

УДК 621.3.078:621.384.52

UDC 621.3.078: 621.384.52

**ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА
РЕГУЛИРОВАНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ
ОЗОНА В УЛЬЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
СИСТЕМЫ СТАБИЛИЗИРОВАННОГО
ЭЛЕКТРООЗОНИРОВАНИЯ ПЧЕЛИНЫХ
СЕМЕЙ**

**RESEARCH OF QUALITY CONTROL OF
OZONE CONCENTRATIONS IN A BEEHIVE
USING A STABILIZING SYSTEM OF
OZONIZATION OF COLONIES**

Николаенко Сергей Анатольевич
к.т.н., доцент кафедры Электрических машин и
электропривода
*Кубанский государственный аграрный
университет, Краснодар, Россия*

Nikolaenko Sergey Anatolyevich
Cand.Tech.Sci., associate professor, the Department of
Electrical Machines and Drives
Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

В статье представлены: разработанная
принципиальная электрическая схема
электроозонатора и алгоритм ее работы,
результаты экспериментальных исследований
системы стабилизированного озонирования
пчелиных семей в реальных условиях пасек
Краснодарского края, оценка качества
регулируемого

The article presents a designed circuit diagram of
electro-ozonization device and the algorithm of its
work, as well as the results of experimental studies of
the system of stabilized ozonation of bee colonies in
the wild apiaries of the Krasnodar region and the
assessment of quality control

Ключевые слова: ЭЛЕКТРООЗОНАТОР,
БАКТЕРИОЗЫ ПЧЕЛ, ПЧЕЛИНАЯ СЕМЬЯ,
РЕГУЛЯТОР

Keywords: ELECTRO-OZONATOR, BACTERIOSIS
OF BEES, BEE FAMILY, REGULATOR

В пчеловодстве в эпоху рыночной экономики основным фактором конкурентоспособности является сила пчелиных семей, которая в первую очередь зависит от скорости их развития. Одним из факторов, снижающих скорость 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 влияние на 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 [1, 2, 5, 6].

Однако в настоящее время не определены оптимальные режимы озонирования пчелиных семей. В произведенных в этой области 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 многократно отклоняется при изменении условий окружающей среды. Технические особенности традиционных электроозонаторов барьерного типа, доступных для применения в пчеловодстве, 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.

В результате теоретических исследований, проведенных на кафедре электрических машин и электропривода, были разработаны математические модели, обосновывающие параметры регулятора системы стабилизации концентрации озона в улье и разрядного устройства электроозонатора как регулирующего органа. На основании этих параметров был разработан регулятор, принципиальная схема которого представлена на рисунке 1.

Питание в схему подается с помощью переключателя *SA1*. Предохранитель *FU1* осуществляет защиту силовой части схемы от короткого замыкания или перегрузок в ней. На элементах *C1*, *L1*, *C2* собран входной двунаправленный помехоподавляющий фильтр. Варисторы *R1* и *R2* защищают силовую часть схемы от сетевых перенапряжений. Выпрямленное диодным мостом *VD1* напряжение сглаживается емкостным фильтром *C3* и *C4*, ограничением броска зарядного тока которых служит терморезистор *R3* с отрицательным температурным коэффициентом сопротивления. Через резисторы *R4* и *R5* происходит разряд конденсаторов большой емкости *C3* и *C4* при отключении питания. Ограничение индуктивных выбросов напряжения

первичной обмотки повышающего трансформатора *TV1* осуществляют диоды *VD2*, *VD3* и варистор *R6*. Напряжение на первичной обмотке повышающего трансформатора *TV1* управляется силовыми ключами *VT1* и *VT2*, работающими в паразитном режиме. Затворы силовых ключей подключены к управляющему драйверу *D3* (*IR2101S*), на входы которого подается управляющий сигнал с микроконтроллера *D4* (*Atmega8535*).

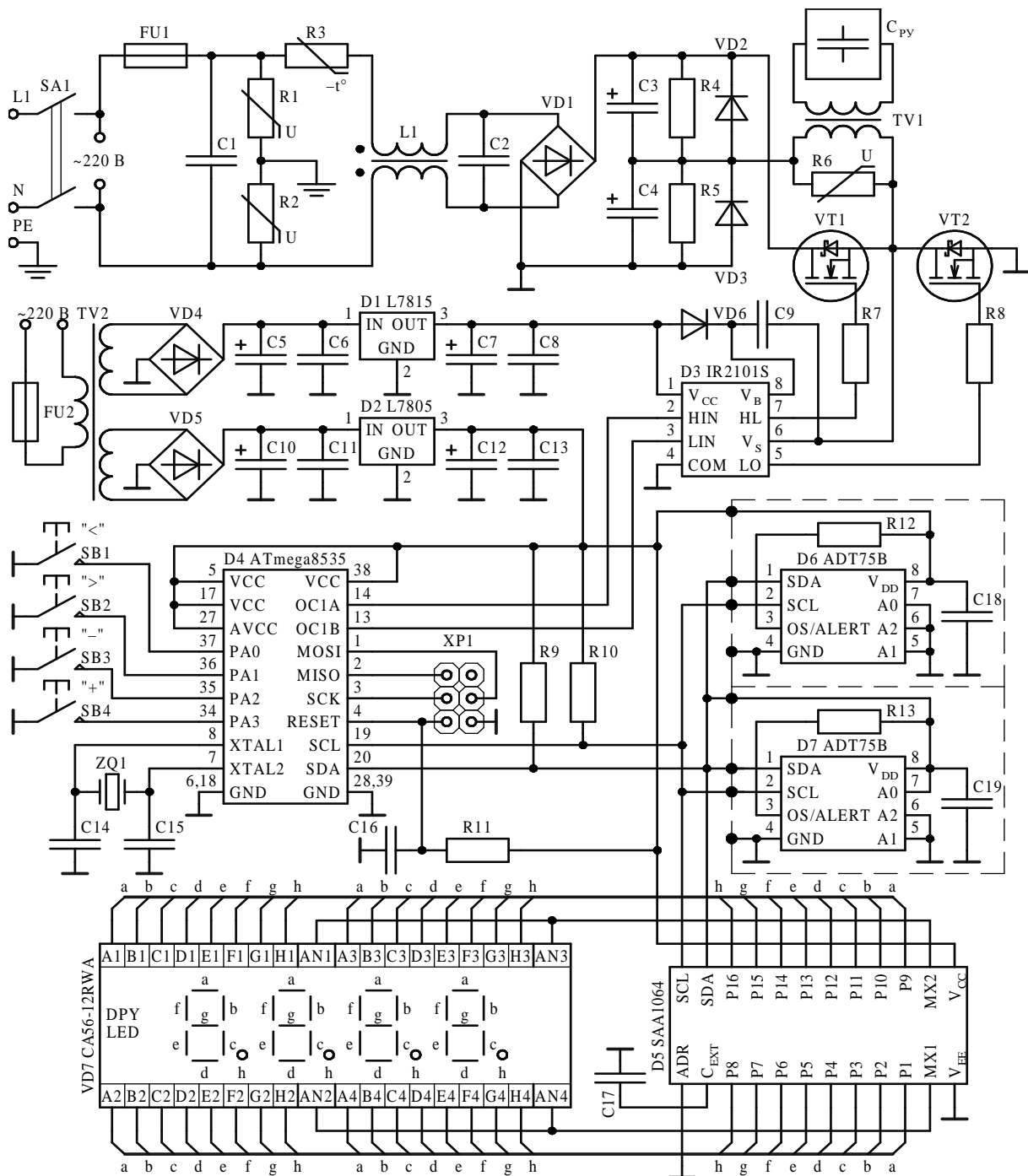


Рисунок 1 – Схема электрическая принципиальная электроозонатора.

Питающие напряжения цепи управления обеспечивают понижающий трансформатор напряжения *TV2*, двухполупериодные выпрямители *VD4*, *VD5*, компенсационные стабилизаторы, собранные на микросхемах (МС) *D1 (L7815)*, *D2 (L7805)*, и емкостные фильтры *C5-C8*, *C10-C13*. В качестве цифровых датчиков температуры применены МС *ADT75B (D6, D7)* фирмы «Analog Devices» (США) с интерфейсом *I²C*. Вывод информации о работе электроозонатора осуществляется через семисегментный светодиодный индикатор *CA56-12RWA* фирмы «Kingbright».

Первым с третьим и вторым с четвертым разрядами индикатора управляет МС *SAA1064 (D5)* в мультиплексорном режиме, обменивающаяся с МК через интерфейс *I²C*. Переключение между режимами индикации информации на светодиодном табло, ввод параметров обработки ульев озонном, включение РУ осуществляется с помощью кнопок *SB1-SB4*. Управление драйвером силовых ключей осуществляется микроконтроллером *Atmega8535* фирмы «Atmel» (США) с помощью ШИМ-сигналов выходов таймера/счетчика *T1*. Парафазность ШИМ-сигналов на *OC1A* и *OC1B* обеспечивается программно. Для внутрисхемного программирования МК предусмотрен разъем *XPI*.

На основании разработанной системы автоматического управления концентрацией озона в улье был получен алгоритм управления работой электроозонатора, блок-схема которого представлена на рисунке 2 [4].

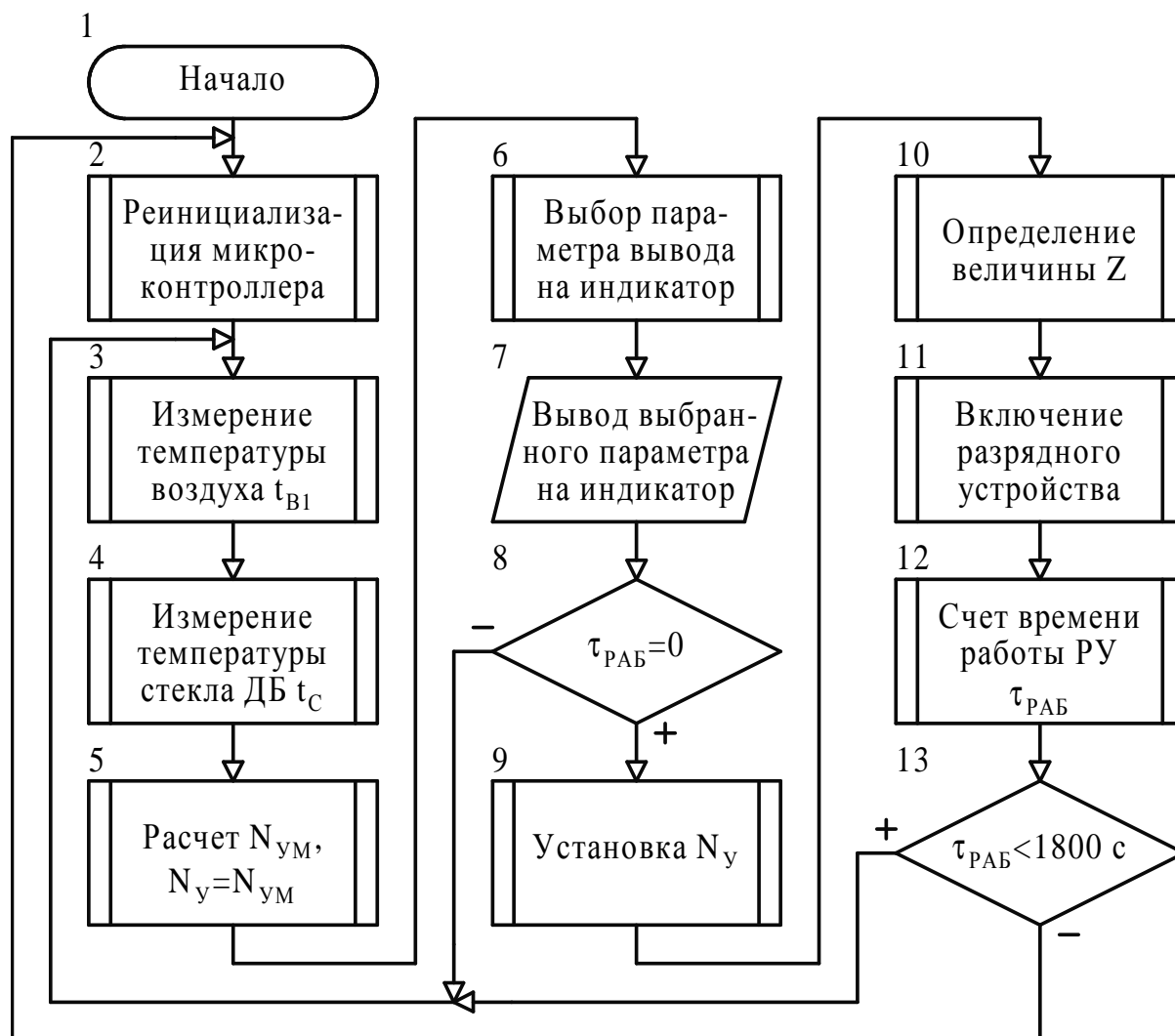


Рисунок 2 – Блок-схема внешнего алгоритма управления работой электроозонатора

Для передачи материалов исследования в серийное производство необходимо произвести испытания системы в реальных условиях пасек Краснодарского края.

Экспериментальные исследования произведены в мае, так как именно в это время практически каждый день имеется перепад температур наружного воздуха в требуемом диапазоне от 20 до 35°С в прямом и обратном порядке. Измерение температуры наружного воздуха осуществляли двумя термометрами: ртутным и цифровым [3].

Порядок исследований. За объект управления принимался однокорпусный 12-рамочный дадановский улей, в который подводилась

посредством гибких трубопроводов озоновоздушная смесь. Электроозонатор с системой автоматического управления концентрацией озона в улье обрабатывал одновременно 3 улья. Концентрация озона в улье контролировалась с помощью прибора «Циклон 5» и была задана величиной в 50 мг/м^3 . Озоновоздушная смесь подавалась в улей с подачей компрессора $4 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Опыт проводился следующим образом. Первоначально определились с количеством обрабатываемых ульев, подготовили всё экспериментальное оборудование. Электроозонатор с системой автоматического управления концентрацией озона в улье обрабатывал одновременно 3 улья. Определили параметры обработки, время обработки и концентрацию озона в улье.

Озоновоздушная смесь подавалась одновременно в три улья с подачей компрессора $12 \text{ м}^3/\text{ч}$. В каждый улей помещалась рамка из гибких трубопроводов, что исключало подачу озоновоздушной смеси в одну точку и гарантировало равномерное распределение по всему объему. Гибкий трубопровод подводился к улью через нижний леток.

Внутри улья стоял специальный вытяжной насос, который производил отбирание внутриульевого воздуха и далее транспортировал к измерителю концентрации озона, который стоял сверху улья. Забор внутриульевого воздуха производился в центре пространства между днищем и рамками.

Распределение озоновоздушной смеси между обрабатываемыми ульями осуществлялось посредством пневмораспределительных кранов, изменение положения рукоятки которых приводило к перераспределению потока озоновоздушной смеси между ульями. Технологическая схема системы стабилизированного озонирования пчелиных семей показана на рисунке 3.

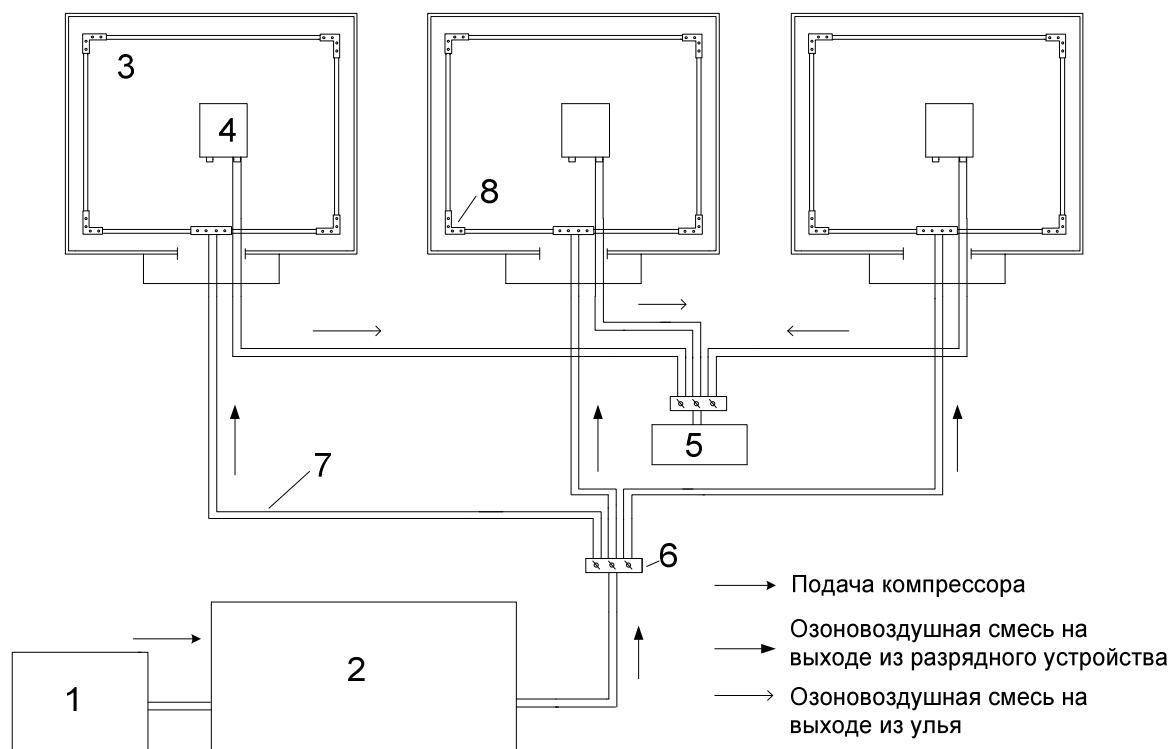


Рисунок 3 – Технологическая схема системы стабилизированного озонирования пчелиных семей

На технологической схеме обозначаются: 1 – компрессор, 2 – электроозонатор, 3 – однокорпусный 12-рамочный дадановский улей, 4 – вытяжной насос, 5 – измеритель концентрации озона «Циклон 5.1», 6 – пневмораспределительный кран, 7 – гибкий трубопровод, 8 – рамка из гибких трубопроводов.

Вторым этапом эксперимента являлось снятие зависимостей изменения концентрации озона в улье от изменения температуры окружающего воздуха в течение дня. Эксперимент начинался с 6.00 и заканчивался в 21.00. При этом значения температуры окружающего воздуха и концентрации внутри улья фиксировались через каждые 30 минут. Эксперимент длился три дня [3].

Необходимо отметить тот факт, что в опыте использовался не один электроозонатор, в котором осуществлялась корректировка концентрации озона в улье с изменением температуры окружающего воздуха. Также

наряду с вышеупомянутым электроозонатором в эксперименте использовались электроозонатор с токовой стабилизацией, который учитывал нагрев разрядного промежутка, и электроозонатор без стабилизации. Результаты эксперимента представлены на рисунке 4.

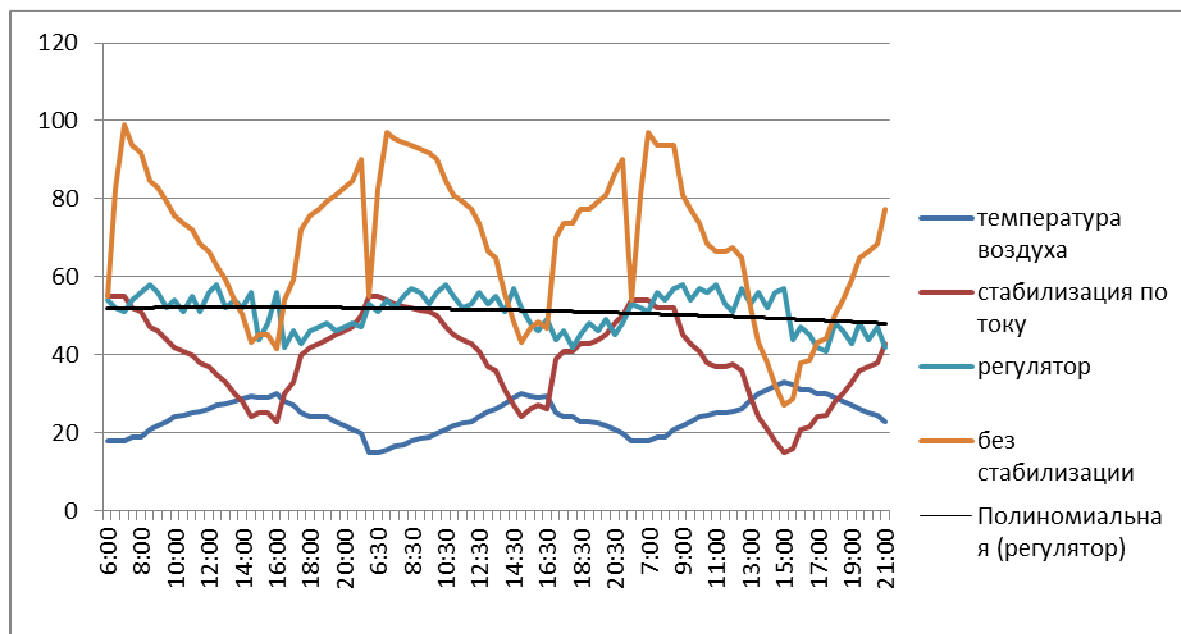


Рисунок 4 – График зависимости изменения концентрации озона в улье при различных способах стабилизации от температуры окружающего воздуха

Анализируя данные, видим, что по мере увеличения температуры окружающего воздуха изменяется концентрация озона внутри улья. Так электроозонатор с регулятором концентрации озона в улье при изменении температуры окружающего воздуха изменяет концентрацию от заданного значения 55 мг/м^3 в диапазоне $\pm 6 \text{ мг/м}^3$, что является допустимым. Под действием датчика температуры окружающего воздуха происходит корректировка концентрации озона на выходе из разрядного устройства.

Электроозонатор со стабилизацией по току не удовлетворяет технологическим требованиям, при повышении температуры окружающего воздуха концентрация внутри улья резко уменьшается, при этом не происходит корректировки концентрации озона на выходе из

разрядного устройства.

Электроозонатор без стабилизации концентрации внутри улья при изменении температуры воздуха вообще не приемлем, так как очень нестабильна его производительность, которая изменяется при нагреве разрядного устройства и не удовлетворяет параметрам качественной обработки пчел.

Для проверки адекватности разработанной математической модели системы автоматического управления концентрацией озона в улье была испытана разработанная система в реальных условиях пасеки. Эксперимент продолжался в течение дня. Изменение температуры и концентрации озона в улье фиксировалось постоянно.

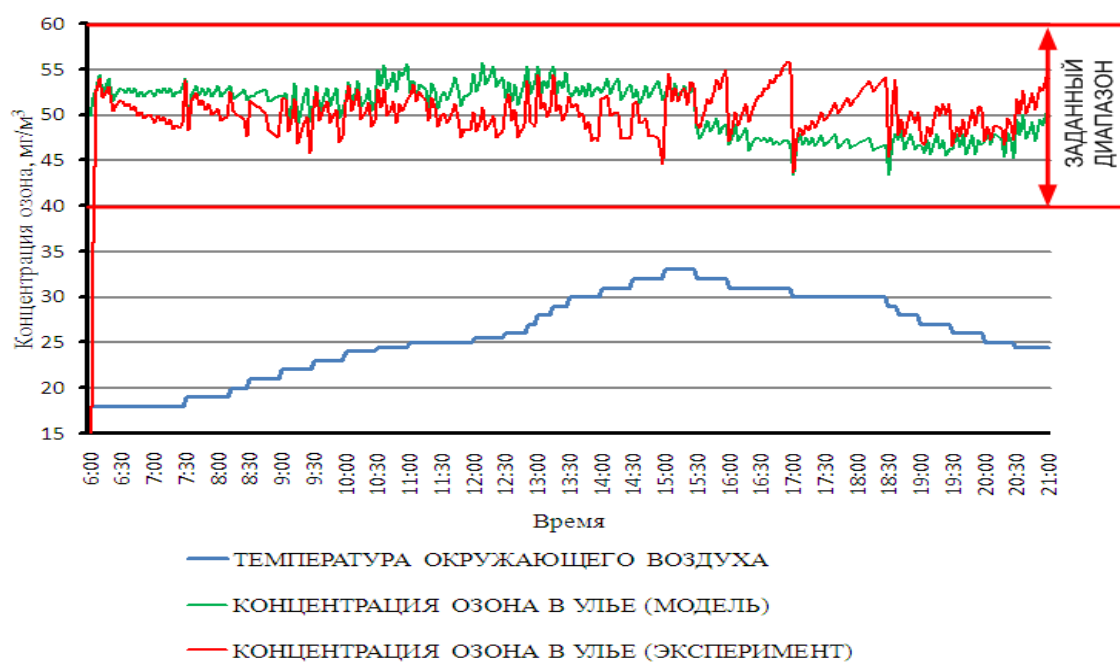


Рисунок 5 – График проверки адекватности разработанной математической модели системы автоматического управления концентрацией озона в улье

В результате эксперимента установлено, что динамическая ошибка не превышает допустимого диапазона $\pm 6,5 \text{ мг/м}^3$ для системы автоматического управления с регулятором. Допустимое значение

динамической ошибки не должно превышать $\pm 10 \text{ мг/м}^3$. Система без регулятора не удовлетворяет критерию допустимой динамической ошибки, что не позволяет качественно производить лечение пчел.

Коэффициент перерегулирования составляет $\pm 12\%$, не превышает допустимого значения, что подтверждает хорошее качество регулирования. Графически результаты исследования отображено на рисунке 5.

К системе автоматического управления концентрацией озона в улье предъявлены требования к качеству регулирования. Показатели качества регулирования отображены в таблице 1.

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 эксперимента была апробирована система автоматического управления концентрацией озона в улье. Один электроозонатор с системой автоматического управления концентрацией в улье может обрабатывать до 100 пчелиных семей с заданной концентрацией озона в улье. Посредством разветвленной пневмосистемы, установленной на пасеке, можно поочередно проводить обработку ульев с пчелами, при этом концентрация озона в улье будет практически

постоянной, динамическая ошибка и коэффициент перерегулирования не превышают допустимого значения, что является необходимым условием для качественного лечения пчел.

Список литературы

1. Болотской Е. Н. Новые технологии дезинфекции и лечения болезней пчел / Е. Н. Болотской // Пчеловодство. – 2001. – № 4. – С. 3–32.
2. Болотской Е. Н. Пчелы в окружении микробов / Е. Н. Болотской, В. М. Бахир, А. М. Кожемякин // Пчеловодство. – 2002. – № 3. – С. 25–28 .
3. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта: учебник / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
4. Методы классической и современной теории автоматического управления: Т.1. Математические модели, динамические характеристики и анализ систем автоматического управления / под ред. К.А. Пункова, Н.Д. Егунова. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. –655с.
5. Овсянников Д. А. Электроозонаторы в пчеловодстве / Овсянников Д. А., Николаенко С. А. – В 11Н.: Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Проблемы развития аграрного сектора региона». – Курск, 2006. – 4 с.
6. Пат. 2121789 РФ, МПК 6 А01К51/00, С07D401/04. Средство для борьбы с бактериозами пчел / Смирнов А. М., Абдрахманов И. Б., Толстиков Г. А., Чупахин О. Н., Туктаров В. Р., Закиров Н. И., Мустафин А. Г., Игнатьева Г. И.; заявитель и патентообладатель Всероссийский научно-исследовательский институт ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. - № 97110967; заявл. 02.07.1997, опублик. 20.11.1998, Бюл. № 38.

References

1. Bolotskoj E. N. Novye tehnologii dezinfekcii i lechenija boleznej pchel / E. N. Bolotskoj // Pchelovodstvo. – 2001. – № 4. – S. 3–32.
2. Bolotskoj E. N. Pchely v okruzenii mikrobov / E. N. Bolotskoj, V. M. Bahir, A. M. Kozhemjakin // Pchelovodstvo. – 2002. – № 3. – S. 25–28 .
3. Dospheov B. A. Metodika polevogo opyta: uchebnik / B. A. Dospheov. – M.: Agropromizdat, 1985. – 351 s.
4. Metody klassicheskoj i sovremennoj teorii avtomaticheskogo upravlenija: T.1. Matematicheskie modeli, dinamicheskie harakteristiki i analiz sistem avtomaticheskogo upravlenija / pod red. K.A. Punkova, N.D. Egunova. M.: MGTU im. N.Je. Baumana, 2004. – 655s.
5. Ovsjannikov D. A. Jelektroozonatory v pchelovodstve / Ovsjannikov D. A., Nikolaenko S. A. – V N.: Materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoi konferencii «Problemy razvitija agrarnogo sektora regiona». – Kursk, 2006. – 4 s.
6. Pat. 2121789 RF, MPK 6 A01K51/00, C07D401/04. Sredstvo dlja bor'by s bakteriozami pchel / Smirnov A. M., Abdrahmanov I. B., Tolstikov G. A., Chupahin O. N., Tuktarov V. R., Zakirov N. I., Mustafin A. G., Ignat'eva G. I.; zajavitel' i patentoobladatel' Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij institut veterinarnoj sanitarii, gigieny i jekologii. - № 97110967; zajavl. 02.07.1997, opublik. 20.11.1998, Bjul. № 38.