

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.347.02,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» МИНОБРНАУКИ РФ, ПО
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА
НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от «21» ноября 2023 г., протокол №2

О присуждении Королюку Евгению Сергеевичу, гражданину РФ,
учёной степени кандидата технических наук.

Диссертация «Программно-аппаратный комплекс для электроимпедансной визуализации зоны криодеструкции» по специальности 2.2.12 - «Приборы, системы и изделия медицинского назначения», принята к защите 15 сентября 2023 г, протокол № 5/1, диссертационным советом 24.2.347.02, созданным на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», Минобрнауки РФ, 630073, г. Новосибирск, пр-т К. Маркса, 20, приказ о создании диссертационного совета № 105/нк от 11.04.2012 г, приказ об утверждении № 561/нк от 03.06.2021 г.

Соискатель Королюк Евгений Сергеевич, «19» мая 1993 года рождения. В 2017 году окончил Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» по направлению 12.04.04 - «Биотехнические системы и технологии», выдан диплом и присвоена квалификация «Магистр». В 2021 году окончил очную аспирантуру Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский

Томский политехнический университет» по направлению 12.06.01 - «Фотоника, приборостроение, оптические и биотехнические системы и технологии», нормативный период обучения с 01.09.2017 г. по 31.08.2021 г.

В настоящее время работает в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Сибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, в должности ассистента Научно-образовательной лаборатории «Бионические цифровые платформы».

Диссертация выполнена в Исследовательской школе химических и биомедицинских технологий в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор Бразовский Константин Станиславович, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», исследовательская школа химических и биомедицинских технологий, профессор.

Официальные оппоненты:

Фролов Сергей Владимирович, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный технический университет», кафедра «Биомедицинская техника» заведующий;

Пахмурин Денис Олегович, кандидат технических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» лаборатория съема, анализа и управления биологическими сигналами, ведущий научный сотрудник

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Юго-Западный государственный университет», г. Курск, **в своём положительном заключении**, подписанном профессором кафедры биомедицинской инженерии, доктором технических наук, профессором Кореневским Николаем Алексеевичем, и.о. заведующего кафедрой биомедицинской инженерии, доктором медицинских наук, профессором Серегиним Станиславом Петровичем и утвержденном проректором по научной работе и международной деятельности Юго-Западного государственного университета, кандидатом технических наук Пахомовой Екатериной Геннадиевной **указала, что:**

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

Соискатель имеет 22 опубликованных работ, в том числе 22 работы по теме диссертации, из них работ, опубликованных в журналах, входящих в перечень ВАК – 2, работ в научных изданиях, индексируемых в реферативных базах Scopus и/или Web of Science – 3. Получен 1 патент Российской Федерации на полезную модель, 3 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Недостоверные сведения об опубликованных работах отсутствуют. Авторский вклад в опубликованных работах составляет не менее 60%. Общий объем научных изданий 4.25 п.л.

Перечень наиболее значимых работ соискателя, в которых отражено основное содержание диссертационной работы и ее результатов:

В рецензируемых научных изданиях, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК для опубликования основных научных результатов диссертаций:

1. Устройство для измерения электрических параметров биологических тканей при криодеструкции / К. С. Бразовский, Е. С. Королюк // Медицинская техника. – 2020. – N 6. – С. 24–27.

Переводная версия журнала входит в базу данных Scopus:

Brazovskii, K. S. A device for measuring electrical parameters of biological tissues during cryodestruction / K. S. Brazovskii, E. S. Koroluk // Biomedical engineering. – 2021. – Vol. 54, N 6. – P. 402–406.

2. Модельные исследования возможности широкополосной электроимпедансной спектроскопии по обнаружению и различению ишемических и геморрагических инсультов / К. С. Бразовский, Д. А. Винокурова, Е. С. Королюк // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2022. – Т. 12, N 2. – С. 121–134.

Публикации в изданиях, включенных в международные базы данных цитирования Web of Science или Scopus:

3. Improved system for identifying biological tissue temperature using electrical impedance tomography / E. Korolyuk, K. Brazovskii // MATEC Web of Conferences. – 2018. – Vol. 158. – P. 1019. – URL: https://www.matec-conferences.org/articles/matecconf/abs/2018/17/matecconf_se2018_01019/matecconf_se2018_01019.html

4. CRYO System for studying bioimpedance properties of biological tissue and fluid during cryosurgical operation / E. S. Korolyuk, K. S. Brazovskii // Journal of Physics: conference series. – 2019. – Vol. 1327. – P. 012001. – URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1327/1/012001>

5. Portable sounding pulse generator for electrical impedance tomography systems / E. S. Korolyuk, K. S. Brazovskii // Journal of Physics: Conference Series. – 2020. – Vol. 1614. – P. 012055. – URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1614/1/012055/meta>

Результаты интеллектуальной деятельности:

1. Программа для ЭВМ N 2022666409 РФ Эльвира. Внешнее программное обеспечение для электрического импедансного томографа : N 2022668039 : заявл. 29.09.2022 : опубл. 29.09.2022 / Е. С. Королюк, А. В. Конев, К. С. Бразовский, М. О. Плешков, И. В. Толмачев, И. С. Каверина, В. В. Лаптев – 1с.

2. Программа для ЭВМ N 2021668677 РФ. Эльвира. Внешнее программное обеспечение для электрического импедансного томографа : N 2021666809 : заявл. 25.10.2021 : опубл. 18.11.2021 / Е. С. Королюк, А. В. Конев, К. С. Бразовский. – 1с.

3. Полезная модель к патенту N 199056 РФ, МПК А61В 5/053 (2006.01), G01N 27/02 (2006.01), А61В 18/02 (2006.01). Устройство управления процессом электроимпедансной томографии при замораживании биологических тканей: N 2020118747 : заявл. 07.06.2020 : опубл. 11.08.2020 / Е. С. Королюк, К. С. Бразовский. – 8с.

4. Программа для ЭВМ N 2020616821 РФ Встроенное программное обеспечение для генератора зондирующих импульсов электрического импедансного томографа : N 2020615950: заявл. 11.06.2020 : опубл. 23.06.2020 / Е. С. Королюк, К. С. Бразовский. – 1с.

На диссертацию и автореферат поступило 9 отзывов (все положительные):

1. Общество с ограниченной ответственностью «ЮМХ», Россия, г. Томск - директор Слепченко Галина Борисовна, доктор химических наук, профессор. Замечания: 1) Из автореферата не вполне ясно описано преимущества разработанного комплекса по сравнению с существующими. 2) Вы изучали различные Виды тканей (курицы, человека). Оказывало ли влияние состава ткани на визуализацию цилиндра в измерительной ячейке с помощью метода электрической импедансной томографии? 3) На приведенных зависимостях (стр. 11, 14, 15) либо отсутствуют обозначения кривых, либо подписи к рисункам не по правилам, либо не приведены обозначения осей. Встречаются грамматические и синтаксические ошибки по тексту.

2. Общество с ограниченной ответственностью «ЕВРОМЕД», Россия, г. Томск - генеральный директор Тестов Артем Леонидович, кандидат технических наук. Замечания: 1) На странице 13 достаточно подробно описаны экспериментальные исследования для полного охлаждения. При этом экспериментальные исследования точечного охлаждения описаны поверхностно. Хотелось бы узнать размеры исследуемого образца и параметры криоаппликатора. 2) Насколько быстро происходит передача данных от аппаратной части экспериментального образца на персональный компьютер?

3. Общество с ограниченной ответственностью «Научно-производственное предприятие «Метромед», Россия, г. Омск - генеральный директор, кандидат технических наук, старший научный сотрудник Педдер Валерий Викторович. Замечания: 1) Увеличение габаритов экспериментальной измерительной ячейки (для исследуемого объекта) неизбежно приведет к увеличению расстояния между электродами, что снизит уровень зондирующего сигнала на измерительных электродах. Необходимо было указать предел увеличения диаметра измерительной

ячейки. 2) В автореферате не указаны возможные основные ограничения и недостатки в применении для здравоохранения выбранного метода визуализации для целей криодеструкции биообъектов.

4. Общество с ограниченной ответственностью «Центр программной инженерии и аналитики «Фаззилаб», Россия, г. Ульяновск - директор Мошкин Вадим Сергеевич, кандидат технических наук. Замечания: 1) Не ясно, можно ли использовать разработанный программно-аппаратный комплекс в других сферах, отличных от криохирургии.

5. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский государственный университет», кафедра «Информационные системы», доцент кафедры, лаборатория автоматизации образовательного процесса департамента цифровой трансформации, заведующий лабораторией - Андреев Илья Алексеевич, кандидат технических наук. Замечания: 1) В конце четвертой главы показана скорость построения томографического изображения для трехмерного измерения (3356 конечных элементов). При этом не показана зависимость скорости построения изображения от количества конечных элементов. Логичнее было бы привести данную зависимость. 2) На рисунке 1 в модуле зондирующих импульсов изображен источник питания, а в названии рисунка указано, что источники питания не показаны.

6. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный медицинский университет» медико-биологический факультет, декан - Гусакова Светлана Валерьевна, доктор медицинских наук. Замечания: 1) Из автореферата не понятно, какой минимальный размер тестового объекта возможно визуализировать с помощью используемого метода широкополосной электроимпедансной томографии.

7. Акционерное общество «Медтехника», главный инженер - Кононов Максим Владимирович. Замечания: 1) отсутствует информация о влиянии изменения размера измерительной ячейки в большую или меньшую

сторону на характеристики получаемого томографического изображения с помощью метода электроимпедансной томографии. 2) В автореферате не уточняется, каким образом происходит сбор и сохранение данных (датасетов) разработанного программно-аппаратного комплекса.

8. Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южный федеральный университет», доцент кафедры Электрогидроакустической и медицинской техники, Института нанотехнологий, электроники и приборостроения - Кравчук Денис Александрович. Замечания: 1) На рисунке 3а представлена форма зондирующего тока, при этом не указаны единицы измерения по оси абсцисс и ординат, что затрудняет понимание уровня сигнала.

9. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тульский государственный университет», Россия, г. Тула, профессор кафедры охраны труда и окружающей среды, доктор технических наук – Маслова Анна Александровна. Отзыв без замечаний.

Выбор официальных оппонентов обосновывается близостью решаемых ими научных задач к тематике диссертационной работы Королюка Е.С., их широкой известностью своими достижениями в области разработки приборов, систем и изделий медицинского назначения, наличием публикаций в соответствующей сфере исследования и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

Фролов Сергей Владимирович является признанным специалистом в области разработки медицинских томографических систем и медицинских информационных систем, автор 7 патентов и 8 полезных моделей в области медицинской визуализации, имеет более 70 публикаций по разработке медицинской техники.

Пахмурин Денис Олегович является ведущим специалистом в области разработки программно-аппаратных комплексов медицинского назначения, автор 7 патентов и более 50 публикаций в области определения, воздействия

и лечения опухолевых заболеваний.

Выбор ведущей организации Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Юго-Западный государственный университет» обусловлен широкой известностью и достижениями в области разработки приборов, систем и изделий медицинского назначения, в частности это подтверждается публикациями последних лет сотрудников профильного подразделения – кафедрой биомедицинской инженерии.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработан 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;

предложен способ определения границ и размеров зоны криовоздействия, основанный на измерении частотной зависимости импеданса биологических тканей с последующей визуализацией пространственного распределения полного импеданса;

доказана перспективность использования метода электроимпедансной томографии для увеличения точности определения границ и размеров зоны криовоздействия;

новые понятия и термины **не вводились**.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана возможность применения способа определения границ и размеров зоны криовоздействия, основанного на измерении электроимпедансного спектра биологических тканей с последующей визуализацией пространственного распределения полного импеданса,

применительно к проблематике диссертации **эффективно использованы** методы измерения импеданса биологических объектов,

изложены предложения в пользу разработки криохирургических аппаратов, позволяющих контролировать параметры области заморозки и

визуализации зоны криодеструкции, а также перспективных медицинских томографических систем визуализации,

раскрыты особенности измерения биоимпедансного спектра живых тканей, а также разработки программно-аппаратного комплекса для анализа биоимпеданса,

изучены факторы воздействия низких температур на биологические ткани.

Значимость полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны и внедрены прототипы программно-аппаратного комплекса электроимпедансного томографа для многоканального измерения электрического импеданса биологических тканей в диапазоне частот от 10 до 1000 кГц с разрешением 10 кГц в режиме реального времени в научно-техническую деятельность Исследовательской школы химических и биомедицинских технологий Томского политехнического университета, Сибирского государственного медицинского университета Министерства здравоохранения Российской Федерации, кафедры военно-морской хирургии Военно-медицинской академии имени С.М. Кирова Министерства обороны РФ, ООО «Электроимпедансная визуализация», ООО «РБС ТЕХНИК», ООО «МИП ДИВА-3Д», о чем свидетельствуют акты внедрения результатов диссертационной работы.

Работа проводилась при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований в рамках проекта 19-38-90276\19 «Разработка и экспериментальные исследования метода визуализации зоны криодеструкции биологических тканей», Фонда содействия инновациям в рамках проектов: № 3176гс1/48717 «CRYO. Система визуализации биологической ткани во время криохирургических операций», 1ГАИИС13-D7/72213 «ЭльВиро. Система поддержки принятия врачебных решений на основе электроимпедансной томографии», 193ГС1ИИС12-D7/80634 «ЭльНейро - технология встраиваемых систем поддержки принятия

врачебных решений для электроимпедансной визуализации», 723ГССС15-L/81180 «Cell State. Программно-аппаратный комплекс для оценки функционального состояния клеток на основе широкополосной импульсной электроимпедансной спектроскопии».

определены перспективы практического использования результатов исследований при разработке устройств в области медицинской визуализации и криохирургии,

создан портативный программно-аппаратный комплекс для измерения электроимпедансного спектра в полосе частот от 10 до 1000 кГц и визуализации зоны криодеструкции биологической ткани при изменении температуры в заданном диапазоне.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ воспроизводимость результатов исследования в различных условиях;

теория построена на известных проверяемых данных и согласуется с опубликованными экспериментальными данными;

идея базируется на анализе результатов измерения биоимпедансных спектров биологических объектов растительного и животного происхождения, изучении биоимпедансных свойств исследуемых образцов;

использованы результаты, полученные ранее специалистами в области криохирургии и разработки систем медицинской визуализации, основанной на методе электроимпедансной томографии;

установлено количественное и качественное совпадение полученных результатов с данными, представленными независимыми источниками;

использованы современные методики сбора и обработки исходной информации.

Личный вклад соискателя состоит в постановке задач, проведении экспериментов, обработке результатов экспериментов, получении основных результатов, выводов и научных положений, приведенных в диссертационной работе. Автором сформулировано техническое задание на

лабораторный прототип программно-аппаратного комплекса для получения биоимпедансных спектров живых тканей. Разработан программный комплекс для двухмерной, трехмерной реконструкции зоны криодеструкции на основе измерений электрического импеданса. Осуществлена сборка лабораторного прототипа, проведены необходимые эксперименты, осуществлена обработка результатов экспериментов и последующая интерпретация полученных данных. Подготовка результатов к публикации велась вместе с соавторами.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания: 1) Для защиты клеток от повреждений часто применяют различные криопротекторные среды, например, глицерин, этиленгликоль, пропиленгликоль и др. При этом не приводится информация о влиянии криопротекторов на качество получаемых томографического изображения. 2) В докладе использовался термин «точность измерения». Следует говорить о погрешности измерения.

Соискатель Королюк Е. С. Согласился с критическими замечаниями и ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы.

Диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, в которой изложены новые научно обоснованные результаты, имеющие существенное значение для развития перспективных томографических методов медицинской визуализации, а также повышающие возможности контроля криохирургической процедуры.

Диссертация соответствует пунктам 9–14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842.

На заседании 21 ноября 2023 г. диссертационный совет принял решение - за решение научной задачи, имеющей существенное значение для совершенствования методов оценки границ зоны криодеструкции и глубины промерзания биологических тканей на основе электроимпедансных измерений, присудить **Королюку Евгению Сергеевичу** ученую степень

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

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 12 человек, из них 4 докторов наук по специальности 2.2.12 - «Приборы, системы и изделия медицинского назначения», участвовавших в заседании, из 18 человек, входящих в состав совета, дополнительно введенных на разовую защиту нет, проголосовали: за – 11, против – 1, недействительных бюллетеней нет.

Председатель совета
доктор технических
профессор

Ученый секретарь совета
доктор технических
доцент

Алексей Геннадьевич
Вострецов

Максим Андреевич
Степанов

21 ноября 2023 г.