

ОТЗЫВ

официального оппонента, кандидата технических наук, ведущего научного сотрудника, заведующего лабораторией светотехники Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» Смирнова Александра Анатольевича на диссертационную работу Романовца Михаила Михайловича на тему «Разработка цифровой системы динамического локального светодиодного освещения птичников с клеточным содержанием цыплят-бройлеров», представленную к защите в диссертационный совет 35.2.030.03 на базе ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 4.3.2 – Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса

1. Актуальность темы исследования

Птицеводство является одной из наиболее передовых, интенсивных и наукоемких отраслей отечественного АПК, обеспечивающей до 44 % общего объема производства мяса в стране. Современный этап развития отрасли требует снижения себестоимости продукции за счет внедрения отечественных цифровых, энерго- и ресурсосберегающих технологий.

При интенсивном клеточном выращивании цыплят-бройлеров искусственное освещение играет ключевую роль, напрямую влияя на циркадные ритмы, метаболизм и продуктивность птицы. Традиционные системы общего освещения птичников обладают рядом существенных ограничений, ключевыми из которых являются высокая неравномерность распределения освещенности по ярусам клеточных батарей и значительные потери энергии. Потенциал систем локального динамического светодиодного освещения с регулируемым спектральным составом и световым потоком к настоящему времени реализован не полностью.

Широкое применение динамических систем сдерживается отсутствием комплексных научно обоснованных параметров совместного регулирования освещенности и коррелированной цветовой температуры (КЦТ), а также низкой технической и энергетической эффективностью существующих низковольтных драйверов питания при параллельном подключении большого количества светильников. Таким образом, диссертационное исследование Романовца М. М., направленное на разработку цифровой системы динамического локального светодиодного освещения, является актуальной научно-технической задачей, обладающей существенной практической ценностью для агропромышленного комплекса.

2. Научная новизна

Научная новизна диссертационной работы состоит в следующем:

– уточнены математические модели изменений естественной освещенности и КЦТ солнечного света на земной поверхности в заданных

географических координатах для целей имитационного управления искусственной световой средой в птичнике;

– обоснованы рациональные параметры и режимы работы элементов цифровой системы динамического локального светодиодного освещения бройлеров в клеточных батареях;

– разработана математическая модель изменения КЦТ оптического излучения локального светильника в зависимости от коэффициентов заполнения управляющих ШИМ-сигналов прямых токов светодиодов белого теплого и холодного света;

– синтезированы компьютерные модели цифровых систем автоматического регулирования освещенности и программного управления спектральными параметрами среды в птичнике.

3. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций

Обоснованность и достоверность изложенных в диссертационной работе научных положений, рекомендаций и выводов подтверждается корректным использованием методов системного, математического и регрессионного анализа, подтвержденной сходимостью теоретических положений и экспериментальных данных, применением современных программных комплексов математического моделирования, а также широкой апробацией работы.

4. Значимость полученных результатов

Теоретическую значимость работы составляют уточненные математические зависимости параметров естественного света и предложенный способ локального динамического освещения. Практическую значимость работы составляют разработанные технические средства: оригинальная конструкция локального светодиодного светильника, многоканальный высоковольтный светодиодный драйвер, платы и программы цифрового управления. Внедрение разработанной системы в производство позволит снизить эксплуатационные издержки, капитальные затраты и повысить живую массу птицы.

5. Структура, объем и степень завершенности диссертации

Диссертация Романовца М.М. является завершенным научно-исследовательским трудом. Работа изложена на 162 страницах машинописного текста, состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы (204 наименования) и приложений. Работа содержит 52 рисунка и 15 таблиц.

Во введении представлены актуальность темы исследования, степень её разработанности в трудах отечественных и зарубежных ученых, сформулированы цель работы и решаемые задачи. Определены объект и предмет исследования, раскрыта научная новизна и практическая значимость полученных результатов, сформулированы основные положения, выносимые на

защиту, а также приведены сведения об апробации, публикациях и структуре диссертации.

В первой главе проведён комплексный научно-технический анализ механизмов фотобиологического воздействия света на организм сельскохозяйственной птицы. Рассмотрены зрительные и незрительные пути восприятия излучения, регулирующие циркадные ритмы птицы посредством гормона мелатонина. Систематизированы современные технологии искусственного освещения при клеточном содержании, проведено сравнение систем общего и локального светодиодного освещения по критериям равномерности светового поля и энергоэффективности. На основе обзора технических средств и конструкций современных светильников выявлены ключевые ограничения существующих систем и обоснована актуальность разработки цифровой системы динамического освещения. Сформулированы задачи исследования.

Во второй главе разработаны теоретические основы построения системы освещения. Проведен анализ математических моделей изменений естественной освещенности и КЦТ солнечного света в течение дня. Предложено математическое описание зависимости изменения КЦТ светильника от коэффициентов заполнения прямых токов светодиодов белого теплого и холодного света при ШИМ-управлении. Проанализированы методы определения рабочей температуры активной области светодиодов, обосновано применение электронных схем токовых зеркал для реализации многоканального высоковольтного драйвера и выполнена математическая модель цифровой системы автоматического регулирования (САР) освещенности с ПИ-регулятором.

В третьей главе детально описан комплекс разработанных методик. Приведены методики экспериментальных исследований суточной динамики солнечного света, пространственного светораспределения разработанного локального светильника и определения температуры р-п-перехода светодиодов. Особое внимание уделено методикам экспериментальной оценки качества стабилизации тока многоканального драйвера на базе токового зеркала, исследования регулировочных характеристик ШИМ и компьютерного моделирования переходных процессов в цифровых САР в программной среде SimInTech.

В четвертой главе изложены основные практические результаты работы. Представлены уточненные модели суточного изменения КЦТ и освещенности для заданных географических координат. Обоснованы конструктивные параметры локального светильника в поликарбонатном корпусе и режимы его работы. Описаны результаты разработки и испытаний многоканального высоковольтного светодиодного драйвера на токовых зеркалах, платы управления и программного обеспечения. Представлены результаты компьютерного моделирования параметров цифрового ПИ-регулятора и доказана высокая сходимость теоретических и экспериментальных переходных процессов.

В пятой главе приведена методика расчета и результаты оценки экономических показателей внедрения. Показано, что применение разработанной цифровой системы динамического локального освещения на птицефабрике позволяет снизить капитальные затраты на 27,1 %, эксплуатационные издержки на 23,4 %, и при повышении живой массы цыплят-бройлеров на 2,7 % обеспечить высокую экономическую эффективность ее применения.

В заключении диссертации сформулированы основные научные и практические выводы работы, полностью отражающие решение поставленных во введении задач, а также намечены перспективные направления дальнейшей разработки темы.

Диссертационное исследование Романовца М. М. характеризуется высокой степенью завершенности. Об этом свидетельствует логическая последовательность изложения материала – от глубокого теоретического анализа механизмов фотобиологического воздействия света и математического моделирования до создания работающего экспериментального образца цифровой системы и его успешных производственных испытаний на реальном предприятии АПК. Все научные положения, выносимые на защиту, получили полное теоретическое обоснование, экспериментальное подтверждение и отражены в опубликованных работах, патентах и свидетельствах на ЭВМ.

6. Полнота опубликования основных результатов диссертации

По материалам исследования опубликована 21 печатная работа, в том числе 9 научных статей в ведущих рецензируемых изданиях из перечня ВАК РФ, 2 статьи в международных базах цитирования (Scopus, Web of Science), а также получено 2 патента РФ на изобретения и 2 свидетельства о регистрации программ для ЭВМ.

7. Соответствие содержания автореферата диссертации

Автореферат полностью и адекватно отражает структуру, логику, основное содержание, научные положения, выводы и практические результаты диссертационного исследования.

8. Замечания по диссертации

По содержанию диссертационной работы имеются следующие вопросы и замечания:

1. Учитывая, что современные птичники с клеточным содержанием цыплят-бройлеров являются закрытыми помещениями без доступа естественного света, в работе не обоснована необходимость привязки параметров освещения к точным астрономическим координатам Солнца в конкретной географической широте.

2. Автор ограничивает линейную взаимосвязь уровня естественной освещенности и КЦТ солнечного света условием ясного неба. Однако на рассвете и в сумерки, когда прямые лучи отсутствуют, КЦТ ясного неба

возрастает до 9000–12000 К при минимальной освещенности. Как линейная функция может адекватно описать это изменение спектра, и не приведет ли это к искажению параметров "рассвета" и "заката" в цифровой системе управления?

3. Предлагаемый в работе переход на последовательное групповое питание светильников от высоковольтного многоканального драйвера неизбежно приводит к росту рабочего напряжения в линиях до 200 В постоянного тока и выше. Учитывая агрессивную среду промышленного птичника, в диссертационной работе не указано, каким образом обеспечивается эксплуатационная безопасность разработанной системы и какие конструктивные решения заложены в проект для защиты обслуживающего персонала и поголовья птицы от поражения электрическим током внутри металлических клеточных батарей.

4. В главе 3 и 4 заявляется разработка системы автоматического регулирования с обратной связью по датчикам освещенности. Не ясно, как компенсируется неизбежное запыление фоточувствительных элементов слоем органической пыли и помета. Предусмотрены ли в алгоритме работы цифрового ПИ-регулятора технические решения, исключающие ложное завышение тока драйвера светодиодов и перерасход энергии при загрязнении датчиков?

5. Из материалов диссертации (главы 2 и 4) следует, что для групповой стабилизации тока, проходящего через светодиоды автором предлагается использование схем токовых зеркал. Поскольку токовое зеркало является регулирующим элементом линейного типа, рассеивающим избыточную мощность в виде тепла, не ясно как разработанный высоковольтный драйвер компенсирует изменения напряжения в регулируемом канале, например, при нагреве светодиодов или изменения числа включенных светильников.

6. В выводах диссертационной работы заявлено повышение эффективности системы электропитания светильников на 16 % и более. Однако при адаптации драйвера на основе токовых зеркал под птичники меньшей протяженности нагрузка в канале падает, что ведет к росту тепловых потерь. За счет чего разработанная система управления минимизирует эти потери и удерживает высокий КПД?

7. Учитывалось ли при оценке равномерности светового поля вдоль яруса клеточной батареи экранирование и переотражение светового потока от элементов кормушек, поилок, а также от самого поголовья птицы по мере её роста и увеличения живой массы?

8. Оценивался ли автором коэффициент пульсаций светового потока разработанного светильника на минимальных режимах яркости, и проверялось ли его влияние на зрительный аппарат и поведение птицы?

9. В диссертации заявлены повышение живой массы бройлеров на 2,4–4,9% и улучшение других зоотехнических показателей при внедрении разработанной системы освещения полученные по результатам других исследователей, однако это не подтверждено результатами собственного контролируемого зоотехнического эксперимента.

Отмеченные в отзыве замечания не снижают высокой научной и практической ценности выполненной работы и не влияют на общее положительное впечатление от исследования.

9. Заключение о соответствии диссертации установленным критериям

На основании вышеизложенного считаю, что диссертация Романовца Михаила Михайловича на тему «Разработка цифровой системы динамического локального светодиодного освещения птичников с клеточным содержанием цыплят-бройлеров» является завершённой научно-исследовательской работой, выполненной на высоком научно-методическом уровне. В ней изложены научно обоснованные технические, технологические и программные разработки, направленные на решение важной задачи повышения производительности и ресурсосбережения в птицеводстве, что полностью соответствует требованиям паспорта специальности 4.3.2 – Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса

Диссертационная работа полностью соответствует пунктам 9–14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (Постановление Правительства РФ № 842 от 24.09.2013), предъявляемых к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а её автор, Романовец Михаил Михайлович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.2 – Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса.

Официальный оппонент:

кандидат технических наук (05.20.02 – Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве), ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией светотехники ФГБНУ ФНАЦ ВИМ

14 сентября 2026 г.



Александр Анатольевич Смирнов

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ)

Адрес: 109428, РФ, г. Москва, 1-й Институтский проезд, дом 5

Телефон: 8 (499) 171-43-49

E-mail: vim@vim.ru

Подпись Смирнова А. А. заверяю:
Ученый секретарь ФГБНУ ФНАЦ ВИМ
кандидат технических наук



А. В. Ещин