

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по научной работе
и цифровому развитию

ФГБОУ ВО «Саратовский национальный
исследовательский государственный университет
имени Н.Г. Чернышевского»
доктор физ.-мат. наук, профессор
Алексей Александрович Короновский



12 2024 года

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского» по диссертации Курбако Александра Васильевича «Анализ синхронизации контуров вегетативной регуляции кровообращения в реальном времени» на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальностям 1.5.2. — Биофизика и 1.3.4 – Радиофизика, выполненной на Кафедре динамического моделирования и биомедицинской инженерии Института физики ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского».

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

В 2021 году Курбако Александр Васильевич окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского» по направлению подготовки 12.04.04 «Биотехнические системы и технологии» с присуждением степени «Магистр». В 2021 году Курбако Александр Васильевич поступил в федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского» в аспирантуру на направление подготовки 03.06.01 Физика и астрономия, направленность Радиофизика приказом ректора от 25 августа 2021 года №275-П.

Справка о сданных кандидатских экзаменах № 53-2024 от 20 ноября 2024 г. 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»,

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, ведущий научный сотрудник кафедры динамического моделирования и биомедицинской инженерии Института физики ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского», главный научный сотрудник лаборатории моделирования в нелинейной динамике Саратовского филиала ФГБУН «Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова Российской академии наук», 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.

Научную экспертизу диссертация проходила на расширенном заседании Кафедры динамического моделирования и биомедицинской инженерии Института физики ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского» с приглашением специалистов по профилю диссертации из других структурных подразделений ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского» и из других организаций.

На заседании присутствовали:

1. *Безручко Борис Петрович*, доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры динамического моделирования и биомедицинской инженерии СГУ.
2. *Вадивасова Татьяна Евгеньевна*, доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры радиофизики и нелинейной динамики СГУ.
3. *Стрелкова Галина Ивановна*, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой радиофизики и нелинейной динамики СГУ.
4. *Скрипаль Анатолий Владимирович*, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой медицинской физики СГУ.
5. *Москаленко Ольга Игоревна*, доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры физики открытых систем СГУ.
6. *Павлов Алексей Николаевич*, доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры физики открытых систем СГУ.
7. *Караваев Анатолий Сергеевич*, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой динамического моделирования и биомедицинской инженерии СГУ.
8. *Прохоров Михаил Дмитриевич*, доктор физико-математических наук, профессор РАН, главный научный сотрудник лаборатории моделирования в нелинейной динамике СФ ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН.
9. *Пономаренко Владимир Иванович*, доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры динамического моделирования и биомедицинской инженерии СГУ.
10. *Смирнов Дмитрий Алексеевич*, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории моделирования в нелинейной динамике СФ ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН.
11. *Киселев Антон Робертович*, доктор медицинских наук, руководитель центра координации фундаментальной научной деятельности НМИЦ ТПМ.

12. *Адилова Асель Булатовна*, кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры физики открытых систем СГУ.
13. *Слепченков Михаил Михайлович*, кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры радиотехники и электродинамики СГУ.
14. *Ишбулатов Юрий Михайлович*, кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры динамического моделирования и биомедицинской инженерии СГУ.
15. *Боровкова Екатерина Игоревна*, кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры динамического моделирования и биомедицинской инженерии СГУ.
16. *Сагайдачный Андрей Александрович*, кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры медицинской физики СГУ.
17. *Храмков Алексей Николаевич*, ассистент кафедры динамического моделирования и биомедицинской инженерии СГУ.
18. *Ежов Дмитрий Максимович*, ассистент кафедры динамического моделирования и биомедицинской инженерии СГУ.
19. *Сипачев Ярослав Павлович*, ассистент кафедры динамического моделирования и биомедицинской инженерии СГУ.
20. *Светлицына Надежда Артуровна*, ассистент кафедры физики открытых систем СГУ.
21. *Богаченко Татьяна Романовна*, ассистент кафедры радиофизики и нелинейной динамики СГУ.
22. *Рабылова Елена Владиславовна*, ассистент кафедры радиофизики и нелинейной динамики СГУ.
23. *Богомолова Александра Владимировна*, инженер кафедры электроники, колебаний и волн СГУ.
24. *Дубинкина Елизавета Сергеевна*, лаборант кафедры динамического моделирования и биомедицинской инженерии СГУ.

Рецензенты диссертации:

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

Безручко Борис Петрович, доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры динамического моделирования и биомедицинской инженерии Института физики ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского» представил положительный отзыв.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Диссертация Курбако Александра Васильевича посвящена применению методов радиофизики для теоретического и экспериментального изучения принципов строения и физико-химических механизмов функционирования биологических систем - разработке методов диагностики фазовой синхронизации контуров вегетативной регуляции кровообращения в реальном времени, включая возможность использования единственного сигнала фотоплетизмограммы, и разработке методики определения оптимальных параметров этих методов и оценки их возможностей и границ применимости с помощью специализированных математических моделей сигналов электрокардиограммы и фотоплетизмограммы, обеспечивающих соответствие статистических свойств модельных и реальных биологических сигналов.

Научная новизна исследования

1. Разработан 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.
2. С помощью математических моделей сигналов ЭКГ и ФПГ, для которых мгновенные фазы низкочастотных составляющих последовательности интервалов между сердечными сокращениями и сигнала ФПГ, соответственно, могут быть заданы априорно, изучены статистические свойства предложенного ранее и модифицированного в ходе выполнения диссертационного исследования метода диагностики фазовой синхронизации исследуемых контуров регуляции.
3. 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.
4. Разработаны методы выделения из сигнала ФПГ последовательности интервалов между сердечными сокращениями для анализа синхронизации исследуемых контуров по единственному сигналу ФПГ, допускающие реализацию в реальном времени на основе низкопотребляющих микроконтроллеров.
5. Разработан цифровой датчик пальцевой и ушной ФПГ, обеспечивающий регистрацию сигнала ФПГ в полосе 0-30 Гц по уровню -3 дБ.

Научная и практическая значимость

Научная значимость результатов заключается в разработке новых методов и подходов для анализа фазовой синхронизации физиологических систем организма человека, таких как сердечно-сосудистая система. 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.

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; «Нанoeлектроника, 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, РФФИ №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».

Личный вклад

Разработка методов, программ для ЭВМ, проведение численных экспериментов, статистическая обработка и анализ данных, реализация экспериментальных установок, обзор литературы, подготовка иллюстраций и текста публикаций и диссертации и прочие виды исследовательской деятельности осуществлялись автором лично. Разработка математических моделей сигналов ФПГ и ЭКГ, 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.

Достоверность результатов исследования

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.

Соответствие диссертации научной специальности

Работа выполнена на стыке биофизики и радиофизики. Рассматриваемые в диссертации объекты исследования и экспериментальные данные имеют биофизическую природу, предложенная модель сигнала разности фаз принципиально ориентирована на моделирование биофизического объекта. В работе исследуется фундаментальное явление фазовой синхронизации, относящееся к области радиофизики и нелинейной динамики. Для развития и разработки методов диагностики этого явления в сложной биофизической системе использован инструментарий радиофизики.

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).

Полнота изложения материалов диссертации в научных работах, опубликованных соискателем

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.

Статьи в журналах и сборниках трудов ВАК, Scopus и Web of Science

1. Mathematical models of the electrocardiogram and photoplethysmogram signals to test methods for detection of synchronization between physiological oscillatory processes [Текст] / **Kurbako A. V.**, Ishbulatov Yu. M., Vahlaeva A. M., Prokhorov M. D., Gridnev V. I., Bezruchko B. P., Karavaev A. S. // The European Physical Journal. Special Topics. 2024. - V.233. - N.3. - P.559–568. (Q2, IF 0.455)
2. Метод диагностики фазовой синхронизации контуров вегетативного контроля кровообращения в реальном времени [Текст] / **Курбако А. В.**, Боровкова Е. И., Киселев А. Р., Сказкина В. В., Пономаренко В. И., Безручко Б. П., Караваев А. С. // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Физика. - 2021. - Т. 21. - вып. 3. - С. 213–221. (Q3, IF 0.198)
3. Повышение чувствительности метода диагностики в реальном времени фазовой синхронизации автогенераторов по их нестационарным временным рядам [Текст] / **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 // Известия вузов. ПНД. - 2021. - Т. 29. - № 6. - С. 892–904. (Q3, IF 0.284)
4. Методика выделения кардиоинтервалограммы из сигнала фотоплетизмограммы для оценки суммарного процента фазовой синхронизации контуров вегетативной регуляции кровообращения [Текст] / **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., Красицова Н. С., Миронов С. А., Безручко Б. П. // Радиотехника и электроника. - 2022. - Т. 67. - № 10. - С. 993-1000. (Q3, IF 0.149)
 5. Разработка цифрового датчика пальцевой фотоплетизмограммы [Текст] / Кульминский Д. Д., **Курбако А. В.**, Сказкина В. В., Прохоров М. Д., Пономаренко В. И., Киселев А. Р., Безручко Б. П., Караваев А. С. // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Физика. - 2021. - Т. 21. - вып. 1. - С. 58–68. (Q3, IF 0.198)

Тезисы докладов конференции:

1. 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.
2. 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.
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. 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.

7. Курбако А. В., Боровкова Е. И., Храмов 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.
8. 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.
9. Курбако А. В., Кульминский Д. Д., Боровкова Е. И., Киселев А. Р., Сказкина В. В., Пономаренко В. И., Прохоров М. Д., Безручко Б. П., Караваев 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.
10. 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.
11. 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.
12. 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.
13. 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.
14. 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.
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. 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.
16. 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 priori 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.

Свидетельства о регистрации программ для ЭВМ:

1. 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.
2. 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.
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. 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.
7. 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.
8. 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.
9. 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.
10. Сказкина В. В., Курбако А. В., Храмков А. Н. Программа для определения артефактов сигналов сердечно-сосудистой системы. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ №2023618824, 30.04.23.

Общая оценка диссертации

Диссертационная работа Курбако Александра Васильевича «Анализ синхронизации контуров вегетативной регуляции кровообращения в реальном времени» является законченной научно-квалификационной работой, посвященной теоретическому и экспериментальному изучению принципов строения и физико-химических механизмов функционирования биофизических систем – контуров вегетативной регуляции кровообращения человека при помощи методов радиофизики. Работа содержит сведения о

разработанных методах диагностики фазовой синхронизации контуров регуляции частоты сердечных сокращений и регуляции среднего артериального давления в реальном времени, в том числе по единственному регистрируемому сигналу фотоплетизмограммы, а также сведения о предложенном подходе генерации модельных данных для определения оптимальных параметров и оценки диагностических возможностей разработанных методов. В диссертационной работе произведено сравнение предложенных подходов диагностики фазовой синхронизации исследуемых контуров и известных ранее методов диагностики.

Диссертация выполнена на высоком научном уровне с применением современных методов исследований. Основные результаты диссертации опубликованы в научных статьях и материалах конференций.

Диссертация Курбако Александра Васильевича «Анализ синхронизации контуров вегетативной регуляции кровообращения в реальном времени» рекомендуется к защите на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальностям 1.5.2 - Биофизика и 1.3.4 - Радиофизика как удовлетворяющая критериям, установленным пп. 9-11, 13, 14 действующего «Положения о присуждении учёных степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года №842, для кандидатских диссертаций.

На расширенном заседании Саратовской секции Ученого совета Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова» Российской академии наук диссертационная работа Курбако Александра Васильевича была рассмотрена, получила положительные рецензии и была рекомендована к защите, протокол номер №9 от 13 ноября 2024 г.

Заключение принято на расширенном заседании кафедры динамического моделирования и биомедицинской инженерии ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского» с приглашением специалистов по профилю диссертации. На заседании присутствовали 24 человека, из них в голосовании приняли участие 11 докторов наук и 5 кандидатов наук по профилю диссертации. Результаты голосования: «за» - 16 чел., «против» - нет, «воздержались» - нет, протокол №9 от 25 ноября 2024 г.

**Председательствующий на расширенном заседании
кафедры динамического моделирования
и биомедицинской инженерии
Института физики ФГБОУ ВО
«Саратовский национальный исследовательский
государственный университет имени Н.Г. Чернышевского»**
доктор физико-математических наук, профессор,
профессор кафедры динамического моделирования и
биомедицинской инженерии
ФГБОУ ВО «Саратовский национальный
исследовательский государственный университет
имени Н.Г. Чернышевского»

Пономаренко Владимир Иванович

