

УДК 621.3.078:621.384.52

UDC 621.67:628.163

**СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО
УПРАВЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИЕЙ ОЗОНА
В УЛЬЕ****THE SYSTEM FOR AUTOMATIC CONTROL
OF IN-HIVE OZONE CONCENTRATION**

Овсянников Дмитрий Алексеевич
к.т.н., доцент
*Кубанский государственный аграрный
университет, Краснодар, Россия*

Ovsiannikov Dmitry Alexeevich
Cand.Tech.Sci., associate professor
Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

В статье представлены: математическая модель системы автоматического управления концентрацией озона в улье, устанавливающая связь производительности разрядного устройства и температуры окружающего воздуха и температуры диэлектрических барьеров; функционально-структурная схема и алгоритм работы САУ; результаты исследования качества стабилизации концентрации озона в улье. Даны рекомендации по применению результатов исследования

In the article we represented the following items: the mathematical model of the system for automatic control of an in-hive ozone concentration which establishes the connection between the efficiency of the discharging device depending on the temperature of environment and the temperature of dielectric barriers; the functional-block diagram and the algorithm of work of the system for automatic control; the results of investigation of the quality of stabilization of the in-hive ozone concentration; the recommendations for utilization of the results of the investigation

Ключевые слова: ОЗОНАТОРЫ В ПЧЕЛОВОДСТВЕ; КОНЦЕНТРАЦИЯ ОЗОНА В УЛЬЕ, СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИЕЙ ОЗОНА В УЛЬЕ ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ БОЛЕЗНЕЙ ПЧЕЛ

Keywords: OZONE GENERATORS IN APICULTURE, IN-HIVE OZONE CONCENTRATION, SYSTEMS FOR AUTOMATIC CONTROL OF IN-HIVE OZONE CONCENTRATION FOR TREATMENT OF BEES' DISEASES

При разработке систем озонирования пчелиных семей для лечения болезней пчел важно выдержать параметры обработки. Основными параметрами являются концентрация озона в воздухе внутри улья и время обработки. Обеспечение требуемого времени обработки является простой технической задачей. Большие сложности вызывает поддержание заданного значения концентрации озона в улье, т.к. на систему действует множество дестабилизирующих факторов. Снижение концентрации от заданного значения может привести к недостаточному воздействию на болезнетворные организмы и, как следствие, к развитию болезней пчел. Значительное превышение концентрации от заданного значения способствует губительному воздействию на пчел [1; 2; 3; 4; 12].

Согласно существующим в этой области исследованиям, концентрацию озона рассматривают на выходе из озонатора в начальный момент времени, при этом совершенно не учитывается реальная концентрация

озона в улье, которая вследствие биологических особенностей пчелиных семей многократно отклоняется при изменении условий окружающей среды. Это приводит к нестабильному лечению болезней пчел [1; 2; 4]. Основным фактором, дестабилизирующим параметры озонирования, является внутриульевой воздухообмен, который в диапазоне температур от 0 до 45 °С изменяется в 2000 раз, что при неизменной производительности электроозонатора влечет за собой многократное отклонение концентрации озона в улье от требуемого значения [1; 4; 5; 6].

Технические особенности традиционных электроозонаторов барьерного типа с воздушным охлаждением, доступных для применения в пчеловодстве, также дестабилизируют параметры обработки в результате изменения электротехнических, технологических и энергетических характеристик электроозонатора при нагреве разрядного устройства [5; 6; 8]. Таким образом, 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, имеющий существенное значение для экономики страны.

Следовательно, повысить эффективность перспективного способа 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.

Задачей исследования является разработка системы озонирования для лечения болезней пчел со стабилизацией концентрации озона в улье. Для решения этой задачи следует воспользоваться методами теории автоматического управления. Рассмотрим озонируемый улей как объект управления (рис. 1).

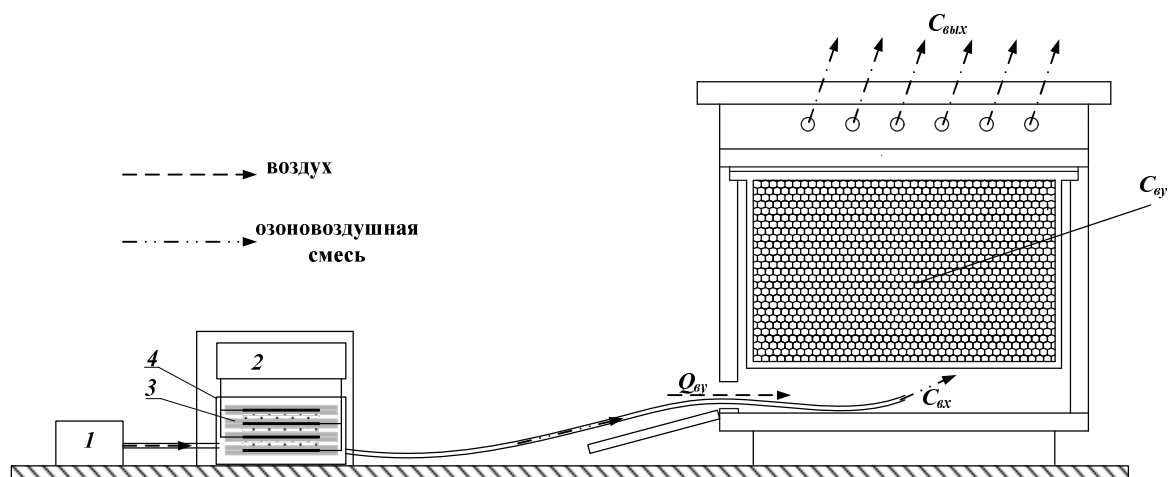


Рисунок 1. Технологическая схема озонирования одного улья

На технологической схеме (см. рис 1) изображены: 1 – компрессор, 2 – блок питания и управления; 3 – разрядное устройство электроозонатора; 4 – герметичный корпус разрядного устройства и сам объект управления – улей.

При озонировании улья для лечения болезней пчел основная управляемая величина – концентрация озона в улье [7]. Управляющим воздействием является производительность разрядного устройства озонатора. Температура наружного воздуха становится основным возмущающим воздействием.

Разрядное устройство совместно с компрессором является регулирующим органом, формирующим входное воздействие на объект управления. Элемент, который формирует сигнал управления на регулирующийся орган, называется программный регулятор. Именно с помощью него происходит настройка самой системы озонирования, вводятся параметры обработки.

Объектом управления в САУ концентрацией озона в улье является совокупность озонируемых ульев. Для проведения качественной обработки ульев озоном САУ должна обеспечивать стабилизацию концентрации озона C_{O_3} на входах в ульи в течение всего времени озонирования. Наибо-

лее существенными дестабилизирующими факторами являются: количество N_y обрабатываемых ульев, температура t_{B1} окружающего воздуха, влияющая на естественный воздухообмен в улье и подача Q_{B2} озонированного воздуха в улей. Управляющим воздействием наделяется производительность разрядного устройства электроозонатора. Таким образом, обрабатываемые озоном ульи, как объект управления, можно представить в виде функциональной схемы, изображенной на рисунке 2.

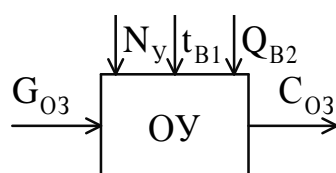


Рисунок 2 – Функциональная схема объекта управления

Для расчета концентрации озона в улье воспользуемся формулой

$$C_{O_3} = \frac{G_{O_3}}{Q_{B2} + N_y Q_y}, \quad (1)$$

где C_{O_3} – концентрация озона на в улье, мг/м³;

Q_{B2} – подача озонированного воздуха из разрядного устройства, м³/с;

N_y – количество обрабатываемых озоном ульев, шт.;

Q_y – естественный воздухообмен среднего улья, м³/с.

Воздухообмен в улье может быть определен через кратность естественного воздухообмена:

$$Q_y = k_{BY} V_y, \quad (2)$$

где k_{BY} – коэффициент внутриульевого воздухообмена, 1/с;

V_y – объем внутриульевого воздуха, м³.

Коэффициент внутриульевого воздухообмена является функцией температуры наружного воздуха:

$$k_{BY} = a_{BY1} + a_{BY2} e^{a_{BY3}(t_{B1} + a_{BY4})}, \quad (3)$$

где a_{BY1} , a_{BY2} , a_{BY3} , a_{BY4} – коэффициенты математической модели.

Определение коэффициентов математической модели (3) произведено с помощью программы «Statistica» на основании эмпирических данных, представленных в таблице 1.

Таблица 1 – Зависимость коэффициента внутриульевого воздухообмена от температуры наружного воздуха

$t_{B1}, ^\circ\text{C}$	15	20	25	30	35	40
$k_{BY}, 1/\text{ч}$	4	10	40	200	500	1000

Точность аппроксимации модели (3) эмпирических данных (см. табл. 1) достаточно высокая, коэффициент детерминации $R^2 = 0,9964$, при $a_{BY1} = -53,49$; $a_{BY2} = 0,2050$; $a_{BY3} = 0,1402$; $a_{BY4} = 21,02$.

Таким образом, математическая модель объекта регулирования, полученная на основании выражения (1), с учетом уравнений (2) и (3) будет иметь вид [5; 6]:

$$C_{O_3} = \frac{G_{O_3}}{Q_{B2} + N_y V_y \cdot \left(a_{BY1} + a_{BY2} e^{a_{BY3} (t_{B1} + a_{BY4})} \right)}. \quad (4)$$

Перемещение озонированного воздуха к ульям осуществляется по гибким воздуховодам, в результате чего существует транспортное запаздывание подачи озона. Однако экспериментально установлено, что величина данного запаздывания, равная 6...30 С, незначительна по сравнению со временем обработки (1800 С). Поэтому воздуховод, как элемент системы автоматического управления концентрацией озона в улье, можно не учитывать при пренебрежении теплообменными процессами с окружающей средой. В связи с этим воздуховоды далее в САУ не приводятся.

Наиболее сложным элементом системы является разрядное устройство электроозонатора, которое имеет большое число входных и выходных параметров [5; 9; 10; 11]. Оно может быть представлено в виде функциональных схем тепловой модели и модели электросинтеза озона, которые изображены на рисунке 3.

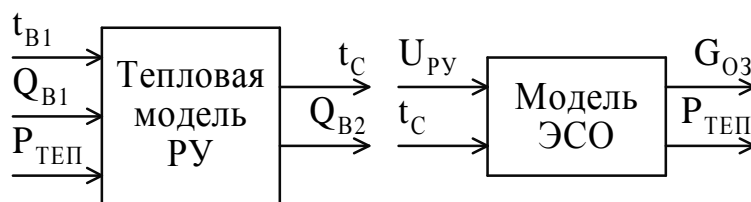


Рисунок 3 – Функциональные схемы моделей разрядного устройства

Определим тепловую мощность разрядного устройства из допущения, что вся потребляемая разрядным устройством электроэнергия расходуется на образование озона и на нагрев РУ:

$$P_{РУ} = P_{O3} + P_{ТЕП} , \quad (5)$$

где P_{O3} – мощность, идущая на образование озона, Вт; $P_{ТЕП}$ – тепловая мощность, Вт.

Тогда на основании уравнения (5) можно записать выражение для определения тепловой мощности:

$$P_{ТЕП} = P_{РУ} \left(1 - \frac{P_{O3}}{P_{РУ}} \right) = P_{РУ} (1 - h_{РУ}), \quad (6)$$

где $\eta_{РУ}$ – КПД разрядного устройства.

Выражение для определения КПД разрядного устройства электроозонатора через удельную энергию образования озона имеет вид:

$$h_{РУ} = \frac{A_{удт}}{A_{уд}} = \frac{A_{удт}}{P_{РУ}/G_{O3}}, \quad (7)$$

где $A_{удт}$ – теоретическое значение удельной энергии образования озона,

$$A_{удт} = 2,9926 \text{ Дж/мг};$$

$A_{уд}$ – удельная энергия образования озона в разрядном устройстве, Дж/мг.

С учетом выражения (6) уравнение (5) запишется как

$$P_{ТЕП} = P_{РУ} - A_{удт} G_{O3}. \quad (8)$$

Таким образом, уравнения (6) и (7) или выражение (8) позволяют определить тепловую энергию разрядного устройства. Тогда математиче-

ская модель, описывающая электросинтез озона, может быть представлена в виде следующей системы уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} I_{PYГ} = a_{IГ1} + a_{IГ2}U_{PY} + a_{IГ3}t_C; \\ U_{PYЗ} = \frac{a_{IГ1} + a_{IГ3}t_C}{a_{IЗ1} + a_{IЗ2}t_C - a_{IГ2}}; \\ I_{PYЗ} = a_{IЗ1}U_{PYЗ} + a_{IЗ2}U_{PYЗ}t_C; \\ I_{PYА} = I_{PY} - I_{PYЗ}; \\ P_{PY} = U_{PYГ}I_{PYА}; \\ G_{OЗ} = a_{G1} + a_{G2}P_{PY} + a_{G3}t_C + a_{G4}P_{PY}t_C + a_{G5}t_C^2 + a_{G6}(P_{PY}t_C)^2; \\ A_{уд} = P_{PY}/G_{OЗ}; \\ h_{PY} = A_{удТ}/A_{уд}; \\ P_{ТЕП} = P_{PY}(1-h_{PY}), \end{array} \right. \quad (9)$$

где $I_{PYА}$ – активная составляющая тока разрядного устройства, мА;

$U_{PYГ}$ – напряжение горения разряда для используемого РУ.

Производительность электроозонатора изменяется путем изменения напряжения разрядного устройства. Для этих целей наиболее целесообразно использовать повышающий трансформатор напряжения с ШИМ-регулируемым напряжением первичной обмотки [1; 2; 3]. Формирование управляющего ШИМ-сигнала осуществляется микроконтроллером в соответствии с заданным алгоритмом управления. Таким образом, повышающий трансформатор напряжения, силовые ключи и драйверы управления ими могут быть представлены как усилительные органы в виде пропорциональных звеньев с соответствующими передаточными функциями (10), (11), (12) и (13), функциональные схемы которых изображены на рисунке 4, где U_{Y1} , U_{Y2} , U_{Y3} , U_{PY} – входные и выходные сигналы (действующие значения напряжений) [9].

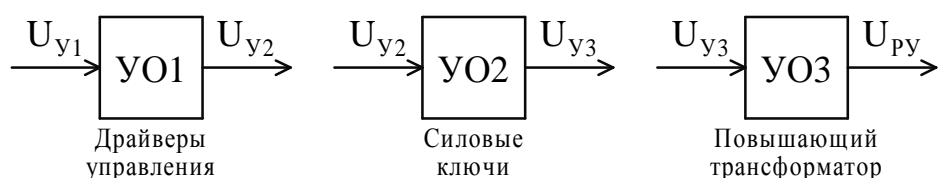


Рисунок 4. Функциональные схемы усилительных органов

Передаточная функция драйверов управления:

$$W_{y01}(s) = \frac{U_{y2}(s)}{U_{y1}(s)} = k_{y01}, \quad (10)$$

где $U_{y1}(s)$ и $U_{y2}(s)$ – изображения по Лапласу входного U_{y1} и выходного U_{y2} сигналов, соответственно;

k_{y01} – передаточный коэффициент.

Передаточная функция силовых ключей:

$$W_{y02}(s) = \frac{U_{y3}(s)}{U_{y2}(s)} = k_{y02}, \quad (11)$$

где $U_{y2}(s)$ и $U_{y3}(s)$ – изображения по Лапласу входного U_{y2} и выходного U_{y3} сигналов, соответственно;

k_{y02} – передаточный коэффициент.

Передаточная функция повышающего трансформатора напряжения:

$$W_{y03}(s) = \frac{U_{пу}(s)}{U_{y3}(s)} = k_{y03}. \quad (12)$$

где $U_{y3}(s)$ и $U_{пу}(s)$ – изображения по Лапласу входного U_{y3} и выходного $U_{пу}$ сигналов, соответственно;

k_{y03} – передаточный коэффициент.

В микроконтроллерах для формирования ШИМ-сигнала на одном из его выходов используется таймер/счетчик, работающий в режиме ШИМ, который формирует выходной сигнал напряжения с заданным коэффициентом заполнения, пропорциональный задающему воздействию. Таким образом, выделив отдельно ШИМ микроконтроллера, можно представить его передаточную функцию в следующем виде:

$$W_{ШИМ}(s) = \frac{\tilde{U}_{ПВЗ}(s)}{U_{VI}(s)} = k_{ШИМ}, \quad (13)$$

где $\tilde{U}_{ПВЗ}(s)$ – изображение по Лапласу дискретного двоичного сигнала задающего воздействия, сформированного в МК;

$k_{ШИМ}$ – передаточный коэффициент.

Общая передаточная функция усилительных органов и ШИМ микроконтроллера будет равна

$$W_{УОШИМ}(s) = \frac{U_{ПВ}(s)}{\tilde{U}_{ПВЗ}(s)} = k_{УО1} k_{УО2} k_{УО3} k_{ШИМ} = 1. \quad (14)$$

С целью определения задающего воздействия необходим контроль средней температуры стекла диэлектрических барьеров. Определение заданного значения регулируемой величины возможно по выражению (3) при измерении температуры наружного воздуха и заданном числе обрабатываемых ульев. Для контроля температур воздуха и стекла диэлектрических барьеров целесообразно использовать цифровые датчики температуры, состоящие из воспринимающей и преобразующей частей. Первую часть, как элементы САУ, можно считать пропорциональным звеном. Преобразующая часть должна учитывать наличие дискретизации сигнала температуры по уровню. При этом линейная часть датчика температуры будет пропорциональным звеном с единичным передаточным коэффициентом. Дискретизацией по времени можно пренебречь в силу высокого быстродействия современных цифровых датчиков температуры.

С учетом принятых технических средств функциональная схема САУ концентрацией озона на входе в улей будет иметь вид, изображенный на рисунке 5, где: ВО1, ВО2 – воспринимающие органы; ПО1, ПО2 – преобразующие органы; УО1, УО2, УО3 – усилительные органы; ИО – исполнительный орган; \tilde{t}_{B1} и \tilde{t}_C – дискретные двоичные сигналы температур t_{B1} и t_C , соответственно.

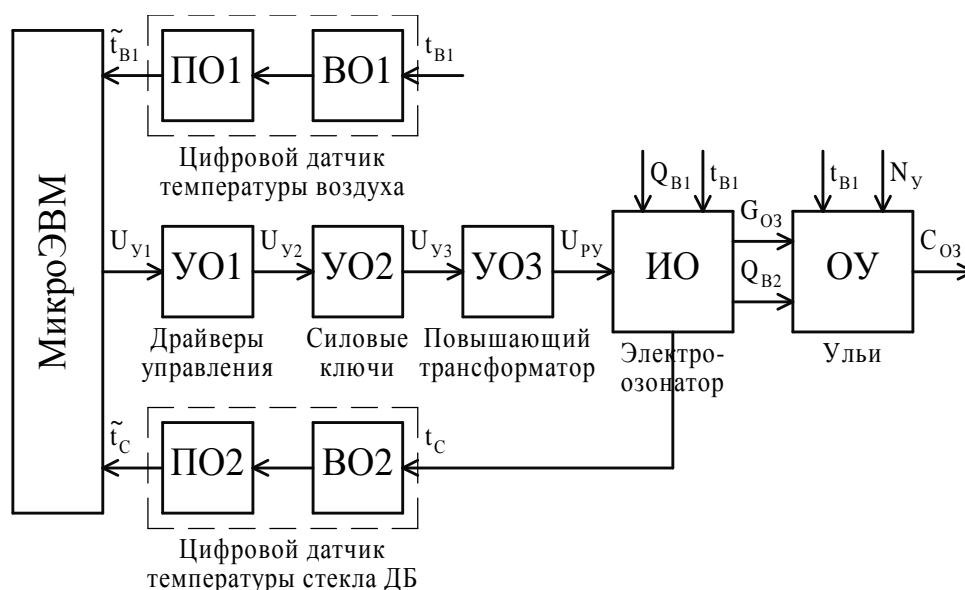


Рисунок 5. Функциональная схема САУ концентрацией озона в улье

Система автоматического управления концентрацией озона в улье работает следующим образом. Один из датчиков температуры осуществляет измерение основного возмущающего воздействия – температуры окружающего воздуха t_{B1} . Контроль температуры стекла диэлектрических барьеров t_C производится с помощью второго датчика температуры. В соответствии с алгоритмом регулятора, реализуемого микроконтроллером (микроЭВМ), на основании значений температур t_{B1} и t_C для известной величины N_y на выходе МК формируется управляющее напряжение U_{y1} , которое, усиленное драйверами управления, силовыми ключами и повышающим трансформатором до уровня U_{py} , подается на разрядное устройство электроозонатора. Под действием приложенного к электродам РУ напряжения U_{py} происходит электрический разряд, в результате которого образуется озон. Озонированный воздух с расходом Q_{B2} подается на вход в ульи с подачей G_{O3} . На входе в ульи происходит смешение озонированного воздуха с потоком окружающего воздуха естественного внутриульевого воздухообмена, в результате чего достигается необходимая концентрация озона C_{O3} в улье. Изменение температур t_{B1} , t_C и количества обрабатываемых

ульев посредством программного регулятора приводит к соответствующим изменениям управляющего напряжения U_{VI} , а соответственно, и U_{PY} , что повышает или снижает производительность разрядного устройства G_{O3} , стабилизируя тем самым концентрацию озона C_{O3} в улье.

Таким образом, разработанная САУ концентрацией озона в улье является следящей разомкнутой цифровой системой автоматического управления по возмущению с переменными параметрами, имеет обратную связь через датчик температуры стекла диэлектрических барьеров для стабилизации управляющего воздействия.

Расчет заданного уровня регулирующего воздействия осуществляем из уравнения (3), с учетом $Q_{B2} = Q_{B1}$ и поправочного коэффициента k_C , характеризующего влияние температурного расширения озонированного воздуха на концентрацию озона:

$$G_{O3} = k_C C_{O3} \left[Q_{B1} + N_V V_V \cdot (a_{BV1} + a_{BV2} e^{a_{BV3}(t_{B1} + a_{BV4})}) \right] \quad (15)$$

Из выражения (15) определим мощность разрядного устройства:

$$P_{PY} = \frac{-(a_{G2} + a_{G4} t_C) + \sqrt{(a_{G2} + a_{G4} t_C)^2 - 4a_{G6} t_C^2 (a_{G1} + a_{G3} t_C + a_{G5} t_C^2 - G_{O3})}}{2a_{G6} t_C^2} \quad (16)$$

Тогда в соответствии с методикой определения активной мощности разрядного устройства и разработанными моделями (4), (9) получим следующее выражение для определения необходимого уровня напряжения на разрядном устройстве:

$$U_{PY} = \left[\frac{P_{PY}}{U_{PYT}} + (a_{I11} + a_{I13} t_C) \left(-1 + \frac{a_{I31} + a_{I32} t_C}{a_{I31} + a_{I32} t_C - a_{I12}} \right) \right] \frac{1}{a_{I12}} \quad (17)$$

Коэффициент g заполнения выходного сигнала микроконтроллера в режиме работы его таймера/счетчика «Fast PWM» («Быстрый ШИМ») равен

$$g = \frac{Z + 1}{2^{N_{PWM}}} \quad (18)$$

где Z – сигнал управления коэффициентом заполнения импульса напряжения на выходе таймера/счетчика, работающего в режиме ШИМ;

N_{PWM} – разрядность ШИМ.

Тогда при ШИМ напряжение на разрядном устройстве будет

$$U_{PY} = gU_{PUM}, \quad (19)$$

где $U_{PUM} = 10$ кВ – максимальное напряжение на выходе повышающего трансформатора напряжения.

Подставим уравнение (18) в (19) и выразим из последнего значение сигнала управления коэффициентом заполнения:

$$Z = \frac{U_{PY}}{U_{PUM}} 2^{N_{PWM}} - 1. \quad (20)$$

Таким образом, для обеспечения формирования заданного значения управляющего воздействия в соответствии с выражениями (15–20) разработан алгоритм работы цифрового регулятора, блок-схема которого представлена на рисунке 6.

Для моделирования системы используем программный комплекс «МВТУ» [111]. При этом для уменьшения числа блоков схемы целесообразно объединение некоторых из них. На структурной схеме моделирования САУ, представленной на рисунке 7, функциональные блоки ПО1, ВО1, ПО2, ВО2, микроЭВМ, УО1, УО2, УО3 (см. рис. 5) структурно объединены в одном блоке «Регулятор». В блоке «Ульи» осуществляется расчет концентрации озона на входе в улей по выражению (3). Для визуализации временных зависимостей количества обрабатываемых ульев N_U и напряжения питания разрядного устройства U_{PY} служат блоки « N_U » и « U_{RU} ». Назначение и параметры остальных блоков описаны выше.

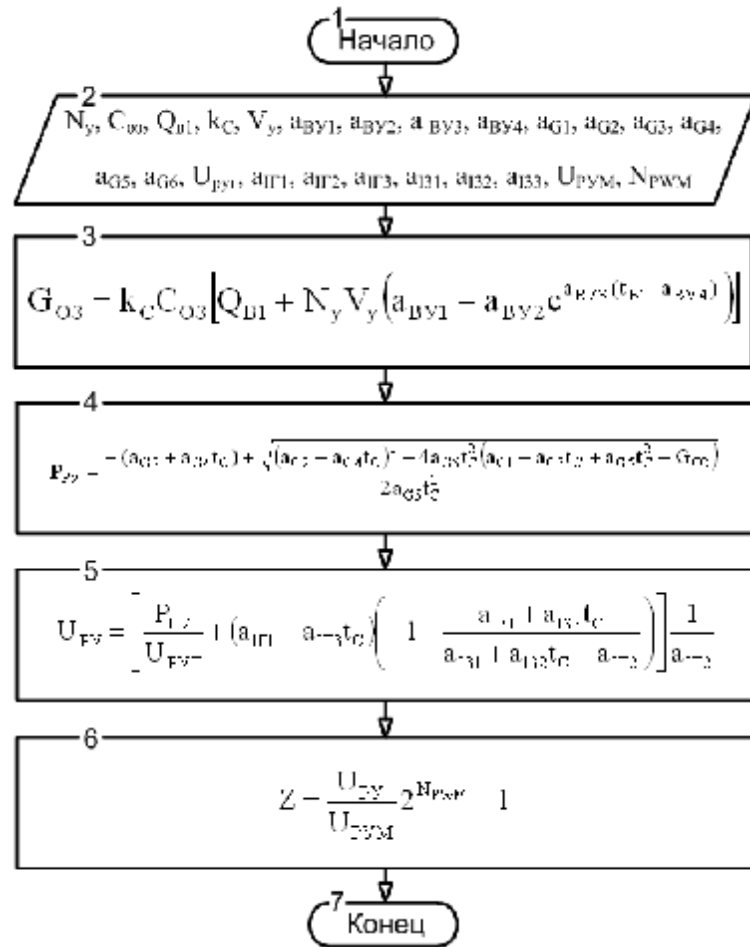


Рисунок 6. Блок-схема алгоритма работы цифрового регулятора

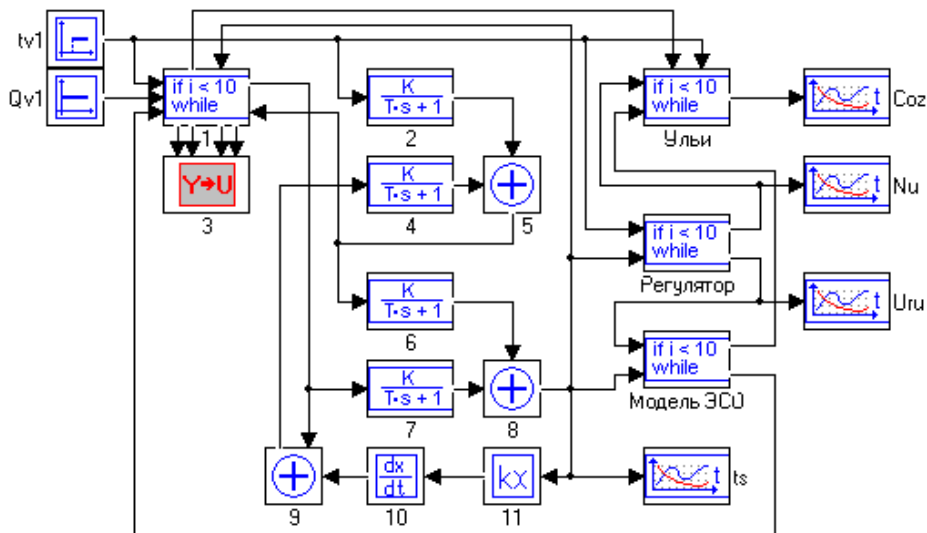


Рисунок 7. Структурная схема моделирования САУ концентрацией озона в улье в среде ПК «МВТУ»

К качеству управления САУ по задающему и возмущающему воздействиям предъявляются следующие требования [5; 6]: время регулиро-

вания $\tau_p < 180$ с; перерегулирование $\sigma_{\%} < 40$ %; статическая ошибка $\Delta_{\%} < 20$ %.

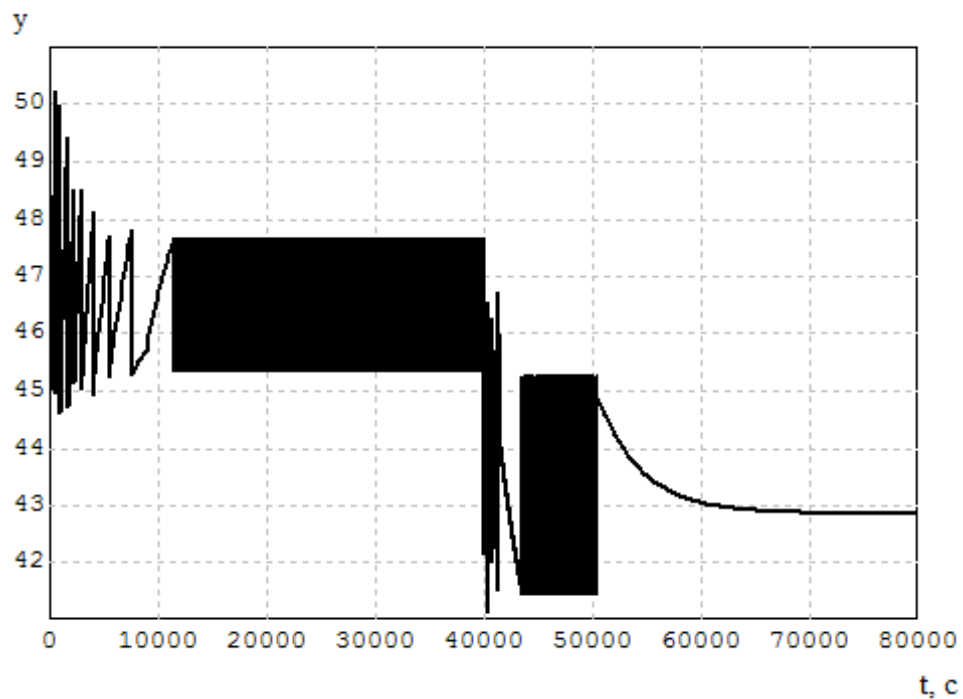


Рисунок 8. Переходный процесс регулирования концентрации озона при снижении температуры окружающего воздуха на 2 °С

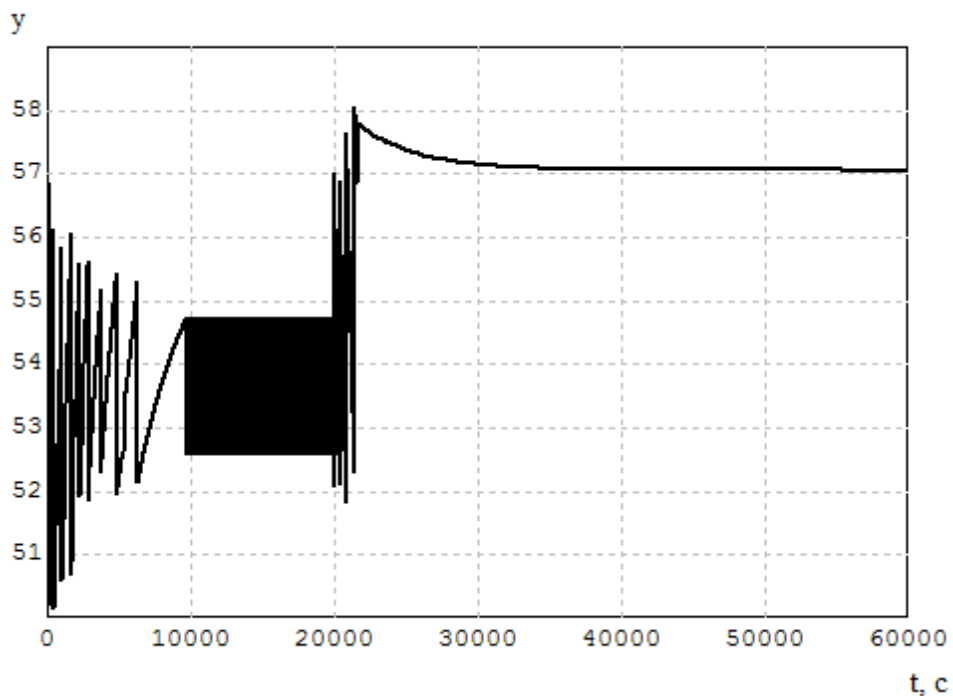


Рисунок 9. График переходного процесса концентрации озона при повышении температуры окружающего воздуха на 2 °С

Как показывают результаты моделирования, максимальные отклонения управляемой величины, связанные с дискретизацией по уровню температуры окружающего воздуха, достигают при $t_{BI} = 20,25 \pm 0^\circ\text{C}$. Графики переходных процессов, соответствующие этим режимам, изображены на рисунках 8–9.

Таким образом, разработанная система автоматического управления концентрацией озона в улье с дискретным цифровым регулятором обладает необходимым качеством управления как по задающему, так и по возмущающему воздействию. Кроме того, для всех режимов работы, графики переходных процессов которых изображены на рисунках 8–9, концентрация озона не выходит за допустимые пределы $40 \dots 60 \text{ мг/м}^3$.

Разработанная модель регулятора позволяет 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. Исследование полученной модели позволяет обосновать рациональные параметры системы стабилизированного озонирования ульев и конструкции разрядного устройства как регулирующего органа для максимального повышения качества регулирования концентрации озона в улье.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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 35°C и температуры диэлектрических барьеров от 20 до 50°C производительность электроозонатора должна изменяться в диапазоне от $0,14$

до 0,6 мг/с. В результате моделирования в среде программного комплекса MBTU подтверждена работоспособность системы автоматического управления концентрацией озона в улье, показатели качества регулирования составили: статическая ошибка – 4,4 %, перерегулирование – 14 %. 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 установлены параметры качества стабилизации концентрации озона в улье: динамическая ошибка – 6,5 мг/м³, коэффициент перерегулирования – 13 %, интегральный среднеквадратичный показатель – 8,6%.

Список литературы

1. Николаенко С.А. Анализ факторов, дестабилизирующих параметры озонирования пчелиных семей // Материалы VIII региональной научно-практической конференции молодых ученых. – Краснодар, 2006. – С. 55–57.
2. Николаенко С.А. Обоснование применения озонирования для лечения бактериозов пчел // Материалы второй Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых «Научное обеспечение агропромышленного комплекса». – Краснодар, 2007. – С. 3–4.
3. Овсянников Д.А. Стабилизация параметров обработки пчелиных семей озоном / Д.А. Овсянников, С.А. Николаенко // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – № 8. – 2007. – С. 26–27.
4. Овсянников Д.А. Лечение пчел от колибактериоза озонированием улья / Д.А. Овсянников, С.А. Николаенко, С.С. Зубович // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2008. – № 11. – С. 33–34.
5. Овсянников Д.А. Регулирование параметров электроозонатора для стабилизации режимов озонирования пчелиных семей / Д.А. Овсянников, С.А. Николаенко // Материалы международной научно-практической конференции «Основы достижения устойчивого развития сельского хозяйства». – Волгоград: ВГСХА, 2006. – С. 215–218.
6. Овсянников Д.А. Обоснование параметров электроозонатора для стабилизации концентрации озона в улье / Д.А. Овсянников, С.А. Николаенко, С.С. Зубович // Труды КГАУ. – Краснодар, 2008. – Вып. № 1. – С. 179–184.
7. 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.
8. Пат. РФ № 2357412, МПК С1 А01К51/00 (2006.01) Способ стабилизированной обработки пчелиных семей озоном / Д.А. Овсянников, С.А. Николаенко, А.П. Волошин, А.А. Поминов; заявитель и патентообладатель КГАУ. – № 2006128060/12 заявл. 01.08.2006; опубл. 20.05.2008. Бюл. № 06. – 5 с.

9. Пат. 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.
10. Пат. РФ № 2429192, МПК С2 С01В13/11 (2006.01) Электроозонатор / Овсянников Д.А., Николаенко С.А., Зубович С.С., Волошин А.П., Цокур Д.С.; заявитель и патентообладатель КГАУ. – № 20091330067 заявл. 2.09.2009; опубл. 20.09.2011. Бюл. № 26. – 6 с.
11. Свид. РФ № 2010620348. Параметры системы автоматического управления концентрацией озона на входе в пчелиный улей / Д.А. Овсянников, С.А. Николаенко, С.С.Зубович, А.П. Волошин, Д.С. Цокур; заявитель и правообладатель КГАУ. – № 2010620203 заявл. 11.05.2010; опубл. 28.07.2010. – 32 с.
12. Туников Г.М. Технология производства и переработки продукции пчеловодства: учебное пособие для студентов высших учебных заведений / Г.М. Туников, Н. И. Кривцов, В.И. Лебедев и др. – М.: Колосс, 2001. – 176 с.