

Отзыв официального оппонента

на диссертационную работу Савиновой Кристины Сергеевны «Разработка эффективных методов и средств создания для новорожденного подходящих условий окружающей среды в неонатальном инкубаторе», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.12. «Приборы, системы и изделия медицинского назначения».

1. Актуальность избранной темы диссертации. Несмотря на значительный прогресс в области перинатологии, преждевременные роды остаются глобальной медико-социальной проблемой, выступая основной причиной неонатальной и младенческой смертности, а также ведущим фактором детской заболеваемости и инвалидности. Примечательно, что, несмотря на все достижения медицинской науки в области выявления факторов риска и патогенетических механизмов, частота преждевременных родов не демонстрирует устойчивой тенденции к снижению.

Проблема создания высокоэффективных систем жизнеобеспечения для выхаживания недоношенных новорожденных сохраняет свою актуальность. Ключевым вызовом отрасли является не только поддержание стабильных параметров микроклимата, а создание адаптивной, интеллектуальной системы управления, способной гибко подстраиваться под динамически меняющиеся физиологические потребности младенца и окружающей среды.

Необходимость преодоления ограничений классических систем управления, обусловленных нелинейностью, стохастичностью и многосвязностью объекта, а также потребность в комплексном учете параметров микроклимата в неонатальном инкубаторе и физиологических процессов новорожденного обуславливают выбор в качестве центрального предмета исследования – разработку методов и средств создания требуемых условий окружающей среды в неонатальном инкубаторе для новорожденного на основе адаптивного алгоритма градиентного нейросетевого управления. Эффективность предложенного Савиновой К.С. метода оценена и доказана на разработанной экспериментальной установке.

Таким образом, считаю, что диссертационная работа Савиновой К.С. является актуальной и концептуально направленной на решение ключевых проблем в отрасли разработки неонатальных инкубаторов, связанных с созданием высокоточных нейросетевых систем управления параметрами микроклимата в неонатальных инкубаторах.

2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций. Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертационной работе, подтверждаются корректным использованием методов исследования, сопоставлением результатов работы с данными опубликованных научных статей, а также наличием патентов и свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ.

По материалам диссертации опубликовано 32 печатные работы, в том числе 5 статей в изданиях, рекомендованных ВАК; 3 статьи в научных рецензируемых изданиях, входящих в базу данных RSCI; 4 публикации в изданиях, индексируемых в Scopus.

Получено 4 патента на изобретение и 4 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ. Полученные диссертантом результаты прошли успешную апробацию на 12 внутривузовских, всероссийских и международных конференциях.

3. Научная новизна и практическая значимость полученных результатов.

Научная значимость результатов, полученных диссертантом Савиновой К.С., заключается, во-первых, в разработке комплексной математической модели тепло-и массопереноса, описывающей взаимодействие компонентов инкубатора с организмом новорожденного для совершенствования систем управления и медицинских исследований. Во-вторых, в создании экспериментальной модели неонатального инкубатора нового поколения с автоматически регулируемой прозрачностью стенок и анатомически-корректным фантомом новорожденного в целях проведения исследований по оценке эффективности алгоритмов управления. Научная новизна также заключается в разработке и реализации на базе многослойного перцептрона адаптивного, масштабируемого алгоритма градиентного нейросетевого управления, направленного на высокоточное поддержание параметров микроклимата в неонатальном инкубаторе и стабилизацию температуры кожи новорожденного.

Практическая значимость заключается в создании экспериментальной установки, представляющей собой инновационный инкубатор для новорожденных с функцией автоматического регулирования освещенности внутри рабочей камеры с включением полноростового гидродинамического неонатального фантома, в целях проведения исследований для оценки эффективности и работоспособности предложенного алгоритма нейросетевого управления, что позволит в перспективе обеспечить прецизионный контроль параметров микроклимата в инкубаторе, совершенствовать их конструкцию и повысить качество оказания неонатальной помощи в отделениях реанимации и терапии для новорожденных.

Реализация результатов работы и рекомендации их использования. Внедрение полученных результатов исследований в практическую деятельность предприятий по ремонту и обслуживанию медицинской техники ООО «Биомедтех» и ООО «Медтехника», медицинского центра ООО «Доступная Диагностика», а также в учебный процесс Тамбовского государственного технического университета кафедры «Биомедицинская техника» подтверждает практическую ценность полученных результатов диссертационной работы.

4. Структура диссертации и ее краткое содержание.

По своей структуре диссертационное исследование изложено в одном томе объемом 195 страниц машинописного текста и состоит из введения, четырех глав, выводов, заключения, списка литературы (149 наименований) и приложений. Содержит 81 рисунок и 20 таблиц.

Содержание диссертации изложено в логически последовательной форме, грамотным языком, принятым в научно-технической литературе. Стиль изложения материалов диссертации в целом лаконичный, четкий и ясный.

Введение содержит развернутое обоснование актуальности выбранной темы, четко сформулированные цель и задачи работы, определение объекта и предмета исследования. Также в данном разделе раскрыты научная новизна, теоретическая и практическая ценность полученных результатов и представлены основные положения, выносимые на защиту.

Первая глава диссертации содержит аналитический обзор современных неонатальных инкубаторов. Детально изучены функциональные принципы, конструктивные особенности и мировой рынок производителей данной медицинской техники. Систематизированы научные работы по моделированию тепло- и массопереноса с учетом терморегуляции новорожденных, включая применение фантомов. Критический анализ существующих систем управления выявил серьезные ограничения линейных систем регулирования при работе с многосвязными нелинейными объектами, что закономерно привело к обоснованию необходимости применения нейросетевых методов для прецизионного управления микроклиматом в неонатальных инкубаторах. На основе анализа физиологических особенностей недоношенных детей и ключевых требований к параметрам микроклимата убедительно обоснована целесообразность применения нейросетевых методов управления.

Вторая глава посвящена созданию экспериментальной установки для исследования современных систем управления параметрами микроклимата. Аппаратная архитектура экспериментальной установки интегрирует четыре основных модуля: блок управления неонатальным инкубатором, блок управления полноростовым гидродинамическим фантомом новорожденного, модуль подготовки кровезамещающей жидкости и блок формирования воздушных потоков. Важным техническим решением является применение одноплатных микрокомпьютеров Raspberry Pi 4 Model B с программной реализацией на Python, обеспечивающих управление параметрами микроклимата в неонатальном инкубаторе и физиологическими процессами фантома новорожденного. Для воспроизведения процессов терморегуляции и естественного испарения влаги методом аддитивных технологий создан полноростовой анатомически-корректный фантом новорожденного.

Третья глава работы посвящена задаче поиска оптимальной структуры и параметров системы управления параметрами микроклимата в неонатальном инкубаторе. В основе решения лежит комплексная математическая модель, описывающая взаимосвязанные процессы тепло- и массопереноса между организмом новорожденного, элементами инкубатора и внешней средой. На базе данной модели разработан оригинальный метод градиентного нейросетевого управления на основе многослойного перцептрона с коррекцией параметров, что обеспечивает устойчивое функционирование системы в условиях нелинейности и внешних возмущений.

Четвертая глава посвящена параметрической идентификации математической модели тепло- и массопереноса в неонатальном инкубаторе и в организме новорожденного, на основе которой были скорректированы ее параметры. Для определения оптимальной архитектуры нейронной сети был проведен структурно-параметрический синтез.

Две серии имитационных экспериментов продемонстрировали эффективность разрабатываемого нейросетевого алгоритма управления при стабилизации температурных режимов в различных условиях, включая изменение клинических протоколов и возмущающие воздействия. Эксплуатационные исследования на экспериментальной установке подтвердили эффективность и устойчивость метода при управлении параметрами микроклимата в неонатальном инкубаторе и контроле температуры кожи ребенка с использованием гидродинамического фантома новорожденного.

По каждой главе диссертационной работы сделаны соответствующие выводы. В **заключении** представлены основные научные и практические результаты проведенных

исследований. Список использованных источников полно отражает современное развитие темы исследования.

В приложениях представлены документы, подтверждающие научно-техническую и практическую значимость диссертационного исследования: 4 тематических патента, 4 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ, 4 акта об использовании и внедрении результатов диссертационного исследования. Один из патентов вошел в десятку наиболее значимых отечественных изобретений за 2024 год по версии Роспатента.

5. Замечания по диссертационной работе. По работе имеются следующие замечания:

1. В работе отсутствует количественная оценка степени затемнения электрохромного остекления, т.е. коэффициент светопропускания в затемненном состоянии.
2. Несмотря на то, что разрабатываемый алгоритм управления позиционируется как адаптивный и масштабируемый, в работе недостаточно раскрыта методика настройки параметров управления под индивидуальные требования и конструкцию инкубаторов других производителей.
3. В главе 2 подробно описана работы системы в штатном режиме и при возникновении возмущений, однако дополнительно следовало описать устойчивость алгоритма к возможным аппаратным сбоям.
4. Отсутствуют данные о работе системы в течение суток и более, что не позволяет в полной мере оценить такие важные для клинической практики характеристики, как дрейф параметров, устойчивость к накоплению ошибки и стабильность поддержания параметров микроклимата в длительном режиме.

Несмотря на вышеуказанные замечания и пожелания, считаю, что диссертация представляет собой целостное научное исследование, имеющее теоретическую и практическую ценность, и заслуживает положительную оценку.

6. Общее заключение о соответствии диссертационной работы требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Диссертационная работа Савиновой К.С. обладает последовательностью и логичностью изложения. Цели и задачи, поставленные в работе, являются достигнутыми, что подтверждается модельными исследованиями и иллюстрациями.

Аннотация полностью отражает структуру и содержание диссертации. Изложенные в аннотации данные не вступают в противоречие с данными, приведенными в диссертации.

На основании анализа аннотации, диссертации, основных публикаций по теме диссертационной работы Савиновой Кристины Сергеевны можно сделать вывод о том, что диссертационная работа «Разработка эффективных методов и средств создания для новорожденного подходящих условий окружающей среды в неонатальном инкубаторе» является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена научная задача, заключающаяся в разработке и реализации системы управления параметрами микроклимата и состоянием организма новорожденного в неонатальном инкубаторе на основе градиентного нейросетевого управления. Разработанная система управления микроклиматом в неонатальном инкубаторе имеет существенное значение для решения

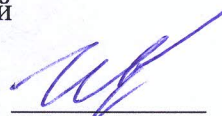
критически важной медико-социальной задачи – повышения выживаемости и улучшения качества жизни недоношенных новорожденных.

Представленная диссертация соответствует требованиям п.9-14 «Положения о присуждении ученых степеней» (Постановление Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842 в ред. Постановления Правительства РФ от 16.10.2024 №1382), предъявляемым к кандидатским диссертациям, и требованиям паспорта специальности 2.2.12. «Приборы, системы и изделия медицинского назначения» (пп. 3, 14, 15), а её автор Савинова Кристина Сергеевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.12. «Приборы, системы и изделия медицинского назначения».

Официальный оппонент:

доктор технических наук по
специальности 05.11.17. «Приборы, системы
и изделия медицинского назначения», доцент,
профессор кафедры «Газовая динамика»
института высокоточных систем им. В.П. Грязева
Федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего
образования «Тульский государственный
университет»

«10» ноября 2025 г.


подпись

/ Наталия Валериевна Ивахно /

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»,
Россия, 300012, г. Тула, пр-т Ленина, 95, учебный корпус №1
Телефон: +7 (4872) 35-05-50
Email: ivakhno@rambler.ru



с отзывом ознакомлена 13.11.2025г

