

О Т З Ы В

официального оппонента о работе

Журавлева Максима Олеговича

«Перемежающееся поведение хаотических осцилляторов вблизи границ синхронных режимов», представленной на соискание учёной степени

кандидата физико-математических наук

по специальности

01.04.03 – радиофизика.

На заключение представлена диссертационная работа Журавлева Максима Олеговича, изложенная на 132 страницах, включая 29 рисунков и состоящей из введения, трех глав, заключения, списка литературы из 120 наименований.

Диссертационная работа посвящена изучению одного из фундаментальных явлений природы – перемежаемости. Данный тип поведения характерен для динамики систем различной природы. Необходимо отметить, что перемежаемость обладает универсальностью, которая проявляется в том, что различные системы, демонстрирующие данный тип поведения, подчиняются общим закономерностям. В настоящее время существует общепринятая классификация различных типов перемежаемости. В данной диссертационной работе решен ряд важных задач радиофизики и нелинейной теории колебаний, связанных с изучением перемежающегося поведения нелинейных систем. В частности, в диссертации исследовано перемежающееся поведение, возникающее на границе синхронизации временных масштабов, а также изучен вопрос одновременного существования двух типов перемежаемости в нелинейных системах.

Диссертация посвящена актуальным проблемам современной теории колебаний и радиофизики и соответствует специальности 01.04.03. – радиофизика.

Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения и списка цитируемой литературы

Во введении обосновывается актуальность исследуемой проблемы, обосновывается научная и практическая значимость работы, формулируются основные результаты работы и выносимые на защиту положения.

Первая глава диссертационной работы посвящена разработке метода, позволяющего детектировать длительность ламинарных и турбулентных участков поведения во временных реализациях однонаправлено связанных хаотических осцилляторов. При помощи данного метода в следующих разделах диссертационной работы получены статистические характеристики перемежаемости для нелинейной динамической системы, в которой осуществляется переход от синхронизации временных масштабов к асинхронной динамике поведения. Результаты получены для малой и большой расстройки частот взаимодействующих осцилляторов, на основании которых в диссертации делается вывод о том, что переход от синхронизации временных масштабов к асинхронной динамике поведения осуществляется через перемежаемость кольца, вне зависимости от величины расстройки частот в исследуемой хаотической системе.

Вторая и третья главы диссертационной работы направлены на исследование режима одновременного существования в динамической системе двух различных типов перемежаемости. В рамках второй главы обсуждается возможность наблюдения указанного явления, приводится вывод теоретических соотношений для различных статистических характеристик рассматриваемого режима, а также приведены результаты численного моделирования такого режима в системе с дискретным временем, которые

демонстрируют хорошее соответствие с теоретическими зависимостями. В третьей главе продолжается исследование режима одновременного существования двух типов перемежающегося поведения для более сложных модельных систем с потоковым временем. В рамках этого рассмотрения в третьей главе метод выделения длительности ламинарных и турбулентных фаз, предложенный в первой главе, адаптируется для случая сосуществования различных типов перемежаемости. Полученные с использованием адаптированного метода результаты также демонстрируют хорошее соответствие с теоретическими зависимостями. Кроме этого, демонстрируется возможность одновременного существования двух типов перемежающегося поведения в биологической системе, а именно, при взаимодействии кардиоваскулярной и респираторной систем человека. Особую значимость полученным результатам придает тот факт, что исследование проводилось по экспериментальным данным.

В заключении диссертации автор обобщает основные результаты и выводы, полученные в ходе выполнения работы.

Результаты, полученные в диссертационной работе, представлены в центральной отечественной и зарубежной печати (9 статей в ведущих российских и зарубежных журналах, входящих в список изданий, рекомендованных ВАК при Минобрнауки РФ для публикации материалов кандидатских и докторских диссертаций); они неоднократно докладывались на научных конференциях различного уровня (10 публикаций в трудах конференций). Автореферат правильно отражает содержание диссертационной работы.

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

- 1) разработан новый метод выделения длительности ламинарных и турбулентных участков поведения во временных реализациях

взаимодействующих осцилляторов, находящихся вблизи границы режима фазовой хаотической синхронизации.

- 2) разработана теоретическая модель, описывающая поведение нелинейных систем, в которых одновременно существует два различных типа перемежаемости.
- 3) продемонстрирована возможность одновременного существования двух типов перемежающегося поведения в реальных системах (кардиоваскулярная и респираторная системы человека).

Работа хорошо написана и оформлена, а полученные результаты имеют не только фундаментально-научное, но и прикладное значение. Эти результаты могут быть использованы в научных исследованиях и учебном процессе в ИПФ РАН (Нижний Новгород), МГУ (Москва), МФТИ (Москва), СГУ, СГТУ (Саратов), ННГУ (Нижний Новгород), ТГУ (Томск), ВГУ (Воронеж) и других вузах, ведущих научные исследования и подготовку специалистов в области радиофизики.

К числу недостатков диссертационной работы можно отнести следующее:

- 1) В первой главе диссертационной работы автор приводит результаты исследования перемежающегося поведения на границе синхронизации временных масштабов для нелинейных систем с большим и малым значением расстрой частот. Однако в диссертации не приводятся обоснования необходимости такого исследования, не поясняется, почему именно необходимо рассматривать динамику взаимодействующих систем по-отдельности на больших и малых расстройках частот, и чем эти случаи отличаются друг от друга.
- 2) При описании метода выделения участков синхронной и асинхронной динамики в разделе 1.2.1 предлагается после приведения величины разности фаз к диапазону шириной 2π установить пороговые значения $\Delta\varphi_{min}$ и $\Delta\varphi_{max}$, определяющие начало

и конец участков турбулентной динамики. Было бы желательно пояснить в работе, как эти значения устанавливаются - визуально или численно. Если они определяются численно, было бы желательно описать в работе соответствующую процедуру. Если же они определяются визуально, то этот факт приводит к существованию в методе некоторого произвольного фактора. Кроме того, на рис. 1.1. раздела 1.2.1 отсутствует масштабная сетка, что затрудняет анализ значений разности фаз.

- 3) Является ли предложенный метод детектирования участков ламинарной и турбулентной фаз универсальным? Если это не так, то было бы желательно в разделе 1.2.1 кроме сформулированных в последнем абзаце безусловных достоинств метода, уделить внимание его ограничениям.
- 4) Чтобы эффективно продемонстрировать достоинства предложенного метода, было бы желательно применить его и другой хорошо известный численный метод детектирования к модельной задаче и сравнить результаты.
- 5) В разделе 2.4 имеется сложно воспринимаемый рис. 2.7 с распределением длительности ламинарных участков поведения для дискретной системы из-за того, что и теоретическая зависимость и численные результаты приведены в виде линий. При чтении диссертации сложно понять, какая линия соответствует теоретической зависимости, а какая – численному моделированию.
- 6) В рамках раздела 2.3 приведены трехмерные графики зависимости средней длительности ламинарного поведения для случая одновременного существования двух типов перемежаемости. В дальнейших разделах, посвященных рассмотрению модельных систем, используются только обычные зависимости, при этом

автором диссертации не обсуждается вопрос о том, как они соотносятся с графиками, приведенными в разделе 2.3. Думаю, подобное обсуждение (пусть даже краткое) сделало бы работу более цельной.

Тем не менее, указанные недостатки не сказываются на общем впечатлении от диссертационной работы. Считаю, что диссертация «Перемежающееся поведение хаотических осцилляторов вблизи границ синхронных режимов» соответствует требованиям п. 9-14 «Положения о присуждении учёных степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года, № 842, а ее автор, М.О. Журавлев, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 – радиофизика.

Официальный оппонент

Курушина Светлана Евгеньевна



Почтовый адрес: 443086, Самара, Московское шоссе, 34

Телефон: (846)2674530

e-mail: kurushina72@gmail.com

ФГАОУ ВО «Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)»

д.ф.-м.н., профессор кафедры физики

Подпись Курушиной С.Е. заверяю



*Чугаевский Игорь Станиславович
Зависов НВ*