Мельник Ольга Владимировна. Разработка способов и средств для оценки параметров ST-сегмента электрокардиосигнала : Дис. ... канд. техн. наук : 05.11.17 Рязань, 2005 228 с. РГБ ОД, 61:05-5/3025

МЕЛЬНИК ОЛЬГА ВЛАДИМИРОВНА

**РАЗРАБОТКА СПОСОБОВ И СРЕДСТВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ ST-СЕГМЕНТА ЭЛЕКТРОКАРДИОСИГНАЛА**

Специальность 05.11.17 - «Приборы, системы и изделия медицинского **назначеЕіия»**

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель - кандидат технических наук, доцент Михеев А.А.

Рязань 2005

ВВЕДЕНИЕ 5

ГЛАВА 1. ОБЗОР СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА ЭЛЕКТРОКАРДИОСИГНАЛА 11

1Л. Анализ предметной области 11

1ЛЛ. Отображение электрических процессов в

сердце на ЭКГ 11

1. Принципы автоматической обработки ЭКС 21

1.2Л. Ввод и фильтрация ЭКГ 21

1. Распознавание характерных элементов ЭКГ и расчет диагностических параметров 23
2. [Интерпретация и классификация ЭКГ 35](#bookmark3)
3. Способы оценки параметров ST-ссгмента 37
4. Анализ стандартной точечной методики оценки параметров ST-сегмента 52
5. Оценка вероятности ложноположительного выявления смещения ST-сегмента 52
6. Оценка вероятности ошибочного

определения типа формы ST-сегмента 59

1. Формулировка требований к способам и средствам для оценки параметров ST-сегмента 63
2. Формулировка задач, подлежащих решению 67

ГЛАВА 2. ВЫЯВЛЕНИЕ ИНФОРМАТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ST-СЕГМЕНТА 70

1. Разработка математической модели ST-сегмента 70
2. Спектральные коэффициенты как информативные параметры 74
3. Спектральное представление ST-сегмента 84
4. Тригонометрические функции 84
5. Ортогональные полиномы 87
6. Полиномы Чебышева 89
7. Полиномы Лежандра 97
8. Функции Уолша 100
9. Сравнительный анализ спектрального представления ST-сегмента в различных базисах 108
10. Способы оценки информативных параметров 115
11. Исследование помехоустойчивости оценок

параметров ST-сегмента 120

[Выводы 130](#bookmark54)

[ГЛАВА 3. РАЗРАБОТКА СПОСОБОВ ПОЛУЧЕНИЯ АМПЛИТУДНО­ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ИНФОРМАТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ 5Т-СЕГМЕНТА 131](#bookmark42)

1. Выделение опорной точки в кардиоцикле 132
2. Устранение дрейфа изолинии 137
3. Выделение временного интервала ST-сегмента 144
4. Способ QRS-стробирования 144
5. Разработка алгоритма выделения ST-сегмента и

»«ч"\*

экспериментальное исследование

способа QRS-стробирования 158

1. Алгоритмы оценки информативных параметров и классификации типа формы ST-сегмента. Выбор пороговых уровней 164
2. Хранение информации и восстановление временной

формы ST-сегмента 168

[Выводы 173](#bookmark41)

ГЛАВА 4. ТЕХНИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ СПОСОБОВ ОЦЕНКИ ИНФОРМАТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЗТ-СЕГМЕНТА 175

1. Аппаратная реализация предложенных

способов обработки ЭКС .....176

1. Устройство для выделения ST-сегмента электрокардиосигнала в реальном времени 176
2. Устройство для оценки параметров

ST-сегмента электрокардиосигнала 179

1. Аппаратно-программный комплекс оценки параметров ST-сегмента ЭКС 191
2. Функциональная схема аппаратно-программного комплекса оценки параметров ST-сегмента ЭКС 191
3. Технические средства реализации аппаратно-программного комплекса оценки параметров ST-сегмента ЭКС и обоснование требований к ним 194
4. Алгоритм сопряжения аналоговой и цифровой частей аппаратно-программного комплекса оценки параметров ST-сегмента ЭКС 199
5. Программное обеспечение для оценки

параметров ST-сегмента ЭКС 203

207

Выводы 206

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

, ^

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- ’■л

Актуальность проблемы. В большинстве стран мира за последние го­ды значительно возросли заболеваемость и смертность, связанные с сердеч­но-сосудистыми заболеваниями. Россия входит в настоящее время в первую десятку стран с максимальной смертностью от кардиально обусловленных причин. Повышение эффективности лечения и возвращение пациентов к ак­тивной жизни связаны, прежде всего, с ранней диагностикой, своевременным обнаружением заболеваний. Наиболее широко используемым методом диаг­ностики нарушений деятельности сердечно-сосудистой системы является электрокардиография. На сегодняшний день всё более широкое распростра­нение приобретают автоматические методы интерпретации электрокардио­граммы (ЭКГ).

В клинической практике диагностики сердечной деятельности большое значение имеет анализ изменения характера ST-сегмента электрокардиосиг­нала (ЭКС). Форма ST-сегмента отвечает в кардиоцикле за период полного охвата возбуждением желудочков миокарда и в норме **должна** представлять собой «площадку» с нулевым потенциалом, то есть совпадать с изоэлектри- ческой линией ЭКС. Различные степени заболеваний, связанных с нарушени­ем электрической проводимости желудочков (инфаркт миокарда, ишемиче­ская болезнь сердца), в зависимости от тяжести поражения проявляются в последовательном изменении формы ST-сегмента - от незначительного сме­щения в сторону положительного или отрицательного потенциала до **заметЕюго** искажения формы ЭКС.

Основным используемым на сегодняшний день способом оценки пара­метров ST-сегмента является способ измерения сигнала ЭКС в характерных точках и сравнения полученных значений с порогами. Данный способ обла­дает низкой помехоустойчивостью, и под влиянием воздействия флуктуаци- оиных помех может быть принято ошибочное решение об особенностях ST- сегмента.

Используемые для повышения помехоустойчивости процедуры усред­нения сигнала во временной области в течение нескольких кардиоциклов об­ладают существенным недостатком - в процессе усреднения может быть по­теряна информация о наличии кратковременных эпизодов изменений в фор­ме ST-сегмента (ишемические эпизоды). Кроме того, усреднение снижает оперативность получения информации и требует дополнительных вычисли­тельных затрат.

Таким образом, существующие подходы к оценке параметров ST- сегмента позволяют достоверно выявить нарушения в работе сердечно­сосудистой системы только при явно выраженной симптоматике и не исполь­зуют в полной мере диагностические возможности автоматической обработ­ки ЭКС. В связи с этим поиск, разработка и исследование новых способов и алгоритмов для оценки параметров ST-сегмента и их воплощение в виде ап­паратных и программных средств являются актуальной задачей. >

Цели и задачи работы. Целью диссертационной работы является по­вышение надежности выявления клинически значимых признаков формы ST- сегмента на ЭКГ на ранних стадиях развития заболеваний на основе создания способов и средств достоверного автоматического анализа параметров фор- ; мы ST-сегмента, обеспечивающих увеличение диагностической и прогности­ческой значимости результатов электрокардиографического исследования.

Для достижения этой цели в работе решаются следующие задачи:

* построение модели ST-сегмента, отражающей основные принятые в медицинской практике клинически значимые признаки, выражен­ные в параметрах формы ST-сегмента;
* разработка способов и алгоритмов выделения временного интервала ST-сегмента;
* разработка способов и алгоритмов выявления информативных параметров ST-сегмента;
* разработка наборов решающих правил для классификации типа формы ST-сегмента и количественной оценки его параметров;
* разработка способов восстановления временной формы сигнала ST- сегмента на основе минимального набора хранимых данных;
* разработка аппаратного и программного обеспечения для реализа­ции предложенных способов автоматического анализа параметров формы ST-сегмента в реальном масштабе времени.

Методы исследования. Теоретическая часть диссертационной работы построена на базе аппарата математического анализа, теории спектрального анализа, теории приближения функций, теории обнаружения сигналов и ма­тематической статистики. Экспериментальные исследования проводились с использованием аннотированных баз данных реальных ЭКГ, предназначен­ных для тестирования автоматических способов обработки ЭКС (European ST-T Database, QT-T Database). Результаты исследований получены в про­граммных средах Math с ad, Matlab и Delphi,

**Научная новизна работы**

1. Разработана математическая модель ST-сегмента ЭКС, формализую­щая основные принятые в медицинскои практике клинически значимые признаки формы в виде совокупности конечного числа сигналов- примитивов, что обеспечивает однозначное представление диагностиче­ских параметров сигнала набором числовых коэффициентов.
2. Сформулированы требования к базисным функциям, которые позво­ляют обосновать выбор базиса, обеспечивающего выявление информа­тивных параметров с учетом особенностей формы исследуемого сигнала. Произведен выбор систем базисных функций, в которых в наиболее яв­ном виде прослеживается взаимосвязь между параметрами формы, вы­раженными: в виде набора коэффициентов сигналов-примитивов, и спек­тральным составом исследуемого участка сигнала. Установлено, что в наибольшей степени поставленным требованиям удовлетворяют базисы функций Уолша и полиномов Лежандра.
3. Предложены и исследованы способы выявления информативных пара­метров формы ST-сегмента в его спектральном составе в базисе полино- мов Лежандра и функций Уолша, обеспечивающие, по сравнению с ши­роко распространенными точечными способами, в 6-8 раз большую ус­тойчивость к воздействию флуктуационных помех на ЭКС, что повыша­ет чувствительность к низкоамплитудным изменениям формы информа­тивного сигнала, в том числе и кратковременным (ишемические эпизо­ды), и, соответственно, диагностическую и прогностическую значимость результатов обработки. Предложенные способы позволяют обеспечить хранение информации об ST-сегменте минимальным набором информа- тибных параметров.
4. Разработаны наборы решающих правил, позволяющие на основе трех значений спектральных составляющих в базисах Лежандра и Уолша, отображающих клинически значимые параметры формы ST-сегмента, производить классификацию типов формы ST-сегмента в соответствии с принятыми в медицине требованиями на нормальные и характеризую­щие отклонения от нормы и алгоритмы классификации на их основе.
5. Предложены и исследованы способ выделения временного интервала ST-сегмента, обладающий устойчивостью к изменению морфологии ЭКС и обеспечивающий работу в режиме реального времени, а также ал­горитмы для его реализации.

Практическое значение работы. Предложенные способы оценки па­раметров формы ST-сегмента обеспечивают большую, по сравнению с из­вестными, точность определения информативных параметров за счет исполь­зования интегральных критериев, имеют при этом падежную реализацию и позволяют производить обработку ЭКС в реальном времени. Они могут быть использовапы в автоматических системах обработки для точного измерения параметров элементов кардиоцикла (параметров формы зубцов и комплек­сов), таких, как ЭТ-сегмент, Т- и Р-зубцы. Практические результаты получе­ны в ходе выполнения работы по гранту администрации Рязанской области в сфере науки и техники (раздел «Медицинская техника») «Разработка и вне­дрение медико-компыотерной системы установления диагноза центральной нервной системы и сердечно-сосудистой системы у детей» 17-04 (утв. поста­новлением № 178-КГ от 24.03.2004).

Реализация результатов работы. Разработанный аппаратно­программный комплекс оценки информативных параметров ST-сегмента ис­пользован в Рязанском областном консультационно-диагностическом центре для детей для исследования связи между наличием микроаномалий миокарда (трабекул левого желудочка) и синдромом ранней реполяризации желудоч­ков (СРРЖ), признаком которого является вогнутая элевация ST-сегмеита. Результаты его применения подтвердили правильность предложенных теоре­тических принципов и расчетных соотношений.

Разработанные методы анализа ST-сегмента использованы в учебном процессе РГРТА в курсе «Обработка биомедицинских сигналов и данных» для специальностей 190500 и 190600 и направления 553400,

Основные положення, выносимые на защиту J

1. Математическая модель ST-сегмента, формализующая основные принятые в медицинской практике клинически значимые признаки формы и позво­ляющая однозначно представить диагностические параметры ST-сегмента набором числовых коэффициентов. >
2. Способы выявления информативных параметров ST-сегмента на основе набора спектральных составляющих в базисах полиномов Лежандра и функ­ций Уолша, обеспечивающие, по сравнению с точечными способами, в 6-8 раз большую устойчивость к воздействию флуктуационных помех на ЭКС, достоверную оценку параметров ST-ссгмента в режиме реального времени и позволяющие повысить диагностическую и прогностическую ценность кар­диографического исследования.
3. Наборы решающих правил для классификации типов формы ST-сегмента в соответствии с принятыми в медицине требованиями, основанные на рас­смотрении его интегральных информативных параметров, вычисленных в ба­зисах Лежандра Уолша, и обеспечивающие возможность отнесения ST- сегмента к тому или иному принятому классу.
4. Способ выделения временного интервала, принадлежащего ST-сегменту, обеспечивающий устойчивую работу в режиме реального времени в услови­ях вариабельности амплитудно-временных параметров зубцов и комплексов ЭКС. . >л
5. Структурные и функциональные схемы устройства выделения временного интервала ST-сегмента и устройства для оценки параметров ST-сегмента, разработанные в соответствии с предложенными способами и позволяющие обеспечить достоверную оценку параметров формы ST-сегмента в режиме реального времени. Аппаратно-программный комплекс для оценки парамет­ров ST-сегмента, реализующий совокупность предложенных способов и по­зволяющий производить достоверную оценку амплитудно-временных пара­метров ST-сегмента ЭКС.

Апробация,.работы. Основные положения и результаты диссертацион­ной работы докладывались и обсуждались на конгрессах и конференциях, различного уровня, а именно: всероссийских НТК «Биомедсистемы» (г. Ря­зань, 2000-2004 гг.); па Ш и IV международных симпозиумах «Электроника в медицине. Мониторинг, диагностика, терапия» в рамках конгресса «Кардио- стим» (г. Санкт-Петербург, 2002 г., 2004 г.); международных НТК «Пробле­мы передачи и обработки информации в сетях и системах телекоммуника­ций» (г. Рязань, 2002 г., 2004 г.); всероссийской НТК «Новые информацион­ные технологии в научных исследованиях и в образовании» (г. Рязань, 2003г.); 9-Й международной НТК «Радиоэлектроника, электротехника и энер­гетика» (г. Москва, 2003 г.); 10-й всероссийской межвузовской НТК «Микро­электроника и информатика - 2003» (г. Зеленоград, 2003 г.).

Структура работы. Диссертация состоит из введения, 4 глав, заклю­чения и списка литературы из 105 наименований. Общий объем работы со­ставляет 218 страниц основного текста, включая 70 рисунков и 21 таблицу.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 25 печатных работ, в том числе 8 - в изданиях, рекомендованных ВАК Минобразования России, 1 патент РФ и 1 свидетельство о регистрации программы. ..

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе предложены и исследованы

помехоустойчивые способы и средства для оценки параметров формы ST- сегмента, повышающие диагностическую и прогностическую значимость результатов электрокардиографического исследования.

1. Обоснована целесообразность использования интегральных критериев для оценки информативных параметров ST-сегмента. Показана возможность представления информативных параметров ST-сегмента спектральными коэффициентами соответствующих базисных функций и сформулированы требования, которым должна удовлетворять система таких функций.
2. Разработана математическая модель ST-сегмента, отражающая принятые в медицинской практике клинически значимые признаки формы в виде совокупности конечного числа сигналов-примитивов.
3. Произведен выбор систем базисных функций, отображающих информативные параметры ST-сегмента наименьшим числом спектральных коэффициентов.
4. Предложены и исследованы способы выявления информативных параметров формы ST-сегмента в его спектральном составе в базисе полиномов Лежандра и функций Уолша, обеспечивающие, по сравнению с широко распространенными точечными способами, в 6-8 раз большую устойчивость к воздействию флуктуационных помех на ЭКС.
5. Сформулированы решающие правила для классификации типов формы ST-сегмента на основе значений его спектральных составляющих в соответствии с принятыми в медицинской практике требованиями на нормальные и характеризующие отклонения от нормы.
6. Разработаны алгоритмы, реализующие предложенные способы получения амплитудно-временных характеристик информативных параметров и Классификации на их основе типов формы ST-сегмента.

Определены численные значения порогов сравнения «наличие/отсутствие значимо выраженного параметра формы»,

1. Предложены способ выделения временного интервала, принадлежащего ST-сегменту, обладающий устойчивостью к изменению морфологии ЭКС и обеспечивающий работу в режиме реального времени, а также алгоритм его реализации,
2. Предложены варианты технического воплощения разработанных способов.

Основные результаты, полученные в диссертационной работе, могут быть использованы для распознавания квазипериодических биоэлектрических сигналов и оценки содержащейся в них информации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алгоритмы для анализа смещения ST-сегмента плода во время родов. Р.
2. Шеповальников, А. П. Немирко, А. Н. Калиниченко. Государственный Электротехнический Университет «ЛЭТИ». - Биотехнические системы в XXI веке. Материалы конференции. СПб., 2004. С. 72 - 74.
3. Анго А. Математика для электро- и радиоинженеров/ Пер. с франц. под общ. ред. К.С. Шифрина. М.: Наука, 1967. 780 с.
4. Ахиезер Н.И. Лекции по теории аппроксимации. -М.:Наука, 1965 - 407 с.
5. Беркутов А.М., Гуржин С.Г., Дунаев А.А., Прошин Е.М. Повышение эффективности регистрации формы электрокардиосигнала корреляционной обработкой в цифровой осциллографии // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. 2002, № 7. С. 7-13.
6. Бойцов С.А. и др, Новый метод описания результатов спектрально­временного картирования ЭКГ ВР и оценка его диагностической эффективности, [http://www.cor.neva.ru/vestnic/nl4/st04text.htm.](http://www.cor.neva.Ri/vestnic/nl4/st04text.htm)
7. Борисов Ю. П., Пенин П. И. Основы многоканальной передачи информации. М.: Связь, 1967. 435 с.
8. Бородин А.В. Методы повышения помехоустойчивости оценки параметров электрокардиосигнала: Автореф. (05.12.17)/ ЛЭТИ, Л., 1988. 16 с.
9. Булыгин В.П., Васапов Т.Б., Лобанов Д.А., Пирвердиев Ч.А, Смирнов
10. Ю., Федоров С.И., Харатьян Е.И., Чепайкин А.Г. Вопросы создания интерпретирующего электрокардиографа. // Тезисы докладов международного симпозиума "Компьютерная электрокардиография на рубеже столетий ХХ-ХХГ. - М.:Крук, 1999. - С.288-290.
11. Валужис А.К., Рашимас А.П. Статистический алгоритм структурного анализа ЭКС. // Кибернетика, 1979, №3. С.91-95.
12. Габриэль Хан М. Быстрый анализ ЭКГ. М.: Бином, 2000. 286 с.
13. Гаврилов Д.Н., Зайченко К.В. Алгоритм выделения регулярного

сигнала из шумов методом биспектрального усреднения// Приборостроение, 1998. №9. С. 17-2 U, .

1. Генкин А. А. Модуль анализа физиологических процессов программного комплекса ОМИС // Медицинская техника. 2002. №3. С. 32-45.
2. Гоноровский И.С., Демин М.П. Радиотехнические цепи и сигналы. М.: Радио и связь, 1994. 480 с.
3. Гончаров В.А. Теория интерполирования и приближения функций. М.: Гостехиздат, 1954. 328 с.
4. ГОСТ 25995-83. Электроды для съема биоэлектрических потенциалов:

Общие технические требования и методы испытаний. М.: Изд-во стандартов, 1984.25 с. , ,л .

1. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. М.: Высш. шк., 1998. 479 с.
2. Дощицин B.J1. Практическая электрокардиография. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Медицина, 1987. 336 с.
3. Дупляков В.В., Емельянененко В.М. Синдром ранней реполяризации желудочков/Кардиология, 1998. №5. С. 64-68.
4. Дьяконов В.П. Вейвлеты. От теории к практике.-М.:СОЛОН-Р,-2002. 448 с.
5. Зайченко К.В. и др. Съем и обработка биоэлектрических сигналов. Учебное пособие/под ред. К.В. Зайченко. СПбГУАП. СПб., 2001. 140 с.
6. Иванов Г.Г., Сметнев А.С., Простакова Т.С. и др. Поздние потенциалы и спектрально-временное картирование предсердного зубца Р у больных с пароксизмальной формой мерцательной аритмии. Кардиология 1996;11:43-8.
7. Истомина Т.В., Чувыкин Б.В., Щеголев В.Е. Применение теории Wavelets в задачах обработки информации. Пенза, 2000.
8. Истомина Т. В., Кривоногов Л. Ю. Возможности применения последовательной ранговой обработки для создания портативной карди о аппаратуры //Медицинская техника. 2002. №1. С. 12-14.
9. Калантар В.А., Аракчеев А.Г., Гундаров В.П. Теоретические основы и программное воплощение контурного анализа кардиосигналов в реальном масштабе времени// Медицинская техника, 1999. №1. С. 26-30.
10. Карасев В. В., Михеев А. А., Нечаев Г. И. Измерительные системы для

вращающихся узлов и механизмов. М.: Энергоатомиздат, 1996. 176 с.

1. Кардиомониторы. Аппаратура непрерывного контроля ЭКГ: Учеб.

пособие для вузов/А.Л. Барановский, А.Н. Калиниченко, Л.А. Манило и др.; Под ред. А.Л. Барановского и А.П. Немирко. М.: Радио и связь, 1993. 248 с.

1. Киреев А. М., Аракчеев А. Г., Сивачев А. В. Электронный метод выделения вариабельности сердечного ритма // Вестник аритмологии. 2004. №35. Приложение А, В. С. 190.
2. Колмогоров А.Н., Фомин С.В. Элементы теории функций и

функционального анализа,- М.:Наука, 1965,- 498 с.

**> >**

1. Кравченко В.Ф., Попов А.Ю. Дискретизация и цифровая фильтрация электрокардиограммы.//Зарубежная радиоэлектроника. 1996. №1. С. 38-44.
2. Кривоногов Л.Ю. Структурно-ранговый подход к распознаванию кардиоимпульсов// Системный анализ, обработка информации и новые технологии: Научн.-техн. журнал. - Пенза: Изд. центр Пенз. гос. ун-та, 2003. - №10. С. 39-40.
3. Левкович-Маслюк, Дайджест вейвлет-анализа, Компьютерра, №8,1998.
4. Лебедев В.В. и др. Алгоритмы измерения длительности комплексов

ЭКГ// Медицинская техника. 1998, № 5. С. 6-14.

, ^

1. Лебедев В.В., Калантар В.А., Аракчеев А.Г., Корадо И.В. Испытательный сигнал для проверки измерительных алгоритмов элктрокардиографических автоматизированных систем// Медицинская техника, 1997. №3. с. 40-41.
2. Лебедев В.В, К вопросу о возможности определения положения зон нарушений процесса деполяризации миокарда методом высокочастотной фильтрации ЭКГ//Медицинская техника, 1999. №6. С. 11-18.
3. Локшин С.Л., Васильева Л.И., Правосудович С.А. и др. Клинико­инструментальная оценка синдрома ранней реполяризации желудочков. В сб. 2-го международного конгресса по электростимуляции и клинической физиологии сердца. СПб, 1994; 146.
4. Малиновский Л.Г., Пинснер И.Ш., Цукерман Б.М. Математические

методы описания^ЭКГ // Медицинская техника. -1968, №5. С.3-7.

1. Мановцев А.П. Основы теории радиотелеметрии. М.: Энергия, 1978. 592 с.
2. Милева К.Н. Разработка и исследование методов автоматического

анализа ST-сегмента электрокардиограммы в реальном масштабе времени: Автореф. */ЯЭт. Я.,* 1989. 16 с.

1. Мельник О.В., Михеев А.А. Анализ помехозащищенности оценок параметров ST-сегмента электрокардиосигнала// Международная научно­техническая конференция «Измерение, контроль, информатизация»: Материалы конференции. Барнаул, 2002. С. 91-93.
2. Мельник QJB., Михеев А.А. Выбор базисных функций для выявления информативных параметров ST-сегмента электрокардиосигнала// Вестник РГРТА. Вып. 12. Рязань, 2003. С. 56-59.
3. Мельник О.В., Михеев А А., Нечаев Г.И. Выделение дрейфа изолинии электрокардиосигнапа // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. № 1-2, 2005. С. 26-30.
4. Мельник О.В. Выявление признаков формы ST-сегмента электрокардиосигнала в его спектральном представлении // 10-я всероссийская межвузовская НТК «Микроэлектроника и информатика - 2003»: Тезисы доі^падов. М.: МИЭТ, 2003. С. 127.
5. Мельник О.В., Дмитриева Н.В., Михеев А.А., Цветкова И. В. Дисперсия интервала QT и оценка ST-сегмента на ЭКГ у детей с аномально расположенными хордами в левом желудочке // Вестник аритмологии. Приложение С. 2004. С. 126.
6. Мельник О.В., Мельник Г.И., Филатов А.Д. Интегральный подход к оценке параметров условно-детерминированных сигналов // Научно­технический информационный бюллетень «Новые технологии», работы РИ МГОУ. № 2с. М., 2003. С. 57-59.
7. Мельник О.В., Михеев А.А. Интегральный подход к оценке параметров ST-сегмента электрокардиосигнала// Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. № 5, 2003. С. 8-11.
8. Мельник О.В. Использование дискретных функций Уолша для анализа биомедицинских сигналов // Всероссийская научно-техническая конференция «Биомедсистемы-2000»; Тезисы докладов. Рязань, 2000г.'С. 58.
9. Мельник О.В. Исследование достоверности оценок параметров ST-

сегмента в различных базисах // Всероссийская научно-техническая конференция «Биомедсистемы-2003»: Тезисы докладов. Рязань, 2003. С. 80-81.

1. Мельник О.В., Михеев А.А. Исследование достоверности

представления ST-сегмента в различных базисах// Вестник аритмологии, приложение С. 2004. с. 192.

1. Мельник О.В., Михеев А.А. Исследование ST-сегмента

электрокардиосигнала с помощью функций Уолша // «Физика полупроводников. Микроэлектроника. Радиоэлектронные устройства»: Межвуз. сб. науч. тр. Рязань: РГРТА, 2001. С. 38-40. .

1. Мельник О.В., Варнавский А.Н., Михеев А.А. Метод выделения

опорной точки в каждом кардиоцикле // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. № 1-2, 2005. С. 36-39.

1. Мелышк О.В., Михеев А.А. Новые подходы к оценке параметров

электрокардиосигнала // Международная научно-техническая конференция «Проблемы передачи и обработки информации в сетях и системах телекоммуникаций»: Материалы конференции. Рязань, 2002. С. 138-140.

1. Мельник О.В. Новые подходы к оценке параметров ST-сегмента

электрокардиосигнала // Всероссийская научно-техническая конференция «Биотехнические системы в XXI веке»: Материалы конференции. СПб., 2004. С. 65-67.

1. Мельник О.В., Михеев А.А. Оценка достоверности спектральных показателей формы ST-ссгмента с учетом характера выбора временного окна преобразования // Международная научно-техническая конференция «Проблемы передачи и обработки информации в сетях и системах телекоммуникаций»: Материалы конференции. Рязань, 2004. С. 55-57.
2. Мельник О.В. Оценка параметров элементов кардиосигнала // 9-я международная техническая конференция «Радиоэлектроника, электротехника и энергетика»: Тезисы докладов. М.: Издательство МЭИ. 2003. С. 236-237, ^
3. Мельник О.В., Зуйкова О.А., Михеев А.А. Оценка параметров ST- сегмента // Вестник аритмологии. Приложение С. 2002. С. 158.
4. Мельник О.В. Оценка типа формы ST-сегмента электрокардиосигнала с помощью функций Уолша // Всероссийская научно-техническая конференция «Биомедсистемы-2001»; Тезисы докладов. Рязань, 2001. С. 16-17.
5. Мельник О.В. Повышение помехозащищенности оценок параметров ST-сегмента // Всероссийская научно-техническая конференция «Биомедсистемы-2002»: Тезисы докладов. Рязань, 2002. С. 66-67.
6. Мельник Q,B.S Михеев А.А. Представление элементов кардиосигнала степенным полиномом и взаимосвязь со спектральным составом в базисе функций Уолша // Всероссийская научно-техническая конференция «Новые информационные технологии в научных исследованиях и в образовании «НИТ-2003»»: Тезисы докладов. Рязань, 2003. С. 167-168.
7. Мельник О.В. Программа оценки типа формы ST-сегмента электрокардиосигнала. Свидетельство о регистрации № 3824 от 29.08.2004.
8. Мельник О.В. Разработка и внедрение медико-компьютерной системы поддержки установления диагноза заболеваний центральной нервной и сердечно-сосудистой систем у детей: Отчет о НИР (заключительный) / РГРТА; Рук. Локтюхин В.Н. - Тема 17-04Г; № ГР 01200500873. Рязань, 2004. Соисполнитель Мельник О.В.

215 .

1. Мельник О.В. Разработка методов и средств оценки параметров ST-

сегмента электрокардиосигнала // Всероссийская ' научно-техническая конференция «Биомедсистемы-2004»: Тезисы докладов. Рязань, 2004. С. 9-10.

1. Мельник О.В., Михеев А.А. Способ выявления информативных параметров ST-сегмента и устройство для его осуществления *if* Патент РФ № 2242164, А 61 В5/0402, В5/0452. Открытия. Изобретения. Опубл. 20.12.2004. Бюл. N° 35. ■
2. Мельник О.В., Дмитриева Н.В., Цветкова И.В.

Электрокардиографические признаки аритмогенной готовности миокарда у детей с аномально расположенными хордами // Современные проблемы педиатрии. Сб. науч. тр. Рязань-Москва, 2005. С. 70-73. ‘

1. Михеев А. А., Новиков А.С. Оценка динамики ST-сегмента кардиосигнала. «Физика полупроводников. Микроэлектроника. Радиоэлектронные устройства». Межвуз. сб. науч. тр. Рязань. 2001. С. 40-42.
2. Мурашов П. В. Алгоритм устранения низкочастотных помех электрокардиограммы при помощи вейвлет-преобразования // Известия ЛЭТИ. Серия «Биотехнические системы в медицине и экологии». СПб., 2003. Вып. 1.20-23.
3. Нагин В.А., Селищев С.В. Особенности реализации алгоритмов

■> *S*

выделения QRS-комплексов для ЭКГ-систем реального времени// Медицинская техника, 2002. №1. С. 18-23.

1. Никитин Ю.П., Кузнецов А.А. Дисперсия интервала Q-T// Кардиология, 1998. №5. С. 58-62.
2. Опарин А.Л., Рудык Ю.С. Применение вейвлет разложения для анализа вариации сердечного ритма/ Сборник трудов Второго виртуального конгресса по ВСР. <http://wwwJrrvcongress.org/second/first/plased_2/Oparin_Abs.rtf>[.](http://www.hrvcongress.org/second/first/plased_2/Oparin_Abs.rtf)
3. Патент РФ №2195164, А61В 5/02. Способ выделения начала

кардиоцикла и устройство для его осуществлсния/А. А. Михеев// Открытия. Изобретения. 2002;№36. ‘

1. Патент РФ №2219828, А61В 5/02. Способ выделения начала кардиоцикла и устройство для его осуществления/0. А. Зуйкова, А. А. Михеев// Открытия. Изобретения. 2003. №36.
2. Пипбергер X. Анализ электрокардиограмм на вычислительной машине. // Вычислит, устройства в биологии и медицине. -М.:Мир, 1967, С. 15-19.
3. Плотников А,В. Автоматизированный анализ

электрокардиографических сигналов в системах прикроватного мониторинга. -Информационный ресурс по электркардиографии, <http://www.ecg.ni/pub/abstract/1999/miet/palex/referat.htm>.

1. Подлесов А.М., Бойцов С.А., Егоров Д.Ф. и др. Мерцательная аритмия. СПб.: Изд-во "ЭЛБИ-СПб". - 2001. - С. 77-9.
2. Пономарев £.Б., Лещинский Л.А., Русяк И.Г. Очерки прогнозирования в кардиологии. Ижевск, 2000. 192 с.
3. Построение многоканальных цифровых электрокардиографов. [http://www.VTnark.nm.ni/index.litml](http://www.viTiark.nm.ni/index.html)**.**
4. Руксин В.В. Неотложная кардиология. М.: Бином, 1999. 469 с.
5. Рыжевский А.Г., Шабалов Д.В. Автоматизация контроля формы моноимпульсных сигналов. -М: Энергоатом из дат, 1986,- 96 с.
6. Рябыкина Г.В. Методические рекомендации по холтеровскому мониторированию электрокардиограммы. М.: Российский кардиологический научно-производственный комплекс М3 РФ, 2003. 92 с.
7. Рябыкина Г.В. Диагностика ишемии миокарда у больных с коронарогенной и некоронарогенной патологией при холтеровском мониторировании электрокардиограммы// Вестник аритмологии, № 32. 2003.

С. 8-16.

1. Справочник по электрокардиографии/ под ред. Медведева В.П. СПб.: Питер, 2000. 368 с.
2. Суетин П.К. Классические ортогональные многочлены,- М.: Наука, 1979.-415 с.
3. Теория управления. Терминология. Вып. 107. М.: Наука, 1988. - с.56.
4. Тепляков И.М. Радиотелеметрия. М.: «Советское радио», 1966. 310 с.
5. Филист С.А. Методы двумерного спектрального преобразования электрокардиосигналов в ранней диагностике сердечно-сосудистых заболеваний//Биомедицинская радиоэлектроника, 2001. №3. С. 15-20.
6. Харкевич А.А. Борьба с помехами. М.: Наука, 1965. 276 с.
7. Хургин Я.И. Применение теории случайных процессов при

исследовании прохождения флюктуационных шумов через лииейные и нелинейные системы. М.: Отдел научно-технической информации, 1950. 30 с.

1. Шевченко Н.М. Амбулаторное мониторирование ЭКГ (показания к применению) // Российский кардиологический журнал, 1998. №5. С. 10-15.
2. Evaluation of an Automatic Threshold Based Detector of Waveform Limits in Holter ECG with the QT database// R. Jane, A. Blasi, J. Garcia, P. Laguna. [http://www.physionet.org/physiobank/database/qtdb/eval/wfIimits.html](http://www.physionet.org/physiobank/database/qtdb/eval/wflimits.html).
3. European ST-T Database. - [http ://www .phy sionet .org/physi obank/database/edb/](http://www.physionet.org/physiobank/database/edb/).
4. Laguna P. R. G. Mark, Goldberger A., Moody G. В., A database for evaluation of algorithms for measurement of QT and other wavefonn intervals in the ECG. Computers in Cardiology. 1997.
5. Laguna P., Caminal P., Jane R., Automatic QT Interval Analysis in Post- Myocardial Infarction Patients. Journal of Ambulatory Monitoring 1991, 4, no. 2, 93-111.
6. Long-term ST database: a reference for the development and evaluation of automated ischacmfa detectors and for the study of the dynamics of myocardial ischaemia/ Jager F. at all. Medical & Biological Engineering & Computing *41(2): 172-182 (2003).*
7. Moody G. B., ECG Database Applications Guide. Harvard University - Massachusetts Institute of Technology, Division of Health Sciences and Technology. July 1992.
8. Jagcr, F. (1994): 'Automated detection of transient ST-segment changes during ambulatory ECG-monitormg’, PhD Thesis, University of Ljubljana, Faculty of Electrical & Computer Engineering, Ljubljana, Slovenia
9. Jager, F., Moody, G. B.f and Mark, R. G. (1998): 'Detection of transient ST- Segment episodes during ambulatory ECG-momtoring\*, *Comp, and Biom. Res.* 31, pp. 305-322.
10. Presedo, J.t Vila, J., Barro, S., Palacios, F., Ruis, R., Taddei, A., and Emdin, M. (1996): 'Fuzzy modelling of the expert's knowledge in ECG-based ischaemia detection', *Fuzzy Sets and Systems,* 77, pp. 63-75.
11. QT-T Database, [http://www.physionet.org/physiobank/database/qtdb/.](http://www.physionet.org/physiobank/database/qtdb/)
12. Silipo, R., Gori, М., Taddei, A., Varanini, М., and Marchesi, C. (1993): 'Comparing statistical to neural classifiers of the QRS morphologies’, in Mancini, Cristalli, Fioretti, Bedini (Eds): 'Biotelemetry ХІГ, pp. 263-271.
13. Silipo, R., and Marchesi, C. (1996): 'Neural techniques for ST-T change detection', *Comput*. *Cardiol,* pp. 677-680.
14. Stamkopoulos, Т., Diamantaras, K., Maglaveras, N., and Strintzis, M. (1998): 'ECG analysis using nonlinear PCA neural networks for ischemia detection’, *IEEE Trans. Signal Proc*., 46, pp. 3058-3067.
15. Karlsson , et al. Myocardial ischemia and infarction analysis and monitoring method and apparatus. United States Patent 5,520,191. May 28, 1996.
16. Stadler , et al. Ischemia detection during non-standard cardiac excitation patterns. United States Patent 6,381,493. April 30, 2002.
17. Stadler , et al. Method for ischemia detection and apparatus for using same. United States Patent 6,128,526. October 3, 2000.
18. Wavelet Transform In ECG Signal Processing/ I. Provaznik, J. Kozumplik et al. //Proc. EuroCoference BIOSIGNAL, 2000. Brno (Czech Republic). P. 135-140.
19. Zywietz С., Celikag D., Testing Results and Derivation of Minimum Performance criteria for Computerized ECG-Analysis. Computers in Cardiology 1991,97-100.