

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Слепнева Андрея Вячеславовича
«Автоколебательные процессы в одномерных детерминированных и
флуктуирующих активных средах с периодическими граничными условиями»
на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по
специальности 01.04.03 — «Радиофизика»

Активные среды представляют интерес для широкого круга специалистов, занимающихся исследованиями в различных областях науки, включая физику, биологию, медицину, химию и т.д. По данной тематике постоянно появляются новые научные публикации, что, безусловно, говорит об актуальности выбранной темы работы. Одной из принятых классификаций является деление активных сред по типу элементарной ячейки на автоколебательные, возбудимые и бистабильные среды. Во всех указанных типах активных сред реализуются незатухающие волновые моды. Однако есть существенная разница в поведении автоколебательной среды и среды, принадлежащей к возбудимому или бистабильному типу. Для автоколебательной среды в любой точке пространства при любых граничных условиях будут наблюдаться незатухающие колебания, характеристики которых (например частота), определяются параметрами элементарных автогенераторов, составляющих среду, чего нельзя сказать о других типах активных сред. При этом, поведение активной среды принципиальным образом должно зависеть от характера динамики автоколебательных элементов, из которых состоит среда. Базовой моделью для исследования автоколебательных сред служит уравнение Гинзбурга – Ландау, которое описывает поведение комплексной амплитуды колебаний в различных точках среды. Таким образом, элементы среды предполагаются квазигармоническими осцилляторами. Несмотря на это, данная модель демонстрирует сложное поведение, включающее динамический хаос. Такое поведение есть результат взаимодействия множества квазигармонических ячеек. Если же сам элемент среды уже обладает набором сложных динамических режимов, то поведение среды при изменении параметров должно быть еще более сложным и многообразным. Исследованию подобного рода сред в литературе было уделено не так много внимания, если иметь в виду распределенные модели. В основном рассматривались пространственно дискретные модели или еще более простые модели, представляющие собой цепочки и решетки отображений последования. Такие модели хотя и отражают некоторые особенности поведения активных сред, но не могут описать всех характерных для них явлений. В

данной работе исследуется именно непрерывная модель автоколебательной среды, сконструированная на основе элементов со сложной динамикой, представляющих собой радиотехнические генераторы Анищенко – Астахова, путем предельного перехода к непрерывной пространственной координате. В работе исследуются бифуркации в среде, происходящие с ростом управляющего параметра и усложнением динамики элементов среды, выявляется сходство и различие в поведении непрерывной среды и её дискретных аналогов.

В случае возбудимой или бистабильной среды, для возникновения стационарных колебаний в каждой точке пространства требуется создание специальных условий. Такие колебания реализуются, например, в одномерной возбудимой среде с периодическими граничными условиями. Волны возбуждения будут распространяться по кольцу. При этом число импульсов, возбуждаемых на длине системы, может быть различно, т.е. наблюдается явление мультистабильности. Аналогично, режим бегущих волн и явление мультистабильности могут наблюдаться и в автоколебательной среде с периодическими граничными условиями. Возникает вопрос, каковы различия между этими режимами в автоколебательной и возбудимой средах и можно ли определить характер среды на основании таких различий, наблюдаемых экспериментально. Данный вопрос в научной литературе ранее не ставился и впервые был рассмотрен в данном диссертационном исследовании. Для исследования данной проблемы в работе была использована модель среды, элементы которой представляют собой осцилляторы ФитцХью – Нагумо и при соответствующем выборе значений параметров могут демонстрировать как автоколебания, так и находиться в возбудимом режиме. Таким образом, данная модель является очень удобной для сравнения свойств колебаний, наблюдающихся в среде при периодических граничных условиях в двух указанных режимах. На основании проведенных исследований в работе предлагается ряд методов по определению типа активной среды по результатам её численного исследования. Диссертационная работа А.В. Слепнева содержит ряд новых результатов, представляющих научный интерес. К ним можно отнести следующие:

- механизм удвоения колебаний в автоколебательной среде с периодическими граничными условиями в режиме бегущих волн, связанный с возникновением и эволюцией квазипериодических режимов;
- эволюционный характер усложнения пространственного профиля бегущих волн в автоколебательной среде, приводящий к формированию мелкомасштабных пространственных осцилляций;

- качественные различия в поведении различных волновых мод в автоколебательной и возбудимой средах при вариации параметров, а также при воздействии шума, которые могут служить основой для диагностики характера среды по экспериментальным данным;
- эффект синхронизации бегущих волн в возбудимой среде с периодическими граничными условиями.

В то же время, по работе можно сделать ряд замечаний:

1. На мой взгляд, введение к работе слишком перегружено лишними деталями, а многие ссылки на литературу, приводимые во введении, представляются излишними, поскольку не имеют непосредственного отношения к рассматриваемым в работе проблемам.

2. В работе делаются выводы достаточно общего характера на основании рассмотрения какой-то одной модели активной среды. Так, задача о развитии турбулентности рассмотрена на примере модели, основанной на генераторах Анищенко – Астахова, а сравнение характеристик волновых режимов в возбудимой и автоколебательной средах с периодическими граничными условиями осуществляется только для модели, составленной из осцилляторов ФитцХью – Нагумо. Полагаю, что общий характер сделанных выводов нуждается в подтверждении на примере других моделей активных сред с аналогичными свойствами.

3. При исследовании первой модели среды (на основе генераторов Анищенко – Астахова) использовался анализ сдвига фаз между различными точками пространства, который оказался весьма полезным, поскольку позволял идентифицировать различные моды в условиях, когда мгновенный пространственный профиль волны имел достаточно сложную форму. Не вполне понятно, почему этот же метод не был применен при исследовании второй модели среды (на базе осцилляторов ФитцХью – Нагумо). В работе не пояснено, каким образом определялась волновая мода для второй модели в случае искажений, вызванных шумом.

4. Не вполне понятны результаты по синхронизации бегущих волн в первой модели автоколебательной среды. Почему для трех исследованных мод область синхронизации имеет практически одну ширину и не противоречит ли этот результат выводам, сделанным на основании исследования второй модели среды?

5. Для обеих моделей среды были исследованы только три волновые моды. Связано ли это с выбором значения коэффициента диффузии? Желательно было бы провести анализ области существования различных волновых мод и механизма их возникновения в автоколебательной и возбудимой средах.

В целом, несмотря на сделанные замечания, диссертация А.В. Слепнева производит хорошее впечатление. Она является цельным научным исследованием, посвященным актуальным научным проблемам и содержит важные научные результаты, наиболее интересные из которых были отмечены выше. Материал диссертации достаточно полно отражен в научных публикациях (всего 14 публикаций, из них 5 — статьи в журналах, рекомендованных ВАК), а также был представлен на научных конференциях различного уровня.

Считаю, что диссертационная работа «Автоколебательные процессы в одномерных детерминированных и флуктуирующих активных средах с периодическими граничными условиями» удовлетворяет всем требованиям пп. 9–14 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, предъявляемых к кандидатским диссертациям, и соответствует специальности 01.04.03 — «Радиофизика». Её автор, Слепнев Андрей Вячеславович, достоин присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук.

Официальный оппонент – заведующий
кафедрой теории управления и динамики
машин Нижегородского государственного
университета им. Н.И. Лобачевского, д.ф.-

м.н.

« 1 » декабря 2014 г.

Подпись Осипова Г.В. удостоверяю.

« 1 » декабря 2014 г.

Осипов
Уч. секретарь
Г.В. Осипов



Осипов Григорий Владимирович, кафедра теории управления и динамики машин,
факультет ВМК, Нижегородский государственный университет им. Н.И.Лобачевского, пр.
Гагарина, 23, 603950, Нижний Новгород. тел. 831-462-33-57, e-mail: osipov@vmk.unn.ru