

Отзыв официального оппонента

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 темы диссертации

Диссертационная работа Саидова Бехруза Бадридиновича посвящена разработке алгоритмов обработки информации, позволяющих повысить эффективность передачи электрокардиосигналов в ультразвуковом приемо–передающем устройстве.

Для передачи информации в процессе обработки в аппаратно-программных комплексах применяются беспроводные сети связи с использованием радиоволн, но в некоторых случаях, особенно в диагностически сложных случаях, это может быть недопустимо, так как в процессе передачи информации могут создаваться помехи для чувствительного электронного оборудования или могут возникать проблемы с искажением передаваемой важной диагностической информации. В отмеченных случаях важно исключение электромагнитных наводок на медицинскую аппаратуру и уменьшение воздействия помех на амплитудные и временные параметры сигналов.

При регистрации ЭКС помехи воздействуют на амплитудные и временные параметры сигналов, что приводит к недостоверности анализа параметров электрокардиосигналов. Поэтому в канале связи (приемо-передающего тракта) нужна предварительная обработка. Под каналом приемо-передающего тракта понимается физический путь от источника-передатчика информации к потребителю. При этом разработаны алгоритмы обработки сигналов, которые должны обеспечивать высокую точность и достоверность электрокардиосигналов. Таким образом, актуальность темы разработки алгоритмов, позволяющих повысить эффективность передачи электрокардиосигналов, в представленной диссертационной работе не вызывает сомнений.

2. Научная новизна, достоверность и обоснованность результатов диссертационного исследования

В диссертационной работе получены следующие новые научные результаты:

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 приема-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.

Обоснованность результатов диссертационной работы подтверждается корректностью поставленной задачи, методов системного анализа, методы фильтрации сигналов, их цифровой обработки и спектрального анализа, а также методов оптимизации.

Достоверность полученных результатов также подтверждена математическими расчетами и компьютерным моделированием в программной среде Matlab, а также результатами экспериментальных исследований, которые проводились в учебно-производственной лаборатории электроники (FabLab), ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)».

3. Теоретическая значимость

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 ЭКС 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 приема-передачи электрокардиосигналов.

4. Предложена математическая модель разработанного ультразвукового устройства на основе нелинейные ультразвуковых датчиков, модель которых описывается степенным полиномом с тригонометрическими функциями. Модель исследована при подаче амплитудно-модулированного напряжения на входе датчиков.

5. На основе исследованных методов обработки электрокардиосигналов разработано новое программно-алгоритмическое обеспечение, обеспечивающее повышение эффективности обработки электрокардиосигналов в системах с ультразвуковым каналом связи.

4. Практическая ценность

Практическая ценность диссертационной работы Саидова Б.Б. определяется тем, что автором были разработан и применен программно-аппаратный комплекс 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 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 и уменьшить время обследования населения.

5. Оценка содержания работы

Диссертационная работа состоит из введения, 4-х глав, заключения, списка литературы из 153 наименований, содержит 141 страницу текста, из них 5 приложений, размещенных на 15 страницах.

Во введении обоснована актуальность диссертационной работы, сформулирована цель и отражена научная новизна исследований, показана теоретическая и практическая значимость полученных результатов, представлены выносимые на защиту научные положения.

В первой главе автор выполнил аналитический обзор современных методов обработки электрокардиосигналов и их приемо-передачи. При этом проведен анализ характеристик и параметров электрокардиосигналов, сформулированы требования к методам обработки электрокардиосигналов. Перечислены факторы, снижающие точность обработки электрокардиосигналов. Также выполнен анализ и выбор системы передачи электрокардиосигналов в условиях шумов.

Вторая глава диссертационной работы посвящена разработке алгоритмов вейвлет-пороговой обработки, который состоит из трех этапов: выбор подходящего базиса вейвлетов и масштаба их разложения для решения задачи эффективной обработки электрокардиосигналов и вычисление вейвлет-коэффициентов; выбор надлежащего метода вейвлет-пороговой обработки, способа определения оптимального порога и получение оценочных значений вейвлет-коэффициентов; восстановление сигнала на основе оценочных значений вейвлет-коэффициентов с помощью обратного вейвлет-преобразования. Также, для оценки эффективности работы алгоритмов и выявления оптимального набора базисных вейвлет-функций и пороговой обработки электрокардиосигналов используются показатель отношение сигнал/шум на выходе тракта и минимаксный критерий, который минимизирует максимально возможное значение взаимной корреляции сигналов на входе и выходе канала приема–передачи электрокардиосигналов.

В третьей главе автором представлено экспериментальное исследование функционирования элементов разработанного ультразвукового устройства приема-передачи и обработки информации. Для проведения экспериментального исследования изготовлено 3 модуля: модуль ультразвукового приемника; модуль ультразвукового передатчика шума; модуль ультразвукового передатчика сигнала. В процессе передачи информации (аудиосигнала) ультразвуковым устройством используется амплитудная модуляция. Также рассматривается амплитудно-модулированный сигнал в случае, когда модулирующая функция имеет несинусоидальный характер, например, степенная аппроксимация в виде полинома с тригонометрическими функциями.

В четвертой главе приведены: результаты экспериментальных исследований разработанного ультразвукового устройства; алгоритмы обработки электрокардиосигналов и алгоритмическое обеспечение (АО) для повышения эффективности обработки ЭКС, которое обеспечивает фильтрацию электрокардиосигналов (полезных) от шумов и позволяет вычислять после фильтрации ЭКС: выходное соотношение сигнал/шум и значение коэффициента корреляции. Кроме того, АО выполняет прямое вейвлет-преобразование входного сигнала с помощью выбранного типа вейвлета с выбранным уровнем разложения N .

Экспериментальная установка позволила провести исследования разработанного алгоритмического и программного обеспечения, как по устранению, так и по созданию имитирующих помех полезных сигналов и обеспечить при этом создание основ для разработки автоматизированной системы анализа и обработки электрокардиосигналов.

О практическом использовании результатов, полученных автором, свидетельствует оформленный акт внедрения основных практических результатов

диссертационной работы. Кроме того, по результатам диссертационной работы получен Патент Российской Федерации на полезную модуль.

6. Замечания и вопросы по диссертационной работе и автореферату

1. Во второй главе диссертационной работе в разделе 2.3. на стр. 50 пропущен порядок нумерации на формуле, а именно 2.10 (формуле 2.9 и начинается 2.11).

2. В третьей главе раздел 3.1. на стр. 77-79, для проведения эксперимента изготовлено 3 модуля: первый модуль ультразвукового приемника; второй модуль ультразвукового передатчика шума; третий модуль ультразвукового передатчика сигнала. Однако в дальнейшем модуль ультразвукового передатчика шума, видимо используемый автором при моделировании, не упоминается.

3. В диссертации в целях обработки использовано вейвлет-преобразование. Хотелось бы увидеть сравнение с другими методами, например, с разложением на эмпирические моды (EMD).

4. Удалению высокочастотных помех в работе уделено большое значение, однако на кардиограммах часто наблюдается и низкочастотный тренд. Этот вопрос в диссертации не рассматривается.

5. В автореферате формулу (5), используемую для подсчета коэффициента корреляции в автореферате можно было бы и не приводить, просто написать, что в работе исследовалась корреляция между эталонным и выходным сигналом.

6. В автореферате допущены речевые ошибки: в последнем абзаце стр. 8: «одна часть является из исходного сигнала»; на стр. 9: «функции ... называемые жесткой и мягкой обработки».

Приведенные замечания не имеют принципиального характера и не снижают общей ценности приведенного исследования.

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

Диссертационная работа Саидова Бехруза Бадридиновича представляет собой структурированную, самостоятельную и законченную научно-исследовательскую работу. В данной научной работе решена актуальная задача по повышению эффективности обработки и передачи электрокардиосигналов в ультразвуковом приемо-передающем устройстве.

Использованные соискателем методы исследования и анализа полученных данных являются корректными, а выводы логичными и обоснованными. Автореферат и публикации соответствуют содержанию диссертационной работы. Основные результаты диссертационной работы соответствуют поставленной цели и сформулированным задачам, имеют теоретическую и практическую значимость в области анализа данных, отличаются новизной в решении актуальных проблем промышленности.

Считаю, что диссертационная работа Саидова Бехруза Бадридиновича на тему «Исследование и разработка алгоритмов обработки электрокардио-сигналов в ультразвуковых приемо-передающих устройствах» удовлетворяет п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденных Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 года №842, а ее автор, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 - Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

Официальный оппонент Мясникова Нина Владимировна,
д.т.н., профессор, профессор кафедры «Автоматика и телемеханика», ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет».

440026, г. Пенза, ул. Красная, 40
Телефон: +7 (8412) 66-64-19
Адрес электронной почты cnit@pnzgu.ru
Сайт организации <https://www.pnzgu.ru/>

Докторская диссертация Мясниковой Н.В. защищена по специальности 05.11.01. Приборы и методы измерений по видам измерений.

Нина Владимировна Мясникова

(Подпись)

11.09.23

(Дата подписания)

Подпись Н.В. Мясниковой заверяю.

Учёный секретарь учёного совета

Пензенского государственного университета



(Подпись)

/О.С. Дорофеева /

(Ф.И.О)