

ОТЗЫВ

**официального оппонента Воскобойникова Ю.Е.
на диссертационную работу Саидова Бехруза Бадридиновича по теме
«Исследование и разработка алгоритмов обработки
электрокардиосигналов в ультразвуковых приемо-передающих
устройствах», представленную на соискание учёной степени
кандидата технических наук по специальности 2.3.1. - Системный
анализ, управление и обработка информации, статистика**

1. Актуальность диссертационной работы

Развитие микроэлектроники, создание элементной базы с очень большой степенью интеграции, миниатюризация вычислительной техники привели в последнее время к широкому использованию цифровых технологий при передаче и обработке информации в радиотехнических, телеметрических системах и системах связи. В диссертации разработаны алгоритмы обработки электрокардиосигналов в ультразвуковых приемо-передающих устройствах в условиях влияния помех на амплитудные и временные параметры электрокардиосигналов (ЭКС).

При регистрации ЭКС влияние помех и шумов приводит к недостоверности анализа параметров электрокардиосигналов, что может отрицательно сказаться на точности диагностики сердечно-сосудистых заболеваний. Поэтому в канале связи необходима их предварительная обработка. Таким образом, цель диссертации обеспечить высокую точность и достоверность электрокардиосигналов в ультразвуковых приемо-передающих устройствах практически значима и актуальна для решения задач системного анализа, обработки информации и практической медицины.

2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций диссертационной работы и их достоверность

Б.Б. Саидов выполнил необходимый объём теоретических и экспериментальных исследований, сформулировал научные результаты,

сделал соответствующие выводы. Автором проведён подробный обзор и анализ современного состояния задачи фильтрации ЭКС, что позволило определить направление исследований, корректно поставить цель и задачи работы.

В диссертационной работе представлен ряд новых научных положений: предложен комплексный критерий оценки эффективности работы алгоритма обработки электрокардиосигналов на основе показателя отношения сигнал/шум и минимаксного критерия, способ пороговой обработки коэффициентов фильтрации электрокардиосигналов от шумов и помех, математическая модель разработанного ультразвукового устройства при подаче амплитудно-модулированного напряжения на нелинейные ультразвуковые датчики, а также алгоритмы обработки электрокардиосигналов на основе вейвлет-пороговой обработки коэффициентов разложения и алгоритмическое обеспечение, предназначенное для повышения эффективности обработки электрокардиосигналов в ультразвуковом канале связи.

Достоверность и обоснованность этих положений, а также результатов и выводов диссертации определяется адекватной постановкой задач, подтверждается корректностью применения методов системного анализа, методы фильтрации сигналов, их цифровой обработки и спектрального анализа, методов оптимизации, а также подтверждена математическими расчетами и компьютерным моделированием в программной среде Matlab и результатами экспериментальных исследований, которые проводились в учебно-производственной лаборатории электроники (FabLab), ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)».

Основные результаты диссертации отражены в публикациях в изданиях, рекомендованных ВАК и индексируемых Scopus, доложены на

ряде весьма представительных конференций. По материалам исследований получен патент на полезную модель.

На основании изложенного считаю, что основные научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертационной работе, обоснованы и достоверны.

3. Научная новизна, практическая и теоретическая значимость результатов исследования

Научная новизна результатов диссертационного исследования заключается в следующем:

1. Предложен комплексный критерий оценки эффективности работы алгоритма обработки электрокардиосигналов на основе показателя отношения сигнал/шум и минимаксного критерия, который минимизирует максимально возможное значение взаимной корреляции сигналов на входе и выходе канала приема – передачи электрокардиосигналов.

2. Предложен способ пороговой обработки коэффициентов фильтрации электрокардиосигналов от шумов и помех, поскольку выбор оптимального порога и пороговой функции является необходимым этапом при обработке электрокардиосигналов. Оптимизация в работе выполнена за счёт выбора наилучшей пороговой функции, минимизирующей ошибку фильтрации с помощью разработанного комплексного критерия.

3. Разработаны алгоритмы обработки электрокардиосигналов на основе вейвлет-пороговой обработки коэффициентов разложения, что позволяет эффективно удалять помехи в канале приемо-передачи электрокардиосигналов.

4. Предложен вариант развития системы связи в виде ультразвукового канала приёма – передачи нестационарных сигналов, у которых амплитуда, частота и фаза изменяются случайным образом в условиях шумов и помех.

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

6. На основе предложенных алгоритмов обработки электрокардиосигналов разработано новое алгоритмическое обеспечение, предназначенное для повышения эффективности обработки электрокардиосигналов в ультразвуковом канале связи.

Теоретическая значимость работы состоит в предложенном комплексном критерии оценки эффективности работы алгоритма обработки электрокардиосигналов, способе пороговой обработки коэффициентов фильтрации ЭКС от шумов и помех и разработке алгоритмов обработки электрокардиосигналов на основе вейвлет-пороговой обработки коэффициентов разложения, а также в предложенной математической модели разработанного ультразвукового устройства при подаче амплитудно-модулированного напряжения на нелинейные ультразвуковые датчики.

Практическая значимость работы состоит в создании программно-аппаратного комплекса с использованием ультразвука, в котором реализованы разработанные методы и алгоритмическое обеспечение для эффективной фильтрации помех в канале связи. Данный программно-аппаратный комплекс прошел экспериментальное исследование и был внедрен при выполнении инициативной НИР в деятельности ООО "УРАЛ-ПОЛИМЕР-ЛАК" (г. Челябинск) и в ФГБУ «Федеральный Центр сердечно-сосудистой хирургии» Министерства здравоохранения Российской Федерации (г. Челябинск). Внедрение программно-аппаратного комплекса на практике позволило улучшить качество обследования населения и уменьшить время диагностирования.

4. Замечания и вопросы по диссертационной работе

1. В первой главе в разделе 1.2. предоставлен анализ методов фильтрации при обработке электрокардиосигналов в условиях шумов и помех. Однако неясно, что и насколько затрудняет получение адекватной модели ЭКС — ведь именно это рассматривается как основной недостаток использования более эффективных адаптивных и нелинейных фильтров, а также фильтров Калмана. Не компенсируется ли ухудшение результата обработки при снижении степени адекватности модели за счет более высокой эффективности вышеуказанных фильтров?

2. В первой главе диссертационной работы на стр. 30 представлена информация о устройствах приёма-передачи электрокардиосигналов с помощью ультразвуковых технологий, но на практике есть много беспроводных ЭКГ-систем, которые успешно используются. Поэтому считаю, что нет достаточного обоснования в диссертации по выбору ультразвукового метода для приёма-передачи электрокардиосигналов.

3. В теории вейвлет фильтрации есть несколько видов пороговых алгоритмов. Во второй главе в разделе 2.1. на стр. 45-46 представлена информация о существующей классификации алгоритмов вейвлет-фильтрации такие как: квазиоптимальные алгоритмы вейвлет-фильтрации с итерационным уточнением отношения сигнал/шум, пороговые алгоритмы фильтрации с однопараметрическими пороговыми функциями и пороговые алгоритмы фильтрации с двухпараметрическими пороговыми функциями. Однако, не ясно к какому виду пороговых алгоритмов фильтрации относятся разработанные в диссертации алгоритмы.

4. Во второй главе диссертационной работе приведено 7 типов вейвлет функций: вейвлет Хаара, вейвлет Добеши 4, вейвлет Добеши 6, вейвлет Койфлетса 5, вейвлет Симлета 4, вейвлет Симлета 6 и вейвлет Симлета 8. Из теории цифровой обработки сигналов известно много типов вейвлет функций. Почему в работе выбраны именно эти вейвлет функции и как это

связано с особенностью фильтрации таких нестационарных сигналов, как электрокардиосигналы?

5. Во второй главе в разделе 2.4. на стр. 64 выполнен выбор оптимального базиса вейвлет-функции и пороговой обработки электрокардиосигналов на основе соотношения сигнал/шум при $SNR_1=35\text{дБ}$, $SNR_2 = 40\text{дБ}$, $SNR_3 = 45\text{дБ}$. Однако из диссертационной работы не ясно, почему именно такие соотношения сигнал/шум применяются в качестве оценки качества фильтрации шумов и помех.

5. Заключение о соответствии диссертационной работы критериям, установленным Положением о присуждении учёных степеней

Приведённые выше замечания носят частный характер и не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы. Диссертационное исследование содержит теоретическое обоснование всех полученных автором результатов и изложение практической реализации этих результатов. Основные результаты достаточно полно освещены в публикациях в ведущих научных журналах, доложены и обсуждены на научных конференциях.

Представленная к защите диссертационная работа – законченная научно-квалификационная работа. Она имеет практическое значение как для конкретных проблем современной медицины, так и в целом для решения задач системного анализа и обработки информации.

Диссертационная работа соответствует паспорту специальности 2.3.1. «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика» по следующим пунктам паспорта специальности: п. 3 - разработка критериев и моделей описания и оценки эффективности решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений, обработки информации и искусственного интеллекта; п. 4 - разработка методов и алгоритмов решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений, обработки информации и искусственного интеллекта; п. 5 - разработка специального математического и алгоритмического

обеспечения систем анализа, оптимизации, управления, принятия решений, обработки информации и искусственного интеллекта.

Таким образом, представленная к защите диссертационная 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.

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук,
профессор, заслуженный работник Высшей школы РФ,
заведующий кафедрой прикладной математики
ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный
архитектурно-строительный университет (Сибстрин)»

Воскобойников Юрий Евгеньевич

Диссертация на соискание учёной степени доктора физико-математических наук защищена по специальности 05.13.16 - Применение вычислительной техники, математического моделирования и математических методов в научных исследованиях.

Данные об организации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)»

630008, СФО, Новосибирск-8, ул. Ленинградская, 113.

Телефон: (383) 266-41-25

Адрес электронной почты rector@sibstrin.ru

Сайте организации <http://www.sibstrin.ru/>



21.08.2023

Подпись *Воскобойников Ю.Е.*
ЗАВЕРЯЮ
Начальник общего отдела ИГАСУ (Сибстрин)
Яковух Н.И.