

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.437.02, СОЗДАННОГО НА  
БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ЮЖНО-  
УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)» МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ  
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 28.09.2023 г. №24

О присуждении Саидову Бехрузу Бадридиновичу, гражданину Республики Таджикистан, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Исследование и разработка алгоритмов обработки электрокардиосигналов в ультразвуковых приемо-передающих устройствах» по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика принята к защите 03 июля 2023 г. (протокол заседания № 24/п) диссертационным советом 24.2.437.02, созданным на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 454080, г. Челябинск, проспект Ленина, д. 76, приказ о создании диссертационного совета № 105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель Саидов Бехруз Бадридинович, 07 марта 1994 года рождения, в 2018 году окончил Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими по специальности «Сети связи и распределения информации». В 2022 г. окончил очную аспирантуру федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» по направлению подготовки 09.06.01 – «Информатика и вычислительная техника».

В настоящее время работает инженером на кафедре информационно-измерительной техники федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре инфокоммуникационных технологий федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор **Тележкин Владимир Федорович**, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», профессор кафедры «Радиоэлектроника и системы связи».

Официальные оппоненты:

**Воскобойников Юрий Евгеньевич** – доктор физико-математических наук, профессор, заслуженный работник Высшей школы РФ, заведующий кафедрой прикладной математики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)»;

**Мясникова Нина Владимировна** – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Автоматика и телемеханика федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пензенский государственный университет»

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт математики и механики им. Н.Н. Красовского Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург, в своем положительном отзыве, подписанном ведущим научным сотрудником отдела управляемых систем, доктором технических наук Петуниным Александром Александровичем, указала, что диссертационная работа является законченной научно-квалификационной работой, содержащей решение актуальной задачи исключения влияния помех на амплитудные и временные параметры регистрируемых электрокардиосигналов в ультразвуковых приемо-передающих устройствах для современной медицины. Работа соответствует паспорту специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика и удовлетворяет требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, установленным пунктом 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденным

постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 года № 842, а ее автор, Саидов Бехруз Бадридинович, заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

Соискатель имеет 18 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 18 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 5 работ, 5 статей в зарубежных изданиях, индексируемых базой данных Scopus, 1 статья в других периодических научных изданиях, 6 работ в сборниках международных и российских конференций, индексируемых в РИНЦ. По результатам работы получен патент на полезную модель.

В диссертацию включены результаты, полученные автором лично. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

Наиболее значимыми работами по теме диссертации являются:

1. Saidov, B.B. Spectrum Transformation of an Amplitude-Modulated Signal on an Ohmic Nonlinear Element / B.B. Saidov, V.I. Tambovtsev, I.I. Prokоров // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2020. – Т. 20, № 1. – С. 71–78. (8с./6с.)

2. Saidov, B.B. Opto-Ultrasonic Communication Channels / B.B. Saidov, V.F. Telezhkin // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2020. – Т. 20, № 4. – С. 55–62. (8с./6с.)

3. Telezhkin, V.F. Wavelet-conversion in electrocardio signal processing / V.F. Telezhkin, B.B. Saidov, P.A. Ugarov, A.N. Ragozin // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2021. – Т. 21, № 1. – С. 70–79. (10с./8с.)

4. Saidov, B.B. Optimum ECG signal filtering based on wavelet transformation / B.B. Saidov, V.F. Telezhkin // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2021. – Т. 21, № 4. – С. 167–172. (6с./5с.)

5. Тележкин, В.Ф. Обработка информации с использованием фильтра Калмана в Matlab Simulink / В.Ф. Тележкин, Б.Б Саидов // Системы анализа и обработки данных. – 2021. – № 4 (84). – С. 49–62. (14с./12с.)

6. Saidov, B. Transformation of the amplitude-modulated spectrum of a signal on a nonlinear element / B. Saidov, V. Telezhkin // Proceeding – 2020 International Russian

Automation Conference (RusAutoCon). – 2020. – P. 757–761. – Article ID: 9208134. – 5p. (5с./4с.)

7. Saidov, B. Digital processing of the ultrasonic signal for mobile devices in the transmission of information / B. Saidov, V. Telezhkin // Proceeding – 2020 Global Smart Industry Conference. – Chelyabinsk, 2020. – P. 92–96. – Article ID: 9267827. – 5p. (5с./4с.)

8. Telezhkin, V. Integrated information processing in wireless (secure) communications of corporate communication systems / V. Telezhkin, B. Saidov // 2020 international multi-conference on industrial engineering and modern technologies. – 2020. – Article ID: 9271417. – 5p. (5с./4с.)

9. Saidov, B. Simulation of Ultrasonic Sensor at Lower Ultrasonic Range in Data Transmission / B. Saidov, V. Telezhkin // Proceeding – 2021 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing. – 2021. – P. 703–707. (5с./4с.)

10. Telezhkin, V. Recognition and Elimination of Anomalies in Information Leakage Channels in Opto-Ultrasonic Communication Channels in Data Streams of Industrial Automated Systems / V. Telezhkin, B. Saidov, A. Ragozin // Proceeding – 2021 International Russian Automation Conference. – 2021. – P. 201–206. (6с./4с.)

11. Магнитострикционное устройство направленного излучения ультразвуковых волн: пат. 208045U1 Рос. Федерация. МПК H04R 15/00, H04R 1/34, H01L 41/06 / В.Ф. Тележкин, Б.Б. Саидов / ФГБОУ ВПО "ЮУрГУ"(НИУ); Патентный отдел. – № 2021119611, опубл. 30.11.2021, Бюл. № 34.

На диссертацию и автореферат поступили положительные отзывы:

1. Доктора технических наук, доцента, заведующего научно-исследовательской лабораторией «Интеллектуальные информационные технологии и системы» ФГБОУ ВО «Челябинский государственный университет» **Вохминцева Александра Владиславовича**. Отзыв положительный, из замечаний отмечено: 1. В автореферате на стр. 11 и 12 указано, что на основе анализа графических данных можно сделать вывод о том, что второй уровень разложения наиболее оптимален для фильтрации электрокардиосигналов. Вывод сделал на основе визуального сравнения графиков. То есть, нет четких математических критериев (может быть они присутствуют в диссертации) для сравнения уровней разложения. 2. В автореферате на рис. 3 стр. 10 представлен алгоритм вейвлет-фильтрации с пороговой обработкой коэффициентов, который состоит из блока реконструкции сигналов, однако не ясно как происходит восстановление электрокардиосигналов на основе оценочных значений вейвлет-коэффициентов с помощью обратного вейвлет-преобразования.

2. Доктора технических наук, профессора, директора автономного учреждения Ханты-мансийского автономного округа – Югры «Югорский научно-исследовательский институт Информационных технологий» **Мельникова Андрея Витальевича**. Отзыв положительный, из замечаний отмечено: 1. В автореферате нет информации о возможности применения предлагаемого метода для передачи сигналов других типов. 2. В автореферате на стр. 14 и 15 показана функциональная схема приема-передачи электрокардиосигналов на основе ультразвуковой технологии. Однако нет информации насколько она защищена, поскольку защита информации в настоящее время очень актуальна.

3. Кандидата технических наук, доцента кафедры «Комплексная защита информации» ФГАОУ ВО «Омский государственный технический университет» (**Жумажановой Самал Сагидулловны**). Отзыв положительный, из замечаний отмечено: 1. В автореферате предоставлена функциональная схема разработанного устройства, но нет обоснования выбора степени полинома для моделирования модулирующей функции. 2. В автореферате указано, что для экспериментальных исследований были взяты ЭКС из базы MIT-BIH Arrhythmia Database, но не указано ЭКС какого количества человек были проанализированы.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что ими осуществлялись исследования по тематике диссертации и получены весомые научные результаты в рассматриваемой предметной области, что подтверждается публикациями в научных изданиях.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

*разработаны:* алгоритм вейвлет-фильтрации методом пороговой обработки коэффициентов и алгоритм вейвлет-пороговой обработки коэффициентов, что позволяет эффективно удалять помехи в канале приема-передачи электрокардиосигналов; алгоритмическое обеспечение, которое состоит следующих блоков: блок входных данных, блок декомпозиции сигнала, блок пороговой обработки коэффициентов, блок реконструкции сигнала, блок оценки эффективности фильтрации и блок отражения графической информации;

*предложены:* комплексный критерий оценки эффективности работы алгоритма обработки электрокардиосигналов на основе показателя отношения сигнал/шум и минимаксного критерия; способ пороговой обработки коэффициентов фильтрации электрокардиосигналов на основе выбора и оптимизации пороговой функции и

математическая модель разработанного ультразвукового устройства при подаче амплитудно-модулированного напряжения на нелинейные ультразвуковые датчики, имеющих степенную аппроксимацию в виде полинома с тригонометрическими функциями;

*доказана* на основе экспериментальных исследований перспективность практического использования предложенных методов и алгоритмов обработки электрокардиосигналов, предназначенных для удаления шумов и помех в ультразвуковом канале приема-передачи электрокардиосигналов.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**

*доказана* возможность адекватного получения электрокардиосигналов в условиях шумов и помех в ультразвуковых приеме-передающих устройствах с использованием разработанных алгоритмов и методов обработки, которые обеспечивают высокую точность и достоверность электрокардиосигналов;

*применительно к проблематике диссертации результативно* (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) *использованы* основные положения и методы системного анализа, вейвлет-фильтрации сигналов, их цифровой обработки и спектрального анализа, а также методы оптимизации;

*изложены* основные положения этапов разработки алгоритма вейвлет-фильтрации методом пороговой обработки коэффициентов и алгоритма вейвлет-пороговой обработки коэффициентов, а также принципы функционирования элементов структуры разработанного ультразвукового устройства канала приёма-передачи нестационарных сигналов в условиях шумов и помех;

*раскрыты:* комплексный критерий оценки эффективности работы алгоритма обработки электрокардиосигналов на основе показателя отношения сигнал/шум и минимаксного критерия; способ пороговой обработки коэффициентов фильтрации электрокардиосигналов на основе выбора и оптимизации пороговой функции и алгоритмическое обеспечение, которое состоит из следующих блоков: блок входных данных, блок декомпозиции сигнала, блок пороговой обработки коэффициентов, блок реконструкции сигнала, блок оценки эффективности фильтрации и блок отражения графической информации;

*изучено* влияние помех на амплитудные и временные параметры регистрируемых электрокардиосигналов в ультразвуковых приеме-передающих устройствах;

*проведено* экспериментальное исследование эффективности применения алгоритмического обеспечения в ультразвуковом канале связи на данных из реальных электрокардиосигналов.

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

*разработаны* программно-аппаратный комплекс с использованием ультразвука, в котором реализованы разработанные методы и алгоритмическое обеспечение для эффективной фильтрации помех в канале связи;

*создано* алгоритмическое обеспечение, предназначенное для повышения эффективности обработки электрокардиосигналов в ультразвуковом канале связи;

*определены* перспективы практического применения разработанных в диссертации алгоритмов обработки электрокардиосигналов, которые могут иметь широкое применение в других областях, и алгоритмического обеспечения, состоящего из следующих блоков: блок входных данных, блок декомпозиции сигнала, блок пороговой обработки коэффициентов, блок реконструкции сигнала, блок оценки эффективности фильтрации и блок отражения графической информации.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

*все экспериментальные данные* были получены на обработке реальных электрокардиосигналов;

*теория*, служащая основой для разработки алгоритмов обработки электрокардиосигналов на основе вейвлет-пороговой обработки коэффициентов разложения, предложенная в диссертационной работе, базируется на корректном применении методов системного анализа, вейвлет-фильтрации сигналов, их цифровой обработки и спектрального анализа, а также методов оптимизации;

*идея базируется* на обобщении передового опыта и анализе основных подходов к обработке сигналов и разработке алгоритмов для исключения влияния помех на амплитудные и временные параметры регистрируемых электрокардиосигналов в ультразвуковых приемо-передающих устройствах;

*использованы* аттестованные средства измерения и сбора экспериментальных данных, апробированные методы обработки экспериментальных данных, на основе которых разработаны алгоритмы обработки электрокардиосигналов;

*установлено* подтверждение разработанных автором научных положений, выводов и рекомендаций результатами экспериментального исследования, а также отсутствие логических противоречий между полученными в диссертации результатами

и результатами опубликованными другими авторами исследований по рассматриваемой тематике.

**Личный вклад соискателя состоит в:**

*проведении* анализа степени проработанности проблемы влияния помех на амплитудные и временные параметры сигналов при регистрации электрокардиосигналов, *предложенном* комплексном критерии оценки эффективности работы алгоритма обработки электрокардиосигналов, *предложенном* способе пороговой обработки коэффициентов вейвлет-фильтрации электрокардиосигналов на основе выбора и оптимизации пороговой функции, *разработке* алгоритмов обработки электрокардиосигналов на основе вейвлет-пороговой обработки коэффициентов разложения, их *реализации* в виде алгоритмического обеспечения, *проведении* вычислительных экспериментов, *апробации* результатов исследования на конференциях различного уровня, в подготовке публикаций по выполненной работе, а также внедрении разработок, полученных в ходе выполнения диссертационной работы, что подтверждаются соответствующими актами внедрения.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания и заданы вопросы: 1. Перед тем как подать на ультразвуковой датчик электрокардиосигнал предлагается амплитудная модуляция, с какой целью? 2. В чем заключается актуальность вашей работы? 3. Вы говорили о комплексном критерии оценки качества фильтрации от шумов и помех. Из каких показателей он состоит?

Соискатель Саидов Бехруз Бадридинович ответил на высказанные замечания и задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию: 1. При использовании амплитудной модуляции можно добиться наибольшей помехозащищённости, что и было исследовано доказано с помощью разработанной экспериментальной установки с различными видами шумов и помех. Также ультразвуковой датчик канала связи позволяет без искажения передавать электрокардиосигналы при использовании амплитудной модуляции. 2. Актуальность состоит в построении телекоммуникационных систем для эффективной передачи с высоким качеством сложных биомедицинских сигналов без искажения и в разработке алгоритмов для исключения влияния помех на амплитудные и временные параметры высокоточных сложных и слабых нестационарных сигналов. 3. Комплексный критерий состоит из показателя отношение сигнал/шум и минимаксного критерия.

Диссертационный совет пришел к заключению, что рассматриваемая диссертация является самостоятельной законченной научно-квалификационной работой, соответствующей требованиям п. 9, 10, 11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемых ВАК к кандидатским диссертациям, а ее автор, Саидов Бехруз Бадридинович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 – «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика».

На заседании 28 сентября 2023 года диссертационный совет принял решение за исследования и разработку алгоритмов обработки электрокардиосигналов в ультразвуковых приемо–передающих устройствах, имеющей существенное значение для развития телеметрических систем, систем связи, занимающихся регистрацией и приемо-передачи электрокардиосигналов, присудить Саидову Бехрузу Бадридиновичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 5 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящего в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту – 0 человек, проголосовали: за – 15, против – 1, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель

диссертационного совета 24.2.437.02,  
доктор технических наук, профессор

Александр Леонидович  
Шестаков

Ученый секретарь

диссертационного совета 24.2.437.02,  
доктор технических наук, доцент

Александр Владимирович  
Голлай

28.09.2023 г.