

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.375.03, СОЗДАННОГО НА
БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ В.Ф. УТКИНА» МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА
СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 23.05.2025 № 13

О присуждении Чыонг Тхи Лан Нхи, гражданке Социалистической Республики Вьетнам, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Методы и алгоритмы визуализации электрической активности сердца в системах электрокардиодиагностики на основе многоканальной обработки электрокардиосигналов» по специальности 2.2.12. Приборы, системы и изделия медицинского назначения принята к защите от 05.03.2025г. (протокол заседания № 4) диссертационным советом 24.2.375.03, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина», Министерство науки и высшего образования РФ, 390005, г. Рязань, ул. Гагарина, д. 59/1 приказом Минобрнауки России №449/нк от 18.12.2013 г., срок полномочий установлен приказом Минобрнауки России №561/нк от 03.06.2021 г. (Приложение №1, п. 568).

Соискатель Чыонг Тхи Лан Нхи, 16 марта 1994 года рождения, в 2020 году соискатель окончила ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ», г. Москва по специальности 12.04.04. – «Биотехнические системы и технологии», получив диплом магистра с отличием, с октября 2021 г. по настоящее время обучается в очной аспирантуре при ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ», г. Москва, по специальности 2.2.12. Приборы, системы и изделия медицинского назначения, работает ассистентом на кафедре основ радиотехники в ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ», г. Москва, с мая 2022 г. по настоящее время.

Диссертация выполнена на кафедре основ радиотехники в ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ», г. Москва, Министерство науки и высшего образования РФ.

Научный руководитель доктор технических наук, профессор Крамм Михаил Николаевич, профессор кафедры основ радиотехники в ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ», г. Москва.

Официальные оппоненты:

Приоров Андрей Леонидович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Цифровые технологии и машинное обучение» ФГБОУ ВО «Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова», г. Ярославль;

Коробов Артем Андреевич, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Биомедицинская техника» ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», г. Тамбов,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Владимир в своем положительном отзыве, подписанном Сушковой Людмилой Тихоновной, д.т.н., профессором, профессором кафедры «Электроники, приборостроения и биотехнических систем» и утвержденным ректором Саралидзе Анзором Михайловичем, указала, что диссертационная работа Чыонг Тхи Лан Нхи «Методы и алгоритмы визуализации электрической активности сердца в системах электрокардиодиагностики на основе многоканальной обработки электрокардиосигналов» является законченной научно-исследовательской работой, в которой изложены новые научно обоснованные технические, технологические решения и разработки в области многоканальной обработки электрокардиосигналов. Диссертация отвечает критериям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 года № 842 (ред. от 25.01.2024 г.), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Чыонг Тхи Лан Нхи заслуживает присуждения ученой степени кандидата

технических наук по специальности 2.2.12. Приборы, системы и изделия медицинского назначения.

Соискатель имеет 26 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 26 работ, из них 5 статей в изданиях, рекомендованных ВАК Минобразования РФ, 5 публикаций в изданиях, индексируемых Scopus или Web of Science, 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ, 15 тезисов докладов на международных и всероссийских конференциях.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Чьонг, Т.Л.Н. Особенности построения многоэлектродной системы электрокардиологического скрининга / М.Н. Крамм, О.Н. Бодин, А.Ю. Бодин, Т.Л.Н. Чьонг, Г.В. Жихарева // Медицинская техника – 2022 – №5(335). – С.37–41. *(Чьонг Т.Л.Н. реализовала и провела апробацию алгоритма реконструкции карт эпикардимального потенциала)*

2. Чьонг, Т.Л.Н. Реконструкция и визуализация электрической активности сердца с помощью многоэлектродной системы электрокардиодиагностики / М. Н. Крамм, О. Н. Бодин, А. Ю. Бодин, Г. В. Жихарева, Т. Л. Н. Чьонг. // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. – 2022 – № 4. – С. 93–101. *(Чьонг Т.Л.Н. предложила реализацию методов визуализации 2D и 3D карт эпикардимального потенциала)*

3. Чьонг, Т.Л.Н. Алгоритм обработки электрокардиосигналов в многоэлектродной системе электрокардиологического скрининга для визуализации электрического потенциала на эпикарде / М.Н. Крамм, Т.Л.Н. Чьонг, А.Ю. Бодин, О.Н. Бодин, Г.В. Жихарева. // Медицинская техника. – 2023 – №5(341). – С.13–17. *(Чьонг Т.Л.Н. предложила реализацию алгоритма обработки многоканальных электрокардиосигналов для визуализации карт эпикардимального потенциала)*

4. Truong, T.L.N. Multichannel ECG Recording from the Surface of the Female Torso and Visualization of Heart Characteristics / Y.S. Danilkina, M.N. Kramm, T.L.N. Truong, A.Y. Bodin, D.V. Krayushkin. // Scientific Visualization. 2024. – Vol. 16, No. 3. – Pp. 97 – 105. *(Чьонг Т.Л.Н. предложила методику анализа работоспособности)*

алгоритма предобработки многоканальных электрокардиосигналов и провела проверку алгоритма)

На диссертацию и автореферат поступили 10 отзывов:

1. ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет» (г. Тула). Отзыв подписал профессор кафедры «Приборы и биотехнические системы», к.т.н., доцент Коржук Николай Львович.

2. ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» (г. Казань). Отзыв подписал профессор кафедры «Приборостроение и мехатроника», д.т.н., доцент Хизбуллин Роберт Накибович.

3. Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Научно-исследовательский институт - Республиканский исследовательский научно-консультационный центр экспертизы (г. Москва). Отзыв подписал главный научный сотрудник, д.т.н., профессор Евтушенко Геннадий Сергеевич.

4. ФГБОУ ВО «Юго-западный государственный университет» (г. Курск). Отзыв подписал профессор кафедры биомедицинской инженерии, д.т.н., профессор Филист Сергей Алексеевич.

5. Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева (г. Орел). Отзыв подписал директор института приборостроения, автоматизации и информационных технологий, профессор кафедры «Приборостроение, метрология и сертификация», д.т.н., профессор Подмастерьев Константин Валентинович.

6. Кыргызский государственный Технический университет И. Раззакова (Кыргызстан, г. Бишкек). Отзыв подписал заведующий кафедрой «Технология машиностроения» КГТУ И. Раззакова, д.т.н., профессор Абдраимов Эмиль Самудинович.

7. Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники» (г. Москва). Отзыв подписал доцент Института биомедицинских систем, к.ф.-м.н., доцент Данилов Арсений Анатольевич.

8. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Поволжский государственный технологический

университет» (Республика Марий Эл, г. Йошкар-Ола). Отзыв подписал доцент кафедры радиотехнических и медико-биологических систем, к.т.н., доцент Иванов Константин Олегович.

9. Медицинский институт Российского университета дружбы народов им. Патриса Лумумбы (г. Москва). Отзыв подписал заведующий кафедрой нормальной физиологии, д.б.н., профессор Торшин Владимир Иванович.

10. ФГБОУ ВО «Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого» (г. Великий Новгород). Отзыв подписал профессор кафедры нормальной физиологии, кандидат технических наук, доцент Сергей Николаевич Бритин.

В отзывах на автореферат указаны следующие замечания:

в автореферате отсутствуют пояснения к формированию уравнений (4), (5) для реконструкции потенциала на поверхности эпикарда; не указано количество обследуемых при оценке нормированных площадей возбуждения желудочка; основные этапы работы скрининговой системы электрокардиодиагностики (рис.1) рассмотрены недостаточно подробно; рисунок 11 с интерфейсом программы слишком мелкий, в интерфейсе программы недостаточно информации о параметрах, управляющих режимами реконструкции и визуализации карт; отсутствуют пояснения к формуле 8 для сетки длин дуг в полярном и азимутальном направлении; не отражены вопросы отбраковки артефактов в ходе предобработки; не пояснено, почему проводится регуляризация именно матрицы G^{hb} ; не указано количество электродов, полученных в диссертации; алгоритмы предобработки многоканальных ЭКС изложены слишком кратко, что затрудняет их оценку; не раскрыты выражения для элементов матриц, входящих систему линейных алгебраических уравнений (4), (5); по четвертой главе не указано общее количество элементов на поверхности торса и эпикарда; не проведены исследования помехоустойчивости предложенного метода реконструкции карт потенциал на поверхность эпикарда; в 4 главе делается вывод о различии полученных 2D карт потенциалов на поверхности эпикарда для здоровых и больных обследованных, однако не проводится информации о количестве обследованных, исходя из которой можно было бы сделать вывод о статистической значимости этого различия; не указаны размеры объемной

триангуляционной модели поверхности сердца во фронтальной и сагиттальной плоскости; отсутствуют пояснения к меню выбора режимов обследования и режимов визуализации; из автореферата не ясно, как осуществляется нормировка чувствительности во всех каналах, если каналы «стандартные», то не понятно, какая точность предъявляется к этому параметру системы, которая в итоге будет влиять на точность расчетов и предлагаемых моделей; используется понятие «мелкая сетка точек на поверхности торса» (стр.9), возникает вопрос о конфигурации и шаге (размере ячеек) сетки; рисунки 2, 3, 4 в формате автореферата А5 имеют низкое качество из-за малого размера символов на них (их можно прочитать только в оригинале диссертации).

Все отзывы **положительные** и содержат вывод о том, что диссертация соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а соискатель Чыонг Тхи Лан Нхи заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.2.12. Приборы, системы и изделия медицинского назначения.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что оппоненты и представители ведущей организации являются известными, компетентными и авторитетными специалистами в области биомедицинской инженерии, имеющими большое число публикаций в авторитетных изданиях и внёсших значительный вклад в теорию и практику обработки и визуализации биосигналов. Областью исследований официального оппонента д.т.н., проф. Приорова А.Л. является создание методов обработки и анализа изображений в медицинских диагностических системах. За последние 5 лет им опубликовано 10 научных работ. Областью исследований официального оппонента к.т.н. Коробова А.А. является разработка методов диагностики сердечно-сосудистой системы, за последние 4 года им опубликовано 12 научных работ.

Ведущая организация ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Владимир, широко известна научными и практическими достижениями в области разработки биотехнических информационно-

измерительных систем, за последние 5 лет сотрудниками Сушковой Л.Т., Буренковым В.Н., Оленевым Е.А., Долговым Г.Ф и другими по тематике, близкой к диссертационному исследованию, опубликовано 30 работ.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны методы реконструкции и визуализации карт потенциала в системах электрокардиодиагностики на основе многоканальной обработки электрокардиосигналов, позволяющие совместно использовать для повышения информативности 2D карты на плоской развертке поверхности квазиэпикарда и 3D карты для триангуляционной реалистической модели эпикарда;

предложен алгоритм предобработки многоканальных электрокардиосигналов, позволяющий получать распределение потенциалов на поверхности торса;

доказана работоспособность алгоритмического и программного обеспечения с проведением контроля согласованности карт потенциалов; учета временных затрат и затрат памяти;

введено понятие центра сердца для привязки геометрической модели поверхности эпикарда к системе координат торса.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны предложенные методики визуализации электрической активности сердца на основе многоканальной обработки электрокардиосигналов для использования в скрининговых системах электрокардиодиагностики;

применительно к проблематике диссертации результативно использованы методы электрокардиографии, цифровой обработки сигналов, вычислительной математики, визуализации объектов и процессов;

изложены этапы работы скрининговой системы электрокардиодиагностики; условия проведения реконструкции карт эпикардального потенциала с учетом привязки геометрических моделей поверхности эпикарда к системе координат торса; способы визуализации временной динамики карт потенциала;

раскрыты особенности совместного использования в скрининге 2D и 3D карт электрических потенциалов; возможности динамической во времени визуализации

пространственных характеристик электрической активности сердца синхронно с общеизвестными электрокардиосигналами стандартных отведений;

изучены связи между 2D и 3D картами электрических потенциалов, позволяющие увязывать размеры областей неоднородности потенциала с анатомическими отделами сердца; связи между временной динамикой карт потенциала и поведением стандартного ЭКГ сигнала;

проведена модернизация алгоритма реконструкции распределения эпикардального потенциала путем привязки геометрических моделей поверхности сердца к системе координат торса, что повышает надежность и удобство в ходе визуализации.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработанная соискателем многоканальная система неинвазивной электрокардиодиагностики внедрена в ГБУЗ «Клиническая больница № 6 им. Г.А. Захарьина г. Пензы и используется в действующем макете системы диагностики состояния сердца; материалы диссертационной работы Чыонг Тхи Лан Нхи **внедрены** в учебный процесс подготовки студентов в ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ»;

определены параметры временных затрат и затрат памяти ПК для проведения скринингового обследования с визуализацией электрической активности на поверхности эпикарда;

создана методика оценки эффективности алгоритмического и программного обеспечения; методика сравнения карт электрических потенциалов;

представлены методические рекомендации для разработки и эксплуатации скрининговой системы электрокардиодиагностики с визуализацией электрической активности сердца.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ исследования проводились с использованием реальных электрокардиосигналов и сертифицированного оборудования;

теория построена на использовании положений, основанных на современном

аппарате вычислительной математики, достоверность которого общепринята;
идея базируется на возможностях использования современных методов регистрации и обработки сигналов для повышения достоверности информационных скрининговых систем электрокардиодиагностики;
использованы результаты сравнения авторских данных и результатов, полученных ранее по рассматриваемой тематике;
установлено соответствие в частных случаях, авторских результатов и результатов, представленных в независимых источниках;
использованы известные современные методики регистрации и обработки сигналов, корреляционного анализа, математического моделирования, визуализации.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии соискателя в постановке задач, разработке основных методов и средств, проведении теоретических и экспериментальных исследований, анализе и апробации полученных результатов.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания: непонятна последовательность этапов решения системы линейных алгебраических уравнений, включая этап регуляризации; алгоритм определения границ сегментов электрокардиосигнала рассмотрен недостаточно подробно; непонятны условия проведения регистрации многоканальных электрокардиосигналов; неясны вопросы дальнейшей дифференциальной диагностики сердечно-сосудистых заболеваний.

Соискатель Чыонг Тхи Лан Нхи ответила на задаваемые ей в ходе заседания вопросы и привела собственную аргументацию по особенностям обработки многоканальных электрокардиосигналов в скрининговой системе электрокардиодиагностики.

На заседании 23.05.2025 г. диссертационный совет принял решение присудить Чыонг Тхи Лан Нхи ученую степень кандидата технических наук за решение научной задачи, имеющей существенное значение для развития скрининговых систем электрокардиодиагностики.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 5 докторов наук по научной специальности 2.2.12. Приборы, системы и изделия медицинского назначения, участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 14, против – нет, недействительных бюллетеней – 1.

Председатель

диссертационного совета

Кошелев Виталий Иванович

Ученый секретарь

диссертационного совета

Овечкин Геннадий Владимирович

23.05.2025 г.