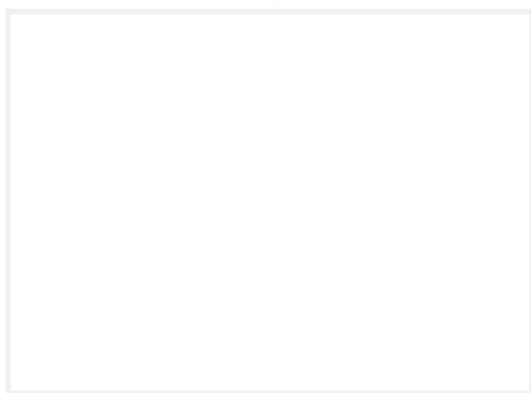


6/11/23



УТВЕРЖАЮ
чной работе и
ности ЮЗГУ
Э.Г. Пахомова
2023 г.

Отзыв ведущей организации
на диссертационную работу Королюка Евгения Сергеевича
«Программно-аппаратный комплекс для электроимпедансной визуализации
зоны криодеструкции», представленной на соискание ученой степени
кандидата технических наук по специальности 2.2.12 - «Приборы, системы и
изделия медицинского назначения»

Диссертационная работа Е.С. Королюка посвящена разработке экспериментальной установки для визуализации области криохирургического воздействия, а также исследованию возможности использования метода электрической импедансной томографии в криохирургии.

Содержание работы

Диссертация содержит введение, четыре главы, заключение, список сокращений, список литературы из 174 наименований, 5 приложений. Объем основного текста составляет 151 страницу, включая 72 рисунка и 6 таблиц. Общий объем диссертации составляет 167 страниц.

Во введении описывается общая характеристика работы – актуальность, цели и задачи, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, методология и методы исследования, апробации результатов и степени их достоверности. А также перечисляются положения, выносимые на защиту.

Первая глава посвящена обзору современного состояния криохирургии и применению медицинских томографических средств визуализации в криохирургии. В выводе первой главы приводятся аргументы в пользу внедрения перспективного метода медицинской визуализации – электроимпедансной томографии. Особенность метода заключается в

пропускании высокочастотного электрического тока безопасного уровня через исследуемый биообъект.

Во второй главе рассматриваются возможности использования метода электрической импедансной томографии в криохирургии. Описывается история возникновения метода, особенности приборов для измерения биоимпеданса, показана разрешающая способность метода. Проведен обзор коммерческих и экспериментальных устройств, работающих на принципе электрической импедансной томографии. В заключении проведена постановка задачи на разработку программно-аппаратного комплекса.

В третьей главе описываются этапы разработки программно-аппаратного комплекса для контроля процедуры проведения криодеструкции с использованием метода электрической импедансной томографии. Описывается построение основных узлов системы управления экспериментальной установки, модуля зондирующих импульсов, модуля аналого-цифрового преобразователя, блока мультиплексирования и их взаимодействие между собой. Приводятся результаты совместной работы модулей и работы программного обеспечения. Отдельный подраздел посвящен вопросам обеспечения электробезопасности экспериментального устройства. В заключении приведены двухмерные и трехмерные томографические изображения, полученные с помощью метода электроимпедансной томографии.

Четвертая глава содержит подробное описание и анализ результатов экспериментальных исследований. На первом этапе экспериментальных исследований были получены биоимпедансные спектры биологических объектов растительного и животного происхождения. Затем на основе измеренных значений были реконструированы двухмерные и трехмерные томографические изображения исследуемых объектов.

В заключении сформулированы основные результаты диссертации и предложения по их практическому использованию.

В приложении к диссертации представлены акты об использовании результатов диссертационной работы.

Актуальность темы исследования обусловлена необходимостью совершенствования криохирургических методов лечения. Применение метода электрической импедансной томографии позволяет с наименьшими затратами и большей скоростью визуализировать область заморозки биологической ткани. Характерной особенностью электроимпедансной визуализации является возможность длительного наблюдения за ходом проведения криопроцедуры в реальном времени. Кроме того, данный метод имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционными методами медицинской визуализации (магнитно-резонансная, компьютерная, ультразвуковая томография). В частности, оборудование для электрической импедансной томографии отличается малыми габаритами аппаратной части, возможностью использования в полевых условиях, неинвазивностью процедуры и относительно невысокой стоимостью. С учетом приведенных обстоятельств, тема рассматриваемой диссертационной работы является актуальной.

Цель представленной на рассмотрение научной работы состоит в создании программно-аппаратного комплекса для оценки границ зоны криодеструкции и глубины промерзания биологических тканей на основе электроимпедансных измерений.

Научная новизна работы:

1. Впервые разработан способ определения границ и размеров зоны криовоздействия, основанный на измерении электроимпедансного спектра биологических тканей с последующей визуализацией пространственного распределения полного импеданса.

2. Впервые получены экспериментальные данные о зависимости биоимпедансного спектра различных биологических тканей в полосе частот $10 \div 1000$ кГц от температуры в диапазоне от минус 50 до плюс 25 °С, позволяющие определить критерии достижения криодеструкции.

3. Впервые разработан и реализован программно-аппаратный комплекс для многоканального измерения электрического импеданса биологических тканей в диапазоне частот от 10 до 1000 кГц с разрешением 10 кГц в режиме реального времени.

Теоретическая значимость работы заключается в определении температурных диапазонов и скорости промерзания биологических тканей, при которых обеспечивается полная криодеструкция патологических образований с минимальным влиянием на здоровые ткани, а также в обосновании применения метода электрической импедансной томографии в криохирургии.

Практическая значимость полученных результатов заключается в применении предложенного в диссертационной работе метода электрической импедансной томографии в криохирургической аппаратуре. В перспективе данная аппаратура позволит повысить эффективность и безопасность лечения за счет улучшения контроля зоны деструкции, снижения объема повреждения здоровых тканей, уменьшения вероятности развития послеоперационных осложнений. Применение разработанных модулей и программного обеспечения в ходе выполнения работы в составе широкополосного электроимпедансного томографа.

Результаты работы использованы в научно-технической деятельности Исследовательской школы химических и биомедицинских технологий Томского Политехнического Университета, Сибирском государственном медицинском университете Министерства здравоохранения Российской Федерации, на кафедре военно-морской хирургии Военно-медицинской академии имени С.М. Кирова Министерства обороны РФ, в ООО «Электроимпедансная визуализация», ООО «РБС ТЕХНИК», ООО «МИП ДИВА-3Д».

По результатам работы **опубликовано** 22 работы. Из них работ, опубликованных в журналах, входящий в перечень ВАК – 2, работ в научных изданиях, индексируемых в реферативных базах Scopus и/или Web of Science

Core Collection – 3. Получен 1 патент Российской Федерации на полезную модель. Промежуточные результаты диссертации докладывались и обсуждались на научных конференциях.

Содержание диссертационной работы и автореферата соответствуют паспорту научной специальности 2.2.12. «Приборы, системы и изделия медицинского назначения» в направлении исследований: «Технические средства съема, регистрации, обработки, передачи, приема и анализа биомедицинских сигналов и данных», «Приборы, системы и аппаратно-программные комплексы для оценки текущего состояния, скринингового обследования, мониторинга, прогнозирования и диагностики состояния здоровья человека» и «Системы и аппаратно-программные комплексы медицинской интроскопии, включая ультразвуковые, оптические, рентгеновские и магнитно-резонансные томографы и эндоскопическую технику».

Автореферат диссертации изложен на 20 страницах, содержит 10 рисунков и список основных публикаций соискателя по теме диссертации из 15 наименований.

Содержание автореферата полностью соответствует содержанию диссертации и отражает основные результаты, полученные в процессе ее выполнения.

Несмотря на общий высокий уровень представленной квалификационной работы, к сожалению, необходимо отметить ряд не в полной мере проработанных вопросов:

1. Автор неоднократно подчеркивает необходимость обеспечения высокой точности измерений параметров электрического импеданса в широкой полосе частот, однако в работе не проведен детальный анализ источников погрешностей и факторов, определяющих предельно достижимые метрологические характеристики. Какие паразитные параметры, помимо межэлектродной емкости, ограничивают точность измерения и частотный диапазон сканирования?

2. Реконструированные изображения, построенные на основе измерения параметров модельных объектов, имеют низкое пространственное разрешение, а визуальное качество значительно хуже изображений КТ и МРТ. Насколько эти ограничения влияют на точность определения границ зоны криодеструкции? Проводились ли сравнительные исследования определения границ зоны криодеструкции с помощью разработанного комплекса и существующими методами?

3. Измерительный тракт аппаратной части комплекса построен на основе источника тока, однако не обосновано обоснование выбора именно такой архитектуры. В чем преимущества использования источника тока и какие требования к нему предъявляются?

4. При определении требований к точности измерительного тракта задана величина абсолютной погрешности измерения импеданса не более 5 %, однако выбор этого значения никак не обосновывается. Кроме того, не раскрыт вопрос о влиянии погрешности измерения электрического импеданса на пространственную разрешающую способность и точность определения границ зоны криодеструкции.

5. В тексте пояснительной записки к диссертационной работе и автореферате автору не удалось избежать опечаток и неточностей в подписях к рисункам, что несколько снизило в целом позитивную оценку представления результатов диссертационного исследования.

Указанные замечания носят, скорее, рекомендательный характер и не снижают общей высокой оценки диссертационной работы Е.С. Королюка.

Общее заключение по работе

Диссертация Королюка Евгения Сергеевича на тему «Программно-аппаратный комплекс для электроимпедансной визуализации зоны криодеструкции» полностью соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (ред. от 18.03.2023 г.), предъявляемым к кандидатским диссертациям и является

завершенной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технические решения, имеющие существенное значение для совершенствования криохирургического метода лечения и визуализации области криодеструкции, проектирования систем электроимпедансной томографии.

Исходя из вышеизложенного, считаем, что Королюк Евгений Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.12 - «Приборы, системы и изделия медицинского назначения».

Диссертационная работа и автореферат рассмотрены и обсуждены на заседании кафедры биомедицинской инженерии, настоящий отзыв утвержден протоколом заседания №3 от 23.10.2023 г.

И.о. заведующего кафедрой биомедицинской инженерии
д.м.н., профессор (14.00.40 - Урология)
Серегин Станислав Петрович

Профессор кафедры, д.т.н. (специальность
05.13.09 Управление в биологических и
медицинских системах)
Корневский Николай Алексеевич

23.10. 2023г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Юго-Западный государственный университет»
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94
тел. +7 (4712) 50-48-00
E-mail: rector@swsu.ru,
Веб-сайт: <https://swsu.ru/>

Отзыв получен 27.10.2023 *А. Серегин*

С отзывом ознакомлен 27.10.2023г. *Королюк Е.С.*