

ОТЗЫВ

официального оппонента д.т.н., доцента, проф. каф. «Приборостроение и наноэлектроника» Института инженерной физики и радиоэлектроники
Сибирского федерального университета

Алдолина Геннадия Михайловича

на диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук

КАТАСОНОВА ДЕНИСА НИКОЛАЕВИЧА

«Методы и алгоритмы предварительной обработки и анализа сигналов бесконтактных датчиков беспроводной системы непрерывного дистанционного кардиомониторинга» по специальности 05.11.17 – «Приборы, системы и изделия медицинского назначения»

Актуальность научной работы

Актуальность диссертационного исследования обусловлена необходимостью разработки миниатюрных автономных информационно-измерительных систем, предназначенных для выполнения длительного мониторинга состояния сердечно-сосудистой системы с возможностью оперативной оценки и передачи по сотовым сетям получаемых данных. Применение таких систем на практике позволит повысить эффективность назначенной терапии за счет повышения вероятности своевременного обнаружения изменений параметров работы сердечно-сосудистой системы. На сегодняшний день широко применяются устройства холтеровского мониторирования, однако существующие системы обладают рядом существенным недостатком. Такие системы не имеют возможности динамической интерпретации получаемых данных в автономном режиме, возможности оповещения медицинской службы и пациента об изменениях в работе сердечно-сосудистой системе. Кроме этого, существующие системы не имеют возможности программируемого изменения конфигурации регистрирующих датчиков в процессе мониторинга.

В диссертации Катасонова Д.Н. рассмотрены алгоритмы предварительной обработки и методы выявления компенсации искаженных участков сигнала бесконтактных датчиков беспроводной системы непрерывного дистанционного кардиомониторинга.

Регистрация физиологических сигналов, в особенности электрокардосигнала (ЭКС) сопровождается действием помех и возмущений, существенно затрудняющих визуальный и особенно автоматический анализ и интерпретацию полученного сигнала. Оперативная интерпретация получаемых данных в автономном режиме приводит к необходимости разработки специализированных программно-аппаратных средств, позволяющих компенсировать действие возмущений. При этом требования, выдвигаемые к таким системам должны учитывать ограничения, вызванные реализацией сложных алгоритмов фильтрации и обработки данных малогабаритными вычислительными средствами с малым потреблением и, значит, с ограниченным быстродействием. Помимо этого, в существующих системах мониторинга используются проводные соединения регистрирующих электродов с устройством накопления данных, затрудняющих физическую активность пациента, что требует применения беспроводных каналов связи между элементами системы мониторинга.

В диссертационном исследовании решение поставленных задач показано на примере создания прототипа беспроводной автономной системы мониторинга сердечно-сосудистой системы. Рассмотренная система мониторинга производит регистрацию электрокардосигнала при помощи датчиков емкостного типа, регистрацию пульсовой волны при помощи датчика оптического типа, а также оценивает физическую активность пациента.

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы, приложения и изложена на 154 страницах машинописного текста.

Во **введении** показана актуальность исследования, приведены цели и задачи исследования, показана степень разработки каждой из поставленных задач, а также представлены положения, выносимые на защиту.

В первой главе приведен обзор существующих способов регистрации электрокардиосигнала, показаны характерные помехи и возмущения, сопровождающие процесс регистрации, а также результат их действия. Показано, что предпочтительным способом регистрации электрокардиосигнала для рассматриваемых систем автономного мониторинга является применение датчиков емкостного типа. Помимо этого, в первой главе рассмотрены известные подходы к компенсации искажений электрокардиосигнала вызванных действием возмущений.

Вторая глава посвящена анализу структурных и алгоритмических решений, позволяющих выполнять длительный автономный мониторинг с возможностью оперативной оценки получаемых данных и их передачи на удаленный медицинский сервер по каналам сотовой связи. Помимо этого, приведено обоснование применения технологии Bluetooth LE для обмена данными между элементами системы мониторинга. Кроме этого, в данной главе приведено сравнение различных подходов к ограничению частотного спектра регистрируемого электрокардиосигнала, показано, что предпочтительным способом является применение цепи фильтров с фиксированными параметрами АЧХ. Также во второй главе рассмотрены предложенные алгоритмы выявления искажений электрокардиосигнала. Алгоритмы основаны на методе опорных векторов, который требует представления сигнала в базисе числовых критериев, описывающих его качество. Показано, что для решения задачи выявления искаженных участков достаточно применения только двух критериев качества – амплитуды первой производной сигнала и значения статистического момента четвертого порядка. Метод опорных векторов требует формирования наличия фрагментов сигнала для которых известно сопоставление значений

критериев и качества фрагмента сигнала (т.н. обучающая выборка). Известно, что от обучающей выборки напрямую зависит результат применения метода опорных векторов. С целью адаптации обучающей выборки под особенности пользователя системы мониторинга автором предложен метод формирования обучающей выборки, который основан на автокорреляционном анализе сигнала. Следует отметить, что данный алгоритм ориентирован на работу в реальном времени. Также во второй главе предложен метод сжатия электрокардиосигнала в основе которого лежит дискретное вейвлет преобразование.

В третьей главе показаны технические особенности реализации такой системы мониторинга. Реализованный прототип состоит из датчиков ЭКГ, устройства сбора и обработки данных, а также смартфона. Приведено описание разработанного с участием автора интеллектуального датчика ЭКГ, в основе которого лежит оригинальный бесконтактный емкостной сенсор и чип с малым потреблением Texas Instruments CC2540, выполняющий аналого-цифровое преобразование сигнала и реализующий обмен данными по беспроводному каналу. В данной главе рассмотрен помехоустойчивый способ управления системой мониторинга. Предложенный способ помимо датчика ЭКГ подразумевает применение оптического датчика пульса. Примененный оптический датчик пульса может быть встроен в Bluetooth пикосеть которую образуют датчики ЭКГ и устройство сбора данных.

Следует отметить ясное стилистически выдержанное структурированное изложение, каждая из глав имеет выводы, а в заключении приведены выводы по работе в целом.

Приведенные результаты обоснованы результатами математического моделирования, а также результатами практического применения предложенных подходов на сигналах, полученных от емкостных сенсоров и тест-сигналов из общепринятых баз данных.

Научная ценность диссертационного исследования Катасонова Д.Н. заключается в том, что предложен ряд новых результатов, имеющих научное и практическое значение.

Научная новизна диссертации заключается в следующем :

Предложена система выявления искаженных фрагментов сигнала в основе которой лежит метод опорных векторов и предложенный алгоритм формирования обучающей выборки.

Предложен способ управления системой телемониторинга, который позволяет в автоматическом режиме выполнять оценку качества и параметров получаемых физиологических сигналов, оповестить пациента об изменениях в работе сердечно-сосудистой системы или в случае критического ухудшения качества получаемых сигналов.

Предложен способ сжатия электрокардиосигнала ориентированный на реализацию маломощными вычислительными средствами и обработку бинарного представления электрокардиосигнала.

Практическая значимость результатов исследования связана с предложенными автором методами и подходами, которые позволили реализовать прототип системы автономного мониторинга, предложенные результаты внедрены на практике.

Апробация работы

Содержание диссертации отражено в публикациях в журналах, включенных в перечень ВАК, а также в патенте Российской Федерации и свидетельствах о регистрации программ ЭВМ. Результаты докладывались на международных конференциях. **Основные публикации по теме диссертации:**

[1] Бессмельцев В.П., Катасонов Д.Н. Применение дискретного вейвлет-преобразования с изменением представления коэффициентов для сжатия данных в мобильных системах мониторинга ЭКГ // Медицинская техника – 2016. – № 1. с. – 25–28.

- [2] Бессмельцев В.П., Катасонов Д.Н. и др. Мобильная система для автоматизированного дистанционного мониторинга сердечной деятельности // Медицинская техника. – 2015. – №1. с. – 5 – 8.
- [3] Бессмельцев В.П., Катасонов Д.Н. и др. Телемедицина в кардиологии: новые перспективы //Фундаментальные исследования. – 2013. – № 7 (3) – с. 589–593
- [4] Katasonov D.N. Methods for improving parameters of power consumption and received data reliability in wireless mobile ECG monitoring system // 2016 13th International Scientific-Technical Conference APEIE – 39281: труды. – 2016. – том 1. с. 140 – 144.
- [5] Катасонов Д.Н. и др. Применение беспроводных технологий для мониторинга сердечной деятельности человека // III международная научно-техническая конференция «Радиотехника, электроника и связь»: труды Омск: Издательский дом «Наука», 2015 с. 338 – 344.
- [6] Катасонов Д.Н. Программа-архиватор электрокардиосигнала получаемого емкостными бесконтактными сенсорами (Комета 3.5). Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2015660701, 08 октября 2015
- [7] Катасонов Д.Н., Вилейко В.В., Программа управления беспроводным емкостным сенсором ЭКС (VVVSensor). Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2015619705, 10 сентября 2015
- [8] Пат. 2593351 Российская Федерация, МПК А61В 5/0402. Способ мониторинга сердечной деятельности пациента / Катасонов Д.Н., Бессмельцев В.П., Служев В.А., Морозов В.В., Шевела А.И.; заявитель и патентообладатель ФГБУН Институт автоматики и электрометрии Сибирского отделения Российской академии наук (ИАиЭ СО РАН), ФГБУН Институт химической биологии и фундаментальной медицины Сибирского отделения Российской академии наук (ИХБФМ СО РАН). - №2015115347/14; заявл. 23.04.15; опубл. 10.08.16, Бюл. № 22.

Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации, автореферат оформлен в соответствии с требованиями ВАК РФ.

Замечания по диссертационной работе.

1. В диссертации приведены различные подходы к адаптивной фильтрации электрокардиосигнала. Рассмотрены только один тип адаптивных БИХ фильтров, а для вейвлет фильтрации не показаны процедуры изменения пороговых значений.

2. В разделах диссертации посвященных практической реализации слабо отмечены аспекты реализации программного обеспечения и схемотехнической реализации элементов системы мониторинга.

3. В диссертации не отражены потери кардиокомплексов из-за артефактов, которые могут отразиться на показателях ВСП диагностики.

4. Диссертация содержит стилистические погрешности и пунктуационные ошибки.

Заключение

Диссертационная работа Катасонова Дениса Николаевича является законченным исследованием, которое характеризуется внутренним единством и последовательностью изложения. Разработка средств автоматической адаптивной предварительной обработки электрокардиосигнала имеет важное научное и практическое значение при создании автономных систем телемониторинга сердечной деятельности.

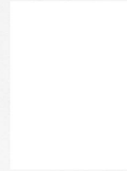
Диссертационная работа Катасонова Д.Н. является научно-квалификационной работой, в которой предложено решение задач, имеющих важное значение для развития приборов и устройств медицинского назначения.

Диссертация удовлетворяет требованиям ВАК предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Катасонов Денис Николаевич

заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.17 – «Приборы, системы и изделия медицинского назначения»

д.т.н., доцент, проф. каф. «Приборостроение и наноэлектроника»

Института инженерной физики и радиоэлектроники Сибирского федерального университета



Алдонин Г.М.

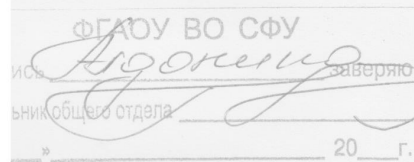
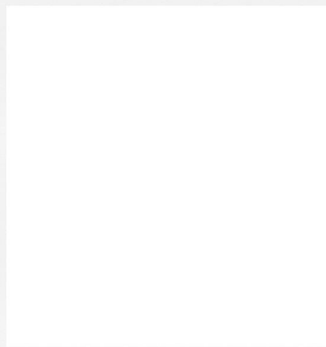
Подпись профессора Алдонина Геннадия Михайловича заверяю:

Институт инженерной физики и радиоэлектроники ФГАОУ ВО Сибирского Федерального университета, 660074, Красноярск, ул. Академика Киренского, 28.

Российская Федерация, 660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 79.

+7 (391) 244-86-25

office@sfu-kras.ru



*Свердлов получил 25 декабря 2017г
Генеральный секретарь*



В. В. Власов

Составом организатора 28 января 2017



Д.И. Катаонов