ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Ширмановой Гузяль Самигуллаевны «Совершенствование физических методов и технических средств для повышения результативности инкубации кур яичных кроссов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса

Актуальность темы выполненной работы.

Птицеводство является одним из ключевых секторов агропромышленного комплекса Российской Федерации, обеспечивающим население высококачественным белковым продовольствием и вносящим существенный вклад в продовольственную безопасность страны. В условиях реализации государственных программ, направленных на импортозамещение и устойчивое развитие сельских территорий, особое значение приобретают научно обоснованные, ресурсосберегающие технологии, способные повысить эффективность производства. Одним из определяющих этапов технологической цепочки в птицеводстве является инкубация яиц, от точности соблюдения режимов которой зависят 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. В последнем секторе 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. Это приводит к снижению выводимости на 15–25 процентных пунктов по сравнению с промышленными аналогами, повышенному уровню эмбриональной смертности, росту брака и, как следствие, к прямым экономическим потерям фермерских хозяйств. Таким образом, разработка доступных, энергоэффективных и высокоточных инкубационных систем, адаптированных к условиям мелкотоварного производства, является востребованной производственной задачей.

Исходя из этого, актуальность диссертационной работы Ширмановой Г.С., направленной на исследование физических методов и реализацию технологических решений, способствующих оптимизации ресурсозатрат и повышению выводимости при инкубации яиц кур яичных кроссов, является достаточной и не вызывает сомнений.

Научная новизна исследований и полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации:

- разработан алгоритм автоматизированной оценки качества яиц сельскохозяйственной птицы, который вносит вклад в развитие теории инженерных систем, закладывает основы нового научного направления на стыке агроинженерии и цифровых технологий за счёт внедрения методов компьютерного зрения и машинного обучения в процессы контроля качества инкубационного яйца;

- предложен оригинальный метод для расчёта локальных температурных полей в объёме инкубационной камеры на основе вычисления конвективного теплообмена, учитывающий неравномерность тепловыделения по зонам камеры инкубатора;

- разработан метод расчета нестационарного теплообмена куриного яйца в условиях вынужденной конвекции на основе аналитического решения уравнения теплопроводности, метод учитывает переходный режим теплообмена и применим для первых суток инкубации.

Техническая новизна работы подтверждена патентом на полезную модель № 238376 «Устройство для инкубации сельскохозяйственных птиц» и свидетельством о регистрации программы для ЭВМ RU 2024682622 «Программа управления работой устройства инкубации яиц сельскохозяйственной птицы».

Практическая значимость для науки и производства полученных автором диссертации результатов:

- разработан лабораторный образец системы компьютерного зрения для оценки качества яиц сельскохозяйственной птицы. Сконструирован лабораторный образец инкубатора для выведения сельскохозяйственной птицы с возможностью применения технологии Интернета вещей (IoT), вариативностью вида яиц для инкубации и их количества. Определены и теоретически обоснованы оптимальные режимы работы в процессе инкубации кур яичных кроссов.

- проведена апробация технологии инкубации куриных яиц с применением системы компьютерного зрения и тепловизионого анализа, утверждены акты ее внедрения на предприятиях ООО «Племенная птицефабрика «Снежинская»» и МУСП «Кемеровская инкубаторно-птицеводческая станция».

- полученные результаты активно применяются в образовательном процессе ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет» при подготовке студентов по направлениям 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств», 02.03.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии», 09.03.03 «Прикладная информатика», 15.04.06 «Мехатроника и робототехника», 09.04.03 «Прикладная информатика».

Достоверность результатов и выводов диссертации.

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 (t-критерий Стьюдента, ANOVA, критерии Тьюки и Шапиро-Уилка, регрессионный анализ). Использованные методы полностью соответствуют существующим государственным стандартам.

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: «Ресурсоэффективные системы в управлении и контроле: взгляд в будущее» XIII, XIV Международной конференции студентов, аспирантов, молодых ученых (Томск, 2024, 2025), «Пожарная безопасность, системы жизнеобеспечения, промышленные технологии: проблемы и перспективы» I, II Международной научно-практической конференции (Кемерово, 2024, 2025), «Холодильная техника, инженерные системы и биотехнологии» VI, VII Национальной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (Кемерово, 2024, 2025), «Актуальные проблемы науки и практики в исследованиях молодых ученых» I Международной научно-практической конференции (Новосибирск, 2024), III, IV Международного Симпозиума, посвященного 90-летию со дня рождения доктора технических наук, профессора, заслуженного деятеля науки и техники РФ, основателя научной школы Льва Александровича Остроумова (Кемерово, 2024, 2025), «Инновационные технологии производства конкурентоспособной, экологически безопасной продукции животноводства» Международной научно-практической конференции (Чита, 2024), «Наука и образование» XVII Международной научной конференции (Красноярск, 2025), Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию Победы в Великой Отечественной войне и 85-летию города трудовой доблести Ишимбая (Уфа, 2025), «Цифровая трансформация: взгляд в будущее» Научно-технологическая конференции (Санкт- Петербург, 2025), «Наука и образование» XVIII Международной научной конференции (Кемерово, 2025), «Россия молодая» XVII, XVIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (Кемерово, 2025, 2026), XIII, XIV Инновационный конвент «Кузбасс: образование, наука, инновации» (Кемерово, 2025, 2026), «Современные тенденции развития IT-индустрии» IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (Мариуполь, 2026).

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.

Личный вклад автора заключается в непосредственном осуществлении всех этапов научного исследования. Лично Ширмановой Г.С. сформулированы цель и задачи работы, разработаны алгоритм автоматизированной оценки

качества яиц и лабораторный образец системы компьютерного зрения. Автором предложен оригинальный метод расчета локальных температурных полей и нестационарного теплообмена куриного яйца в условиях вынужденной конвекции на основе аналитического решения уравнения теплопроводности, учитывающего переходный режим и применимого для первых суток инкубации. Кроме того, соискателем спроектирован и создан автоматизированный инкубатор на базе платформы Arduino, а также проведен весь комплекс экспериментальных исследований по апробации технологии с одновременным применением компьютерного зрения и тепловизионного анализа. Автором самостоятельно выполнена статистическая обработка полученных данных, рассчитана экономическая эффективность внедрения оборудования, подготовлены научные публикации, написан текст диссертации, а также получены патент на полезную модель и свидетельство о регистрации программы для ЭВМ.

Оценка содержания работы и ее завершенность.

Во введении обоснована актуальность, сформулированы цель и задачи исследования, представлены научная новизна, практическая значимость и положения, выносимые на защиту.

В первой главе «Обзор литературы» представлен анализ современной научно-технической, нормативной, методической литературы, затрагивающей научно-техническую проблему. Рассмотрен анализ существующих способов, технологии и технических средств инкубации и современных технических решений бытовых инкубаторов, их сравнительной оценки и обоснование перспектив дальнейшей разработки инновационных систем.

Во второй главе «Материал и методика исследований» описаны материалы и методики исследований. Подробно изложены методики определения физических характеристик яиц, подробно изложены методики определения физических характеристик яиц, алгоритмы компьютерного зрения, а также математический аппарат для расчёта теплообмена и статистической обработки результатов. Представленная методика расчёта нестационарного теплообмена базируется на фундаментальных законах термодинамики и прошла верификацию.

В третьей главе «Разработка и тестирование модуля компьютерного зрения для оценки яиц сельскохозяйственной птицы перед инкубацией» проводится обоснование выбора технических средств (камеры, освещения, программного обеспечения) при разработке системы компьютерного зрения, описываются алгоритмы анализа изображений выделение контуров, измерение параметров. Предлагаемая измерительная система оценки объема и массы яиц неразрушающим методом потенциально важна для птицеводческой отрасли и биологических исследований.

В четвёртой главе «Разработка энергосберегающего оборудования для инкубации яиц сельскохозяйственной птицы» представлена комплексная методология создания энергоэффективного инкубационного оборудования. Проведён расчёт тепловых процессов, выполнено моделирование нестационарного теплообмена. Полученные данные учитывают переходный

режим теплообмена ($0,13 < Bi < 0,86$) и применимы для первых суток инкубации. Установлено существенное влияние геометрического размера яиц на динамику прогрева. Получены количественные зависимости для 20 комбинаций параметров, которые в дальнейшем могут быть использованы для инженерного проектирования энергоэффективных инкубационных систем. С учетом полученных данных разработан лабораторный образец инкубатора с ПИД-регулированием.

В пятой главе «Практическая реализация разработанного лабораторного образца инкубатора и технологии для вывода яиц сельскохозяйственной птицы» изложены результаты практической апробации комплексной технологии (компьютерное зрение + инкубация + тепловизионный анализ). Доказано, что применение комплексной технологии увеличивает процент выводимости на 20% по сравнению с контрольной группой. Представлен расчет экономической эффективности, показывающий дополнительный доход при внедрении установки.

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

Замечания по содержанию диссертации.

Несмотря на высокую научную и практическую ценность работы, по ней имеются следующие замечания:

1. В литературном обзоре (Глава 1) при анализе зарубежных систем инкубации не в полной мере раскрыты физические основы используемых в них аэродинамических схем, упор сделан преимущественно на функциональные особенности автоматики.

2. В третьей главе при расчете линейной регрессии зависимости малого диаметра от большого (рис. 3.14) получен относительно невысокий коэффициент детерминации ($R^2 = 0,585$). Автору следовало бы детальнее пояснить этот факт с точки зрения естественной биологической вариативности формы яиц.

3. При расчёте теплообмена в четвертой главе яйцо аппроксимируется идеальной сферой, что, как указывает сам автор, вносит погрешность до 10%. Было бы целесообразно привести хотя бы оценочный расчет для формы эллипсоида, чтобы показать пределы применимости сферической модели для яиц с экстремальным индексом формы.

4. В пятой главе приводится расчет экономической эффективности с указанием базовой стоимости инкубатора 22000-23000 рублей. В условиях волатильности цен на микроэлектронные компоненты (модули Arduino, камеры, датчики BME280) следовало бы привести анализ чувствительности проекта к изменению стоимости комплектующих.

5. При описании работы ПИД-регулятора (глава 4) параметры регулятора подбирались преимущественно экспериментальным путем. В качестве возможного направления дальнейшего совершенствования процедуры настройки можно рассмотреть применение математических методов, в частности метода Циглера–Никольса, позволяющего получить исходные

значения коэффициентов регулятора на основе динамических характеристик объекта с последующей их экспериментальной корректировкой с учетом особенностей процесса регулирования температуры в инкубационной камере.

6. Структурно переход между подсистемой машинного зрения (Глава 3) и подсистемой микроконтроллерного управления инкубатором (Глава 4) описан как два независимых процесса. Объединение их в единую блок-схему интегрированной киберфизической системы улучшило бы восприятие работы в целом.

Данные замечания носят рекомендательный и дискуссионный характер и не снижают научную новизну, актуальность и практическую значимость результатов представленной работы, а также не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы Ширмановой Г.С.

Заключение.

Диссертационное исследование 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. Автором успешно разработаны, всесторонне описаны, а также теоретически и экспериментально подтверждены новые физические подходы и технологические решения, направленные на рационализацию ресурсозатрат и увеличение процента вывода молодняка при инкубации яиц кур яичных кроссов.

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».

Официальный оппонент:
Доцент кафедры информационных технологий ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный университет экономики и управления «НИНХ», кандидат технический наук, доцент

Александр Леонидович Осипов
«12» октября 2026г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный университет экономики и управления «НИНХ», 630099, Российская Федерация, Новосибирская область, г. Новосибирск, ул. Каменская, 56
Телефон: 8-913-062-0058, alosip@mail.ru

Подлинность подписи
Осипова А.Л.
УДОСТОВЕРЯЮ
Главный специалист ОД
Семенова Е.В.