ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора сельскохозяйственных наук, профессора Хаустова Владимира Николаевича на диссертационную работу Ширмановой Гузяль Самигуллаевны «Совершенствование физических методов и технических средств для повышения результативности инкубации кур яичных кроссов», представленную к защите в диссертационный совет Д 24.2.315.04 при 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.

Тема диссертационного исследования отвечает важнейшим приоритетам научно-технологического развития Российской Федерации, направленным на обеспечение продовольственной безопасности и импортозамещение в агропромышленном комплексе. Несмотря на активную модернизацию крупных птицефабрик, в секторе крестьянско-фермерских и личных подсобных хозяйств наблюдается острый дефицит современных технологических решений. Сохраняется критический разрыв между техническим уровнем доступного малогабаритного оборудования и современными зоотехническими требованиями к прецизионному поддержанию микроклимата, объективному неразрушающему контролю инкубационного материала и общей энергоэффективности процессов. Разработка доступных, энергоэффективных и высокоточных инкубационных систем, адаптированных к условиям мелкотоварного производства, является востребованной производственной задачей.

В этой связи диссертационная работа Ширмановой Г.С., направленная на совершенствование физических методов и технических средств для повышения результативности инкубации кур яичных кроссов, является своевременной и имеет высокую практическую значимость для отечественного агропромышленного комплекса.

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, № 2024681903 «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 в диссертационной работе результаты 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 результатов исследований обеспечивается корректным применением современных методов математической статистики. Использованные методы полностью соответствуют существующим государственным стандартам, результаты и выводы, полученные в работе, содержат научные обоснования, что в совокупности свидетельствует о достоверности результатов диссертации.

Практическое подтверждение полученных результатов обеспечено успешной апробацией разработанной технологии в условиях реального производства, что закреплено соответствующими актами внедрения.

Результаты исследований, выполненных Ширмановой Г.С., были представлены на профильных 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.

Лично автором реализовано формулирование цели, разработка решений основных задач диссертационной работы, разработка алгоритма автоматизированной оценки качества яиц сельскохозяйственной птицы, а также разработка метода расчета нестационарного теплообмена куриного яйца в условиях вынужденной конвекции на основе аналитического решения уравнения теплопроводности, учитывающего переходный режим теплообмена и применимого для первых суток инкубации.

Оценка содержания работы и ее завершенность.

Диссертация Ширмановой Г.С. представляет собой логически завершенное научное исследование, в котором решена актуальная задача по разработке и внедрению энергоэффективного оборудования и интеллектуальных методов контроля для инкубации яиц. Содержание работы полностью раскрывает заявленную тему, а поставленные задачи последовательно решены. Диссертация состоит из введения, пяти глав, выводов, списка использованных источников и приложений. 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.

Во введении автор обосновывает актуальность темы исследования, формулирует цель, задачи, рабочую гипотезу, научную новизну и практическую значимость работы.

Первая глава содержит подробный обзор научно-технической литературы. В ней проведен анализ существующих технических средств инкубации, рассмотрено применение микроконтроллеров, а также методов компьютерного зрения и машинного обучения в птицеводстве, что послужило базой для обоснования перспектив разработки инновационных систем.

Вторая глава посвящена описанию организации работы, материалов и методик проведения исследований. В ней детально изложены методики определения физических характеристик яиц, алгоритмы оценки категорий яиц на основе компьютерного зрения, методика расчета конвективного теплообмена в инкубаторе и методы статистической обработки экспериментальных данных.

Третья глава описывает процесс разработки и тестирования аппаратно-программного модуля компьютерного зрения. Автором обоснован выбор технических средств (микрокомпьютер Raspberry Pi 4, видеокамера) и представлены алгоритмы анализа изображений для неразрушающей оценки геометрических параметров яиц и их сортировки перед инкубацией.

Четвертая глава сфокусирована на разработке энергосберегающего оборудования. В ней проведен автоматизированный расчет тепловых процессов инкубационной камеры и математическое моделирование нестационарного теплообмена куриного яйца в условиях вынужденной конвекции. На основе тепловых расчетов представлена конструкция и схема лабораторного образца инкубатора под управлением микроконтроллера Iskra UNO (Arduino).

Пятая глава посвящена практической реализации и производственной апробации разработанных решений. В ней описан итоговый алгоритм работы инкубатора и представлены результаты экспериментальной проверки комплексной технологии, сочетающей предварительную сортировку компьютерным зрением и тепловизионный анализ на 18-е сутки. Завершается глава анализом экономической эффективности внедрения оборудования, подтверждающим целесообразность его использования в малых и средних птицеводческих хозяйствах.

Автореферат полностью отражает основные положения и выводы диссертации.

Замечания по содержанию диссертации.

1. В разделе 2.2 (стр. 52–53) при описании методики определения физических характеристик яиц не указана погрешность используемого штангенциркуля ШЦ-1 и аналитических весов, что затрудняет оценку инструментальной составляющей общей погрешности измерений.
2. В алгоритме работы системы компьютерного зрения (рис. 2.3, стр. 54) отсутствует этап калибровки камеры перед началом измерений, хотя в тексте упоминается использование калибровочного объекта. Не указано, проводится ли калибровка автоматически или требует вмешательства оператора.
3. При описании методики расчёта теплообмена (раздел 2.4, стр. 58–64) принято допущение об аппроксимации яйца идеальной сферой. Однако в работе

не приведена количественная оценка погрешности, вносимой этим допущением для яиц с различным индексом формы (в диапазоне 72–78%), что снижает точность прогнозирования времени прогрева для яиц с существенными отклонениями формы.

4. В таблице 5.1 (стр. 127) представлены результаты экспериментальной апробации технологии. Однако не указано, проводилась ли оценка статистической значимости различий по проценту выводимости между группами 2 и 3 (СКЗ и СКЗ+тепловизор). В тексте (стр. 128–129) указано $p = 0{,}063$, но это значение находится на границе статистической значимости, и вывод об отсутствии значимых различий требует более осторожной интерпретации с учётом малого объёма выборки.

5. На рисунке 5.5 (стр. 126) представлена термограмма с обозначением контрольных точек М1–М6. Однако в тексте отсутствует пояснение, по какому принципу выбирались эти точки и какое количество измерений проводилось для каждой точки, что снижает воспроизводимость результатов.

6. В работе не сформулированы чёткие критерии отбраковки яиц по результатам тепловизионного анализа на 18-й день инкубации - не указаны пороговые значения температуры, при которых яйцо подлежит удалению.

7. Непонятно, каким образом предлагаемая система адаптируется для инкубации яиц других видов сельскохозяйственной птицы (уток, гусей, индеек, перепелов) - в работе указана принципиальная возможность, но не приведены конкретные алгоритмы перестройки режимов.

Сделанные замечания не являются принципиальными 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.

Сильные стороны диссертационной работы.

К числу несомненных сильных сторон диссертационной работы следует отнести комплексный междисциплинарный подход к решению поставленных научных и практических задач, сочетающий положения агроинженерии, теплофизики, компьютерного зрения и микроконтроллерной техники. Такое сочетание различных научно-технических направлений позволило автору всесторонне рассмотреть исследуемую проблему и разработать комплексное техническое решение.

Положительной особенностью работы является также высокий уровень статистической верификации полученных результатов. При обработке данных биологических и физических экспериментов автором использованы современные методы математической статистики, что обеспечивает необходимую обоснованность полученных закономерностей и повышает достоверность сформулированных выводов.

Существенным преимуществом диссертации является наличие действующего физического прототипа разработанного оборудования. Практическая значимость предложенных технических решений подтверждается результатами их апробации и внедрения в условиях реальных птицеводческих хозяйств, что свидетельствует о возможности практического применения

разработок и их соответствии производственным условиям.

В работе проведена оценка не только себестоимости изготовления лабораторного образца оборудования, но и выполнено моделирование его стоимости при переходе к серийному производству. Такой подход позволяет более объективно оценить перспективы практического использования разработанного оборудования, его производственной и экономической целесообразности.

Заключение.

Диссертация Ширмановой Г.С. «Совершенствование физических методов и технических средств для повышения результативности инкубации кур яичных кроссов» представляет собой завершенное, самостоятельно выполненное научно-квалификационное исследование, в котором решена актуальная научно-практическая задача, имеющая существенное значение для дальнейшего развития технологий промышленного птицеводства.

В диссертации получена совокупность новых научных результатов, основанных на теоретических и экспериментальных исследованиях, направленных на совершенствование физических методов и технических средств, применяемых в процессе инкубации яиц кур яичных кроссов. Научные положения, результаты исследований и выводы диссертации имеют достаточную степень обоснованности и достоверности, подтверждены результатами экспериментальных исследований и практической апробацией разработанных технических решений.

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:
заведующий кафедрой частной зоотехнии
ФГБОУ ВО «Алтайский государственный
аграрный университет», доктор
сельскохозяйственных наук, профессор _____ Хаустов
Владимир Николаевич

15.10.2026 г.

Подпись В.Н. Хаустова заверяю:
начальник управления персонала _____ Лейбгам Е.Ю.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Алтайский государственный аграрный университет», 656049, Сибирский федеральный округ, Алтайский край, г. Барнаул, проспект Красноармейский, 98
Телефон: 8-906-946-7743, haustovvn@mail.ru