

УТВЕРЖДАЮ

директор ФГБУН Институт радиотехники и
электроники им. В.А. Котельникова
Российской академии наук,
академик РАН
С.А. Никитов
«18» 12 2024 г.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Института радиотехники и электроники им. В. А. Котельникова
Российской академии наук

Диссертация Курбако Александра Васильевича «Анализ синхронизации контуров вегетативной регуляции кровообращения в реальном времени» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальностям 1.5.2 – Биофизика и 1.3.4 – Радиофизика выполнена на кафедре динамического моделирования и биомедицинской инженерии Института физики ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского», а также в лаборатории моделирования в нелинейной динамике Саратовского филиала ФГБУН Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН.

Тема диссертационной работы утверждена приказом ректора ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского» № 190-Д от 14 декабря 2021 г.

В 2021 г. Курбако Александр Васильевич окончил с отличием Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского» по направлению подготовки 12.04.04 «Биотехнические системы и технологии» с присвоением квалификации «Магистр».

В период подготовки диссертации соискатель обучается в аспирантуре ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского» с 1 октября 2021 г по настоящее время на направление подготовки 03.06.01 Физика и астрономия, направленность Радиофизика, приказ ректора от 25 августа 2021 года №275-П. С сентября 2021 г. по настоящее время работает в лаборатории моделирования в нелинейной динамике (СФ-6) Саратовского филиала ФГБУН «Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова» РАН в должности младшего научного сотрудника.

Справка о сданных кандидатских экзаменах № 53-2024 от 20 ноября 2024 г. выдана федеральным государственным бюджетным образовательным

учреждением высшего образования «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского».

Научные руководители – Караваев Анатолий Сергеевич, профессор, доктор физико-математических наук, заведующий кафедрой динамического моделирования и биомедицинской инженерии Института физики ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского», старший научный сотрудник лаборатории моделирования в нелинейной динамике (СФ-6) Саратовского филиала ФГБУН «Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова» РАН утверждённый приказом ректора ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского» №190-Д от 14.12.2021 г. и Прохоров Михаил Дмитриевич, профессор РАН, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник лаборатории моделирования в нелинейной динамике (СФ-6) Саратовского филиала ФГБУН Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН, утверждённый приказом ректора ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского» №179-Д от 06.10.2023 г. представили положительные отзывы о диссертации и соискателе.

На заседании присутствовали:

1. Филимонов Юрий Алексеевич, доктор физико-математических наук, директор СФ ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН.
2. Фатеев Денис Васильевич, кандидат физико-математических наук, заместитель директора по научной работе СФ ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН.
3. Высоцкий Сергей Львович, кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник СФ ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН.
4. Зайцев Борис Давыдович, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник СФ ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН.
5. Караваев Анатолий Сергеевич, доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник СФ ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН.
6. Морозов Юрий Александрович, кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник СФ ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН.
7. Пономаренко Владимир Иванович, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник СФ ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН.
8. Прохоров Михаил Дмитриевич, доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией СФ ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН.
9. Рожнев Андрей Георгиевич, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник СФ ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН.
10. Хивинцев Юрий Владимирович, кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник СФ ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН.
11. Яфаров Равиль Кяшшафович, доктор технических наук, главный научный сотрудник СФ ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН.

12. Сатаев Игорь Рустамович, кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник СФ ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН.

Рецензенты диссертации:

Пономаренко Владимир Иванович, доктор физико-математических наук, профессор, ведущий научный сотрудник лаборатории моделирования в нелинейной динамике Саратовского филиала ФГБУН «Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова» РАН представил положительный отзыв.

Сатаев Игорь Рустамович, кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории теоретической нелинейной динамики Саратовского филиала ФГБУН «Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова» РАН представил положительный отзыв.

По итогам обсуждения работы на расширенном заседании Саратовской секции Ученого совета ФГБУН «Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова» РАН было принято следующее **заключение**, содержащее оценку выполненной соискателем работы.

Диссертация Курбако А. В. посвящена решению важных и актуальных задач радиофизики и биофизики в области выявления фундаментальных биофизических закономерностей взаимодействия автоколебательных элементов регуляции организма человека и развитию радиофизических подходов к количественному описанию такого взаимодействия – разработке методов диагностики фазовой синхронизации контуров вегетативной регуляции частоты сердечных сокращений и регуляции среднего артериального давления в реальном времени, в том числе по единственному регистрируемому сигналу фотоплетизмограммы. Также в работе предложен метод генерации модельного сигнала разности мгновенных фаз низкочастотных составляющих сигналов фотоплетизмограммы и кардиоинтервалограммы для определения оптимальных параметров разработанных методов и оценки их диагностических возможностей.

Научная новизна работы заключается в следующем:

Предложен метод генерации модельного сигнала разности мгновенных фаз контуров вегетативной регуляции кровообращения с априорно известным положением участков фазовой синхронизации, статистические свойства которого воспроизводят статистические свойства экспериментальных сигналов.

С помощью математических моделей сигналов электрокадиограммы и фотоплетизмограммы, для которых мгновенные фазы низкочастотных составляющих последовательности интервалов между сердечными сокращениями и сигнала фотоплетизмограммы, соответственно, могут быть заданы априорно, изучены статистические свойства предложенного ранее и модифицированного в ходе выполнения диссертационного исследования

метода диагностики фазовой синхронизации исследуемых контуров регуляции.

Предложен метод диагностики фазовой синхронизации контуров вегетативной регуляции кровообращения, позволяющий осуществлять диагностику в реальном времени и допускающий реализацию на основе низкопотребляющих малогабаритных программируемых микроконтроллеров, управляющих работой носимых автономных диагностических устройств.

Разработаны методы выделения из сигнала фотоплетизмограммы последовательности интервалов между сердечными сокращениями для анализа синхронизации исследуемых контуров по единственному сигналу фотоплетизмограммы, допускающие реализацию в реальном времени на основе низкопотребляющих микроконтроллеров.

Разработан цифровой датчик пальцевой и ушной фотоплетизмограммы, обеспечивающий регистрацию сигнала фотоплетизмограммы в полосе 0-30 Гц по уровню -3 дБ.

Достоверность полученных результатов подтверждается их воспроизводимостью, статистическим анализом результатов обработки экспериментальных, тестовых и модельных данных, тестированием разработанных методов на математических моделях и тестовых данных, тестированием аппаратных устройств с использованием стандартных радиофизических контрольно-измерительных приборов, соответствием результатов и выводов с результатами и выводами других авторов, полученных с помощью других подходов.

Научно-практическая значимость. Научная значимость результатов заключается в разработке новых методов и подходов для анализа фазовой синхронизации подсистем сердечно-сосудистой системы. Эти методы позволяют более точно выявлять участки синхронизации и несинхронизированных состояний, что может быть полезно для диагностики различных заболеваний и мониторинга состояния здоровья пациентов. Кроме того, предложенные методы обладают высокой чувствительностью и специфичностью, а также могут быть реализованы в режиме реального времени на маломощных устройствах, что делает их перспективными для использования в медицинских приложениях.

Практическая ценность результатов состоит в том, что разработанные методы могут использоваться для создания носимых диагностических устройств, которые способны проводить мониторинг состояния сердечно-сосудистой системы пациента в реальном времени. Это открывает возможности для раннего выявления нарушений и своевременного начала лечения, что особенно важно для профилактики и управления хроническими заболеваниями. Также результаты работы могут найти применение в исследованиях физиологии и медицины, позволяя глубже понять механизмы взаимодействия различных регуляторных систем организма.

Научные и практические результаты работы используются в фундаментальных и прикладных исследованиях и в учебном процессе на базе ФГБУН «Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова» РАН, ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского», ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского», ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр терапии и профилактической медицины» МЗ РФ, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева» МЗ РФ, ФГБУН ГНЦ РФ «Институт медико-биологических проблем» РАН.

Личный вклад соискателя. Разработка методов, программ для ЭВМ, проведение численных экспериментов, статистическая обработка и анализ данных, построение экспериментальных установок, обзор литературы, подготовка иллюстраций и текста публикаций и диссертации и прочие виды исследовательской деятельности осуществлялись автором лично. Разработка математических моделей сигналов фотоплетизмограммы и электрокардиограммы, допускающих задание априорно известных мгновенных фаз низкочастотных составляющих, осуществлялась соавтором публикаций – Ишбулатовым Ю. М. Биомедицинские эксперименты с регистрацией биофизических сигналов проводились автором под руководством медицинских специалистов. Формулировка цели, задач, плана работы, результатов и выводов проводилась автором совместно с научными руководителями.

Апробация работы. Результаты диссертации были представлены на научных семинарах кафедры динамического моделирования и биомедицинской инженерии ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского», ФГБУН «Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова» РАН и на Всероссийских и международных конференциях и школах: «Путь в науку. Математика» 2020-2022, г. Ярославль; «Актуальные проблемы физической и функциональной электроники» 2020, г. Ульяновск; «Наноэлектроника, нанофотоника и нелинейная физика» 2020-2024, г. Саратов; «Методы компьютерной диагностики в биологии и медицине» 2020 г. Саратов; «Dynamics of Complex Networks and their Applications» 2021-2024, г. Калининград; «Dynamics of complex networks and their application in intellectual robotic» 2020, г. Иннополис; «Нелинейные дни в Саратове для молодых» 2021, г. Саратов; «Volga Neuroscience Meeting» 2021, Нижний Новгород; «Динамические системы. Теория и приложения» 2022, г. Нижний Новгород; «Academic Achievements to the World. Natural Science» 2022, г. Саратов.

Результаты исследований были получены и использовались при выполнении грантов различных научных фондов, включая: РФФИ №20-02-00702, РНФ №23-12-00241, УМНИК №0087054, государственного задания

Саратовского филиала ФГБУН «Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова Российской академии наук», программы Приоритет 2030 ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского».

Публикации. По тематике диссертационной работы опубликована 21 печатная работа, включая 5 научных статей в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК и относящихся к К1. Все научные статьи индексируются в международных наукометрических базах Web of Science и Scopus, включая одну работу в журнале с импакт-фактором, относящимся к Q2 по версии Web of Science. Получено 10 свидетельств об официальной регистрации программ для ЭВМ, реализующих математическую модель и методы, разработанные и развиваемые в диссертационной работе.

1. **Kurbako A. V.**, Ishbulatov Yu. M., Vahlaeva A. M., Prokhorov M. D., Gridnev V. I., Bezruchko B. P., Karavaev A. S. Mathematical models of the electrocardiogram and photoplethysmogram signals to test methods for detection of synchronization between physiological oscillatory processes // The European Physical Journal. Special Topics. 2024. V.233, N.3, P.559–568.

2. **Курбако А. В.**, Боровкова Е. И., Киселев А. Р., Сказкина В. В., Пономаренко В. И., Безручко Б. П., Караваев А. С. Метод диагностики фазовой синхронизации контуров вегетативного контроля кровообращения в реальном времени // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Физика. 2021. Т. 21. вып. 3. С. 213–221.

3. **Курбако А. В.**, Кульминский Д. Д., Боровкова Е. И., Киселев А. Р., Сказкина В. В., Пономаренко В. И., Прохоров М. Д., Безручко Б. П., Гриднев В. И., Караваев А. С. Повышение чувствительности метода диагностики в реальном времени фазовой синхронизации автогенераторов по их нестационарным временным рядам // Известия вузов. ПНД. 2021. Т. 29. № 6. С. 892–904.

4. **Курбако А. В.**, Сказкина В. В., Боровкова Е. И., Киселев А. Р., Пономаренко В. И., Прохоров М. Д., Гриднев В. И., Караваев А. С., Кулигин А. В., Красикова Н. С., Миронов С. А., Безручко Б. П. Методика выделения кардиоинтервалограммы из сигнала фотоплетизмограммы для оценки суммарного процента фазовой синхронизации контуров вегетативной регуляции кровообращения // Радиотехника и электроника. 2022. Т. 67. № 10. С. 993-1000.

5. Кульминский Д. Д., **Курбако А. В.**, Сказкина В. В., Прохоров М. Д., Пономаренко В. И., Киселев А. Р., Безручко Б. П., Караваев А. С. Разработка цифрового датчика пальцевой фотоплетизмограммы // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Физика. 2021. Т. 21. вып. 1. С. 58–68.

6. Курбако А. В., Навроцкая Е. В., Хорев В. С., Кудряшова В. В., Чернец Е. П., Посненкова О. М. «Влияние полосы пропускания фотоплетизмографического датчика на возможность анализа синхронизации низкочастотных процессов автономной регуляции» // Путь в науку.

Математика. Тезисы докладов Всероссийской молодежной конференции. 2020. С. 23-24 – устный доклад.

7. Курбако А. В., Кудряшова В. В., Навроцкая Е. В. «Фотоплетизмографический прибор для анализа синхронизации низкочастотных процессов автономной регуляции на основе микроконтроллерной системы» // Актуальные проблемы физической и функциональной электроники. Материалы 23-й Всероссийской молодежной научной конференции. 2020. С. 248-249 – устный доклад.

8. Курбако А. В., Навроцкая Е. В., Хорев В. С., Кудряшова В. В., Чернец Е. П., Посненкова О. М. «Влияние полосы пропускания фотоплетизмографического датчика на возможность анализа синхронизации низкочастотных процессов автономной регуляции» // Нанoeлектроника, нанофотоника и нелинейная физика. Сборник трудов XV Всероссийской конференции молодых ученых. 2020. С. 141-142 – устный доклад.

9. Курбако А. В., Кульминский Д. Д., Хорев В. С., Посненкова О. М. «Влияние полосы пропускания фотоплетизмографического датчика на возможность анализа низкочастотной регуляции сердечно-сосудистой системы» // Методы компьютерной диагностики в биологии и медицине. Сборник статей Всероссийской школы-семинара. 2020. С. 145-147 – устный доклад.

10. Kurbako A. V., Kulminskiy D. D., Borovkova E. I., Simonyan M. A., Posnenkova O. M., Ponomarenko V. I., Kiselev A. R., Karavaev A. S. «The influence of the photoplethysmographic sensors passband to the possibility of analyzing of low-frequency processes of autonomic control» // Dynamics of complex networks and their application in intellectual robotic. Collection of materials of the IV International School-Conference of Young Scientists. 2020. С. 152-153 – устный доклад.

11. Курбако А. В., Боровкова Е. И., Кульминский Д. Д., Храмков А. Н., Ежов Д. М. «Сравнение методов диагностики в реальном времени фазовой синхронизации автогенераторов по их нестационарным временным рядам» // Путь в науку. Математика. Тезисы докладов Всероссийской молодежной конференции. 2021. С. 77-80 – устный доклад.

12. Курбако А. В., Боровкова Е. И., Храмков А. Н., Ежов Д. М., Кульминский Д. Д. «Новый метод диагностики фазовой синхронизации контуров вегетативного контроля кровообращения в реальном времени» // Нелинейные дни в Саратове для молодых. Материалы XXIX Всероссийской научной конференции. 2021. С. 72-73 – устный доклад.

13. Kurbako A. V., Kulminsky D. D., Borovkova E. I., Kiselev A. R., Skazkina V. V., Ponomarenko V. I., Bezruchko B. P., Karavaev A. S. «Real time method of autonomic control loops synchronization diagnostics» // Conference proceedings 3rd International Conference Volga Neuroscience Meeting. 2021. С. 70-72 – устный доклад.

14. Курбако А. В., Кульминский Д. Д., Боровкова Е. И., Киселев А. Р., Сказкина В. В., Пономаренко В. И., Прохоров М. Д., Безручко Б. П., Караваяев А. С. «Устройство и метод диагностики синхронизации контуров автономного

контроля кровообращения в реальном времени» // Нанoeлектроника, нанофотоника и нелинейная физика. Сборник трудов XVI Всероссийской конференции молодых ученых. 2021. С. 100-101 – устный доклад.

15. Kurbako A. V., Kulminsky D. D, Borovkova E. I., Kiselev A. R., Skazkina V. V., Ponomarenko V. I., Bezruchko B. P., Karavaev A. S. “Modification of real-time method for diagnostics of synchronization between the autonomic control loops” // Proceedings of the V Scientific School «Dynamics of Complex Networks and their Applications». 2021. С. 134 – 136 – устный доклад.

16. Kurbako A. V., Skazkina V. V., Borovkova E. I., Karavaev A. S. "A methods for calculating cardiointervalogram signals from a photoplethysmogram for analyzing the synchronization of the autonomic control loops of the cardiovascular system" // Тезисы докладов международной конференции "Динамические системы. Теория и приложения". 2022. С. 51-53 – устный доклад.

17. Курбако А. В., Сказкина В. В., Боровкова Е. И., Караваев А. С. Сравнение методов выделения сигнала кардиоинтервалограммы из фотоплетизмограммы для оценки суммарного процента фазовой синхронизации // Доклады XVII Всероссийской конференции молодых ученых "Нанoeлектроника, нанофотоника и нелинейная физика". 2022. С. 113-114 – устный доклад.

18. Kurbako A., Skazkina V., Borovkova E., Karavaev A. Development of Real-Time Methods for Calculating Cardiointervalograms for Estimating the State of the Cardiovascular System Using a Single Photoplethysmogram Signal // Proceedings of the 6th Scientific School "Dynamics of Complex Networks and their Applications". 2022. P. 166-167 – постерный доклад.

19. Курбако А. В., Сказкина В. В., Боровкова Е. И., Караваев А. С. Методы расчета кардиоинтервалограммы из сигнала фотоплетизмограммы для анализа синхронизации контуров вегетативного контроля // Тезисы докладов Всероссийской молодежной конференции "Путь в науку. Математика". 2022. С. 54-57 – устный доклад.

20. Kurbako A. V., Kulminsky D. D., Borovkova E. I., Kiselev A. R., Skazkina V. V., Ponomarenko V. I., Bezruchko B. P., Karavaev A. S. Real time method of autonomic control loops synchronization diagnostics // Материалы XIII научной конференции молодых ученых "Academic Achievements to the World. Natural Science". 2022. С. 90-93 – постерный доклад.

21. Ishbulatov Yu. M., Kurbako A. V., Vahlaeva A. M., Gridnev V. I., Prokhorov M. D., Karavaev A. S. Mathematical model of the photoplethysmogram and electrocardiogram signals with a priory known pattern of the phase synchronization // Proceedings of the 7th Scientific School "Dynamics of Complex Networks and their Applications". 2023. P. 105-107 – постерный доклад.

22. Курбако А. В., Сказкина В. В., Караваев А. С. Программа для получения, обработки и передачи с датчика фотоплетизмограммы на персональный компьютер. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2020664251, 11.11.2020.

23. Курбако А. В., Сказкина В. В., Караваев А. С. Программа для получения, обработки, визуализации и сохранения на носители информации

данных фотоплетизмограммы. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2020664204, 09.11.2020.

24. Боровкова Е. И., Сказкина В. В., Курбако А. В., Караваев А. С. Программа для расчета коэффициента фазовой синхронизации с помощью оценки распределения разности мгновенных фаз сигналов. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2021680559, 13.12.2021.

25. Курбако А. В., Караваев А. С. Программа для регистрации, обработки и передачи на персональный компьютер сигналов электрокардиограммы и фотоплетизмограммы. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2022613886, 15.03.2022.

26. Курбако А. В., Караваев А. С. Программа для расчета коэффициента фазовой синхронизации в реальном времени при помощи усреднения в скользящих окнах. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2022614835, 28.03.2022.

27. Курбако А. В., Караваев А. С. Программа для получения, обработки, визуализации и сохранения данных с прибора, регистрирующего сигналы электрокардиограммы и фотоплетизмограммы. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2022614037, 16.03.2022.

28. Сказкина В. В., Боровкова Е. И., Курбако А. В., Караваев А. С. Программа для расчёта коэффициента фазовой синхронизации контуров вегетативного контроля сердечно-сосудистой системы. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2022613684, 15.03.2022.

29. Сказкина В. В., Курбако А. В., Караваев А. С. Программа для анализа размаха колебаний фотоплетизмограммы. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2022660960, 13.06.2022.

30. Сказкина В. В., Курбако А. В., Караваев А. С. Программа для расчета спектральных индексов сигналов сердечно-сосудистой системы. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2022660961, 13.06.2022.

31. Сказкина В. В., Курбако А. В., Храмов А. Н. Программа для определения артефактов сигналов сердечно-сосудистой системы. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ №2023618824, 30.04.23.

Ценность научных работ соискателя очевидным образом вытекает из вышеуказанных научной новизны и практической значимости, а также подтверждается публикацией результатов в научных журналах с высоким импакт-фактором и принятием докладов оргкомитетами российских и международных конференций.

Общая оценка диссертации. Диссертационная работа Курбако Александра Васильевича «Анализ синхронизации контуров вегетативной регуляции кровообращения в реальном времени» представляет собой целостное, законченное исследование, заключающее в решении актуальных и важных задач биофизики в области исследования фундаментальных явлений пространственно-временной самоорганизации, саморегуляции и самоуправления в биологических системах, а также в развитии

радиофизических подходов к исследованию сложных биологических систем и их применении для количественного исследования особенностей взаимодействия элементов сложных систем биофизической природы. Работа посвящена разработке методов диагностики фазовой синхронизации контуров вегетативной регуляции кровообращения и разработке методов генерации модельных данных для определения оптимальных параметров разрабатываемых методов и оценки их диагностических возможностей. Материалы диссертации полностью отражены в научных работах, опубликованных автором. Текст диссертации не содержит заимствованного материала без ссылок на авторов, а также материалов совместных работ без ссылок на соавторов. Тема и содержание диссертации соответствуют паспортам специальностей 1.5.2 - Биофизика и 1.3.4 – Радиофизика. К специальности 1.5.2 Биофизика относятся следующие разделы диссертации: задачи 1-3, пункты новизны 1-4, положения 1-3, пункты результатов 1-6 (пп. 1 и 3 паспорта специальности). К специальности 1.3.4 Радиофизика относятся следующие разделы диссертации: задачи 2-4, пункты новизны 2-5, положения 1-3, пункты результатов 3-7 (пп. 4 паспорта специальности).

Диссертация удовлетворяет требованиям пп. 9–11,13,14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г №842, предъявляемым к диссертациям, представляемым на соискание ученой степени кандидата наук.

Диссертация Курбако Александра Васильевича «Анализ синхронизации контуров вегетативной регуляции кровообращения в реальном времени» рекомендуется к защите на соискание степени кандидата физико-математических наук по специальностям 1.5.2 – Биофизика и 1.3.4 – Радиофизика.

Заключение принято на расширенном заседании Саратовской секции Ученого совета Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова» Российской академии наук.

Присутствовало на заседании 11 человек из 15, входящих в состав Саратовской секции Ученого совета.

Результаты голосования:

«за» – 11 чел.,

«против» – нет,

воздержались – нет

Протокол № 9 от 13 ноября 2024 г.

Председатель Саратовской секции Ученого совета
Институт радиотехники и электроники
им. В.А. Котельникова РАН,
Директор Саратовского филиала
ФГБУН «Институт радиотехники
и электроники им. В.А. Котельникова» РАН
профессор, д.ф.-м.н.



Филимонов Юрий Александрович

Ученый секретарь Саратовской секции Ученого совета
Институт радиотехники и электроники
им. В.А. Котельникова РАН,
зам. директора по научной работе,
к.ф.-м.н.



Фатеев Денис Васильевич