

На правах рукописи



ВОЛОШИН АЛЕКСАНДР ПЕТРОВИЧ

**ПАРАМЕТРЫ И РЕЖИМЫ
ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
ОЗОНИРОВАНИЯ ЯЙЦЕСКЛАДОВ ПТИЦЕФАБРИК**

Специальность: 05.20.02 – Электротехнологии и
электрооборудование в сельском хозяйстве

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Краснодар – 2016

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина» (ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ)

Научный руководитель:	Овсянников Дмитрий Алексеевич кандидат технических наук, доцент
Официальные оппоненты:	Возмилов Александр Григорьевич доктор технических наук, профессор ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский институт)», кафедра «Двигатели внутреннего сгорания и электронные системы автомобилей», главный научный сотрудник Гуляев Павел Владимирович кандидат технических наук, доцент, Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет», кафедра «Эксплуатация энергетического оборудования и электрических машин», доцент
Ведущая организация:	ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет» (г. Ставрополь)

Защита состоится 21 декабря 2016 г. в 14.00 часов на заседании диссертационного совета Д220.038.08 при ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ по адресу: 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13, КубГАУ, корпус факультета энергетики, ауд. № 4.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ.

Автореферат разослан «__» ноября 2016 года и размещен на официальном сайте ВАК при Министерстве образования и науки России <http://vak2.ed.gov.ru/> и на сайте ФГБОУ ВО Кубанского ГАУ <http://kubsau.ru/>

Ученый секретарь диссертационного совета,
доктор технических наук
Курасов Владимир Станиславович



ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. Птицеводство в настоящее время является одной из наиболее динамичных и важных отраслей сельскохозяйственного производства. Племенная работа в птицеводстве в настоящее время направлена на увеличение количества производимых яиц и мяса птицы. Одним из самых важных этапов технологии инкубации, который оказывает значительное влияние на вывод цыплят и сохранность суточного молодняка, является санитарная обработка инкубационных яиц.

Ведущие ученые нашей страны доказали высокую эффективность применения озона для обработки инкубационных яиц. В проведенных исследованиях ученые подробно рассматривали способы обработки инкубационных яиц, конструкцию генераторов озона, режимы и параметры обработки. Однако аэроозонная технология дезинфекции инкубационных яиц не получила широкого применения из-за нестабильности эффекта обработки.

Исследователи, рассматривали концентрацию озона на выходе из озонатора и не учитывали концентрацию озона в каждой точке яйцесклада, которая, вследствие распада озона, отклоняется в зависимости от удаления обрабатываемой поверхности от выходного отверстия озонатора. Также не учитывалась деструкция озона на поверхности яиц, стен, оборудовании яйцесклада, которая оказывает влияние на параметры обработки. В результате, инкубационные яйца в удаленных точках не получают необходимой концентрации озона, что в свою очередь приводит к неудовлетворительным результатам обработки.

Перечисленные недостатки существующих способов обработки инкубационных яиц озоном не позволяют в настоящее время эффективно применять перспективный метод санитарной обработки.

Работа выполнена по плану НИР Кубанского ГАУ № ГР 01.2011.53641, раздел – 27.4 (2011-2015 гг.)

Степень разработанности темы. Для санитарной обработки инкубационных яиц в настоящее время существуют различные варианты использования озонозвоздушной смеси, обладающие определенными конструктивно-технологическими отличиями. Общим недостатком большинства из них является пренебрежение деструкцией озона на поверхности яиц, стенах и оборудовании яйцесклада. Поэтому необходима разработка эффективного способа распределения озона в зоне обработки инкубационных яиц, исключающего данные недостатки.

Научная гипотеза – повысить качество электроозонирования инкубационных яиц в яйцескладе птицефабрики можно путем равномерного распределения озона внутри помещения и в зоне размещения яиц с учетом деструкции озона на их поверхности.

Цель работы – обоснование параметров и режимов работы электротехнологического процесса озонирования яйцескладов птицефабрик для снижения общей контаминации скорлупы инкубационных яиц.

Задачи исследования.

1. Разработать функциональную схему электротехнологического процесса озонирования инкубационных яиц в яйцескладах птицефабрик.

2. Разработать математическую модель электротехнологического процесса озонирования инкубационных яиц в яйцескладах птицефабрик.

3. Экспериментально установить зависимость влияния концентрации озона и продолжительности экспозиции на тест-бактерии, которые контаминируют скорлупу яиц.

4. Разработать принципиальную электрическую схему и модуль системы электротехнологического процесса озонирования яйцескладов птицефабрик и изготовить экспериментальный образец.

5. Провести исследование качества электротехнологического процесса озонирования в производственных условиях,

а также проверить адекватность полученной математической модели.

6. Произвести технико-экономическое обоснование внедрения электротехнологического процесса озонирования яйцескладов птицефабрик.

Методы исследований. В диссертации использованы основные положения теплотехники, общей электротехники, теории автоматического управления, методы определения микробной обсемененности, методика планирования эксперимента, методы теории вероятностей и математической статистики, программное обеспечение: STATISTICA 6.1, Microsoft Office 2016, ПК SimInTech.

Объектом исследований является электротехнологический процесс озонирования яйцескладов птицефабрик.

Предметом исследований являются параметры и режимы работы электротехнологического процесса озонирования яйцескладов птицефабрик; взаимосвязь между отдельными составляющими системы озонирования; показатели качества работы электротехнологического процесса озонирования яйцескладов птицефабрик.

Научная новизна работы:

– функциональная схема электротехнологического процесса озонирования яйцескладов птицефабрик, включающая в себя генератор озона, помещение яйцесклада и инкубационные яйца.

– математическая модель электротехнологического процесса озонирования инкубационных яиц в яйцескладах птицефабрик, учитывающая разложение озона на поверхности яиц и структурных элементах яйцесклада, количество яиц, геометрические размеры яйцесклада, подачу вентилятора, параметры конструкции разрядного устройства, расположение электроозонатора в помещении яйцесклада.

– регрессионные модели влияния концентрации озона и продолжительности экспозиции на тест-бактерии, контаминирующие скорлупу яиц.

Теоретическая и практическая значимость результатов исследований:

– номограмма, определяющая напряжение разрядного устройства и подачу вентилятора электроозонатора в зависимости от количества обрабатываемых яиц в каждой зоне помещения яйцесклада. Рекомендации по выбору электроозонаторов в зависимости от количества яиц в яйцескладе.

– электротехнологический процесс озонирования яйцескладов птицефабрик, который включает электроозонатор, как регулирующий орган и регулятор, учитывающий показания двух датчиков озона, обеспечивающий заданное качество работы, снижение обобщенного интегрального среднеквадратичного показателя отклонения концентрации озона на 22,1 % по сравнению с вариантом без регулирования.

– принципиальная электрическая схема электроозонатора на базе микроконтроллера ATmega 8 и экспериментальный образец модуля системы электротехнологического процесса озонирования яйцескладов птицефабрик. Результаты производственной проверки показали, что при использовании разработанной электроустановки общая контаминация скорлупы инкубационных яиц снижается на 94,1 %.

На защиту выносятся следующие положения:

– функциональная схема электротехнологического процесса озонирования инкубационных яиц в яйцескладах птицефабрик;

– математическая модель электротехнологического процесса озонирования инкубационных яиц в яйцескладах птицефабрик, обосновывающая требуемое управляющее воздействие;

– регрессионные модели влияния концентрации озона и времени обработки яиц на тест-бактерии, контаминирующие скорлупу яиц;

– номограмма, определяющая напряжение разрядного устройства и подачу вентилятора электроозонатора в зависимости от количества обрабатываемых яиц в каждой зоне помещения яйцесклада;

– результаты лабораторных экспериментов распределения озона по помещению яйцесклада, подтверждающие теоретические исследования;

– принципиальная электрическая схема и экспериментальный образец модуля системы электротехнологического процесса озонирования яйцескладов птицефабрик на базе микроконтроллера ATmega 8;

– результаты производственных испытаний качества работы электротехнологического процесса озонирования яйцескладов птицефабрик.

Реализация и внедрение результатов исследований. Результаты исследования внедрены на ООО ПКСП «Птицевод» Краснодарского края, а также в учебный процесс кафедры электрических машин и электропривода ФГБОУ ВО Кубанского ГАУ (г. Краснодар); материалы исследований и модуль системы электротехнологического процесса озонирования яйцескладов птицефабрик переданы в ЗАО «Новороссийский опытно-экспериментальный завод» (г. Новороссийск) для подготовки мелкосерийного производства.

Апробация работы. Основные результаты исследований докладывались и обсуждались: на Всероссийской научно-практической конференции «Новые технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности с использованием электро-физических факторов и озона» (Ставрополь, 2010 г.); Международных научно-практических конференциях «Актуальные проблемы энергетики АПК» (Саратов, 2010 г., 2012 г.); Всероссийских научно-практических конференциях молодых ученых «Научное обеспечение агропромышленного комплекса» (Краснодар, 2010 г., 2011 г., 2015 г.); Всероссийской научно-практической конференции «Инновационные электротехнологии и электрооборудование – предприятиям АПК» (Ижевск, 2012 г.); Международной научно-практической конференции «Новые технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности с использованием электрофизических факторов и озона» (Ставрополь, 2014 г.); Всероссийской молодежной научно-практической конференции «Фундаментальные

основы современных аграрных технологий и техники» (Томск, 2015 г.).

Публикации. По материалам диссертационной работы опубликовано 15 печатных работ, из них 3 публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 5 в материалах Международной научно-практической конференции, а остальные в других изданиях. По результатам исследований получены 2 патента РФ на изобретение.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы, включающего 137 наименований и приложений. Диссертация изложена на 141 странице компьютерного текста, включая 6 страниц приложений, содержит 51 рисунок, 21 таблицу.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность исследований, сформулирована цель работы, научная новизна, практическая значимость и представлены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе выполнен краткий анализ существующих способов санитарной обработки инкубационных яиц и указаны их существенные недостатки.

Установлено, что наиболее перспективным способом обработки яиц является аэроозонная обработка. Перспектива использования озона в промышленном птицеводстве обусловлена его преимуществами, которыми он обладает по сравнению с другими химическими средствами.

Работы в этой области проводились во Всероссийском научно-исследовательском и технологическом институте птицеводства, Московском ГАУ имени В.П. Горячкина, Челябинском ГАУ, Всероссийском НИИ ветеринарной санитарии, гигиены и экологии, Кубанском ГАУ. Такими учеными как И.П. Кривопишин, Ю.В. Исаев, Д.А. Нормов, А.А. Шевченко отмечается более интенсивное развитие зародышей, увеличивается рост и обмен веществ. Выводимость яиц повышается на 3-7%. Сохранность вылупившихся цыплят увеличивается на

1,5-1,7%, а средняя масса 56-дневных цыплят – на 80-100 грамм.

Однако до сих пор обработка инкубационных яиц озоном не получила широкого распространения из-за отсутствия точной технологии равномерного распределения озона по объему зоны обработки с учетом деструкции озона на поверхности яиц, а современные методы имеют относительно низкие показатели качества и не могут быть использованы в процессе санитарной обработки инкубационных яиц.

Наиболее близкими к рассматриваемой тематике являются электроозонаторы для сельскохозяйственных нужд, разработанные такими учеными, как И.Ф. Бородин, Н.В. Ксенз, А.Г. Возмилов, В.Ф. Сторчевой. Однако динамические свойства разработанных электроозонаторов не позволяют их эффективно использовать в качестве регулирующего органа в электротехнологическом процессе озонирования яйцескладов птицефабрик для создания равномерной концентрации озона в зоне обработки. На основании материалов главы сформулированы цель и задачи исследований.

Во второй главе описаны теоретические исследования по разработке электротехнологического процесса озонирования яйцескладов птицефабрик. Система озонирования включает электроозонатор, как регулирующий орган и регулятор, учитывающий показания двух датчиков озона, обеспечивающий равномерное распределение заданной концентрации озона в зоне обработки (20 мг/м^3).

При электроозонировании яйцесклада птицефабрики концентрация озона C зависит от: потерь через дверные, оконные проёмы или ворота $C_{ПР}$, потерь через вентиляцию $C_{ВЕНТ}$, потерь, связанных с разложением озона на стенах яйцесклада $C_{СТ}$, потерь, связанных с разложением озона на инкубационных яйцах $C_{Я}$.

$$C = C_{O_3} - C_{ПР} - C_{ВЕНТ} - C_{СТ} - C_{Я}, \quad (1)$$

где C_{O_3} – концентрация озона на выходе из электроозонатора, мг/м^3 ; $C_{ПР}$ – потери озона через дверные, оконные проёмы или ворота, мг/м^3 ; $C_{ВЕНТ}$ – потери через вентиляцию, мг/м^3 ;

C_{CT} – потери, связанные с разложением озона на стенах яйцесклада, мг/м³; $C_{Я}$ – потери, связанные с разложением озона на инкубационных яйцах, мг/м³.

Получена математическая модель распространения озона по помещению яйцесклада, которая учитывает диффузию озона, его расход, геометрические размеры помещения, поглощение озона яйцами, в зависимости от их количества N , и стенами, а также расположение самого электроозонатора в помещении яйцесклада:

$$\begin{cases} C_{O_{3X}} = V \sqrt{\frac{q}{4\pi Dt}} \cdot e^{-\frac{x^2}{Dt}} - \frac{m_{O_{3Я}} + m_{O_{3CT}}}{V} \\ C_{O_3} = \frac{q}{\left(L_в + \frac{DS_{ПР}}{L_{ПР}}\right)} + ae^{-\left(\frac{L_{ВЕНТ}}{V} + \frac{DS_{ПР}}{VL_{ПР}}\right)t} - \frac{m_{O_{3Я}} + m_{O_{3CT}}}{V} \end{cases}, \quad (2)$$

где $m_{O_{3Я}}$ – масса озона, поглощенная яйцом, мг; $m_{O_{3CT}}$ – масса озона, поглощенная стенами, мг; $C_{O_{3X}}$ – концентрация озона по координате x , мг/м³; C_{O_3} – остаточная концентрация озона за время t , мг/м³; V – объём помещения яйцесклада, м³; D – коэффициент диффузии озона м²/ч; t – время озонирования, ч; q – расход озона, м³/ч; $L_в$ – вентиляционный расход, м³/ч; $S_{ПР}$ – площадь открытого проема, м²; $L_{ПР}$ – характерное расстояние от электроозонатора до открытого проема, м; $L_{ВЕНТ}$ – вентиляционный расход, м³/ч; x – пространственная координата, м.

Изменение концентрации озона в помещении посредством программного регулятора приводит к соответствующим изменениям U_{PY} , что повышает или снижает производительность разрядного устройства G_{O_3} , а также подачу вентилятора Q_{VI} стабилизируя тем самым концентрацию озона C_{O_3} внутри помещения яйцесклада.

Для определения параметров и режимов обработки яиц была разработана математическая модель электротехнологического процесса озонирования яйцескладов птицефабрик:

$$\left\{ \begin{array}{l}
 m_{O_3Я} = \rho \left(4\pi \left(\frac{(a \cdot b)^{1,6075} + (b \cdot c)^{1,6075} + (a \cdot c)^{1,6075}}{3} \right)^{\frac{1}{1,6075}} \cdot \left(\frac{7}{8} \cdot N \cdot k_{Я} \right) \right) \\
 m_{O_3СТ} = \rho (2k_{СТ}((a_1 \cdot c_1) + (b_1 \cdot c_1) + (a_1 \cdot b_1))) \\
 C_{O_3X} = V \sqrt{\frac{q}{4\pi Dt}} \cdot e^{-\frac{x^2}{Dt}} - \frac{m_{O_3Я} + m_{O_3СТ}}{V} \\
 C_{O_3} = \frac{q}{\left(L_в + \frac{DS_{ПП}}{L_{ПП}} \right)} + ae^{-\left(\frac{L_{ВЕНТ}}{V} + \frac{DS_{ПП}}{VL_{ПП}} \right)t} - \frac{m_{O_3Я} + m_{O_3СТ}}{V} \\
 q = \frac{a_{G1} + a_{G2}P_{PY} + a_{G3}t_C + a_{G4}P_{PY}t_C + a_{G5}t_C^2 + a_{G6}(P_{PY}t_C)^2}{C_{O_3X}} \\
 P_{PY} = (I_{PY} - I_{PY3}) \cdot U_{PYT}
 \end{array} \right. \quad (3)$$

где ρ – плотность озона ($\rho = 2,144 \cdot 10^6$ мг/м³); a, b, c – полуоси эллипсоида м; N – количество яиц, шт.; $k_{Я}$ – коэффициент поглощения озона яйцами ($k = 0,0001$); a_1, b_1, c_1 – стороны параллелепипеда (длина, ширина и высота помещения соответственно), м; $k_{СТ}$ – коэффициент поглощения озона стенами ($k_{СТ} = 0,042$); L_B – вентиляционный расход, м³/ч; $S_{ПП}$ – площадь открытого проема, м²; $L_{ПП}$ – характерное расстояние от электроозонатора до открытого проема, м; t_C – температура стекла диэлектрических барьеров, °С; P_{PY} – мощность разрядного устройства, Вт; $a_{G1}, a_{G2}, \dots, a_{G6}$ – коэффициенты модели; U_{PYT} – напряжение горения разряда для используемого разрядного устройства, кВ; I_{PY} – средний ток, при котором рассчитывается мощность, мА; I_{PY3} – ток зажигания разряда, мА.

В разработанной математической модели яйцо представлено в виде эллипса с полуосями a, b , и c . Полученная математическая модель учитывает разложение озона на поверхности яиц и стен яйцесклада, а также обосновывает требуемое управляющее воздействие при различных исходных данных, таких как: требуемая концентрация озона в яйцескладе, количество яиц, геометрические размеры яйцесклада, подача вентилятора,

параметры конструкции разрядного устройства, расположение электроозонатора в помещении яйцесклада. Модель реализована в программном комплексе SimInTech (рисунок 1).

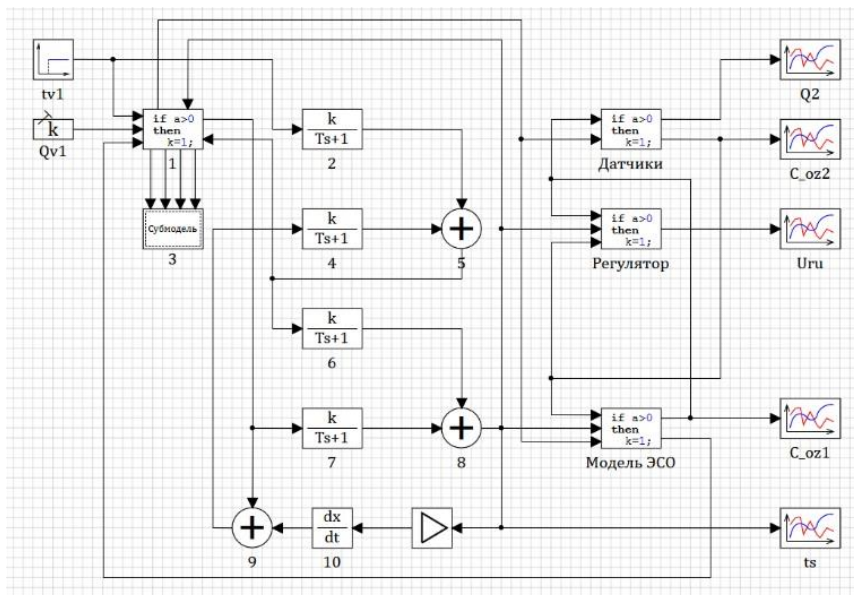
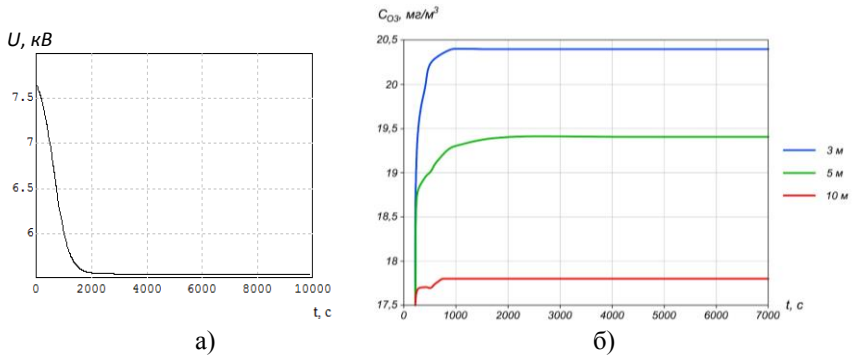


Рисунок 1 – Функциональная схема модели электротехнологического процесса озонирования яйцескладов птицефабрик в программном комплексе SimInTech.

В результате моделирования установлено, что рациональное расстояние от электроозонатора до второго датчика концентрации озона составляет 3 метра, которое удовлетворяет заданному параметру концентрации озона 20 мг/м^3 (рисунок 2).

Для обеспечения формирования заданного значения управляющего воздействия разработан алгоритм работы цифрового регулятора, блок-схема которого представлена на рисунке 3.



а) график изменения напряжения на разрядном устройстве электроозонатора,
 б) график изменения концентрации озона на удалении от электроозонатора.
 Рисунок 2 – Результаты моделирования в ПК SimInTech.

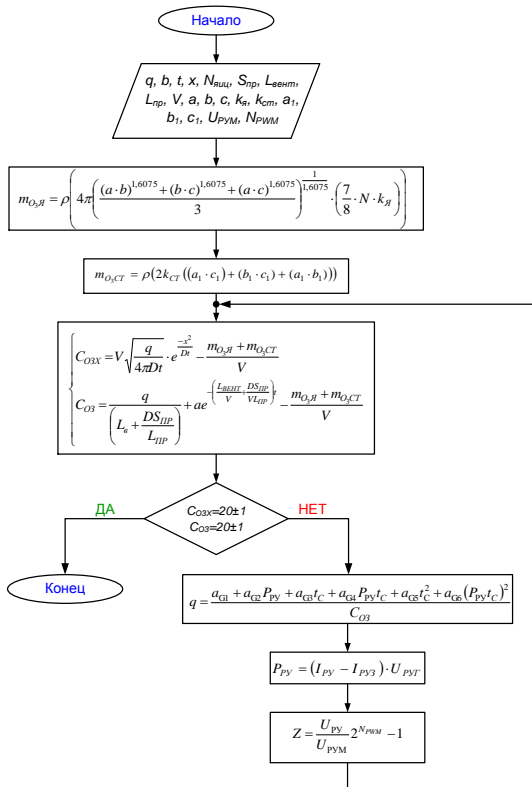


Рисунок 3 – Блок-схема алгоритма работы регулятора распределения озона в помещении яйцесклада.

Исследование качества управления электротехнологическим процессом озонирования яйцескладов птицефабрик проведено по виду кривой переходного процесса, полученной в результате моделирования процесса озонирования (рисунок 4) в среде ПК «SimInTech» при типовом ступенчатом воздействии на расстоянии от электроозонатора 3 м.

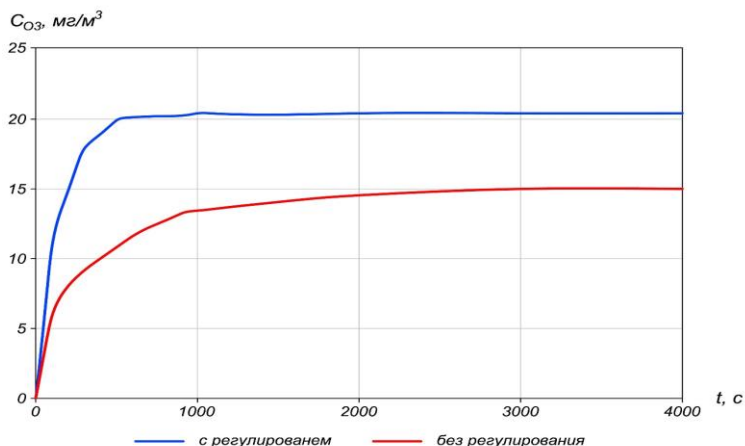


Рисунок 4 – Зависимость концентрации озона (на расстоянии от электроозонатора 3 м) от времени при регулировании и без регулирования.

В третьей главе произведено планирование эксперимента. Дано описание лабораторной установки и её структурная схема. Получены регрессионные модели влияния концентрации озона и времени обработки яиц на тест-бактерии. В качестве независимых переменных приняты: x_1 – концентрация озона, которая содержится в озоновоздушной смеси, мг/м³ (3 уровня – 7, 12, 25); x_2 – время воздействия t , мин (4 уровня – 15, 30, 60, 120).

Для оценки эффективности озонирования принят параметр выживаемости k_N для четырёх основных патогенных микробиологических тест-объектов, которые преобладают на скорлупе яиц:

- $y_1 - k_{N1}$ значение параметра выживаемости *S. aureus*, %;
- $y_2 - k_{N2}$ значение параметра выживаемости *S. choleraesuis*, %;
- $y_3 - k_{N3}$ значение параметра выживаемости *P. vulgaris*, %;
- $y_4 - k_{N4}$ значение параметра выживаемости *E. coli*, %.

В результате проведенного экспериментального исследования получена регрессионная модель (4), описывающие влияние концентрации озона (x_1) и времени обработки (x_2) на выживаемость тест-бактерий (y_{1-4}).

$$\begin{cases} y_1 = 56,91490 - 0,90358 \cdot x_1 - 2,56899 \cdot x_2 + 0,00388 \cdot x_1^2 + 0,01375x_1 \cdot x_2 + 0,03397 \cdot x_2^2 \\ y_2 = 124,5265 - 1,6226 \cdot x_1 - 5,8344 \cdot x_2 + 0,0066 \cdot x_1^2 + 0,0202x_1 \cdot x_2 + 0,1 \cdot x_2^2 \\ y_3 = 97,703983 - 1,45343 \cdot x_1 - 4,07926 \cdot x_2 + 0,00578 \cdot x_1^2 + 0,02296x_1 \cdot x_2 + 0,04936 \cdot x_2^2 \\ y_4 = 136,8060 - 1,5368 \cdot x_1 - 7,4604 \cdot x_2 + 0,0074 \cdot x_1^2 + 0,0078x_1 \cdot x_2 + 0,1669 \cdot x_2^2 \end{cases} \quad (4)$$

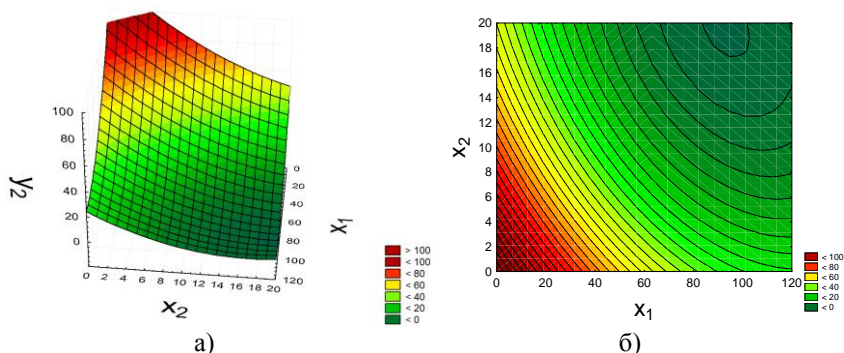


Рисунок 5 – Диаграмма влияния времени обработки (x_1) и концентрации озона (x_2): а) на выживаемость *S. choleraesuis* (y_2); б) на проекцию поля выживаемости *S. choleraesuis* (y_2).

На рисунке 5 изображены диаграммы влияния времени обработки (x_1) и концентрации озона (x_2) на выживаемость и на проекцию поля выживаемости *S. choleraesuis* (y_2). Анализ проекции поля выживаемости *S. choleraesuis* (y_2) позволяет сделать вывод, что при концентрации 19 мг/м³ минимальное значение выживаемости *S. choleraesuis* достигается при времени обработки 84 минуты.



Рисунок 6 – Внешний вид разработанного опытного образца и его установка для проведения исследований распределения озона в яйцескладе.

Производственные испытания проведены в ООО ПКСП «Птицевод» Краснодарского края (рисунок 6). В ходе эксперимента было задействовано 35000 яиц. Продолжительность работы электроозонатора составила 84 минуты, концентрация озона в зоне обработки 19 мг/м^3 .

Таблица 1 – Полученные показатели качества при производственных испытаниях системы управления

Показатели	С регулированием	Без регулирования
Время регулирования	8 мин	-
Динамическая ошибка	0,9	-4,5
Коэффициент перерегулирования, %	4,5	22,5
Обобщённый интегральный средне-квадратичный показатель, %	10,6	32,7

Результаты эксперимента по исследованию разработанного электротехнологического процесса озонирования яйцескладов птицефабрик представлены на рисунке 7 и в таблице 1.

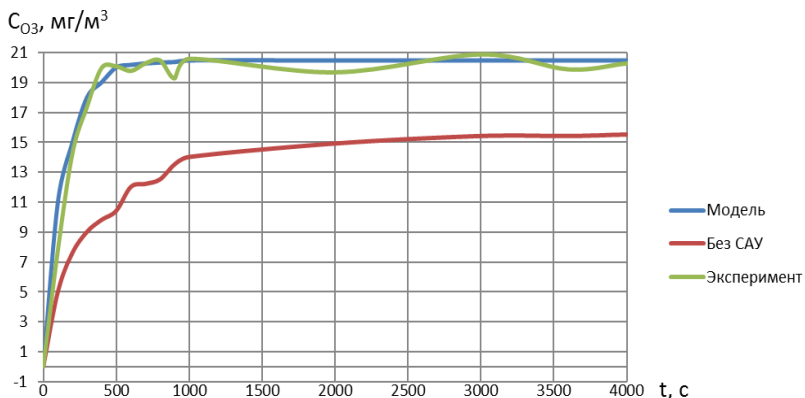


Рисунок 7 – Графики проверки адекватности разработанного электротехнологического процесса озонирования яйцескладов птицефабрик.

Проведённые производственные испытания показали снижение общей бактериальной контаминации скорлупы инкубационных яиц при использовании разработанного электротехнологического процесса озонирования яйцескладов птицефабрик на 94,1%.

В четвертой главе выполнена экономическая оценка эффективности внедрения электротехнологического процесса озонирования яйцесклада птицефабрики на 70 000 инкубационных яиц в смену, которая выражена через чистый дисконтированный доход и за 5 лет составила: за счет экономии производственных затрат – 489 тыс. рублей; за счет увеличения выводимости цыплят – 44,7 млн. рублей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итоги выполненного исследования

1. Разработана функциональная схема электротехнологического процесса озонирования инкубационных яиц в яйцескладах птицефабрик включающая в себя электроозонатор,

как регулирующий орган и регулятор, учитывающий показания двух датчиков озона, один из которых расположен на выходе из электроозонатора, второй на удалении от него.

2. Разработана математическая модель электротехнологического процесса озонирования инкубационных яиц в яйцескладах птицефабрик, учитывающая разложение озона на поверхности яиц и стен яйцесклада, количество яиц, геометрические размеры яйцесклада, подачу вентилятора, параметры конструкции разрядного устройства, расположение электроозонатора в помещении яйцесклада. Полученная математическая модель реализована в программном комплексе SimInTech. В результате анализа переходных процессов установлено, что концентрация озона в помещении яйцесклада не будет выходить за допустимые пределы $19...21 \text{ мг/м}^3$.

3. На основании полученных результатов моделирования обоснованы требования для равномерного распределения озона в зоне размещения инкубационных яиц: деление помещения яйцесклада на зоны с равным количеством яиц; размещение в центре каждой зоны электроозонатора на высоте 3 м. Определены показатели качества системы озонирования: обобщённый интегральный среднеквадратичный показатель – 9,7%, коэффициент перерегулирования 2,3%, статическая ошибка 0,46, время регулирования – 9 мин.

4. В результате экспериментальных исследований получены регрессионные модели, описывающие влияние параметров электроозонирования помещения яйцесклада на выживаемость тест-бактерий: *S. Aureus*, *S. choleraesuis*, *P. vulgaris*, *E. Coli*. Обосновано снижение выживаемости санитарно-значимых тест-объектов до нуля при концентрации озона от 7 до 25 мг/м^3 , времени обработки от 15 до 120 минут. Определено, что наименьшая выживаемость рассматриваемых тест-бактерий при заданной концентрации озона $20 \pm 1 \text{ мг/м}^3$ достигается при экспозиции 84 минуты.

5. Экспериментально подтверждена адекватность математической модели электротехнологического процесса озониро-

вания яйцескладов птицефабрик. При доверительной вероятности $p = 0,95$ табличное значение критерия Фишера ($F_{TP} = 4,46$) больше расчётного значения ($F_{TP} = 2,02$) в 2 раза.

6. Разработана принципиальная электрическая схема и изготовлен модуль системы электротехнологического процесса озонирования яйцескладов птицефабрик на базе микроконтроллера ATmega 8. В ходе производственных испытаний изготовленного образца установлено, что бактериальная контаминация скорлупы инкубационных яиц снизилась на 94,1 %.

7. В результате производственных испытаний установлены параметры качества электротехнологического процесса озонирования яйцесклада: обобщённый интегральный среднеквадратичный показатель увеличился от теоретического значения на 0,9 %, а время регулирования уменьшилось на 1 минуту.

8. Экономическая эффективность внедрения, разработанного электротехнологического процесса озонирования яйцесклада птицефабрики на 70 000 инкубационных яиц в смену, выраженная через чистый дисконтированный доход за 5 лет составила: за счет экономии производственных затрат – 489 тыс. рублей; за счет увеличения выводимости цыплят – 44,7 млн. рублей.

Рекомендации производству

Разработанная методика для расчета параметров и режимов работы электротехнологического процесса озонирования яйцескладов птицефабрик может быть использована конструкторскими организациями при создании аналогичных устройств. Разработанная технология может быть использована в учебном процессе для изучения инновационных технологий в сельском хозяйстве и на птицефабриках для снижения общей контаминации инкубационных яиц.

Перспективы дальнейшей разработки темы

Проведение дальнейшего исследования распределения озоноздушной смеси по помещению яйцесклада при использовании центральной системы озонирования позволит увели-

чить надежность используемого электрооборудования. Определение параметров и режимов работы электротехнологического процесса озонирования яйцескладов для других видов инкубационных яиц сельскохозяйственной птицы предоставит возможность более широко использовать разработанную технологию снижения общей контаминации скорлупы инкубационных яиц. Оптимизация разработанной системы электротехнологического процесса озонирования яйцескладов птицефабрик по критерию минимальной энергоемкости позволит уменьшить производственные издержки.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ

- в изданиях, рекомендованных ВАК:

1. Волошин, А.П. Исследование показателей качества управления электротехнологическим процессом озонирования яйцескладов птицефабрик / Волошин А.П. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – №07(121). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2016/07/pdf/99.pdf>, 0,875 у.п.л. – IDA [article ID]: 1211607099. <http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-121-099>.

2. Волошин, А.П. Математическое моделирование электротехнологического процесса озонирования яйцескладов птицефабрик / Волошин А.П. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – №07(121). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2016/07/pdf/98.pdf>, 0,875 у.п.л. – IDA [article ID]: 1211607098. <http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-121-098>.

3. Волошин, А.П. Экспериментальные исследования параметров и режимов электротехнологического процесса озонирования яйцескладов птицефабрик / Волошин А.П. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – №07(121). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2016/07/pdf/71.pdf>, 0,875

у.п.л. – IDA [article ID]: 1211607071.
<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-121-071>.

- в прочих изданиях:

4. Волошин, А.П. Влияние частоты тока на коэффициент мощности разрядного устройства электроозонатора. / А.П. Волошин, Д.А. Овсянников, С.А. Николаенко // Материалы пятой Всероссийской конференции «Энерго- и ресурсосберегающие технологии и установки». – Краснодар: КубГАУ, 2007. – С. 86-89.

5. Волошин, А.П. Анализ статических характеристик электроозонаторов применяемых в АПК / А.П. Волошин, Д.А. Овсянников // Сборник научных трудов по материалам V Российской научно-практической конференции «Физико-технические проблемы создания новых экологически чистых технологий в агропромышленном комплексе». – Ставрополь: СтГАУ, 2009. – С. 168-172.

6. Волошин, А.П. Пути повышения энергетической эффективности электроозонаторов для АПК / А.П. Волошин, Д.А. Овсянников, С.С. Зубович // Научный журнал «Университет: наука, идеи и решения» № 1/2009. – Краснодар: «ЭДВИ», 2009. – С. 90-93.

7. Волошин, А.П. Влияние нагрева разрядного устройства на статические электротехнические характеристики электроозонаторов барьерного типа / А.П. Волошин, Д.А. Овсянников // Материалы международной научной конференции «Технические и технологические системы». – Краснодар: КубГАУ, 2009. – С. 254-257.

8. Волошин, А.П. Энергетическая эффективность электроозонаторов доступных для применения в АПК при нагреве разрядного устройства / А. П. Волошин, С.С. Зубович, Д. С. Цокур // Материалы всероссийской научно-практической конференции «Новые технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности с использованием электрофизических факторов и озона». – Ставрополь: Ставропольское издательство «Параграф», 2010. – С. 36-41.

9. Волошин, А.П. Применение системы жидкостного охлаждения разрядного устройства в электроозонаторах барьерного типа. Материалы V Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых «Научное обеспечение агропромышленного комплекса». – Краснодар: КубГАУ, 2011. – С. 42-46.

10. Волошин, А.П. Перспективы внедрения аэроозонных технологий для дезинфекции инкубационных яиц / А.П. Волошин, А.П. Донсков, С.В. Черных // Сборник статей международной научно-практической конференции «Наука и современность». – Уфа: РИО Международный центр инновационных исследований «ОМЕГА САЙНС», 2014. – С. 32-35.

11. Волошин, А.П. Результаты экспериментальных исследований модернизированной конструкции разрядного устройства пластинчатого типа / А.П. Волошин, А.С. Лытнев // Материалы VI международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы энергетики АПК»: / Под общ. ред. Трушкина В.А. – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2015. – 327 с. С. 30-33

12. Волошин, А.П. Способы дезинфекции инкубационных яиц. / А.П. Волошин, А.П. Донсков, Д.Д. Кривчик // Международное научное периодическое издание по итогам Международной научно-практической конференции: «Новая наука: стратегии и векторы развития» / в 2 ч. Ч.1 - Стерлитамак: РИЦ АМИ, 2016. – 181 с. С. 9-13.

13. Волошин, А.П. Современные технологии в камерах газации инкубационных яиц. / А.П. Волошин, А.П. Донсков, А.А. Гончаров // Международное научное периодическое издание по итогам Международной научно-практической конференции: «Новая наука: современное состояние и пути развития»: / в 4 ч. Ч.3 - Стерлитамак: РИЦ АМИ, 2016. – 238 с. С. 62-64.

- патенты на изобретения:

14. Патент РФ № 2417159, МПК С2 С01В13 / 11 (2006.01) Электроозонатор / Д.А. Овсянников, С.А. Николаенко, С.С. Зубович, А.П. Волошин, Д.С. Цокур // заявитель и патентообладатель КГАУ. - № 2009126863 заявл. 13.07.2009; опубл. 27.04.2011. Бюл. № 2. - 5 с.

15. Патент РФ № 2429192, МПК С2 С01В13/11 (2006.01) Электроозонатор / Д.А. Овсянников, С.А. Николаенко, С.С. Зубович, А.П. Волошин, Д.С. Цокур // заявитель и патентообладатель КГАУ. – № 20091330067 заявл. 2.09.2009; опубл. 20.09.2011. Бюл. № 26. – 6 с.

Подписано к печати _____2016 г.

Бумага офсетная

Печ. л. 1

Тираж 100 экз.

Формат 60×84 ¹/₁₆

Офсетная печать

Заказ № _____

Отпечатано в типографии Кубанского ГАУ
350044, Краснодар, ул. Калинина, 13.