

## **Отзыв**

официального оппонента доктора технических наук, профессора

Ивахно Наталии Валериевны

на диссертацию Бодина Андрея Юрьевича

«Средства электрокардиодиагностики на основе многоканальной регистрации и помехоустойчивой обработки электрокардиосигналов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.12. Приборы, системы и изделия медицинского назначения

### **Актуальность темы исследования**

По данным Всемирной организации здравоохранения заболевания сердечно-сосудистой системы прочно лидируют среди причин смертности. Основными путями снижения смертности от сердечно-сосудистых заболеваний являются профилактика и своевременная диагностика. При этом на первое место выступает профилактическое обследование (скрининг) населения, поэтому актуальной является задача повышения эффективности скрининговых систем неинвазивной электрокардиодиагностики.

### **Анализ содержания работы**

Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, списка используемых источников, приложений и перечня принятых сокращений.

Во **введении** обоснована актуальность темы исследования, определена цель диссертационной работы, приведены научная новизна, практическая значимость, представлены данные об апробации работы.

В **первой главе** проведен критический обзор существующих решений, определены пути совершенствования систем неинвазивной электрокардиодиагностики на основе анализа существующих решений.

Во **второй главе** предложена структурная схема скрининговой системы неинвазивной электрокардиодиагностики, включающая в себя многоэлектродную регистрацию, помехоустойчивую обработку и серверную часть. Приведены требования к пропускной способности канала связи между клиентской и серверной частью.

**Третья глава** посвящена разработке способа помехоустойчивой обработки электрокардиосигналов на основе разложения сигнала на эмпирические моды и последующей фильтрации. В работе представлены

оценки среднеквадратической погрешности ВЧ фильтрации при различном отношении сигнал/помеха. Для оценки эффективности НЧ-фильтрации предложено использовать изменение коэффициента дрейфа на интервале анализа, включающем ТР интервалы, расположенные до и после анализируемого кардиоцикла.

В четвертой главе рассмотрены вопросы реализации устройства регистрации, выполненного в виде жилета с предустановленными электродами и электронного блока регистрации, а также серверной части, взаимодействующей с блоком регистрации по каналу связи. В ходе испытаний подтверждена работоспособность системы, приведены временные диаграммы, экранные формы, осуществлен подбор элементной базы.

В заключении диссертации приводятся краткие итоги и выводы по работе.

В приложениях содержатся справка об использовании результатов, акт о внедрении, перечень элементов и материалов, структурные и функциональные схемы.

### **Достоверность и новизна результатов диссертации**

Достоверность представленных в работе результатов подтверждается их соответствием известным научным данным, сравнительным анализом с результатами исследований в данной области, а также практической реализацией разработанных решений, что подтверждается актами о внедрении.

**Научной новизной характеризуются следующие результаты диссертации:**

1. Разработана архитектура скрининговой системы неинвазивной электрокардиодиагностики, включающая в себя многоэлектродную регистрацию электрокардиосигналов, алгоритмы помехоустойчивой обработки, средства визуализации полученной информации.

2. Предложен способ подавления электрокардиографических помех в условиях скрининговых обследований, основанный на применении эмпирической модовой декомпозиции (ЭМД) с учетом характеристик помехи.

3. Предложен метод выявления гемодинамически значимых аритмий на основе анализа электрокардиосигналов, расширяющий функциональные возможности скрининговой системы неинвазивной электрокардиодиагностики.

4. Разработано устройство регистрации множественных отведений электрокардиосигналов, обеспечивающее регистрацию 64 каналов, а также серверная часть системы, обеспечивающая взаимодействие с блоком регистрации и обработку получаемых данных.

#### **Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, подтверждается тем, что в работе корректно используются известные положения электрокардиологии, методы теории радиотехнических цепей и сигналов; методы теории информационных систем; методы цифровой и помехозащищённой обработки и передачи сигналов, а также теории алгоритмов, прикладного программирования. Результаты работы согласуются с данными, опубликованными в научных статьях.

#### **Ценность для науки и практики результатов работы**

Значимость результатов диссертационной работы заключается в следующем:

1. Разработано устройство регистрации множественных отведений электрокардиосигналов, обеспечивающее регистрацию 64 каналов, что позволяет повысить информативность неинвазивной электрокардиодиагностики и расширить возможности анализа пространственного распределения электрической активности сердца.

2. Реализована серверная часть системы, обеспечивающая взаимодействие с блоком регистрации, прием, хранение и обработку регистрируемых электрокардиосигналов, что позволяет организовать централизованную обработку данных и повысить эффективность их анализа.

3. Разработанная структура системы многоэлектродной регистрации может быть использована при создании современных систем электрокардиодиагностики, ориентированных на проведение исследований

электрической активности сердца с высоким пространственным разрешением.

4. Полученные в работе результаты могут быть использованы при разработке и совершенствовании систем неинвазивной электрокардиодиагностики, а также в научных исследованиях, связанных с анализом электрических процессов в сердце.

#### **Подтверждение опубликования основных результатов диссертации в научной печати**

Всего по теме диссертации опубликовано 46 научных работ, из них 8 статей в рецензируемых научных журналах из перечня ВАК, 3 статьи без соавторов, 11 статей в изданиях, индексируемых в SCOPUS, получено 4 патента на изобретение Российской Федерации.

#### **Соответствие содержания автореферата основным положениям диссертации**

Содержание автореферата полностью соответствует основным положениям, результатам и выводам диссертации.

#### **Замечания по работе**

1. В работе следовало бы более подробно рассмотреть ограничения применимости предложенных методов и условия практической реализации системы неинвазивной электрокардиодиагностики.

2. Следовало бы пояснить выбор числа используемых эмпирических мод в разложении ЭМД.

3. В 3 главе не пояснены особенности «жесткого» и «мягкого» декодирования по алгоритму Витерби.

4. В выводе 4 по разделу 3.2.3 имеется опечатка: следует указать «в нашем случае длина кодового ограничения  $l=3$ , и проверяются метрики по  $2^{2l}=64$ ».

#### **Заключение по работе**

Написанные выше замечания не носят принципиальный характер и не противоречат положительной оценке данной работы.

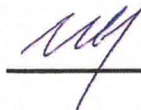
Диссертационная работа Бодина Андрея Юрьевича «Средства электрокардиодиагностики на основе многоканальной регистрации и помехоустойчивой обработки электрокардиосигналов» является законченной научно-исследовательской работой и удовлетворяет требованиям пункта 9

«Положения о присуждении ученых степеней» ВАК при Минобрнауки РФ, предъявляемых к кандидатским диссертациям. Автор диссертационной работы Бодин Андрей Юрьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.12. Приборы, системы и изделия медицинского назначения.

**Официальный оппонент:**

Профессор кафедры «Газовая динамика»  
ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»,

доктор технических наук, доцент



**Ивахно Наталия Валериевна**

29.04.2026

Научная специальность: 05.11.17 (2.2.12)

«Приборы, системы и изделия медицинского назначения»

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тульский государственный университет»

Адрес: 300012, Тульская область, г. Тула, проспект Ленина, д. 92

Телефон: 8(4872)73-44-44

E-mail: info@tsu.tula.ru

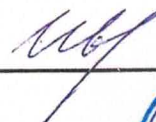


*Ивахно Наталья Валериевна*  
*Ученый секретарь*

Я, Ивахно Наталия Валериевна, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Бодина Андрея Юрьевича, и их дальнейшую обработку.

Профессор кафедры «Газовая динамика»  
ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»,

доктор технических наук, доцент



**Ивахно Наталия Валериевна**

*С отзывом ознакомлен*

04.05.2026 