

## ОТЗЫВ

### научного руководителя

на диссертацию А.В. Слепнева «Автоколебательные процессы в одномерных детерминированных и флуктуирующих активных средах с периодическими граничными условиями»,

представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 - радиофизика

Диссертация А.В. Слепнева посвящена фундаментальной проблеме радиофизики и теории колебаний, состоящей в анализе и сопоставлении свойств незатухающих колебательных и волновых процессов в активных средах различного типа, установлении механизмов бифуркационных переходов, выявлении влияния внешних шумовых и регулярных воздействий на динамику среды и разработке возможных способов диагностики типа среды по наблюдаемым данным.

Понятие активной среды является важным обобщением понятия автоколебательной системы на случай распределенных нелинейных диссипативных систем с непрерывными пространственными координатами: в активных, средах за счет подпитки энергии от постоянных источников, распространяются незатухающие возмущения. Различают три типа активных сред: автоколебательные, возбудимые и бистабильные среды. Поведение сред каждого из этих типов имеет свои характерные черты. Исследованию активных сред посвящено множество статей и монографий. Большой интерес к активным средам связан с широким распространением подобных систем и моделей в различных задачах физики, радиофизики и электроники, оптики, биофизики, химической физики и пр.

Во многих случаях активная среда может рассматриваться как распределенная автоколебательная система (автогенератор), т.е. система, которая без внешних воздействий в каждой точке пространства порождает незатухающие колебания, характеристики которых определяются начальными условиями. К таким средам, прежде всего, относятся автоколебательные среды, представляющие собой множество пространственно-упорядоченных взаимодействующих между собой

элементарных автогенераторов. Каждый элемент среды, в этом случае, обладает собственной динамикой. Во множестве работ, посвященных исследованию автоколебательных сред и их дискретных моделей, в качестве элементарной ячейки среды рассматривается квазигармонический генератор. Пример такой среды – среда, описываемая уравнением Гинзбурга-Ландау. Оно долгое время служило базовой моделью в исследованиях проблемы развития турбулентности. Автоколебательные среды, составленные из автогенераторов со сложным, в том числе хаотическим, собственным поведением исследованы гораздо хуже. Рассмотрены дискретные модели: цепочки и решетки автогенераторов, демонстрирующих бифуркации удвоения периода и динамический хаос. Таким образом, поведение подобного рода автоколебательных сред исследовано недостаточно. В то же время, переход к динамическому хаосу и пространственной турбулентности в такой среде имеют ряд особенностей, которые носят достаточно общий характер и требуют более детального рассмотрения. В работе А.В. Слепнева было осуществлено исследование эволюции пространственно-временной динамики в модели среды со сложным поведением элементов при периодических граничных условиях. Были установлены бифуркационные механизмы удвоений периода колебаний во времени и перехода к хаосу для режимов фазовых волн, проводилось сопоставление эволюции колебаний во времени и усложнения пространственного профиля волны, исследовалось влияние шума на динамику системы.

Возбудимые среды при определенных условиях без шума и регулярных воздействий также могут порождать незатухающие колебательные процессы (автоколебания). Простым примером может служить одномерная возбудимая среда с периодическими граничными условиями, в которой циркулируют волны возбуждения. В каждой точке среды наблюдаются незатухающие колебания, которые можно рассматривать как особый тип автоколебаний. Хотя такие процессы хорошо известны, однако в научной литературе не был поставлен и исследован вопрос о том, отличаются ли качественным образом подобные колебательные процессы в возбудимых системах от колебаний в автоколебательных средах. Актуальной задачей является установление таких различий в поведении

автоколебательных и возбудимых сред, на основании которых можно было бы предложить методы определения характера реальной активной среды на основании данных измерений. Подобная задача рассматривается в диссертационной работе на примере модели автоколебательной среды с периодическими граничными условиями, составленной из осцилляторов ФицХью-Нагумо, которая может, в зависимости от значений параметров, находиться как в автоколебательном режиме, так и в возбудимом. Были проведены исследования данной модели в режиме мультистабильности. Проведено сравнение поведения различных волновых мод при вариации параметров и внешних воздействиях. В работе А.В. Слепнева получены новые научные результаты, которые могут быть важны как с точки зрения развития теоретических представлений, так и для решения прикладных задач. Так на примере модели автоколебательной среды со сложной динамикой элементов, было показано, что, в отличие от пространственно-дискретных моделей, в непрерывной среде с ростом управляющего параметра, даже при отсутствии качественных изменений формы колебаний во времени, наблюдается постепенное усложнение мгновенного пространственного профиля бегущих волн. Возникают все более мелкомасштабные пространственные осцилляции, что ведет к развитию турбулентности.

В результате анализа модели среды с периодическими граничными условиями, для которой при вариации параметров меняется характер динамики элементов, выявлены существенные различия в поведении в автоколебательном и возбудимом режимах. Установлены качественные различия в поведении волновых мод при изменении параметров автономной системы, а также разный характер реакции на шумовое воздействие. Установлено, что колебания, возникающие в детерминированной возбудимой среде с периодическими граничными условиями, могут быть синхронизированы внешним воздействием, т.е. обладают фундаментальным свойством автоколебательных процессов. В то же время, были выявлены существенные отличия частотной синхронизации в возбудимой среде по сравнению с автоколебательной средой. Одним из основных результатов работы является следующий: с точки зрения классического определения автоколебаний,

данного А.А. Андроновым, незатухающие колебания в возбудимой среде с периодическими граничными условиями, также как и в автоколебательной среде, являются автоколебательными режимом. Однако, между поведением среды в этих двух случаях имеются существенные различия, которые могут быть использованы при определении характера элемента среды по результатам натуральных экспериментов. Возможность такой диагностики может быть существенна при построении математических моделей реальных сред.

А.В. Слепнев начал заниматься научными исследованиями по теме диссертационной работы в период обучения в магистратуре на кафедре радиофизики и нелинейной динамики СГУ. Еще будучи магистром, он стал соавтором нескольких научных работ. После успешного окончания магистратуры А.В. Слепнев продолжил обучение в качестве аспиранта кафедры радиофизики и нелинейной динамики. Всё это время он активно участвовал в научной работе кафедры, является исполнителем научных грантов, выступал на научных конференциях разного уровня. К настоящему времени он имеет 14 научных публикаций по теме диссертации, из которых 5 – статьи в журналах, рекомендованных ВАК.

В период обучения в аспирантуре А.В. Слепнев занимался педагогической работой со студентами, являлся руководителем курсовых и дипломных работ, принимал участие в разработке программ учебных курсов. Кроме того, он выполнял обязанности системного администратора локальной компьютерной сети, созданной на кафедре радиофизики и нелинейной динамики. Он является высококвалифицированным специалистом-радиофизиком и перспективным молодым ученым. А.В. Слепнев прекрасно владеет экспериментальными методами компьютерного моделирования, занимается разработкой компьютерных программ, необходимых для проведения научных исследований, хорошо знаком с фундаментальной теорией и научными достижениями последних лет в сфере нелинейной теории колебаний и теории нелинейных колебаний и волн.

Диссертационная работа ясно и логично написана, в ней детально изложены результаты проведенных исследований. Все основные результаты отражены в

публикациях и докладывались на научных конференциях, в том числе на 8 международных конференциях. Автореферат полностью отражает суть и результаты диссертационной работы. Существенные замечания по диссертации с моей стороны отсутствуют.

Диссертация А.В. Слепнева является законченным исследованием и вносит заметный вклад в развитие актуального направления радиофизики и теории нелинейных колебаний. Работа полностью соответствует специальности 01.04.03 – «радиофизика» и удовлетворяет всем требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Считаю, что автор диссертации, А.В. Слепнев достоин присуждения искомой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 – радиофизика.

Профессор кафедры радиофизики  
и нелинейной динамики,  
доктор физ.-мат. наук, профессор  
ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный  
университет им. Н.Г. Чернышевского  
г. Саратов, 410012, Астраханская 83  
тел. 210-710  
vadivasovate@yandex.ru

Вадивасова Татьяна  
Евгеньевна

Личную подпись Т.Е. Вадивасовой «ЗАВЕРЯЮ»

Ученый секретарь СГУ  
доцент, к.х.н.



И.В. Федусенко

10.09.2014