

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА

24.2.375.03, созданного на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

аттестационное дело _____

решение диссертационного совета от 12.12.2025 г. № 34

О присуждении Савиновой Кристине Сергеевне, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка эффективных методов и средств создания для новорожденного подходящих условий окружающей среды в неонатальном инкубаторе» по специальности 2.2.12. Приборы, системы и изделия медицинского назначения, принята к защите 07.10.2025 г. (протокол заседания №27) диссертационным советом 24.2.375.03, созданным на базе ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 390005, г. Рязань, ул. Гагарина, д. 59/1 приказом Минобрнауки России №449/нк от 18.12.2013 г., срок полномочий продлен приказом Минобрнауки России №561/нк от 03.06.2021 г. .

Соискатель Савинова Кристина Сергеевна, 14 октября 1994 года рождения в 2024 году окончила аспирантуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тамбовский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «ТГТУ») по направлению 12.06.01 «Фотоника, приборостроение, оптические и биотехнические системы и технологии», квалификация «Исследователь. Преподаватель-исследователь», диплом № 106834 0109825 от 12.07.2024 г. Работает старшим лаборантом и по совместительству ассистентом на кафедре

«Биомедицинская техника» в ФГБОУ ВО «ТГТУ», Министерство науки и высшего образования РФ.

Диссертация выполнена на кафедре «Биомедицинская техника» ФГБОУ ВО «ТГТУ», Министерство науки и высшего образования РФ.

Научный руководитель – Фролов Сергей Владимирович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Биомедицинская техника» ФГБОУ ВО «ТГТУ».

Официальные оппоненты:

Кравчук Денис Александрович, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры электрогидроакустической и медицинской техники института нанотехнологий, электроники и приборостроения ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», г. Таганрог.

Ивахно Наталия Валериевна, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Газовая динамика» института высокоточных систем им. В.П. Грязева, ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», г. Тула.

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пензенский государственный университет», г. Пенза **в своем положительном отзыве**, подписанном Геращенко Сергеем Ивановичем, доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой «Медицинская кибернетика» и утвержденном Васиным Сергеем Михайловичем, доктором экономических наук, профессором, проректором по научной работе и инновационной деятельности, **указала, что** диссертационная работа Савиновой К.С. выполнена на актуальную тему, изложена грамотным научным языком, результаты работы, полученные в ходе имитационных и эксплуатационных исследований, в достаточной степени доказательны и подкреплены наглядными иллюстрациями. Диссертация написана Савиновой К.С. самостоятельно и представляет законченное исследование, содержащее значимые научные результаты и положения. Автореферат в полной мере отражает основные научные и практические

результаты диссертации. Диссертационная работа Савиновой К.С. представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, в которой на основании выполненных автором исследований изложены новые научно обоснованные технические решения, связанные с разработкой неонатального инкубатора нового поколения с изменяемой прозрачностью стенок рабочей камеры, имеющие существенное значение для развития страны. Представленная диссертационная работа полностью соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения учёных степеней» и паспорту специальности 2.2.12. Приборы, системы и изделия медицинского назначения, а ее автор, Савинова Кристина Сергеевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по данной специальности.

Соискатель имеет 79 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 32 работы: 5 – в научных рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК для публикации результатов диссертации по специальности 2.2.12; 3 – в научных рецензируемых изданиях, входящих в базу данных RSCI; 4 – в изданиях, входящих в базу Scopus; 12 – прочие публикации; 4 патента на изобретение; 4 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1) Савинова К.С. Экспериментальная установка для исследования особенностей управления микроклиматом в неонатальных инкубаторах с использованием гидродинамического фантома новорожденного / Фролов С.В., Коробов А.А., Савинова К.С., Потлов А.Ю. // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2024. – Т. 27, № 2. – С. 52 – 59. DOI: 10.18127/j15604136-202402-07. *Савиновой К.С. предложены методы разработки и изготовления полноростового гидродинамического неонатального фантома для имитации и исследования тепло- и массообменных процессов в неонатальных инкубаторах.*

2) Савинова К.С. Современное состояние и тенденции в области исследований и разработок неонатальных инкубаторов / С. В. Фролов, А. А.

Коробов, К. С. Савинова, А. Ю. Потлов // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2023. – Т. 11, № 4(43). DOI: 10.26102/2310-6018/2023.43.4.016. *Савинова К.С. представила обобщенную конструкцию современного неонатального инкубатора и показала возможные направления работ по повышению эффективности поддержания подходящих для новорожденных условий окружающей среды в неонатальных инкубаторах.*

3) Савинова К. С. Нейросетевая система управления микроклиматом и освещённостью в неонатальном инкубаторе / Фролов С. В., Коробов А. А., Савинова К. С., Потлов А. Ю. // Датчики и системы. – 2025. №1. – С. 62 – 68. *Савинова К.С. предложила схему экспериментальной установки, реализующей нейросетевую систему управления неонатальным инкубатором.*

4) Савинова К.С. Использование нейроконтроллера и электрохромного остекления в инкубаторах для новорожденных для адаптивной имитации смены дня и ночи / Потлов А.Ю., Фролов С.В., Коробов А.А., Савинова К.С. // Медицинская техника. – 2024. – №4. – С.14 – 16. *Савинова К.С. провела серию экспериментальных исследований по оценке эффективности работы нейроконтроллера при управлении электрохромным остеклением в неонатальном инкубаторе.*

5) Savinova K. S. Structural-parametric Synthesis of a Neural Network Control System for a Neonatal Incubator / Frolov S. V., Korobov A. A., Savinova K. S., Potlov A. Y. // 2024 8th International Conference on Information, Control, and Communication Technologies (ICCT), Vladikavkaz, Russian Federation, 2024, pp. 1-4. EID: 2-s2.0-85219534538. DOI: 10.1109/ICCT62929.2024.10874930. *Савинова К.С. предложила метод структурно-параметрического синтеза нейросетевой системы управления неонатальным инкубатором, основанный на решении задачи поиска оптимальной структуры нейронной сети и оптимальных настроечных параметров управляющего алгоритма.*

На диссертацию и автореферат поступило 9 отзывов, все они положительные и были подготовлены и присланы из:

1) ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет», г. Астрахань. Отзыв подписал доцент кафедры «Связь», доцент по кафедре «Информационные системы», главный редактор научного электронного СМИ «Системная инженерия и инфокоммуникации», к.т.н., доцент Кутузов Денис Валерьевич. 2) ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г. Орел. Отзыв подписал старший научный сотрудник научно-технологического центра биомедицинской фотоники, профессор кафедры приборостроения, метрологии и сертификации, д.т.н., доцент Потапова Елена Владимировна. 3) Акционерное общество «Научно-исследовательский и конструкторский институт монтажной технологии – Атомстрой» (АО «НИКИМТ-Атомстрой») (предприятие Госкорпорации Росатом), г. Москва. Отзыв подписал начальник научно-исследовательской лаборатории цифровых компьютерных систем и автоматизации НИКИМТ, д.т.н., профессор Ковшов Евгений Евгеньевич. 4) ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань. Отзыв подписал профессор кафедры «Приборостроение и мехатроника», д.т.н., профессор Хизбуллин Роберт Накибович. 5) ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», г. Воронеж. Отзыв подписал профессор кафедры цифровых технологий, д.т.н., доцент Туровский Ярослав Александрович. 6) ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина», г. Тамбов. Отзыв подписал доцент кафедры медицинской биологии, к.б.н., доцент Шутова Светлана Владимировна. 7) ФГАОУ ВО «Омский государственный технический университет», г. Омск. Отзыв подписал профессор кафедры «Материаловедения и машиностроения», д.т.н., профессор Новиков Алексей Алексеевич. 8) ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО», г. Санкт-Петербург. Отзыв подписал старший научный сотрудник физического факультета, к.т.н. Хуршайнен Анна Александровна. 9) ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А. В. Гапонова-Грехова Российской академии наук», г. Нижний Новгород. Отзыв подписал заведующий отделом нелинейной динамики и оптики, д.ф.-м.н., член-корреспондент РАН Геликонов Григорий Валентинович.

В отзывах указаны следующие замечания:

на некоторых рисунках в автореферате присутствует мелкий шрифт, что делает затруднительным чтение подписей. При описании математической модели в автореферате параметр «кровоток» в контексте гидродинамического фантома, следуя сложившейся практике, корректнее было бы именовать «скоростью потока кровеимитирующей жидкости» или «объемным расходом», что исключит возможные терминологические разночтения. Недостаточно подробно освещены вопросы персонализации системы управления под индивидуальные физиологические особенности конкретного новорождённого (например, массу тела, степень недоношенности, сопутствующие патологии), что могло бы дополнительно повысить клиническую ценность разработки. Не приведено обоснование применения в условиях неонатального центра (реанимации) аппаратной платформы Raspberry Pi 4 в качестве нейроконтроллера при работе в составе SCADA-системы медицинского назначения. В автореферате необходимо было четко указать, что исследование посвящено инкубаторам для новорожденных закрытого типа. Надписи на рисунках напечатаны мелким шрифтом – плохо читабельны, например рис.4. В тексте не указаны конкретные модели датчиков кислорода и температуры, с указанием их погрешностей. Следовало бы более подробно раскрыть преимущества предложенного метода управления неонатальным инкубатором по сравнению с другими алгоритмами управления. Существует небольшой недостаток, а именно стоило бы уточнить реологические свойства кровеимитирующей жидкости. Вызывает недоумение одинаковое обозначение автором разных параметров: на стр.5 – $y_3^3(t)$ это концентрация кислорода, а на стр.6 $y_3^3(t)$ – это естественное испарение влаги. Непонятно, как в тепловом и материальном балансе внутри неонатального инкубатора участвует освещённость? В работе не в полной мере раскрыты вопросы, связанные со спектральными характеристиками электрохромного стекла и их влиянием на формирование заданного светового режима. Для полного описания оптической подсистемы целесообразно было бы указать такие параметры, как коэффициент пропускания в различных режимах работы и его

спектральная зависимость. По автореферату диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук имеется одно замечание: из автореферата неясно, проработаны ли вопросы проектирования и производства коммерческого образца, что было бы весьма полезно для ускорения регистрации медицинского изделия и его производства.

Все отзывы **положительные** и содержат вывод о том, что диссертационная работа соответствует актуальным на момент написания отзыва требованиям (согласно п. 9 – 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842), предъявляемым Высшей аттестационной комиссией к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Савинова Кристина Сергеевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.12. Приборы, системы и изделия медицинского назначения.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается известностью их достижений в соответствующей области наук и наличием тематических публикаций, что позволяет им компетентно определить теоретическую и практическую значимость диссертационной работы.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана новая научная идея, заключающаяся в применении электрохромного стекла в неонатальном инкубаторе для соблюдения циркадных ритмов новорожденных;

предложен оригинальный метод градиентного нейросетевого управления параметрами микроклимата в неонатальном инкубаторе на базе многослойного перцептрона с коррекцией весовых коэффициентов нейронной сети на основе алгоритма обратного распространения ошибки;

доказана перспективность использования новых подходов в разработке и изготовлении полноростового гидродинамического фантома новорожденного, имитирующего процессы терморегуляции ребенка и его взаимодействие со средой;

введено новое понятие «чистая камера» для описания неонатального инкубатора как проточной пневматической емкости.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана эффективность решения задачи структурно-параметрического синтеза нейросетевой системы управления в неонатальном инкубаторе на основе построенной комплексной математической модели процессов тепло- и массопереноса и системы управления параметрами микроклимата и состоянием организма ребенка;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использованы численные методы и экспериментальные методики при рассмотрении взаимосвязанных процессов тепло- и массопереноса при взаимодействии элементов неонатального инкубатора, внешней среды и тела ребёнка;

изложены принципы создания неонатального инкубатора нового поколения, включающие разработку экспериментальной установки и полноростового гидродинамического фантома новорожденного, комплексной математической модели тепло- и массопереноса в неонатальном инкубаторе, метода градиентного нейросетевого управления, идентификацию параметров математической модели, структурно-параметрический синтез нейросетевой системы управления, имитационные и эксплуатационные исследования эффективности работы медицинского изделия;

раскрыты проблемы практической неонатологии, заключающиеся в необходимости разработки адаптивных нейросетевых алгоритмов управления, обеспечивающих заданное качество регулирования взаимосвязанными параметрами микроклимата в неонатальном инкубаторе;

изучено влияние управляющих и возмущающих воздействий на температуру кожи новорожденного в неонатальном инкубаторе;

проведена модернизация существующих математических моделей тепло- и массопереноса в неонатальном инкубаторе путем расширенного

описания взаимодействия между компонентами инкубатора, организмом новорожденного и окружающей средой.

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

разработаны и внедрены новые алгоритмы управления параметрами микроклимата в неонатальных инкубаторах при модернизации узлов в реанимационном оборудовании для недоношенных новорожденных (ООО «Биомедтех»); при оценке, контроле технического состояния и функционирования медицинских изделий (ООО «Медтехника»); при оценке состояния пациентов и модернизации диагностического оборудования (ООО «Доступная диагностика»);

определены перспективы практического использования теории тепло- и массопереноса в неонатальных инкубаторах в задачах разработки новых медицинских изделий;

созданы практические рекомендации по применению современных технологий управления биотехническими комплексами, что повышает эффективность функционирования приборов и аппаратов жизнеобеспечения;

представлены предложения по дальнейшему совершенствованию нейросетевого управления неонатальным инкубатором и конструкции полноростового гидродинамического фантома.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ показана воспроизводимость результатов исследования на примере решения задачи идентификации модели с использованием сертифицированного оборудования: модель неонатального инкубатора Amelie ARDO, микрокомпьютер Raspberry Pi 4 с набором датчиков;

теория согласуется с известными опубликованными теоретическими и практическими результатами по теме диссертации и построена на данных, полученных в процессе экспериментальных исследований;

идея базируется на анализе и обобщении передового опыта исследования и эксплуатации неонатальных инкубаторов закрытого типа;

использовано сравнение известных результатов, полученных другими авторами и медицинских данных по рассматриваемой тематике (при выборе объекта исследования и описании предметной области исследования), с полученными при исследовании динамическими характеристиками процессов, протекающих в неонатальном инкубаторе;

установлена непротиворечивость авторских результатов с данными, представленными в независимых источниках в области исследования неонатальных инкубаторов;

использованы современные методики сбора и обработки исходной информации, известные методы математического моделирования, нейронных сетей, теории автоматического управления, оптимизации, обработки экспериментальных данных, визуализации полученных результатов.

Личный вклад соискателя состоит в его непосредственном участии на всех этапах выполнения диссертационной работы: в теоретическом анализе материала по теме исследования, разработке и программной реализации математической модели тепло- и массопереноса в неонатальном инкубаторе, разработке метода градиентного нейросетевого управления; разработке и изготовлении полноростового гидродинамического фантома новорожденного и его системы управления, проведении имитационных исследований метода градиентного нейросетевого управления; разработке метода параметрической идентификации параметров математической модели; создании экспериментальной установки для управления микроклиматом в неонатальном инкубаторе; проведении эксплуатационных исследований на разрабатываемой экспериментальной установке.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания: не представлен план практического внедрения и коммерциализации разработанного инкубатора нового поколения в рамках импортозамещения; не в полной мере рассмотрены вопросы надежности, стерилизации изделия, а также оценки рисков, связанных с возможным отключением электроэнергии в клинических условиях; не описано применение

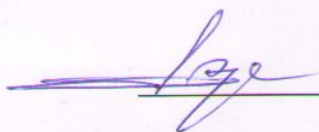
дополнительных систем мониторинга жизненных показателей новорожденного (пульс, дыхание) для повышения клинической информативности и безопасности.

Соискатель Савинова Кристина Сергеевна ответила на все задаваемые ей в ходе заседания вопросы и привела собственную аргументацию, с частью замечаний согласилась и часть развернуто пояснила.

На заседании от 12.12.2025 года диссертационный совет принял решение присудить Савиновой К.С. ученую степень кандидата технических наук за решение научной задачи разработки системы управления параметрами микроклимата в неонатальном инкубаторе, которая имеет важное значение для развития практической неонатологии.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 5 докторов наук по научной специальности 2.2.12. Приборы, системы и изделия медицинского назначения, участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета проголосовали: за — 15, против — нет, недействительных бюллетеней — нет.

Зам. председателя
диссертационного совета,
д.т.н., профессор



/Жулев Владимир Иванович/

Ученый секретарь
диссертационного совета,
д.т.н., доцент



/Овечкин Геннадий Владимирович/

12.12.2025 г.