

## 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 ученой степени кандидата физико-математических наук по специальностям 01.04.03 – радиофизика, 03.01.02 – биофизика.

Диссертационная работа Хорева В.С. посвящена решению важной и актуальной задачи радиофизики и биофизики, состоящей в определении по временным рядам времени запаздывания автоколебательных систем и запаздывания в связи между взаимодействующими системами. К настоящему времени исследования в этой области стимулируются появлением большого числа прикладных задач, для моделирования которых используют такие объекты, как дифференциальные уравнения с запаздывающим аргументом. Уравнения такого типа возникают, например, в лазерной оптике, математической экологии, теории нейронных систем. Изучению уравнений с запаздыванием посвящено значительное количество публикаций как теоретического, так и прикладного характера. Однако задача восстановления параметров систем с запаздыванием по временным рядам наблюдаемых величин является менее изученной. Особенности, присущие системам с запаздыванием, требуют разработки специальных методов, ориентированных на реконструкцию именно этого класса систем. В связи со сказанным, актуальность и важность диссертации, а также ее соответствие специальностям не вызывают сомнений.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав и заключения. Во введении обосновывается актуальность работы, ее научная новизна и практическая значимость, а также сформулирована цель работы и приведены основные выводы и положения, выносимые на защиту.

Первая глава посвящена задаче определения времени задержки в связи между системами в случае сильной связи с помощью метода, использующего прогностическую модель в виде полиномов для временных рядов фаз. Представлены результаты применения метода для определения времени задержки между различными колебательными системами при однонаправленной сильной связи. Рассмотрено влияние силы связи между системами на оценку времени запаздывания в связи. Приведены результаты определения влияния уровня динамического шума и длины ряда на точность определения запаздывания в случае сильной связи между системами.

Во второй главе исследуется задача определения направления и запаздывания в связи между низкочастотными ритмами в сердечно-сосудистой системе человека. Для получения оценок направленности и запаздывания в связи используются рассмотренный в первой главе метод, использующий прогностическую модель в виде полиномов, метод расчета индекса фазовой синхронизации, а также метод расчета взаимной когерентности. На основе статистики оценок преимущественного направления воздействия и запаздывания в связи, рассчитанных по временным рядам сигналов, снятых с групп здоровых людей и пациентов, перенесших острый инфаркт миокарда, делаются выводы о связи между полученными оценками времени запаздывания во взаимодействии и тяжестью заболевания сердечно-сосудистой системы.

В третьей главе предлагается метод, предназначенный для определения времени задержки в автоколебательной системе по ее временному ряду. Метод

основан на поиске ближайших соседей определенным образом выбранных векторов состояния временного ряда и обладает устойчивостью к высоким уровням шума. Приведены результаты применения метода к автоколебательным системам различного порядка и сложности, включая случай системы с несколькими задержками. Исследованы пределы применимости метода при наличии в исследуемых системах шума вносимого в динамику системы, а также шума, добавленного к временному ряду аддитивно.

В четвертой главе рассмотрено приложение предложенного автором метода к решению практических задач анализа сигналов. В частности задачи определения задержки, а также задачи определения уровня обратной связи по временному ряду интенсивности излучения полупроводникового лазера, описываемого уравнениями Ланга-Кобаяши.

Представленные в диссертационной работе результаты обладают существенной новизной. В частности,

- предложен новый метод определения времени задержки в автоколебательной системе по зашумленному временному ряду;
- при однонаправленном воздействии с запаздыванием показана зависимость между коэффициентом связи и точностью определения задержки в связи между колебательными системами;
- произведена оценка направленности и запаздывания во взаимодействии низкочастотных колебательных процессов в сердечно-сосудистой системе человека.

Полученные результаты свидетельствуют о высокой квалификации автора работы, от которого потребовалось хорошее владение математическим аппаратом и методами компьютерного эксперимента. Научная и практическая

значимость результатов диссертационной работы определяется возможностью применения разработанных в ней методов и результатов для решения широкого круга задач в различных научных дисциплинах. В частности, результаты полученные во второй главе диссертации могут быть полезны для задач медицинской диагностики.

К недостаткам работы, на мой взгляд, относится следующее:

1) Первая глава диссертации не содержит обзора различных методов оценки времени запаздывания для случая сильной связи между системами, что не способствует определению места работы в ряду других исследований.

2) Во второй главе практически отсутствуют описания исследуемых экспериментальных записей временных рядов здоровых людей, результаты обработки которых затем сопоставляются с результатами обработки временных рядов пациентов, перенесших острый инфаркт миокарда.

3) Результаты сопоставления предложенного в третьей главе метода оценки времени задержки и уже известных методов оценки времени задержки по временным рядам представлены недостаточно подробно.

4) Несмотря на значительное количество результатов, приведенных в четвертой главе, по ней не было сформулировано положение, выносимое на защиту.

5) В работе имеются опечатки.

Несмотря на отмеченные недостатки, диссертационная работа производит хорошее впечатление. Работа выглядит единым цельным произведением, развивающим современные направления исследований в области анализа сложных сигналов, и содержит ряд новых результатов. Автореферат правильно отражает ее содержание. Результаты диссертационной работы могут быть

использованы в университетах, ведущих подготовку студентов по радиофизическим и биофизическим направлениям, а также в научных лабораториях, занимающихся научными исследованиями в области анализа сигналов сложных систем.

Результаты диссертации достаточно полно представлены публикациями в отечественных и зарубежных журналах, входящих в перечень ВАК для публикации основных материалов кандидатских диссертаций (Письма в ЖТФ, Физиология человека, Phys. Lett. A), неоднократно докладывались на международных и российских научных конференциях.

Считаю, что диссертационная работа Хорева Владимира Сергеевича удовлетворяет требованиям «Положения о присуждении ученых степеней» (п. 9-14), утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года, № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а автор работы заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальностям 01.04.03 – радиофизика, 03.01.02 – биофизика.

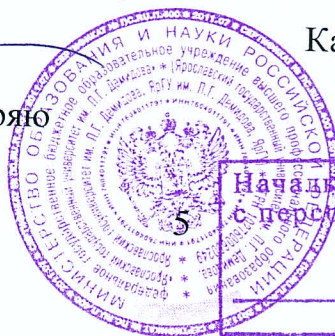
Официальный оппонент

Заведующий кафедрой математического моделирования математического факультета Ярославского государственного университета им. П.Г. Демидова (150000 г. Ярославль, ул. Советская, д. 14. Тел. 8 (485) 279-77-94. e-mail: rectorat@uniyar.ac.ru)

доктор ф.-м. наук, профессор

Подпись Кащенко С.А. заверяю

Кащенко Сергей Александрович



Начальник управления по работе с персоналом

Р.И. Волкова