

«Утверждаю»

Проректор по научной работе  
федерального государственного  
бюджетного образовательного  
учреждения высшего образования  
«Тамбовский государственный  
технический университет»

доктор технических наук, профессор  
Муромцев Дмитрий Юрьевич



04

2026 г.

### Отзыв

ведущей организации на диссертацию Бодина Андрея Юрьевича на тему:  
«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.** Метод ЭКГ-картирования является одним из информативных методов исследования электрической активности сердца, он позволяет получить наиболее полную информацию об особенностях электрического поля сердца в любой момент деполяризации и реполяризации желудочков. Получаемая в результате компьютерной обработки пространственно-временная и амплитудно-временная информация об электрической активности сердца может быть представлена в виде

нескольких разновидностей картограмм, которые позволяют наблюдать движение фронтов изменения электрической активности сердца и возможные нарушения этого движения.

**Содержание работы.** Диссертационная работа Бодина Андрея Юрьевича включает введение, четыре главы, заключение, перечень принятых сокращений, список использованных источников и приложения. В первой главе представлен обзор существующих подходов к анализу электрической активности сердца, рассмотрены методы регистрации и обработки электрокардиосигналов, а также проведён критический анализ современных систем неинвазивной электрокардиодиагностики. Во второй главе обоснована структура скрининговой системы неинвазивной электрокардиодиагностики, основанной на многоэлектродной регистрации, предварительной обработке электрокардиосигналов и использовании серверной части для их дальнейшей обработки и визуализации. В третьей главе предложены алгоритмы помехоустойчивой обработки электрокардиосигналов, основанные на применении эмпирической модовой декомпозиции и анализе характеристик помех в пассивной фазе сигнала, а также рассмотрены методы повышения надёжности передачи данных. В четвертой главе рассмотрены вопросы практической реализации системы, включая разработку устройства регистрации с многоэлектродным жилетом, электронного блока регистрации и серверной части, а также приведены результаты экспериментальной проверки работоспособности разработанных средств.

**Новизна исследования и полученных результатов, сформулированных в диссертации.** Новизна исследования и полученных автором результатов заключается в следующем:

1. Предложена структура скрининговой системы неинвазивной электрокардиодиагностики, включающая в себя многоэлектродную регистрацию, помехоустойчивую обработку, алгоритм определения критических состояний сердца, что в совокупности позволяет получить новую диагностическую информацию.

2. Предложен новый способ подавления электрокардиографических помех в условиях скрининга на основе многоэлектродной регистрации и эмпирической модовой декомпозиции с учетом характеристик помехи в пассивной фазе зарегистрированного сигнала.

3. Предложен способ обнаружения гемодинамически значимых аритмий на основе анализа ЭКС, внедрение данного способа позволяет расширить функциональные возможности скрининговой системы неинвазивной электрокардиодиагностики.

4. Предложено устройство регистрации множественных отведений электрокардиосигналов, обеспечивающее многоканальную регистрацию ЭКС и их помехоустойчивую цифровую передачу для последующей обработки.

#### **Значимость для науки и практики полученных результатов.**

1. Разработанная концепция построения системы неинвазивной электрокардиодиагностики, предназначена для применения в условиях массового скрининга.

2. Методы определения электрофизиологических параметров сердца, реализованные в рамках цифрового двойника, ориентированы на формирование карт распределения электрической активности сердца. Их применение способствует своевременному выявлению заболеваний сердечно-сосудистой системы и расширяет аналитические возможности неинвазивной диагностики.

3. Предложенные алгоритмические решения для обработки нестационарных сигналов, основанные на эмпирической модовой декомпозиции, в сочетании с использованием сверточного кодирования, при удалённом расположении сервера обеспечивают повышение помехоустойчивости передачи данных.

4. Разработанный и апробированный макет системы неинвазивной электрокардиодиагностики подтверждает практическую реализуемость разработанных решений и демонстрирует их эффективность при использовании в кардиологической практике.

**Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационной работы.** Полученные в ходе работы результаты используются в ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ» на кафедре «Основы радиотехники» г. Москва; прошли апробацию в ГБУЗ «Клиническая больница № 6 им. Г.А. Захарьина», г. Пенза. Считаем целесообразным продолжить дальнейшую работу над развитием возможностей предлагаемой скрининговой системы неинвазивной электрокардиодиагностики.

**Замечания по диссертационной работе.**

1. В работе следовало бы более подробно осветить технологию использования цифрового двойника сердца.

2. В структурной схеме скрининговой системы неинвазивной электрокардиодиагностики на рисунке 2.3 недостаточно подробно рассмотрено взаимодействие отдельных функциональных блоков в цифровой части.

3. При описании структуры передаваемых данных на рисунке 2.11 используется терминология, допускающая неоднозначную трактовку — «пакет» или «кадр», что требует уточнения используемого термина.

4. В тексте работы имеются опечатки и стилистические неточности.

**Заключение по диссертационной работе.**

Диссертационная работа Бодина Андрея Юрьевича «Средства электрокардиодиагностики на основе многоканальной регистрации и помехоустойчивой обработки электрокардиосигналов» является законченной научно-исследовательской работой, в которой изложены новые научно-обоснованные технические решения и разработки в области медицинской техники.

Диссертация отвечает критериям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 года № 842 (ред. от 25.01.2024г.), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата

технических наук по специальности 2.2.12. «Приборы, системы и изделия медицинского назначения».

Диссертационная работа и отзыв были рассмотрены и единогласно одобрены на заседании кафедры «Биомедицинская техника» ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет». Присутствовало 12 человек, из них 3 доктора наук. Протокол № 7 от 14 апреля 2026 года.

Заведующий кафедрой «Биомедицинская техника»,  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования «Тамбовский государственный технический  
университет», д.т.н., профессор

Фролов Сергей Владимирович.

14.04.2026

Сведения об организации:

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования «Тамбовский государственный технический  
университет»,

392000, г. Тамбов, ул. Советская, д. 106/5, помещение 2,

тел.: (4752) 63-10-19, официальный сайт: <https://tstu.ru>, e-mail:  
tstu@admin.tstu.ru.

*С отзывом ознакомлен  
04.05.2026*



**ПОДПИСЬ ЗАВЕРЯЮ  
МЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ ТГТУ**

*[Handwritten signature]* Г.В. Мозгова  
14 апреля 2026 г.