УТВЕРЖДАЮ
Временно исполняющий обязанности ректора ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный аграрный университет имени В.Н. Полецкова», кандидат технических наук
_____ А.А. Баканов
«19» октября 2026 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кузбасский государственный аграрный университет имени В.Н. Полецкова» на диссертационную работу Ширмановой Гузяль Самигуллаевны «Совершенствование физических методов и технических средств для повышения результативности инкубации кур яичных кроссов», представленную в диссертационный совет 24.2.315.04 на базе ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса

Актуальность темы выполненной работы.

Актуальность диссертационного исследования обусловлена комплексом взаимосвязанных факторов научно-технологического, отраслевого и социально-экономического характера, определяющих стратегические приоритеты развития агропромышленного комплекса Российской Федерации. Тема работы полностью отвечает ключевым направлениям государственной политики в сфере сельского хозяйства, закреплённым в «Стратегии развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года», а также в рамках национальных проектов и государственной программы «Комплексное развитие сельских территорий». В условиях продолжающейся трансформации рынков и курса на технологический суверенитет особую значимость приобретают задачи импортозамещения не только конечной продукции птицеводства, но и критически важных производственных технологий, включая инкубационное оборудование. Птицеводство, обеспечивающее население высококачественным белковым продовольствием и вносящее существенный вклад в продовольственную безопасность страны, выступает одной из наиболее динамично развивающихся отраслей АПК, где точность соблюдения режимов инкубации напрямую определяет выводимость, жизнеспособность молодняка и его последующие продуктивные качества.

На отраслевом уровне сохраняется острая технологическая проблема, заключающаяся в существенном разрыве между возможностями крупных птицефабрик, оснащённых высокоавтоматизированными инкубационными комплексами, и реальными условиями крестьянско-фермерских и личных подсобных хозяйств. Повсеместно эксплуатируется морально и физически устаревшее оборудование бытового класса, не обеспечивающее точного поддержания микроклимата (температуры, влажности, скорости воздушного потока), не учитывающее биологические особенности конкретных кроссов птицы и не обладающее функциями прединкубационного контроля качества яиц. Что приводит к снижению выводимости на 15–25 процентных пунктов по сравнению с промышленными аналогами, повышенному уровню эмбриональной смертности, росту брака. Разработка доступных, энергоэффективных и высокоточных инкубационных систем, адаптированных к условиям мелкотоварного производства, является востребованной производственной задачей. Интеграция в технологию инкубации современных цифровых технологий (компьютерного зрения, IoT, тепловизионного анализа) и строгое физико-математическое обоснование теплообмена делает диссертационную работу Ширмановой Г.С. актуальной и отвечающей приоритетам научно-технологического развития Российской Федерации.

Научная новизна работы.

Научная новизна диссертационного исследования Г.С. Ширмановой заключается в разработке новых методов и алгоритмов, которые вносят вклад в развитие теории инженерных систем в рамках паспорта научной специальности 4.3.1 «Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса». Она включает в себя следующие основные положения:

1. Разработка алгоритма автоматизированной оценки. Автором создан оригинальный алгоритм оценки качества яиц сельскохозяйственной птицы. Это решение закладывает основы нового научного направления на стыке агроинженерии и цифровых технологий за счёт успешного внедрения методов компьютерного зрения и машинного обучения в процессы контроля качества инкубационного яйца.

2. Метод расчёта локальных температурных полей. Предложен оригинальный метод вычисления конвективного теплообмена для определения локальных температурных полей в объёме инкубационной камеры. Данный метод позволяет учитывать неравномерность тепловыделения по различным зонам камеры инкубатора.

3. Метод расчета нестационарного теплообмена. Разработан метод расчета нестационарного теплообмена куриного яйца в условиях вынужденной конвекции. Метод базируется на аналитическом решении уравнения теплопроводности, учитывает переходный режим теплообмена и применим для расчета процессов в первые сутки инкубации.

4. Техническая и научная новизна предложенных решений официально подтверждена получением патента на полезную модель № 238376 «Устройство для инкубации сельскохозяйственных птиц», а также свидетельством о регистрации программы для ЭВМ RU 2024682622 «Программа управления работой устройства инкубации яиц сельскохозяйственной птицы».

Значимость полученных результатов диссертационного исследования для науки и практики.

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в успешной реализации предложенных научных подходов в виде готовых аппаратно-программных комплексов и технологий, готовых к внедрению на производстве.

1. Разработан и протестирован действующий лабораторный образец системы компьютерного зрения, предназначенный для неразрушающей оценки качества яиц сельскохозяйственной птицы перед закладкой.

2. Сконструирован лабораторный образец инкубатора для выведения птицы на базе микроконтроллера, который обладает возможностью применения технологии Интернета вещей (IoT) и может гибко адаптироваться под различные виды и количество инкубируемых яиц.

3. В ходе исследования были определены и теоретически обоснованы оптимальные режимы работы оборудования в процессе инкубации кур яичных кроссов.

4. Проведена успешная апробация комплексной технологии инкубации куриных яиц с одновременным применением системы компьютерного зрения и тепловизионного анализа. Результаты исследования имеют высокую прикладную ценность, что подтверждается утвержденными актами внедрения разработанной технологии на реальных производственных предприятиях: ООО «Племенная птицефабрика «Снежинская»» и МУСП «Кемеровская инкубаторно-птицеводческая станция».

5. Научные результаты и разработанные модели в настоящее время активно применяются в образовательном процессе ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет». Они используются при подготовке студентов по инженерным и ИТ-направлениям, таким как «Автоматизация технологических процессов и производств», «Мехатроника и робототехника», «Фундаментальная информатика и информационные технологии» и «Прикладная информатика».

Структура и объем работы.

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованных источников и приложений.

Во введении обосновывается актуальность темы исследования, формулируются цель, рабочая гипотеза и задачи, а также определяются научная новизна и практическая значимость полученных результатов.

Первая глава «Обзор литературы» содержит аналитический обзор научно-технической литературы, посвященной эволюции инкубационного оборудования и современным техническим решениям. Рассматриваются существующие методы теплофизических расчетов микроклимата, а также систематизируется опыт применения нейросетей, систем компьютерного зрения и микроконтроллерного управления для неразрушающего контроля развития эмбрионов. На основе проведенного анализа обосновывается выбранное направление исследований.

Вторая глава «Материал и методика исследований» описывает методологический аппарат исследования. Детально описаны методики определения морфометрических параметров яиц, алгоритмы их классификации методами машинного зрения, а также математические основы расчета теплообмена в инкубационной камере. Приведено обоснование методов статистической обработки экспериментальных данных, включая t-критерий Стьюдента, дисперсионный и регрессионный анализ.

Третья глава «Разработка и тестирование модуля компьютерного зрения для оценки яиц сельскохозяйственной птицы перед инкубацией» посвящена разработке и тестированию аппаратно-программного комплекса для предварительной сортировки яиц. Автором спроектирована специализированная смотровая камера с постоянным освещением и написан программный код. Доказано, что предложенный алгоритм обеспечивает вычисление продольного и поперечного диаметров яиц со средней точностью 99,2%, позволяя эффективно отбраковывать дефектные образцы и распределять их по весовым категориям.

Четвертая глава «Разработка энергосберегающего оборудования для инкубации яиц сельскохозяйственной птицы» отражает результаты разработки энергосберегающего инкубационного оборудования. Автором предложена оригинальная математическая модель нестационарного нагрева куриного яйца в условиях вынужденной конвекции, учитывающая переходный режим теплообмена. На основе разработанного программного алгоритма тепловых расчетов спроектирован и реализован лабораторный образец инкубатора под управлением микроконтроллера Iskra UNO. Установлена нелинейная зависимость времени прогрева яйца от скорости воздушного потока; доказано, что оптимальной является скорость 1,0 м/с, так как дальнейшее ее увеличение не дает значительного ускорения прогрева, но повышает энергозатраты. Выявлено, что разница во времени прогрева между мелкими (37 мм) и крупными (41 мм) яйцами достигает 35%, что требует их зонированного размещения. Обоснована оптимальная толщина теплоизоляции корпуса и экспериментально подобраны коэффициенты ПИД-регулирования, обеспечивающие удержание температуры с точностью до 0,05 °C.

Пятая глава «Практическая реализация разработанного лабораторного образца инкубатора и технологии для вывода яиц сельскохозяйственной птицы» содержит результаты производственной апробации разработанных аппаратно-программных решений. Сформирован и

протестирован алгоритм комплексной технологии инкубации, интегрирующий функции IoT-инкубатора, системы предварительного машинного зрения и промежуточного тепловизионного контроля. Экспериментальные исследования доказали высокую эффективность предложенного подхода. Проведенный анализ экономической эффективности подтвердил рентабельность внедрения разработанного оборудования.

В заключении представлены выводы, которые соответствуют поставленным задачам исследования, несут полезную информацию и важны в научном и практическом аспекте.

Содержание работы изложено на 170 страницах машинописного текста, содержит 28 таблиц, 67 рисунков, 6 приложений. Список литературы включает 128 источников. Общий объем диссертации составляет 184 страниц.

Диссертация Ширмановой Гузяль Самигуллаевны написана грамотно, последовательно, на высоком научном уровне и представляет законченную исследовательскую работу. Стиль изложения и оформление работы соответствуют требованиям, предъявляемым к диссертационным работам

Оценка содержания диссертации, степень обоснованности и достоверности результатов исследования.

Диссертационная работа Ширмановой Г.С. оформлена в соответствии с требованиями ВАК. Список использованной литературы оформлен в соответствии с действующим стандартом. Структура диссертации характеризуется логичностью и последовательностью изложения материала. Содержание разделов взаимосвязано и последовательно раскрывает основные положения и результаты проведенного исследования. В диссертационной работе представлены информативные и наглядные рисунки, схемы и таблицы, способствующие более полному восприятию и обоснованию полученных результатов. Основные результаты исследования и сформулированные выводы являются логически обоснованными, аргументированными и достоверными.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций обоснована корректным применением фундаментальных законов тепломассопереноса, термодинамики и алгоритмов машинного зрения. Экспериментальные данные обработаны с использованием современных методов параметрической и непараметрической статистики Практическое подтверждение полученных результатов обеспечено успешной апробацией разработанной технологии в условиях реального производства, что закреплено соответствующими актами внедрения.

Результаты работы прошли широкую апробацию, материалы диссертации докладывались на многочисленных международных и всероссийских научно-практических конференциях. Основное содержание диссертационной работы опубликовано в 29 научных работах, в том числе 1 публикация в изданиях, индексируемых в международной базе данных Scopus, 6 статей – в журналах, рекомендованных ВАК РФ, 22 публикации – в

материалах конференций, также получено 1 свидетельство РФ на программу ЭВМ и 1 патент на полезную модель.

Соответствие содержания автореферата основным положениям диссертации.

Автореферат полностью отражает основные положения и выводы диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Работа обладает внутренним единством и логикой, достаточно иллюстрирована. Расхождений между авторефератом и текстом диссертации не выявлено.

Замечания по содержанию диссертации.

Несмотря на высокую научную и практическую ценность работы, в ходе ее рассмотрения возникли следующие замечания и дискуссионные вопросы:

1. Разработанный модуль компьютерного зрения использует специальную закрытую смотровую камеру для обеспечения постоянного освещения. Возникает вопрос: насколько устойчив предложенный алгоритм бинаризации и выделения контуров (основанный на жестко заданных пороговых значениях яркости) при потенциальной интеграции модуля в открытую сортировочную линию фермерского хозяйства, где возможны колебания внешней освещенности?

2. В разработанной модели теплообмена намеренно не учитывается термическое сопротивление скорлупы ввиду его малости. Однако дискуссионным остается вопрос: не приведет ли пренебрежение пористостью скорлупы и связанным с ней скрытым теплообменом (потерями тепла при испарении влаги) к накоплению ошибки прогнозирования температурного поля на поздних стадиях эмбриогенеза (15 - 18 сутки)?

3. В комплексной технологии тепловизионный анализ применяется на 5-й, 10-й и 18-й день инкубации. Однако в тексте недостаточно раскрыто биологическое обоснование выбора 5-го дня, когда собственное тепловыделение эмбриона еще незначительно и разница температур скорлупы оплодотворенных и неоплодотворенных яиц может быть недостаточной для надежной диагностики тепловизором.

4. В пятой главе описывается применение тепловизионного контроля на 18-й день для выявления «холодных» и «перегретых» яиц (термограммы на рис. 5.5). Предполагается ли стационарная интеграция тепловизора внутрь камеры инкубатора (которая работает в условиях высокой влажности 50-70%), либо яйца необходимо извлекать для сканирования оператором вручную, что может вызвать нежелательный температурный стресс у эмбрионов?

5. При расчете нестационарного нагрева куриного яйца в Главе 4 начальная температура яйца перед закладкой принята равной 28 °С. Однако в реальной производственной практике инкубационные яйца хранятся при температуре 10–16 °С. Использование стартовой температуры 28 °С

подразумевает предварительный подогрев, параметры и длительность которого в работе не обоснованы. Целесообразно было бы рассмотреть динамику прогрева от реальных температур хранения.

6. При анализе результатов экспериментальной апробации (Таблица 5.1) автор опирается на такие показатели, как процент выводимости, масса суточного цыпленка, выход живой массы и визуальная балльная оценка жизнеспособности. Для более комплексного подтверждения физиологической эффективности предложенных режимов инкубации было бы весьма полезно привести данные о сохранности и интенсивности роста полученного молодняка хотя бы в первую неделю выращивания, поскольку скрытые нарушения микроклимата при инкубации часто проявляются именно в ранний постэмбриональный период.

7. Экономическая эффективность и параметры микроклимата рассчитывались для лабораторного малогабаритного инкубатора вместимостью до 100 яиц. Насколько предложенные конструктивные и алгоритмические решения (в частности, конвективный теплообмен и эмпирически подобранные коэффициенты ПИД-регулятора) масштабируемы для промышленных инкубационных шкафов, вмещающих десятки тысяч яиц?

8. В инкубаторе предусмотрен многофункциональный датчик для контроля влажности. Известно, что ключевым физическим индикатором правильности влажностного режима является потеря массы яйца к 18-му дню инкубации (в норме 11–13%). В Главе 5 при анализе результатов отсутствуют данные о динамике фактической потери массы в контрольной и экспериментальных группах, что лишает работу важного критерия валидации микроклимата.

Указанные замечания не носят принципиального характера, не опровергают полученных результатов и не снижают высокой научной и практической ценности диссертационного исследования.

Заключение.

Диссертационное работа Ширмановой Г.С. на тему «Совершенствование физических методов и технических средств для повышения результативности инкубации кур яичных кроссов» представляет собой самостоятельную, логически завершенную научно-квалификационную работу. В диссертации содержится решение актуальной научной задачи по разработке энергоэффективного оборудования и интеллектуальных методов контроля, имеющей существенное значение для агропромышленного комплекса.

Диссертационная работа в полной мере соответствует требованиям п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 (в действующей редакции), а ее автор Ширманова Гузяль Самигуллаевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности

4.3.1. «Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса».

Отзыв на диссертацию рассмотрен и одобрен на расширенном заседании кафедры зоотехнии ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный аграрный университет имени В.Н. Полецкова», протокол № 2 от 12.10.2026.

И. о. заведующего кафедрой зоотехнии ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный аграрный университет имени В.Н. Полецкова», доктор сельскохозяйственных наук, профессор, член-корр. РАЕН (научная специальность 06.02.08. – «Кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов»)

Рассолов Сергей Николаевич

Профессор кафедры зоотехнии ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный аграрный университет имени В.Н. Полецкова», доктор сельскохозяйственных наук, профессор (научная специальность 4.2.4. Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства)

Багно Ольга Александровна

«12» октября 2026г.

Подписи Рассолова С.Н., Багно О.А. заверяю:
И.о. начальника отдела кадров Кузбасского ГАУ Маслова
«19» октября 2026 г. Юлия Сергеевна

650056, Россия, Кемеровская область-Кузбасс, г. Кемерово, ул. Марковцева, 5.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кузбасский государственный аграрный университет имени В.Н. Полецкова» (ФГБОУ ВО «Кузбасский ГАУ»)
Телефон: 8(3842) 73-43-59,
Адрес электронной почты: ksai@ksai.ru