

НИКОЛАЕНКО СЕРГЕЙ АНАТОЛЬЕВИЧ

**ПАРАМЕТРЫ СИСТЕМЫ СТАБИЛИЗИРОВАННОГО
ЭЛЕКТРООЗОНИРОВАНИЯ УЛЬЕВ ПРИ ЛЕЧЕНИИ
БАКТЕРИОЗОВ ПЧЕЛ**

Специальность: 05.20.02 – Электротехнологии и электрооборудование
в сельском хозяйстве

АВТОРЕФЕРАТ

диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Краснодар – 2010

Работа выполнена в Федеральном государственном образовательном
учреждении высшего профессионального образования
«Кубанский государственный аграрный университет»

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент
Овсянников Дмитрий Алексеевич

Официальные оппоненты: доктор технических наук, доцент
Богдан Александр Владимирович;
кандидат технических наук, профессор
Симонов Николай Михайлович

Ведущая организация – ФГОУ ВПО «Московский государственный
агроинженерный университет имени
В.П. Горячкина»

Защита состоится 20 мая 2010 года в 14.00 на заседании диссертационного
совета Д220.038.08 при ФГОУ ВПО «Кубанский государственный аграрный
университет» по адресу: 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13, корпус фа-
культета энергетики и электрификации, ауд. № 4.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГОУ ВПО
«Кубанский государственный аграрный университет».

Автореферат размещен на сайте www.kubsau.ru

Автореферат разослан 20 апреля 2010 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
доктор технических наук,
доцент



В.С. Курасов

ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. В пчеловодстве в эпоху рыночной экономики основным фактором конкурентоспособности является сила пчелиных семей, которая в первую очередь зависит от скорости их развития. Причиной снижения скорости развития пчелиных семей являются болезни пчел, одна из которых - колибактериоз. Традиционным способом лечения болезни является применение антибиотиков, которые в конечном счете попадают в производимые продукты пчеловодства. Это не только оказывает отрицательное влияние на здоровье человека, употребляющего мед, но и не позволяет отправлять российский мед на экспорт в Европу по более высоким ценам. Решением проблемы является применение электроозонирования в пчеловодстве для лечения бактериозов пчел.

В настоящее время не определены оптимальные режимы озонирования пчелиных семей. В проведенных исследованиях рассматривается концентрация озона на выходе из озонатора в начальный момент времени и совершенно не учитывается реальная концентрация озона в улье, которая, вследствие биологических особенностей пчелиных семей, колеблется при изменении условий окружающей среды. Технические особенности традиционных электроозонаторов барьерного типа также дестабилизируют параметры обработки. Существующие электроозонаторы для обработки пчел не способны обеспечить требуемое качество электроозонирования ульев, что не позволяет в настоящее время эффективно применять перспективный метод для лечения болезней пчел. Таким образом, создание системы стабилизированного озонирования ульев для лечения бактериозов пчел является актуальной задачей, имеющей существенное значение для экономики страны.

Диссертационная работа выполнена в соответствии с госбюджетной темой ФГОУ ВПО «Кубанский государственный аграрный университет» «Разработка и исследование энергосберегающих технологий, оборудования и источников электропитания для АПК» на 2006–2010 гг. (ГР № 01200113477, раздел 4).

Научная гипотеза – повысить эффективность лечения бактериозов пчел озоном можно путем обоснования параметров обработки пчелиных семей и системы стабилизированного озонирования ульев, включающей регулятор, учитывающий особенности улья как объекта управления и разрядного устройства электроозонатора как регулирующего органа.

Цель работы – обоснование параметров системы стабилизированного электроозонирования ульев для лечения бактериозов пчел.

Объект исследования – процесс электроозонирования улья с пчелами, система стабилизации параметров электроозонирования.

Предмет исследования – зависимости параметров системы стабилизированного озонирования улья от внутриульевого воздухообмена и нагрева разрядного устройства электроозонатора; режимы озонирования улья для лечения бактериозов пчел.

Задачи исследования.

1. Разработать тепловую модель разрядного устройства электроозонатора для определения его конструктивных параметров.

2. Разработать математическую модель системы автоматического управления концентрацией озона в улье, устанавливающую связь управляющего воздействия с дестабилизирующими факторами.

3. В среде программного комплекса МВТУ проверить работоспособность системы автоматического управления концентрацией озона в улье и определить показатели качества регулирования.

4. Определить оптимальные, по критерию минимальной энергоемкости, параметры электроозонирования ульев с использованием регрессионных моделей влияния концентрации озона и времени обработки на выживаемость возбудителей бактериозов пчел.

5. Экспериментально подтвердить функциональные зависимости тепловой модели разрядного устройства электроозонатора: постоянной времени нагрева от конструктивных параметров; установившейся температуры от тепловой мощности и подачи воздуха.

6. Разработать принципиальную электрическую схему и изготовить образец системы автоматического управления концентрацией озона в улье для лечения бактериозов пчел. Произвести испытания разработанной системы в лабораторных и производственных условиях.

7. Произвести технико-экономическое обоснование системы стабилизированного электроозонирования ульев при лечении бактериозов пчел.

Методы исследований. В работе использованы основные положения общей электротехники, теплотехники, теории автоматического управления, методы определения микробной обсемененности, методика планирования эксперимента, методы теории вероятностей и математической статистики, программное обеспечение *STATISTICA 6.0, Microsoft Office, MBTU 3.5*.

Научную новизну работы составляют:

1. Параметры озонирования ульев с пчелами, при которых с минимальной энергоемкостью достигается уничтожение возбудителей бактериозов пчел.
2. Тепловая модель разрядного устройства электроозонатора, определяющая его конструктивные параметры.
3. Математическая модель системы автоматического управления концентрацией озона в улье, обеспечивающая заданное качество регулирования.

Практическую значимость работы составляют:

1. Эмпирические закономерности влияния концентрации озона и времени обработки на выживаемость санитарно-значимых тест-объектов, определяющие параметры электроозонирования ульев для лечения бактериозов пчел.
2. Методика использования математической модели системы автоматического управления концентрацией озона в улье, которая позволяет задавать исходные параметры для программирования контролера, управляющего электроозонатором.
3. Выявленные закономерности влияния нагрева разрядного устройства на вольтамперную характеристику, активную мощность, производительность, удельную энергию выхода озона.

4. Результаты математического моделирования концентрации озона при одновременной обработке от 1 до 30 ульев с пчелами в зависимости от температур разрядного устройства и наружного воздуха.

5. Опытный образец системы электроозонирования, обеспечивающий стабилизированную обработку ульев с пчелами в заданном режиме.

Новизна способа стабилизации концентрации озона в улье подтверждена патентом РФ.

На защиту выносятся следующие основные положения:

- математическая модель влияния нагрева разрядного устройства на процесс синтеза озона, обосновывающая параметры конструкции разрядного устройства;

- математическая модель системы автоматического управления концентрацией озона в улье;

- результаты экспериментальных исследований влияния концентрации озона и времени обработки на выживаемость *Escherichia coli* и *Staphylococcus aureus*, определяющие параметры электроозонирования ульев для лечения бактериозов пчел;

- результаты лабораторных и производственных испытаний качества стабилизации концентрации озона в улье;

- параметры системы электроозонирования с автоматической стабилизацией концентрации озона в ульях, которая позволяет обрабатывать одновременно от 1 до 30 пчелиных семей в заданном режиме.

Реализация результатов исследования. Результаты исследования внедрены на пасеке ЗАО «Кубань» Кореновского района Краснодарского края; внедрены в учебный процесс научно-исследовательской лаборатории ФГОУ ВПО «Ставропольский государственный аграрный университет» по повышению квалификации руководителей предприятий АПК; материалы исследований и макетный образец системы стабилизированного электроозонирования пчелиных семей переданы в ООО «ЗИП-Партнер» для подготовки серийного производства.

Апробация работы. Основные положения и результаты работы доложены и обсуждены на ежегодных научных конференциях КубГАУ «Научное обеспечение агропромышленного комплекса» с 2006 по 2009 г.; на международной научно-практической конференции «Основы достижения устойчивого развития сельского хозяйства», ВГСХА, Волгоград, 2006; на Российской научно-практической конференции «Физико-технические проблемы создания новых технологий в агропромышленном комплексе» в Ставрополе (СГАУ, 2007-2009 гг.). Проекты на основании результатов исследований представлены на международном экономическом форуме в г. Сочи (2006-2008 гг.), на международном инвестиционном форуме «Дни Краснодарского края в Германии», г. Мюнхен, 2006 г.; на Всероссийском конкурсе на лучшую научную работу среди аспирантов и молодых ученых высших учебных заведений Минсельхоза России автор награжден дипломом 1-й степени в номинации «Технические науки».

Публикации. Основные результаты исследований опубликованы в 21 печатных работах, в том числе в пяти патентах РФ.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, 5 глав, выводов, списка используемых источников и 5 приложений. Работа содержит 135 страниц основного текста, 45 рисунков, 13 таблиц. Список используемых источников содержит 147 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение содержит обоснование актуальности работы и направления исследования.

В первой главе «Состояние вопроса и задачи исследования» дан краткий анализ народнохозяйственного значения пчеловодства, определена роль лечения болезней пчел озоном, произведен анализ факторов, дестабилизирующих параметры озонирования ульев с пчелами.

Произведен анализ доступных литературных источников в области пчеловодства. Ведущими в России организациями в этой области являются НИИ пчеловодства, НИИВС и др. Вопросы лечения болезней пчел освещены в рабо-

тах: Бутлерова А.М., Таранова Г.Ф., Кривцова Н.И., Лебедева В.И., Туникова Г.М., Еськова Е.К., Севастьянова В.Г. и других ученых.

Произведен анализ болезней пчел, существенно распространенных на территории России, и современных способов их лечения. Бактериозы пчел значительно снижают силу пчелиных семей, приводят к снижению медопродуктивности и повышению себестоимости меда. Традиционные способы лечения болезней пчел, включающие применение антибиотиков и других ветеринарных препаратов, повышают токсичность производимых продуктов пчеловодства, что отрицательно влияет на здоровье человека.

Установлено, что наиболее перспективными являются электротехнологические способы лечения болезней пчел, в частности электроозонирование. Проблемы применения аэроионизации и озонирования в пчеловодстве рассмотрены в работах Бородина И.Ф., Манапова А.Г., Дементьева Е.П., Ситдиковой Э.А., Нормова Д.А. и других ученых. Однако в этих работах не учитывается реальная концентрация озона в улье, которая является переменным параметром процесса озонирования. Установлено, что наиболее значимыми факторами, дестабилизирующими концентрацию озона в улье, являются внутриульевой воздухообмен, зависящий от температуры наружного воздуха, и изменение технологических характеристик электроозонатора при нагреве разрядного устройства.

Произведен анализ доступных литературных источников авторов, работающих в области создания электроозонаторов, среди которых работы Бородина И.Ф., Филиппова Ю.В., Емельянова Ю.М., Ксенза Н.В., Кривопишина И.П., Соколовой М.В., Вигдоровича В.Н., Сторчевого В.Ф., Нормова Д.А., Богдан А.В. и других ученых.

Установлено, что традиционные электроозонаторы не способны обеспечить требуемое качество обработки. Представляется наиболее целесообразным обоснование параметров обработки пчелиных семей и разработка системы стабилизированного озонирования ульев, включающей регулятор, учитывающий

особенности улья как объекта управления и разрядного устройства электроозонатора как регулирующего органа.

Во второй главе «Математическое моделирование параметров системы стабилизированного электроозонирования улья» произведены теоретические исследования по разработке системы стабилизированного электроозонирования пчелиных семей.

Сделан системный анализ процесса озонирования улья. Электроозонатор с объектом управления – ульем можно представить в виде отдельных звеньев, имеющих свои передаточные функции. На основании этого получена функциональная схема процесса озонирования ульев с пчелами. Установлено, что основными факторами, дестабилизирующими концентрацию озона в улье, являются внутриульевой воздухообмен, зависящий от температуры наружного воздуха, и нагрев разрядного устройства, влияющий на стабильность параметров электроозонатора как регулирующего органа. Для построения системы автоматического управления (САУ) концентрацией озона внутри улья необходимо учесть термодинамические процессы в канале разрядного устройства. Структурная схема тепловых процессов в канале разрядного устройства представлена на рисунке 1.

Тепловая модель канала разрядного устройства электроозонатора учитывает изменение физических свойств воздуха с ростом его температуры и влияние подачи воздуха на температуру диэлектрических барьеров. Тепловая модель реализована в среде программного комплекса МВТУ "Моделирование в технических устройствах".

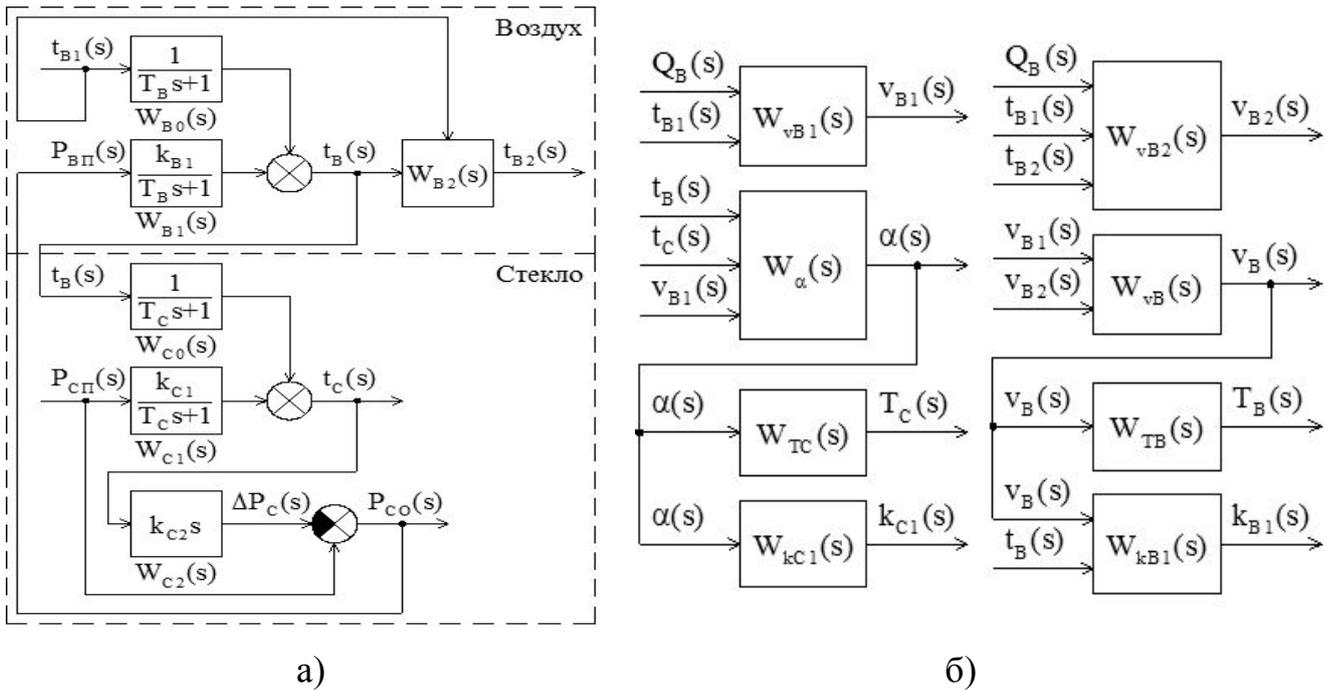


Рисунок 1 - а) Структурная схема тепловой модели канала разрядного устройства; б) переменные параметры тепловой модели канала разрядного устройства электроозонатора

Разработанная математическая модель влияния нагрева разрядного устройства на основные технологические и электротехнические характеристики электроозонатора обосновывает параметры конструкции разрядного устройства как регулирующего органа, способствующего повышению качества стабилизации концентрации озона в улье.

В результате моделирования установлено, что минимальная подача компрессора, при которой температура разрядного устройства не превысит допустимого значения в 50°C , составляет $4 \text{ м}^3/\text{ч}$. Определено, что максимальное качество регулирования: статическая погрешность - $4,4\%$, перерегулирование - 14% - достигается при изготовлении разрядного устройства из стекла толщиной $2,3 \text{ мм}$.

Для проведения качественной обработки ульев озонотом САУ должна обеспечивать стабилизацию концентрации озона C_{O_3} на входах в ульи в течение всего времени озонирования. Наиболее существенными дестабилизирующими факторами являются: количество N_y обрабатываемых ульев, температура t_{B1} окружающего воздуха, влияющая на естественный внутриульевого воздухообмен,

и подача Q_{B2} озонированного воздуха в улей. Таким образом, концентрация озона в улье определяется формулой:

$$C_{i\zeta} = \frac{G_{i\zeta}}{Q_{A2} + N_o Q_o}, \quad (1)$$

где G_{O3} – производительность разрядного устройства, мг/с; Q_{B2} – подача озонированного воздуха из разрядного устройства, м³/с; N_y – количество обрабатываемых озоном ульев, шт.; Q_y – естественный воздухообмен улья, м³/с.

Математическая модель объекта управления, с учетом внутриульевого воздухообмена, зависящего от температуры наружного воздуха, имеет вид:

$$C_{O3} = \frac{G_{O3}}{Q_{B2} + N_y V_y \cdot (a_{BY1} + a_{BY2} e^{a_{BY3}(t_{B1} + a_{BY4})})}, \quad (2)$$

где a_{BY1} , a_{BY2} , a_{BY3} , a_{BY4} – коэффициенты математической модели; V_y – объем внутриульевого воздуха, м³.

Математическая модель регулирующего органа, с учетом процесса электросинтеза озона при нагреве разрядного устройства, имеет вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} I_{D\acute{O}\acute{A}} = a_{I\acute{A}1} + a_{I\acute{A}2} U_{D\acute{O}} + a_{I\acute{A}3} t_{\acute{N}}; \\ U_{D\acute{O}\zeta} = \frac{a_{I\acute{A}1} + a_{I\acute{A}3} t_{\acute{N}}}{a_{I\zeta1} + a_{I\zeta2} t_{\acute{N}} - a_{I\acute{A}2}}; \\ I_{D\acute{O}\zeta} = a_{I\zeta1} U_{D\acute{O}\zeta} + a_{I\zeta2} U_{D\acute{O}\zeta} t_{\acute{N}}; \\ I_{D\acute{O}\acute{A}} = I_{D\acute{O}} - I_{D\acute{O}\zeta}; \\ P_{D\acute{O}} = U_{D\acute{O}\acute{A}} I_{D\acute{O}\acute{A}}; \\ G_{i\zeta} = a_{G1} + a_{G2} P_{D\acute{O}} + a_{G3} t_{\acute{N}} + a_{G4} P_{D\acute{O}} t_{\acute{N}} + a_{G5} t_{\acute{N}}^2 + a_{G6} (P_{D\acute{O}} t_{\acute{N}})^2; \\ A_{\acute{O}\acute{A}} = P_{D\acute{O}} / G_{i\zeta}; \\ \eta_{D\acute{O}} = A_{\acute{O}\acute{A}\acute{O}} / A_{\acute{O}\acute{A}}; \\ P_{\acute{O}\acute{A}\acute{I}} = P_{D\acute{O}} (1 - \eta_{D\acute{O}}), \end{array} \right. \quad (3)$$

где I_{PYA} – активная составляющая тока разрядного устройства, мА; U_{PYG} – напряжение горения разряда для используемого разрядного устройства, кВ; $A_{y\text{ДТ}}$ – значение удельной энергии образования озона, Дж/мг; $A_{y\text{Д}}$ – удельная энергия образования озона в разрядном устройстве, Дж/мг; η_{PY} – КПД разрядного устройства; P_{O3} – мощность, идущая на образование озона, Вт; $P_{\text{ТЕП}}$ – тепловая мощность, Вт; a_{G1} , мг/с; a_{G2} , мг/с·Вт; a_{G3} , мг/с²; a_{G4} , мг/с²·Вт; a_{G5} ,

мг/с²; a_{G6} , мг/с²·Вт; a_{I31} , мА/кВ; a_{I32} , мА/кВ; a_{II1} , мА; a_{II2} , мА/кВ; a_{II3} , мА/с – коэффициенты моделей.

С учетом математических моделей объекта регулирования и регулирующего органа разработана функциональная схема САУ концентрацией озона на входе в улей, которая имеет вид (рисунок 2).

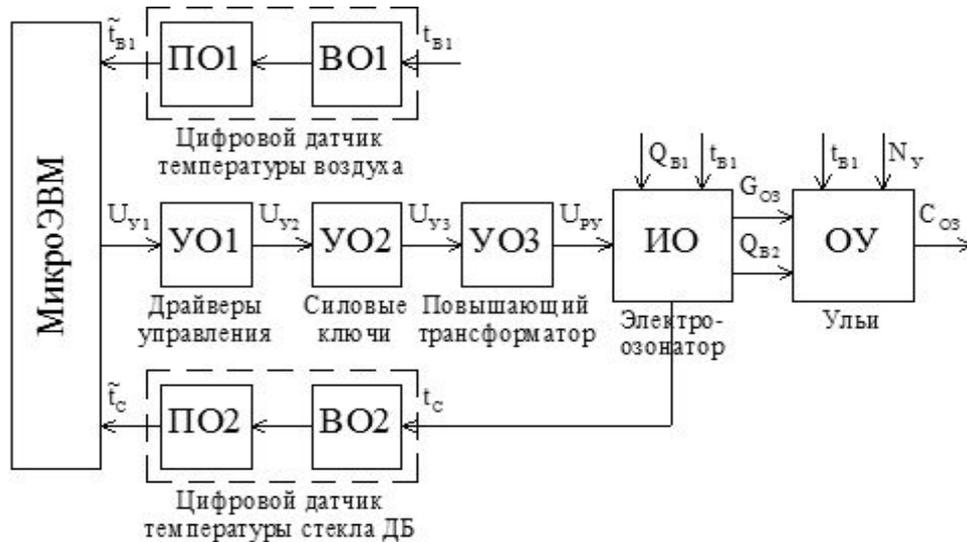


Рисунок 2 – Функциональная схема САУ концентрацией озона на входе в улей

Разработанная САУ концентрацией озона на входе в улей является следящей разомкнутой цифровой системой автоматического управления по возмущению с переменными параметрами, имеет связь через датчик температуры стекла диэлектрических барьеров для стабилизации управляющего воздействия.

На основании САУ разработана модель регулятора, позволяющая обосновать требуемое управляющее воздействие для стабилизации концентрации озона в улье при различных исходных данных, таких как: требуемая концентрация озона в улье, количество ульев и сила пчелиных семей, подача компрессора, параметры конструкции разрядного устройства и пр. С помощью разработанных математических моделей, описывающих электросинтез озона в разрядном устройстве, рассчитаны настройки регулятора. Также получена блок-схема алгоритма работы (рисунок 3).

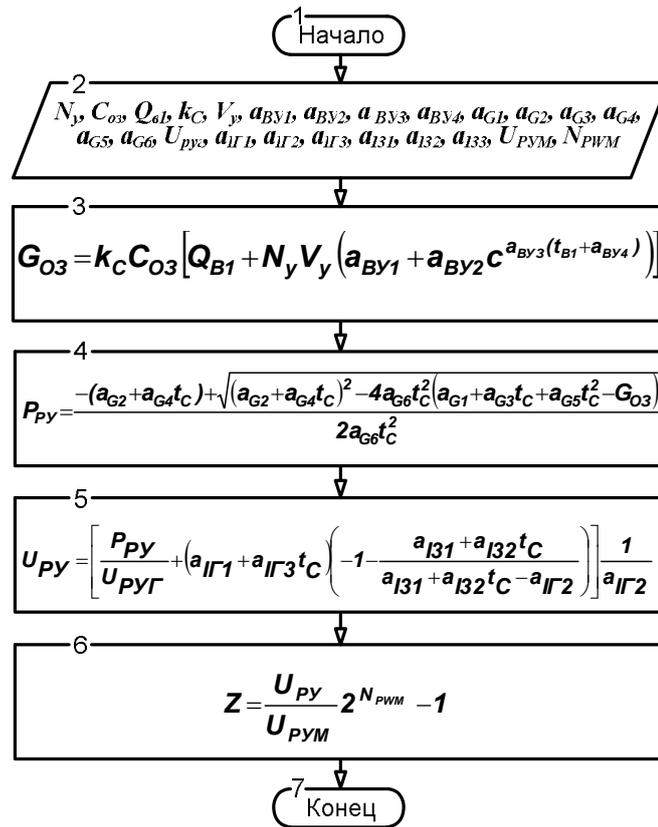


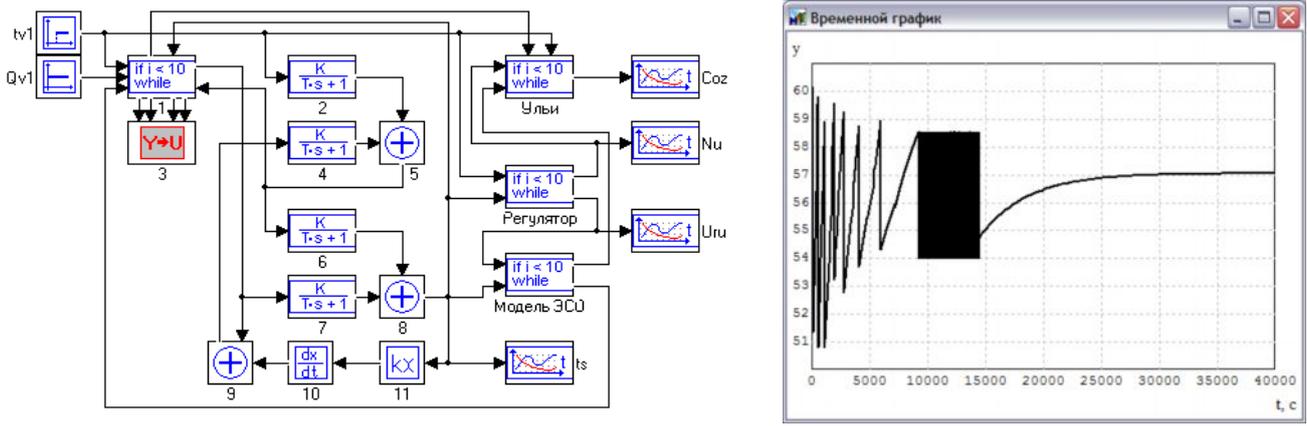
Рисунок 3 – Схема алгоритма работы цифрового регулятора

В третьей главе «Исследование модели САУ концентрацией озона в улье» произведено исследование качества управления САУ концентрацией озона на входе в улей. Структурная схема моделирования САУ концентрацией озона на входе в улей реализована в среде программного комплекса «МВТУ» и имеет вид, представленный на рисунке 4-а.

Исследование качества управления САУ концентрацией озона на входе в улей проводилось по виду кривой переходного процесса, полученной в результате моделирования САУ при типовом ступенчатом воздействии (рисунок 4-б).

Установлено, что при изменении температуры наружного воздуха от 20 до 35°C при переходных процессах концентрация озона в улье отклоняется не более чем на 14%. Практически при проведении экспериментальных исследований отклонение концентрации не превысило 13%.

Разработана принципиальная электрическая схема следящей разомкнутой цифровой системы автоматического управления концентрацией озона в улье по возмущению с переменными параметрами, представленная на рисунке 5.



а)

б)

Рисунок 4 – а) Структурная схема моделирования САУ концентрацией озона в улье; б) график переходного процесса изменения концентрации озона в улье

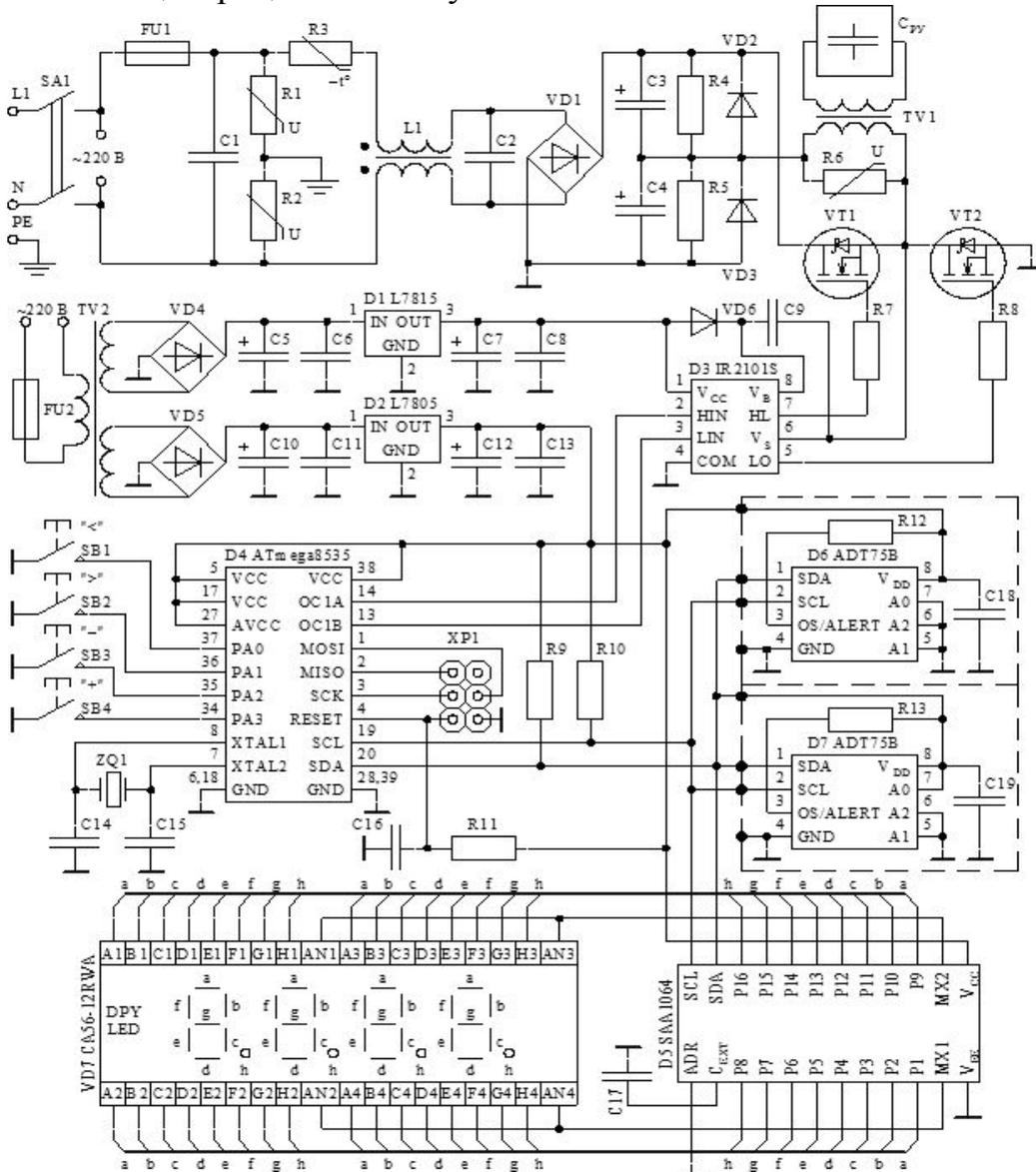


Рисунок 5 – Схема электрическая принципиальная системы электроозонирования

В четвертой главе «Экспериментальные исследования режимов озонирования и параметров электроозонатора для лечения бактериозов пчел» определены рациональные параметры обработки для лечения бактериозов пчел с учетом влияния нагрева разрядного устройства на процесс электросинтеза озона. Экспериментальные исследования произведены в три этапа.

На первом этапе следовало определение рациональных параметров озонирования ульев для лечения бактериозов пчел с целью настройки разработанной системы стабилизированного озонирования ульев. Произведены экспериментальные исследования влияния параметров электроозонирования на санитарно-значимые тест-объекты (рисунок 6).



Рисунок 6 – Изображение лабораторного оборудования и процесса анализа результатов обработки санитарно-значимых тест-объектов

В результате анализа экспериментальных данных получены уравнения регрессии и определено множество сочетаний концентрации озона в улье и времени обработки, при которых достигается снижение выживаемости возбудителей бактериозов пчел до нулевого значения (рисунок 7-8).

Составлена система уравнений, включающая уравнения регрессии выживаемости санитарно-значимых тест-объектов и зависимость энергоемкости от концентрации озона и времени обработки одного улья:

$$\left\{ \begin{array}{l} y_1 = 101,3 - 2,055x_1 - 1,415x_2 + 0,006x_1x_2 + 0,012x_1^2 + 0,007x_2^2 \\ y_2 = 48,58 - 1,03x_1 - 0,82x_2 + 0,004x_1x_2 + 0,006x_1^2 + 0,004x_2^2 \\ \varepsilon = \frac{x_2 \cdot \left(\frac{x_1 \cdot \dot{A}_{\acute{o}\ddot{a}}}{Q_{\dot{A}2} + N_{\acute{o}}V_{\acute{o}} \cdot (a_{\dot{A}01} + a_{\dot{A}02} e^{a_{\dot{A}03}(t_{\dot{A}1} + a_{\dot{A}04})}) + Q_{\dot{A}2} \dot{A}_{\acute{o}\ddot{a}\acute{e}} \right)}{n_{\ddot{i}\ddot{n}}} \end{array} \right. , \quad (4)$$

где x_1 – концентрация озона в озоновоздушной смеси, подаваемой в контейнер с чашками Петри, $\text{мг}/\text{м}^3$; x_2 – время воздействия, мин; y_1 – значение параметра выживаемости *Escherichia coli*, %; y_2 – значение параметра выживаемости *Staphylococcus aureus*, %; ε – энергоемкость обработки, Вт·ч/улей.

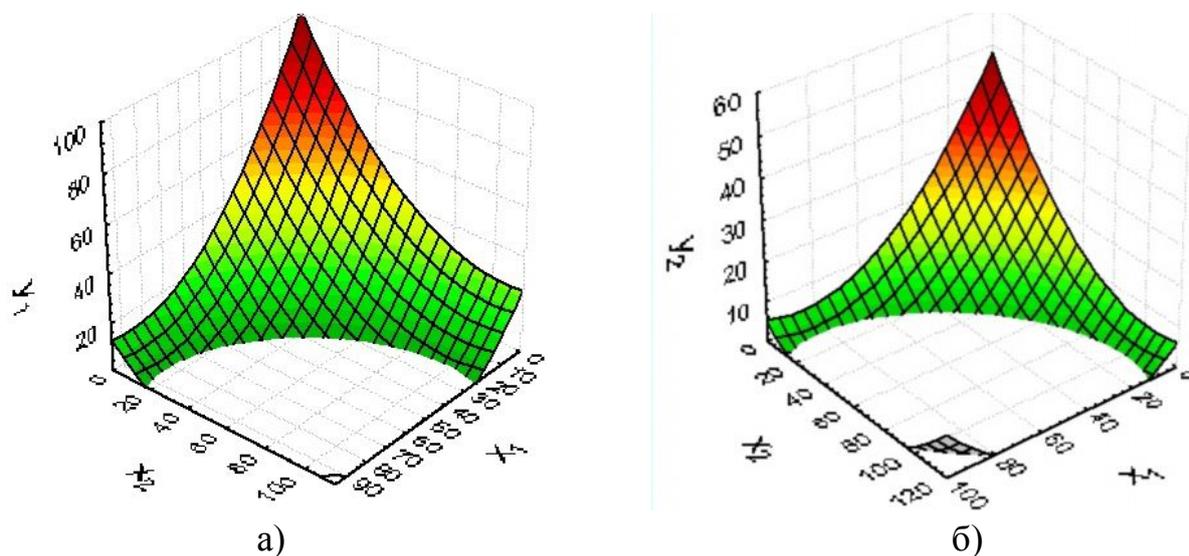


Рисунок 7 – Диаграмма влияния концентрации озона в озоновоздушной смеси, подаваемой в контейнер с чашками Петри, и времени воздействия на а) выживаемость *Escherichia coli*; б) выживаемость *Staphylococcus aureus*

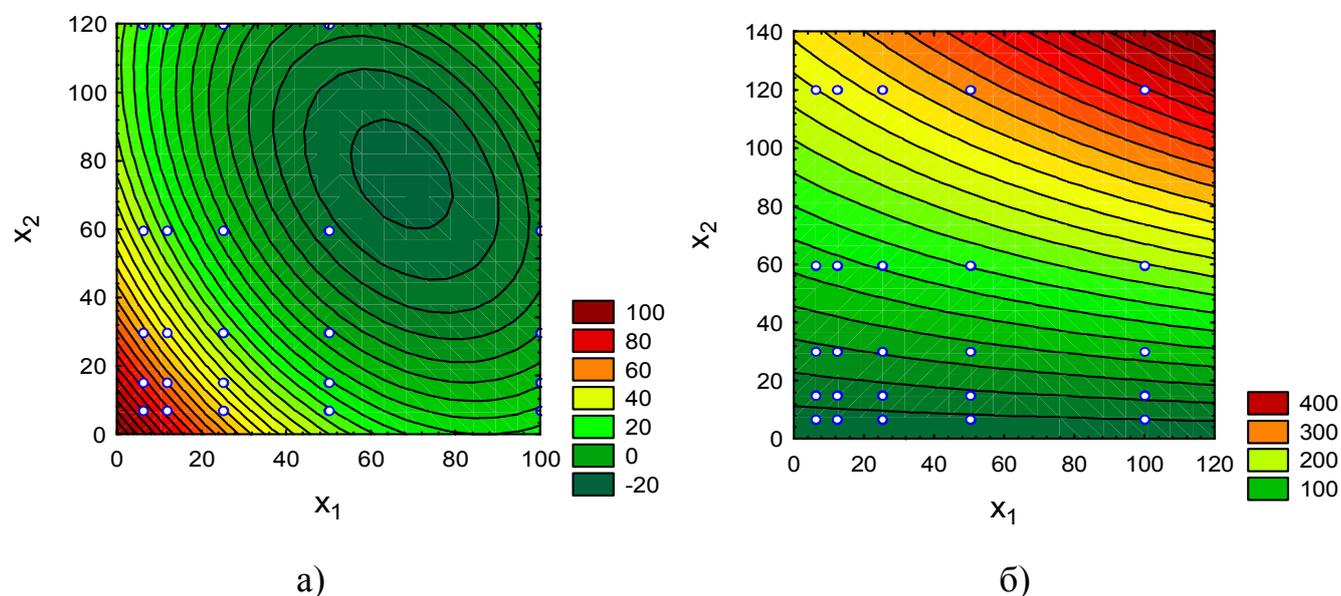


Рисунок 8 – а) Диаграмма влияния концентрации озона в озоновоздушной смеси, подаваемой в контейнер с чашками Петри, и времени воздействия на проекцию поля параметра выживаемости *Escherichia coli*; б) диаграмма влияния параметров озонирования на проекцию поля энергоемкости обработки одного улья

Используя систему уравнений (4), определили целевую функцию:

$$\begin{cases} y_1(0-100) \rightarrow 0 \\ y_2(0-100) \rightarrow 0 \\ \varepsilon(0-400) \rightarrow \min \end{cases} \quad (5)$$

Решая систему уравнения с использованием целевой функции (5), определили оптимальные параметры озонирования: концентрация озона 50 мг/м^3 ; время обработки 30 минут.

На втором этапе произведены исследования влияния нагрева разрядного устройства на процесс электросинтеза озона для подтверждения и дополнения разработанной математической модели тепловых процессов. В результате экспериментальных исследований получены и проанализированы более 200 ВАХ и их изменения в зависимости от температуры диэлектрических барьеров. На базе анализа экспериментальных данных получены зависимости активной, полной мощности, производительности электроозонатора от температуры разрядного устройства.

На третьем этапе произведены испытания разработанной системы управления концентрацией озона на входе в улей (рисунок 9).

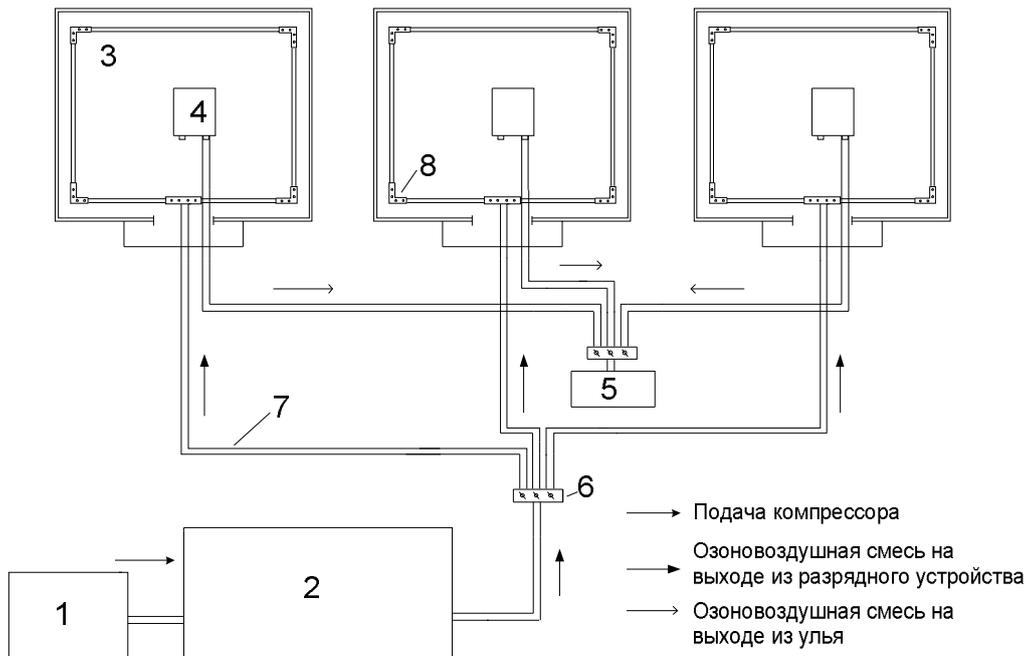


Рисунок 9 – Технологическая схема системы стабилизированного озонирования пчелиных семей

На рисунке 10 представлен внешний вид разработанного опытного образца и способ его подключения к ульям. В результате эксперимента испытана система стабилизированного электроозонирования для лечения бактериозов, которая позволяет обрабатывать одновременно от 1 до 30 пчелиных семей с заданной концентрацией озона в улье (рисунок 11). Показатели качества регулирования представлены в таблице 1.



Рисунок 10 – Внешний вид разработанного опытного образца и его подключение к ульям

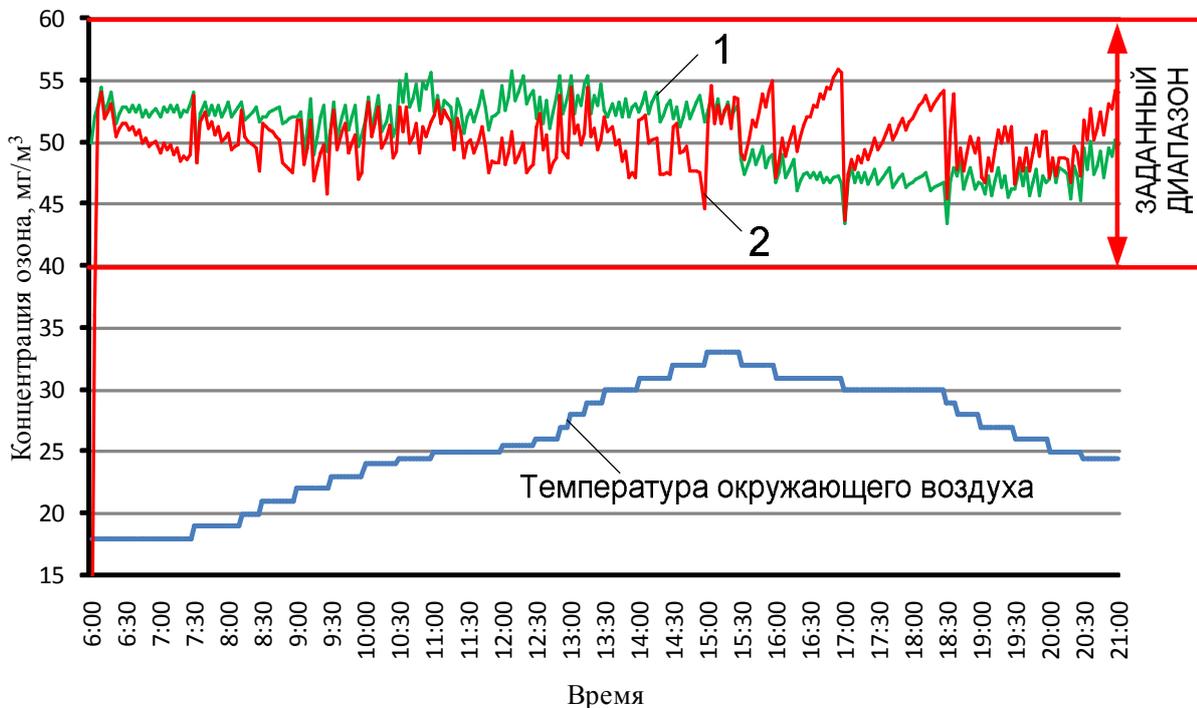


Рисунок 11 – Графики переходного процесса стабилизации концентрации озона в улье: 1 - результаты моделирования; 2 - эксперимент

Таблица 1– Показатели качества регулирования

Показатели	Допустимое значение	Без регулятора	С регулятором	
		эксперимент	модель	эксперимент
Динамическая ошибка, мг/м ³	10 -10	52 -33	6,5 -7	6 -6,5
Коэффициент перерегулирования, %	20 -20	-	13 -14	12 -13
Интегральный среднеквадратичный показатель, %	-	230	17	8,6

В результате исследований определено, что динамическая ошибка не превышает 6,5 мг/м³, коэффициент перерегулирования 13%, интегральный среднеквадратичный показатель не превышает 8,6%. Это является достаточным для точного и качественного лечения бактериозов пчел.

В пятой главе «Технико-экономическое обоснование применения озонирования ульев для лечения бактериозов пчел» произведена экономическая оценка эффективности внедрения системы стабилизированного электроозонирования ульев для лечения бактериозов пчел.

ВЫВОДЫ

1. Разработана тепловая модель разрядного устройства электроозонатора, которая позволяет исследовать переходные процессы и устанавливает зависимость постоянной времени нагрева диэлектрических барьеров от параметров конструкции разрядного устройства. Для технологического процесса электроозонирования ульев с помощью разработанной модели получены значения конструктивных параметров конструкции разрядного устройства: материал диэлектрических барьеров – стекло; толщина стекла - 2,3 мм; площадь стекла - 0,046 м²; воздушный зазор - 2,3 мм; площадь электрода - 0,032 м²; количество секций – 10 шт.
2. Разработанная математическая модель системы автоматического управления концентрацией озона в улье устанавливает связь производительности разрядного устройства от температуры окружающего воздуха и температуры диэлектрических барьеров. Определено, что для стабилизации концентрации озона в улье в диапазоне температур наружного воздуха от 20 до 35⁰С и темпера-

туры диэлектрических барьеров от 20 до 50⁰С производительность электроозонатора должна изменяться в диапазоне от 0,14 до 0,6 мг/с.

3. В результате моделирования в среде программного комплекса МВТУ подтверждена работоспособность системы автоматического управления концентрацией озона в улье, показатели качества регулирования составили: статическая ошибка - 4,4%, перерегулирование - 14%.

4. На базе экспериментальных исследований получена математическая модель, описывающая влияние параметров озонирования улья с пчелами на выживаемость *Escherichia coli* и *Staphylococcus aureus*, которая обосновывает снижение выживаемости санитарно-значимых тест-объектов до нуля при изменении концентрации озона от 25 до 100 мг/м³, времени обработки от 15 до 120 минут. По критерию минимальной энергоемкости обработки одного улья определены оптимальные параметры озонирования: концентрация озона 50 мг/м³; время обработки 30 минут.

5. Экспериментально подтверждены зависимости постоянной времени нагрева от конструктивных параметров и установившейся температуры от тепловой мощности и подачи воздуха. Установлено, что относительные погрешности экспериментальных значений от теоретических составляют: для постоянной времени нагрева разрядного устройства электроозонатора - 3,4%; для установившейся температуры диэлектрических барьеров - 2%.

6. Разработана принципиальная электрическая схема и изготовлен образец системы стабилизированного электроозонирования пчелиных семей. При проведении лабораторных испытаний установлено, что образец обеспечивает регулирование производительности в диапазоне от 0,14 до 0,6 мг/с, что позволяет поддерживать концентрацию озона в улье от 40 до 60 мг/м³. В результате производственных испытаний в ЗАО «Кубань» Кореновского района установлены параметры качества стабилизации концентрации озона в улье: динамическая ошибка - 6,5 мг/м³, коэффициент перерегулирования - 13%, интегральный среднеквадратичный показатель - 8,6%.

7. Экономическая эффективность от внедрения системы стабилизированного электроозонирования ульев, выраженная через чистый дисконтированный доход для 100 пчелиных семей, составила: за счет экономии производственных

затрат - 99 тыс. рублей; за счет дополнительного дохода, полученного в результате продажи экологически чистого меда по более высоким ценам, - 1,114 млн. рублей.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ В РАБОТАХ:

1. Николаенко С.А. Анализ энергетических процессов в системах электроозонирования, применяемых в АПК / Овсянников Д.А., Николаенко С.А., Шмагайло С.А. – В кн.: Материалы III Российской научно-практической конференции «Физико-технические проблемы создания новых технологий в агропромышленном комплексе». - Ставрополь, 2005. - С. 6-9.
2. Николаенко С.А. Электроозонаторы в пчеловодстве / Овсянников Д.А., Николаенко С.А. - В кн.: Материалы всероссийской научно-практической конференции «Проблемы развития аграрного сектора региона». - Курск, 2006. - С. 17-20.
3. Николаенко С.А. Влияние температуры диэлектрических барьеров на производительность электроозонатора / Овсянников Д.А., Николаенко С.А. – В кн.: Материалы международной научно-практической конференции «Новые технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности с использованием электрофизических факторов и озона». - Ставрополь, 2006. - С. 85-87.
4. Николаенко С.А. Электротехнологии в пчеловодстве / Овсянников Д.А., Николаенко С.А. - В кн.: Материалы шестой южно-российской конференции «Энерго- и ресурсосберегающие технологии и установки». - Краснодар, 2006. - С. 35-37.
5. Николаенко С.А. Регулирование параметров электроозонатора для стабилизации режимов озонирования пчелиных семей / Овсянников Д.А., Николаенко С.А. – В кн.: Материалы международной научно-практической конференции «Основы достижения устойчивого развития сельского хозяйства». - ВГСХА Волгоград, 2006. - С. 215-218.
6. Николаенко С.А. Влияние нагрева разрядного устройства на параметры электроозонатора для обработки пчел / Овсянников Д.А., Николаенко С.А. – В кн.: Материалы международной научно-практической конференции «Основы достижения устойчивого развития сельского хозяйства». - ВГСХА Волгоград, 2006. - С. 145-148.
7. Николаенко С.А. Экспериментальное исследование усовершенствованной конструкции разрядного устройства системы озонирования пчелиных семей / Овсянников Д.А., Николаенко С.А. – В кн.: Материалы международной научно-практической конференции «Основы достижения устойчивого развития сельского хозяйства». - ВГСХА Волгоград, 2006. - С. 75-78.
8. Николаенко С.А. Анализ факторов, дестабилизирующих параметры озонирования пчелиных семей / Николаенко С.А. – В кн.: Материалы VIII региональной научно-практической конференции молодых ученых. – Краснодар, 2006. - С. 55-57.

9. Николаенко С.А. Энергетические процессы в системах электроозонирования пчелиных семей / Овсянников Д.А., Николаенко С.А. – В кн.: Материалы пятой Всероссийской конференции «Энерго- и ресурсосберегающие технологии и установки». - Краснодар, 2007. - С. 36-40.
10. Николаенко С.А. Математическая модель нагрева разрядного устройства электроозонатора / Овсянников Д.А., Николаенко С.А. – В кн.: Материалы пятой Всероссийской конференции «Энерго- и ресурсосберегающие технологии и установки». - Краснодар, 2007. - С. 111-115.
11. Николаенко С.А. Стабилизация параметров озонирования пчелиных семей путем регулирования производительности озонатора в зависимости от температуры наружного воздуха / Овсянников Д.А., Николаенко С.А. – В кн.: Материалы IV Российской научно-практической конференции «Физико-технические проблемы создания новых технологий в агропромышленном комплексе». - Ставрополь, 2007. - С. 80-84.
12. Николаенко С.А. Влияние нагрева разрядного устройства на коэффициент полезного действия / Николаенко С.А. – В кн.: Материалы пятой Всероссийской конференции «Энерго- и ресурсосберегающие технологии и установки». – Краснодар, 2007. - С. 86-89.
13. Николаенко С.А. Обоснование применения озонирования для лечения бактериозов пчел / Николаенко С.А. – В кн.: Материалы второй Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых «Научное обеспечение агропромышленного комплекса». – Краснодар, 2007. - С. 3-4.
14. Николаенко С.А. Стабилизация параметров обработки пчелиных семей озоном / Овсянников Д.А., Николаенко С.А. // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - № 8. – 2007. - С. 26-27.
15. Николаенко С.А. Удельная энергия, затрачиваемая на производство озона в озонаторах барьерного типа без системы охлаждения / Николаенко С.А. – В кн.: Материалы первой Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых «Научное обеспечение агропромышленного комплекса». – Краснодар, 2007. - С. 318-320.
16. Николаенко С.А. Обоснование параметров электроозонатора для стабилизации концентрации озона в улье / Овсянников Д.А., Николаенко С.А., Зубович С.С. // Труды КГАУ. – Краснодар, 2008 г. – Вып. № 1. - С. 179-184.
17. Николаенко С.А. Лечение пчел от колибактериоза озонированием улья / Овсянников Д.А., Николаенко С.А., Зубович С.С. // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - № 11. – 2008. - С. 33-34.
18. Николаенко С.А. Повышение качества меда путем стабилизированного озонирования улья для лечения болезней пчел / Николаенко С.А. – В кн.: Материалы V Российской научно-практической конференции «Физико-технические проблемы создания новых экологически чистых технологий в агропромышленном комплексе». – Ставрополь, 2009. - С. 164-168.
19. Николаенко С.А. Технологические характеристики электроозонаторов барьерного типа при нагреве разрядного устройства/ Николаенко С.А. – В кн.:

Материалы международной научной конференции «Технические и технологические системы». - Краснодар, 2009. - С. 251-254.

20. Николаенко С.А. Алгоритм работы регулятора системы автоматического управления концентрацией озона на входе в улей / Николаенко С.А. – В кн.: Материалы VI Российской научно-практической конференции «Новые технологии в с./х. и пищевой промышленности с использованием электрофизических факторов и озона». - Ставрополь, 2010. - С. 211-214.

21. Николаенко С.А. Разработка математической модели системы автоматического управления концентрацией озона на входе в улей / Николаенко С.А. – В кн.: Материалы VI Российской научно-практической конференции «Новые технологии в с./х. и пищевой промышленности с использованием электрофизических факторов и озона». – Ставрополь, 2010. - С. 41-43.

22. Пат. РФ № 2318382, МПК С1 А01К51/00 (2006.01) Способ борьбы с восковой молью / Овсянников Д.А., Лисицын В.В., Николаенко С.А.; заявитель и патентообладатель КГАУ. – № 2006128838/12 заявл. 08.08.2006; опубл. 10.03.2008. Бюл. № 8. – 5 с.

23. Пат. РФ № 2318381, МПК С1 А01К51/00 (2006.01) Способ борьбы с варроатозом пчел / Овсянников А.А., Овсянников Д.А., Николаенко С.А.; заявитель и патентообладатель КГАУ. – № 2006128061/12 заявл. 01.08.2006; опубл. 10.03.2008. Бюл. № 14. – 5 с.

24. Пат. РФ № 2324342, МПК С1 А01К51/00 (2006.01) Способ борьбы с варроатозом пчел / Нормов Д.А., Овсянников Д.А., Нормова Т.А., Николаенко С.А.; заявитель и патентообладатель КГАУ. – № 2006128062/12 заявл. 01.08.2006; опубл. 20.05.2008. Бюл. № 6. – 5 с.

25. Пат. РФ № 2324343, МПК С1 А01К51/00 (2006.01) Способ борьбы с варроатозом пчел / Нормов Д.А., Овсянников Д.А., Николаенко С.А.; заявитель и патентообладатель КГАУ. – № 2006128060/12 заявл. 01.08.2006; опубл. 10.06.2009. Бюл. № 11. – 5 с.

26. Пат. РФ № 2357412, МПК С1 А01К51/00 (2006.01) Способ стабилизированной обработки пчелиных семей озоном / Овсянников Д.А., Николаенко С.А., Волошин А.П., Поминов А.А.; заявитель и патентообладатель КГАУ. – № 2006128060/12 заявл. 01.08.2006; опубл. 20.05.2008. Бюл. № 00. – 5 с.

Подписано в печать 13.04.2010 г.

Бумага офсетная

Печ. л. 1

Тираж 100 экз.

Формат 60x84 ¹/₁₆

Офсетная печать

Заказ № 323