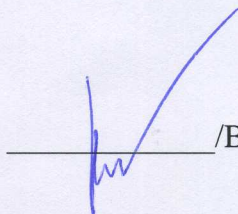
Телефон: +7 951 915 10 54

e-mail: vnekorkin@neuron.appl.sci-nnov.ru

Интернет сайт: <http://www.iapras.ru/>

Отзыв утвержден на заседании научного семинара отдела Нелинейной динамики (протокол
№ 3 от « 15 » сентября 2015 года).

Секретарь научного семинара,
к.ф.-м.н.

 /В.В. Клиньшов/