

## **ОТЗЫВ**

**официального оппонента о работе**

**Хорева Владимира Сергеевича**

**«Оценка запаздывания и связи между колебательными системами по  
временным рядам в приложении к радиофизике и биофизике»,**

**представленной на соискание учёной степени кандидата**

**физико-математических наук по специальностям**

**01.04.03 – радиофизика, 03.01.02 – биофизика.**

Диссертационная работа Хорева В.С. посвящена методам восстановления времени запаздывания по временным рядам автоколебательных систем. Восстановление задержки взаимодействующих автоколебательных систем является традиционной задачей радиофизики. Но если взаимодействие нелинейных осцилляторов, описываемых обыкновенными дифференциальными уравнениями довольно хорошо изучено, то случай, когда модель отдельного осциллятора представляет собой уравнение с запаздыванием, исследован менее подробно. В настоящее время в этом направлении большой интерес исследователей вызывают задачи, связанные с прикладными биофизическими задачами, в частности с взаимодействием нейронных систем. По этим причинам тема диссертационной работы является актуальной и соответствует специальностям.

Диссертационная работа изложена на 112 страницах, содержит 54 рисунка, состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы, включающего 91 наименование.

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

Первая глава диссертационной работы посвящена задаче выявления по временным рядам значимого взаимодействия двух колебательных систем, а также преимущественного направления и времени задержки в связи для случая сильной связи систем. Проведённые в первой главе исследования, полученные с помощью метода, основанного на моделировании фазовой динамики, включают результаты численных экспериментов по определению задержки по временным рядам различных систем, находившихся в состоянии сильной связи, включая случаи синхронизации между системами. Представлены зависимости полученных характеристик связи от различных параметров исследуемых систем. Также в главу включено исследование искажений, вносимых в фазы исследуемых систем измерительным шумом.

Вторая глава посвящена задаче оценки взаимодействия механизмов регуляции сердечно-сосудистой системы человека с частотой 0.1 Гц. Рассматривая элементы, лежащие в основе механизмов регуляции, как автоколебательные системы, автор исследует вопрос о том, какой из механизмов является ведущим и какова задержка в связи между системами. Представлены результаты, полученные с помощью комплексного подхода, включающего классические и современные методы диагностики взаимодействия между осцилляторами, применённого к временным реализациям, полученных в ходе клинического исследования. По полученным результатам сформирован вывод о зависимости характера взаимодействия и задержки от наличия патологии в сердечно-сосудистой системе.

Третья глава посвящена задаче определения запаздывания внутри автоколебательной системы, описываемой уравнением, включающим задержанную обратную связь, по её временному ряду. Для решения этой задачи в главе представлены методы, основанные на расчёте статистических показателей точек, соответствующих близким состояниям системы.

Представлены результаты применения метода для рядов системы Маккея-Гласса, системы первого и второго порядков с квадратичной нелинейностью, системы с несколькими задержками и системы с несколькими динамическими переменными. Приведены зависимости оценок, полученных с помощью предложенных методов, от различных характеристик временного ряда исследуемой системы.

Четвертая глава посвящена задаче определения задержки и уровня обратной связи по временным рядам интенсивности излучения полупроводникового лазера. Приведены результаты, полученные в численном примере по временным рядам уравнений Лэнга-Кобаяши, моделирующих динамику одномодового полупроводникового лазера с оптической обратной связью, а также результаты, полученные для экспериментальной системы.

В заключении суммируются основные результаты и выводы диссертационной работы.

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

- показано, что в случае сильной связи для получения точной оценки времени задержки между системами требуется наличие умеренного динамического шума;
- предложен метод определения времени задержки, позволяющий точно восстановить время задержки при наличии значительного уровня шума;
- произведена оценка уровня обратной связи и запаздывания по временному ряду системы с полупроводниковым лазером, описываемой уравнениями Лэнга-Кобаяши.

В ходе выполнения диссертационной работы автор решил ряд логически связанных задач, сложность которых свидетельствует о его квалификации, и

получил новые и интересные результаты. В диссертационной работе развиты уже имеющиеся и предложены новые методы решения задач, имеющих существенное значение для радиофизики, биофизики и нелинейной динамики.

Вместе с тем, диссертация имеет некоторые недостатки:

1) Первую главу следовало назвать «оценка задержки взаимодействия при однонаправленной сильной связи», поскольку вопрос об оценке задержки в случае двунаправленной сильной связи исследован не был.

2) Предложенный в третьей главе второй метод восстановления задержки был исследован недостаточно подробно. Для него не были представлены результаты оценок запаздывания для систем с квадратичной нелинейностью, что позволило бы провести более качественное сравнение с первым методом.

3) Работа перегружена большим количеством необоснованно громоздких формулировок и жаргонных оборотов наподобие «незадержанные переменные», затрудняющих ее восприятие.

4) В работе содержатся опечатки.

Данные замечания не снижают положительной оценки диссертационной работы.

Автореферат правильно отражает содержание диссертации. 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, ННГУ (Нижний Новгород), ТГУ (Томск) и других вузах, ведущих научные исследования и подготовку специалистов в областях биофизики и радиофизики.

Результаты диссертации достаточно полно представлены публикациями в отечественных и зарубежных журналах, входящих в перечень ВАК для публикации основных материалов кандидатских и докторских диссертаций (5 публикаций), а также в докладах международных и российских научных конференций (15 тезисов и статей в сборниках материалов). Можно также отметить использование результатов диссертационной работы при выполнении работ, поддержанных научно-исследовательскими грантами, что свидетельствует об их высоком качестве.

Можно заключить, что диссертация Хорева Владимира Сергеевича удовлетворяет требованиям, установленным в п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», в редакции Постановления Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 года, № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальностям 01.04.03 – радиофизика, 03.01.02 – биофизика.

Официальный оппонент Руннова Анастасия Евгеньевна

Доцент кафедры «Геоэкология и инженерная геология» факультета экологии и сервиса ФГБОУ ВПО Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А., к.ф.-м.н., 410054, Саратов, ул. Политехническая, 77 Тел. 8 (485) 99-85-45. e-mail: anefila@gmail.com

А.Е. Руннова

04.06.2015 г.

Подпись Рунновой А.Е. заверяю:

Ученый секретарь Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А., профессор



04.06.2015, П.Ю. Бочкарев