

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

Захарова Дениса Геннадьевича

на диссертацию Курбако Александра Васильевича «Анализ синхронизации контуров вегетативной регуляции кровообращения в реальном времени», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальностям 1.5.2 – «Биофизика» и 1.3.4 – «Радиофизика».

Диссертационная работа Курбако Александра Васильевича посвящена одному из самых интересных и важных направлений современной науки – изучению физическими методами функционирования человеческого тела, в целом, и выявление биофизических закономерностей работы его подсистем и их сложного взаимодействия, в частности. Такие работы являются, несомненно, актуальными, поскольку позволяют улучшать понимание и значимость различных биофизических процессов в организме человека и открывают широкие перспективы для построения систем диагностики и лечения. В данной диссертационной работе речь идет о сердечно-сосудистой системе человека, ее элементов и особенностях взаимодействия этой системы с другими системами человеческого организма. Углубление фундаментального понимания принципов функционирования сердечно-сосудистой системы и развитие методов количественного анализа характеристик взаимодействия элементов этой системы важно для борьбы с социально значимыми заболеваниями сердечно-сосудистой системы, которые остаются ведущей причиной смертности и инвалидизации населения в Российской Федерации. В диссертации предложено несколько новых методов, основанных на радиофизических подходах, с помощью которых диссертант уточнил биофизические закономерности взаимодействия контуров вегетативной регуляции кровообращения, играющих важную роль в обеспечении нормального функционирования сердечно-сосудистой системы. Считаю, что поставленные в работе задачи являются **актуальными и значимыми**, а сама работа соответствует специальностям 1.5.2 – «Биофизика» и 1.3.4 – «Радиофизика».

В работе диссертант уделил значительное внимание не только получению фундаментальных результатов, но и разработке специализированных методов, ориентированных на работу в составе диагностических устройств, что подчеркивает **практическую значимость** работы.

Особо отмечу следующие результаты, полученные в рамках диссертационного исследования и отличающиеся высокой степенью **научной новизны**:

1. Предложенная методика генерации синтетического сигнала разности мгновенных фаз контуров регуляции кровообращения позволила определить оптимальные параметры известного метода расчета суммарного процента фазовой синхронизации и повысить его чувствительность.
2. Разработанный в ходе диссертационной работы метод диагностики участков фазовой синхронизации обладает высокой чувствительностью и специфичностью и может быть использован для расчета суммарного процента фазовой синхронизации в реальном времени.
3. Метод выделения последовательности интервалов между сердечными сокращениями из сигнала фотоплетизмограммы, предложенный в ходе диссертационной работы, может быть использован для диагностики фазовой синхронизации между исследуемыми контурами по единственному регистрируемому сигналу фотоплетизмограммы.

Все результаты диссертационного исследования опубликованы в 4 русскоязычных научных статьях в журналах, входящих в список рекомендованных ВАК для публикации материалов диссертационного исследования, а также в 1 международном журнале, индексируемом в Scopus (Q2), что приравнивает данную публикацию к рекомендованным ВАК. Кроме того, в ходе выполнения диссертации опубликовано 16 тезисов и получено 10 свидетельств об официальной регистрации программ для ЭВМ.

Результаты диссертационного исследования Курбако А.В. неоднократно представлялись на всероссийских и международных научных конференциях и хорошо известны научному сообществу.

Диссертация Курбако Александра Васильевича включает введение, три содержательных главы, заключение и список литературы. Объем диссертации составляет 113 страницы, включая 21 иллюстрацию, 2 таблицы и список литературы из 104 пунктов.

Во введении описаны цель диссертационной работы, её актуальность, научная новизна, практическая значимость, достоверность полученных результатов, характеризуется личный вклад диссертанта.

Первая глава посвящена разработке метода генерации модельного сигнала разности мгновенных фаз контуров вегетативной регуляции среднего артериального давления и частоты сердечных сокращений с априорно известными участками их фазовой синхронизации и его применению для исследования диагностических возможностей известного ранее и модифицированного методов диагностики фазовой синхронизации исследуемых контуров. Показано, что предложенный подход позволяет

определить оптимальные параметры исследуемых методов, а предложенная в ходе выполнения диссертационной работы модификация известного метода диагностики фазовой синхронизации контуров регуляции, заключающаяся в отслеживании минимальной длины несинхронных участков, позволяет повысить чувствительность метода при сохранении специфичности.

Во второй главе предложен метод диагностики фазовой синхронизации контуров вегетативного контроля кровообращения, ориентированный на работу в реальном времени и отличающийся меньшей вычислительной сложностью чем известный ранее подход. Показано, что предложенный метод обладает близкими к известному методу значениями чувствительности и специфичности при меньшей вычислительной сложности, что позволяет использовать его в реальном времени в составе носимых аппаратно-программных диагностических систем.

Третья глава посвящена выделению последовательности интервалов между сердечными сокращениями из сигнала фотоплетизмограммы для оценки суммарного процента фазовой синхронизации исследуемых контуров. Предложены 4 метода выделения этой последовательности из сигнала фотоплетизмограммы, ориентированные на работу в реальном времени. Проведено сравнение предложенных подходов и определены их оптимальные параметры. Также в ходе выполнения диссертационного исследования был разработан широкополосный цифровой датчик фотоплетизмограммы и аппаратно-программный комплекс для регистрации цифрового сигнала фотоплетизмограммы на основе разработанного датчика. В заключении представлены результаты и выводы.

Диссертация хорошо структурирована и написана понятным языком. Основные положения, выносимые на защиту, хорошо сформулированы. Работа представляет собой законченный научный труд в области радио- и биофизики. Автореферат полностью отражает содержание диссертационной работы.

Обоснованность и достоверность результатов исследования подтверждены статистическим анализом, сопоставлением с экспериментальными данными, отсутствием внутренних противоречий и отсутствием несоответствий с известными результатами.

Тем не менее, к диссертации имеются следующие вопросы и замечания:

1. Диссертант обоснованно отмечает, что экспериментальные сигналы ЭКГ и ФПГ ограничены по времени, являются нестационарными, зашумленными и имеют сложные широкополосные спектральные распределения. Поэтому в первой главе строятся модельные сигналы с априорно известными фазами LF-колебаний и заранее известной

картиной синхронизации. На этих сигналах и предполагается тестировать методы. Тем не менее, остается вопрос, насколько полно выявлены физические характеристики, которым должны соответствовать модельные сигналы. Можно ли быть уверенными, что тестирование по таким модельным сигналам и экспериментальным сигналам будет давать аналогичные результаты?

2. Динамическую систему на стр.33, состоящую из уравнений (1.2 и (1.3) и описывающую сигналы ФПГ и ЭКГ следовало бы описать более полно.
3. Во второй главе выявление участков синхронизации предлагается проводить с помощью скользящего среднего для временного ряда разности фаз двух сигналов. При этом, для синхронных участков предполагается ввести пороговое значение разности средних окон, как свободный параметр, оценка которого, в свою очередь, проводилась бы из неких физических соображений. Не совсем понятно, почему для этого не использовать какой-нибудь из вариантов рандомизационного теста.
4. Не совсем понятно, влияет ли длина волны датчика ФПГ на получаемую информацию, если влияет, то как?
5. Работа содержит опечатки. Так, например, в главе рисунок 1.5 обозначен, как рисунок 5, а в тексте вместо рис. 1.4 и рис. 1.5. проставлены рис. 4 и рис. 5. В ряде подписей к рисункам отсутствуют точка в конце. В подписи к рисунку 2.3 опечатка – ссылка на панель “(b)” вместо “(б)”. Также имеется некоторое количество орфографических и пунктуационных ошибок.

Отмечу, что все приведенные замечания носят рекомендательный характер и не снижают общую высокую оценку проделанной работы соискателем ученой степени.

С учетом всего вышесказанного, что диссертационная работа Курбако Александра Васильевича удовлетворяет всем требованиям действующего «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК РФ, утвержденному постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года №842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а автор работы заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальностям 1.5.2 – «Биофизика» и 1.3.4 – «Радиофизика».

Отзыв составил:

Ведущий научный сотрудник центра нейроэкономики и когнитивных исследований института когнитивных нейронаук ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», кандидат физико-математических наук (1.4.3. – «Радиофизика»)

Захаров Захаров Денис Геннадьевич
«24» 03 2025 г.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»

Адрес: 101000, г. Москва, Кривоколенный переулок, 3

Телефон: +7 (495) 772-95-90

E-mail: hse@hse.ru

Я, Захаров Денис Геннадьевич, даю согласие на обработку моих персональных данных (Приказ Минобрнауки России от 01.07.2015 №662) и на включение моих персональных данных в аттестационные документы соискателя ученой степени кандидата физико-математических наук Курбако Александра Васильевича.

Подпись ведущего научного сотрудника центра нейроэкономики и когнитивных исследовательского института когнитивных нейронаук ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», кандидата физико-математических наук (1.4.3. – «Радиофизика») удостоверяю.

Подпись заверяю



СПЕЦИАЛИСТ ПО ПЕРСОНАЛУ

МАШИЦКА А.С. А. Машницка