

УДК 621.384.52:638.12

UDC 621.384.52:638.12

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАГРЕВА РАЗРЯДНОГО УСТРОЙСТВА И ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ОЗОНАТОРА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПЧЕЛ

MODELLING OF HEATING PROCESS OF THE DISCHARGE DEVICE AND SUBSTANTIATION OF THE PARAMETERS OF THE OZONE GENERATOR FOR BEES' TREATMENT

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: тепловая модель разрядного устройства электроозонатора, которая позволяет исследовать переходные процессы, и устанавливает зависимость постоянной времени нагрева диэлектрических барьеров от параметров конструкции разрядного устройства. Определены квази-оптимальные параметры конструкции озонатора для обработки пчелиных семей в ульях. Даны рекомендации по применению результатов исследования

In the article we have represented the following items: heating model of discharge device of the ozone generator which allows to examine the transient process and establishes dependence of heating time constant of the dielectric barriers on constructive parameters of discharge device. The rational parameters of design of the ozone generator for in-hive treatment of the bee families are defined; recommendations for utilization of the results of investigations are given

Ключевые слова: ОЗОНАТОРЫ В ПЧЕЛОВОДСТВЕ, ТЕПЛОВАЯ МОДЕЛЬ РАЗРЯДНОГО УСТРОЙСТВА ЭЛЕКТРООЗОНАТОРА, ПАРАМЕТРЫ ОЗОНАТОРА

Keywords: OZONE GENERATORS IN APICULTURE, HEATING MODEL OF DISCHARGE DEVICE OF OZONE GENERATOR, PARAMETERS OF OZONE GENERATOR

При таком сложном процессе, как лечение бактериальных заболеваний пчел, для достижения лечебного эффекта необходимы непрерывное и точное поддержание заданных параметров озонирования в улье, их стабилизация [3; 4; 7]. При этом следует учитывать факторы, влияющие как на работу самого озонатора, так и на концентрацию озона в улье.

На производительность озонатора, основанного на принципе барьерного разряда, влияет множество факторов (рис. 1): температура разрядного устройства, активная мощность, приложенное напряжение, частота тока и т.д. [1; 2; 8; 9; 10].

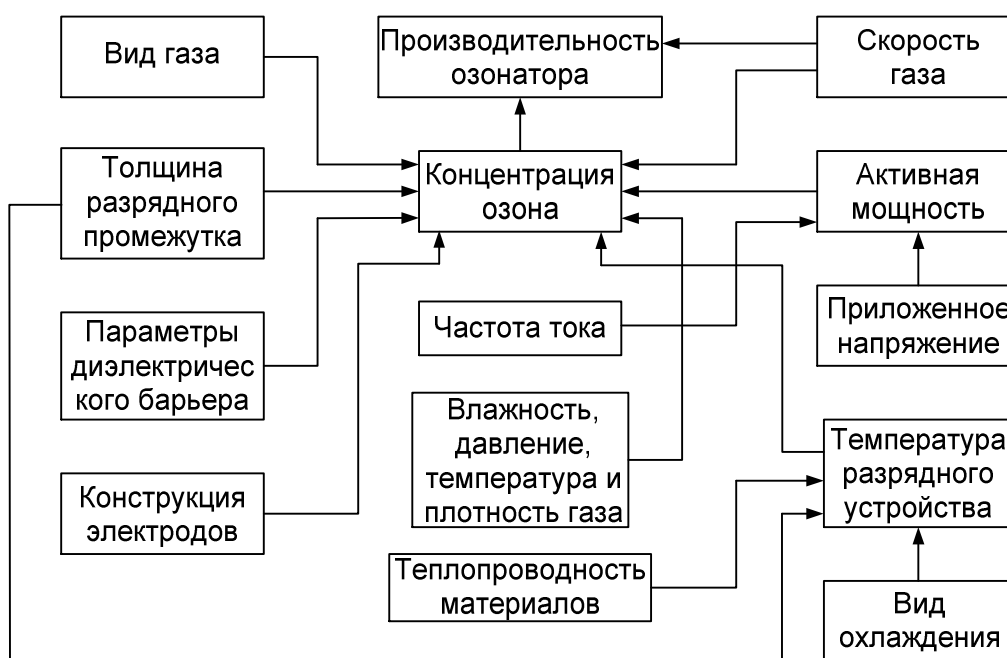


Рисунок 1. Факторы, влияющие на производительность озонатора

Поскольку одним из основных факторов, влияющих на работу разрядного устройства электроозонатора, является температура диэлектрических барьеров, то для построения полной системы автоматического управления концентрацией озона в улье необходимо разработать математическую модель тепловых процессов в разрядном устройстве [1; 2; 5; 6].

При разработке тепловой модели рассмотрен один канал в середине разрядного устройства электроозонатора. Сечение канала с одним разрядным промежутком представлено на рисунке 2.

Для канала, расположенного в середине разрядного устройства электроозонатора, поверхности стекла, к которым прилегают электроды 1 и 2 (рис. 3), считаем изотермичными. Одинаковой температурой обладают также поверхности стекла, соприкасающиеся с электродами с обеих сторон. Теплопередачей через боковые поверхности канала пренебрегаем из-за их малой площади, не учитываем также теплоемкость электродов. Поэтому весь поток теплоты от диэлектрических барьеров будет направлен в сторону воздушного канала [2; 5; 6].

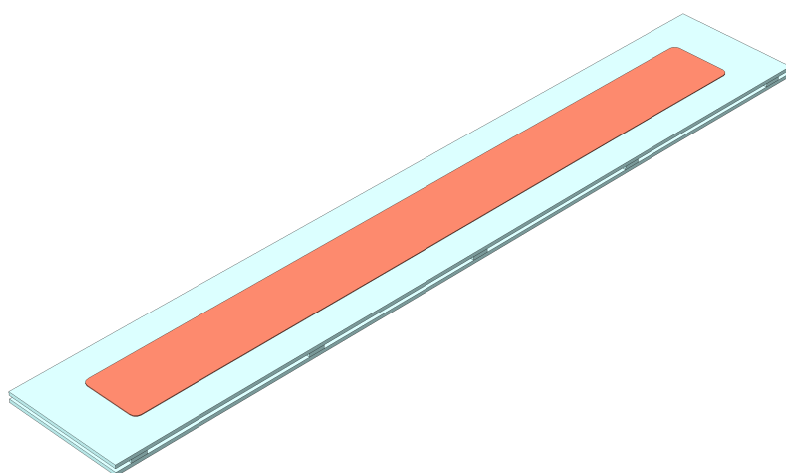


Рисунок 2. Канал разрядного устройства электроозонатора

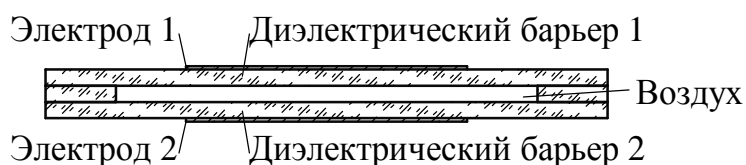


Рисунок 3. Сечение канала разрядного устройства электроозонатора

Теплоотдачей, свободной конвекцией в горизонтальном канале пренебрегаем. Тогда условия охлаждения верхнего и нижнего диэлектрических барьеров (см. рис. 3) можно считать одинаковыми. Поглощение воздухом лучистой энергии не учитываем [1]. При равных параметрах диэлектрических барьеров 1 и 2 (см. рис. 3) их внутренние поверхности, соприкасающиеся с воздухом, будут изотермичными: $T_{ДБ1} = T_{ДБ2}$. Поэтому тепловой поток $Q_{л}$ лучистого теплообмена между внутренними поверхностями канала разрядного устройства будет равен нулю [2; 5; 6]:

$$Q_{\dot{E}} = \epsilon_{\text{ДБ}} c_0 S_{\text{ДБ}} \left[\left(\frac{T_{\text{ДБ1}}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{\text{ДБ2}}}{100} \right)^4 \right] = \epsilon_{\text{ДБ}} c_0 S_{\text{ДБ}} \left[\left(\frac{T_{\text{ДБ1}}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{\text{ДБ1}}}{100} \right)^4 \right] = 0, \quad (1)$$

где $\epsilon_{\text{ДБ}}$ – приведенная степень черноты; $c_0 = 5,67 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$ – коэффициент излучения абсолютно черного тела; $S_{\text{ДБ}}$ – площадь поверхности стекла диэлектрического барьера, участвующая в теплообмене, м^2 .

Таким образом, с достаточной точностью для практических расчетов можно считать, что охлаждение диэлектрических барьеров происходит, преимущественно, за счет конвективного теплообмена с воздухом, продуваемым через канал разрядного устройства. Для математического описания тепловых процессов в стекле диэлектрических барьеров, с учетом приведенных выше допущений, можно записать следующее дифференциальное уравнение теплового баланса [1; 2; 5; 6]:

$$m_{\tilde{N}} c_{p\tilde{N}} \frac{dt_{\tilde{N}}}{dt} = DP_{\tilde{N}} = P_{\tilde{N}I} - P_{\tilde{N}A}, \quad (2)$$

где m_C – масса стекла диэлектрических барьеров, кг; c_{pC} – удельная теплоемкость стекла, Дж/(кг°С); t_C – температура стекла, °С; ΔP_C – изменение тепловой мощности, которая идет на повышение температуры t_C , Вт; $P_{СП}$ и $P_{СО}$ – тепловая мощность, соответственно, подводимая и отводимая от стекла диэлектрических барьеров, Вт.

Отводимый поток теплоты от стекла ДБ определяется выражением

$$D_{\tilde{N}A} = \alpha S_{\tilde{N}} (t_{\tilde{N}} - t_A), \quad (3)$$

где α – коэффициент теплоотдачи, Вт/(м²°С); S_C – площадь поверхности стекла диэлектрических барьеров, участвующая в конвективном теплообмене, м²; t_B – температура воздуха, °С.

Уравнение (2), используя выражение (3), можно записать в виде

$$m_{\tilde{N}} c_{p\tilde{N}} \frac{dt_{\tilde{N}}}{dt} = P_{\tilde{N}I} - \alpha S_{\tilde{N}} (t_{\tilde{N}} - t_A). \quad (4)$$

Разделив переменные в (4), получим

$$\frac{m_{\tilde{N}} c_{p\tilde{N}}}{\alpha S_{\tilde{N}}} \frac{dt_{\tilde{N}}}{dt} + t_{\tilde{N}} = \frac{1}{\alpha S_{\tilde{N}}} P_{\tilde{N}I} + t_A. \quad (5)$$

Введем следующие обозначения:

$$T_{\tilde{N}} = \frac{m_{\tilde{N}} c_{p\tilde{N}}}{\alpha S_{\tilde{N}}}; \quad k_{\tilde{N}I} = \frac{1}{\alpha S_{\tilde{N}}}. \quad (6)$$

Тогда уравнение (5) можно записать следующим образом

$$T_{\tilde{N}} \frac{dt_{\tilde{N}}}{dt} + t_{\tilde{N}} = k_{\tilde{N}I} P_{\tilde{N}I} + t_{\tilde{A}}. \quad (7)$$

Применив преобразование Лапласа для уравнения (7), при $t_B = 0$ получим передаточную функцию $W_{CI}(s)$ стекла диэлектрических барьеров по каналу мощность – температура [5]:

$$W_{\tilde{N}I}(s) = \frac{t_{\tilde{N}}(s)}{P_{\tilde{N}I}(s)} = \frac{k_{\tilde{N}I}}{T_{\tilde{N}}s + 1}, \quad (8)$$

где T_C и k_{CI} – постоянная времени и передаточный коэффициент, соответственно.

Аналогично при $P_{CI} = 0$ определяется передаточная функция $W_{CO}(s)$ по каналу температура – температура:

$$W_{\tilde{N}O}(s) = \frac{t_{\tilde{N}}(s)}{t_{\tilde{A}}(s)} = \frac{1}{T_{\tilde{N}}s + 1}. \quad (9)$$

Из уравнения (2) следует

$$D\tilde{E}_{\tilde{N}I} = D\tilde{E}_{\tilde{N}I} - DD_{\tilde{N}}. \quad (10)$$

Изменение тепловой мощности, идущей на нагрев стекла диэлектрических барьеров, равно:

$$DD_{\tilde{N}} = m_{\tilde{N}} c_{p\tilde{N}} \frac{dt_{\tilde{N}}}{dt}. \quad (11)$$

Примем обозначение

$$k_{\tilde{N}2} = m_{\tilde{N}} c_{p\tilde{N}}. \quad (12)$$

Применив преобразование Лапласа к (11), с учетом (12), получим

$$W_{\tilde{N}2}(s) = \frac{DD_{\tilde{N}}(s)}{t_{\tilde{N}}(s)} = k_{\tilde{N}2}s, \quad (13)$$

где $W_{C2}(s)$ – передаточная функция стекла диэлектрических барьеров по каналу температура – мощность; k_{C2} – передаточный коэффициент.

На основании полученных передаточных функций (8), (9), (13) и уравнения (10) структурная схема тепловой модели стекла диэлектрических барьеров имеет вид, изображенный на рисунке 4.

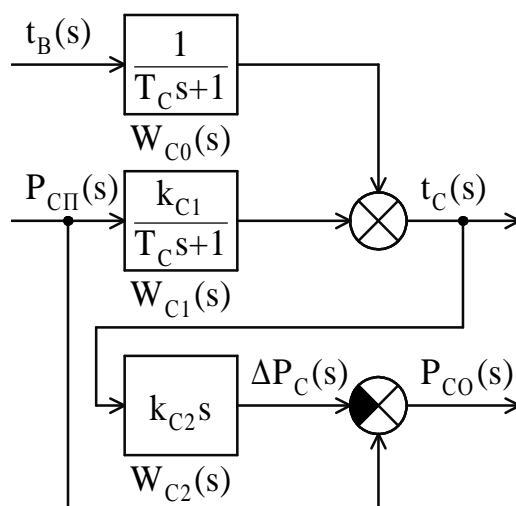


Рисунок 4. Структурная схема тепловой модели стекла диэлектрических барьеров канала разрядного устройства электроозонатора

Разработку математической модели тепловых процессов в воздухе производим на основании следующего уравнения теплового баланса [2; 5; 6]:

$$m_{\hat{A}} c_{p\hat{A}} \frac{dt_{\hat{A}}}{dt} = P_{\hat{A}i} - P_{\hat{A}o}, \quad (14)$$

где m_B – масса воздуха в канале, кг; c_{pB} – удельная теплоемкость воздуха при температуре, Дж/(кг°С); t_B – температура воздуха, °С; $P_{ВП}$ и $P_{ВО}$ – тепловая мощность, соответственно, подводимая к воздуху и отводимая вместе с ним, Вт.

Тепловая мощность, отводимая потоком воздуха в канале, равна:

$$\mathcal{D}_{\hat{A}o} = Q_{\hat{A}} \rho_{\hat{A}} c_{p\hat{A}} (t_{\hat{A}} - t_{\hat{A}1}), \quad (15)$$

где Q_B – расчетный расход воздуха в канале разрядного устройства, м³/с; ρ_B – плотность воздуха, кг/м³; t_{B1} – температура воздуха на входе в разрядное устройство, °С.

Расход воздуха Q_B может быть выражен через расчетную скорость движения воздуха в канале:

$$Q_{\hat{A}} = v_{\hat{A}} S_{\hat{A}}, \quad (16)$$

где v_B – расчетная скорость движения воздуха в канале РУ, м/с; S_B – пло-

щадь сечения воздушного канала (рисунок 3), м².

Тепловая мощность, подводимая к потоку воздуха, будет равна сумме тепловой мощности $P_{В1}$, выделяющейся в воздухе вследствие протекания через него электрического тока при разряде, и отводимой от стекла тепловой мощности [1; 5; 6]:

$$D_{\hat{A}I} = D_{\hat{A}I} + D_{\hat{N}I} . \quad (17)$$

Поскольку основная часть тепловой мощности выделяется на поверхности диэлектрических барьеров [2;5; 6], то можно пренебречь нагреванием воздуха из-за протекания через него электрического тока, т.е. $P_{BI} = 0$.

Масса, находящегося в канале воздуха, равна

$$m_{\hat{A}} = V_{\hat{A}} r_{\hat{A}} = S_{\hat{A}} l r_{\hat{A}} , \quad (18)$$

где V_B – объем воздушного канала, м³; l – длина канала разрядного устройства, м.

С учетом выражений (15), (16) и (18) уравнение (14) примет вид

$$S_{\hat{A}} l r_{\hat{A}} c_{p\hat{A}} \frac{dt_{\hat{A}}}{dt} = P_{\hat{A}I} - v_{\hat{A}} S_{\hat{A}} r_{\hat{A}} c_{p\hat{A}} (t_{\hat{A}} - t_{\hat{A}I}) . \quad (19)$$

После разделения переменных получим

$$\frac{S_{\hat{A}} l r_{\hat{A}} c_{p\hat{A}}}{v_{\hat{A}} S_{\hat{A}} r_{\hat{A}} c_{p\hat{A}}} \frac{dt_{\hat{A}}}{dt} + t_{\hat{A}} = \frac{l}{v_{\hat{A}} S_{\hat{A}} r_{\hat{A}} c_{p\hat{A}}} P_{\hat{A}I} + t_{\hat{A}I} ;$$

$$\frac{l}{v_{\hat{A}}} \frac{dt_{\hat{A}}}{dt} + t_{\hat{A}} = \frac{l}{v_{\hat{A}} S_{\hat{A}} r_{\hat{A}} c_{p\hat{A}}} P_{\hat{A}I} + t_{\hat{A}I} . \quad (20)$$

Введем следующие обозначения:

$$T_{\hat{A}} = \frac{l}{v_{\hat{A}}} ; k_{\hat{A}I} = \frac{l}{v_{\hat{A}} S_{\hat{A}} r_{\hat{A}} c_{p\hat{A}}} . \quad (21)$$

С учетом принятых обозначений запишем уравнение (19) в виде

$$T_{\hat{A}} \frac{dt_{\hat{A}}}{dt} + t_{\hat{A}} = k_{\hat{A}I} P_{\hat{A}I} + t_{\hat{A}I} . \quad (22)$$

Аналогично выводу выражений (8) и (9) на основании уравнения (22) получены передаточные функции для воздуха в канале разрядного устрой-

ства по каналам мощность – температура $W_{B1}(s)$ и температура – температура $W_{B0}(s)$ [2]:

$$W_{\hat{A}1}(s) = \frac{t_{\hat{A}}(s)}{P_{\hat{A}I}(s)} = \frac{k_{\hat{A}1}}{T_{\hat{A}}s + 1}; \quad (23)$$

$$W_{\hat{A}0}(s) = \frac{t_{\hat{A}}(s)}{t_{\hat{A}1}(s)} = \frac{1}{T_{\hat{A}}s + 1}, \quad (24)$$

где T_B и k_{B1} – постоянная времени и передаточный коэффициент, соответственно.

В соответствии с передаточными функциями (23) и (24) разработана структурная схема тепловой модели воздуха в канале разрядного устройства, изображенная на рисунке 5.

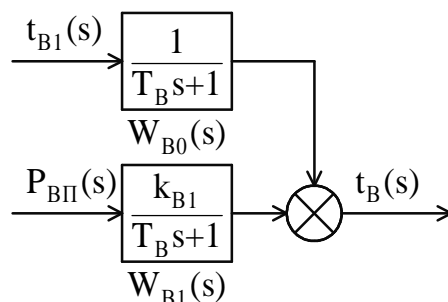


Рисунок 5. Структурная схема тепловой модели воздуха в канале разрядного устройства электроозонатора

Практически все параметры (k_{B1} , k_{C1} , T_B , T_C) разработанных тепловых моделей (см. рис. 4 и 5) являются переменными и зависят от подачи и температуры воздуха на входе в канал разрядного устройства, расчетных значений параметров воздуха и стекла.

Для определения коэффициента теплоотдачи α конвективного теплообмена между стенкой стеклянного диэлектрического барьера и продуваемым по каналу разрядного устройства воздухом воспользуемся отдельными положениями теории подобия. Интенсивность процессов конвективного теплообмена при вынужденном движении воздуха характеризует число Нуссельта Nu , которое при ламинарном течении воздуха в трубе прямоугольного сечения может быть рассчитано по формуле:

$$Nu_{\hat{A}} = 1,4 \left(Re_{\hat{A}} \frac{d}{l} \right)^{0,4} Pr_{\hat{A}}^{0,33} \left(\frac{Pr_{\hat{A}}}{Pr_{\hat{N}}} \right)^{0,25}, \quad (25)$$

где Nu_B – число Нуссельта для потока воздуха в канале разрядного устройства; Re_B – число Рейнольдса; d – эквивалентный диаметр трубы, м; l – длина трубы, м; Pr – число Прандтля. Индексы «В» и «С» означают, что физические свойства выбираются по расчетной температуре воздуха и стекла соответственно. Множитель $(Pr_{\hat{A}}/Pr_{\hat{N}})^{0,25}$ учитывает изменение физических свойств (в основном вязкости) от температуры и влияние направление теплового потока. Формула (2.25) справедлива при:

$$l/d > 10, Re_B > 10 \text{ и } 0,06 < Pr_B/Pr_C < 10. \quad (26)$$

Выражение для определения Nu_B через коэффициент теплоотдачи может быть записано в виде

$$Nu_{\hat{A}} = \frac{\alpha d}{\lambda_{\hat{A}}}, \quad (27)$$

где λ_B – коэффициент теплопроводности воздуха, Вт/(м°C).

Число Рейнольдса определяется следующим выражением

$$Re_{\hat{A}} = \frac{v_{\hat{A}l} d}{\nu_{\hat{A}}}, \quad (28)$$

где v_{Bl} – скорость воздуха на входе в канал разрядного устройства, м/с; ν_B – кинематический коэффициент вязкости воздуха, м²/с.

Скорость воздуха на входе в канал РУ:

$$v_{\hat{A}l} = \frac{Q_{\hat{A}}}{S_{\hat{A}}}, \quad (29)$$

где Q_B – подача воздуха в канал разрядного устройства, м³/с.

Эквивалентный диаметр трубы равен учетверенной площади поперечного сечения канала, деленной на его полный (смоченный) периметр, независимо от того, какая часть этого периметра участвует в теплообмене [2; 6]:

$$d = \frac{4S_{\hat{A}}}{U_{\hat{A}}} = \frac{4h_{\hat{A}}b_{\hat{A}}}{2(h_{\hat{A}} + b_{\hat{A}})} = \frac{2h_{\hat{A}}b_{\hat{A}}}{h_{\hat{A}} + b_{\hat{A}}}, \quad (30)$$

где U_B , h_B и b_B – полный периметр, высота и ширина воздушного канала, соответственно.

Плотность, коэффициент теплопроводности, кинематический коэффициент вязкости воздуха, число Прандтля, в значительной степени, зависят от температуры воздуха. Для описания данных функциональных зависимостей в диапазоне температур воздуха от 0 до 100°C можно использовать общую математическую модель, выражающуюся уравнением следующего вида:

$$y(t_{\hat{A}}) = a_1 + a_2(273,15 + t_{\hat{A}})^{a_3}, \quad (31)$$

где a_1 , a_2 , a_3 – коэффициенты модели.

На основании табулированных справочных данных зависимостей $\rho_B(t_B)$, $\lambda_B(t_B)$, $\nu_B(t_B)$ и $Pr(t_B)$ для сухого воздуха при $t_B = 0...100^\circ\text{C}$ и нормальном атмосферном давлении с помощью прикладного пакета программ «Statistica» определены коэффициенты модели (31), представленные в таблице. Точность аппроксимации модели (31) характеризует высокое значение коэффициента детерминации R^2 (см. табл.).

Таблица – Коэффициенты модели и коэффициент детерминации для зависимостей $\rho_B(t_B)$, $\lambda_B(t_B)$, $\nu_B(t_B)$ и $Pr(t_B)$ при $t_B = 0...100^\circ\text{C}$

Аппроксимируемая функция	Коэффициент			
	a_1	a_2	a_3	R^2
$\rho_B(t_B)$	$-1,4501 \cdot 10^{-3}$	353,60	-1	1,00000
$\lambda_B(t_B)$	$7,0862 \cdot 10^{-4}$	$1,5249 \cdot 10^{-4}$	0,89924	0,99912
$\nu_B(t_B)$	$-1,5677 \cdot 10^{-6}$	$1,4753 \cdot 10^{-9}$	1,6426	0,99992
$Pr(t_B)$	0,75777	$-1,8636 \cdot 10^{-4}$	1	0,99822

Подставим в уравнение (27) значение Nu_B из выражения (25):

$$1,4 \left(Re_{\hat{A}} \frac{d}{l} \right)^{0,4} Pr_{\hat{A}}^{0,33} \left(\frac{Pr_{\hat{A}}}{Pr_{\hat{N}}} \right)^{0,25} = \frac{ad}{l_{\hat{A}}}. \quad (32)$$

Выразим α из последнего уравнения, подставив в него значение Re_B из уравнения (22):

$$a = 1,41 l_{\hat{A}} \left(\frac{v_{\hat{A}1}}{n_{\hat{A}} l} \right)^{0,4} \frac{Pr_{\hat{A}}^{0,33}}{d^{0,2}} \left(\frac{Pr_{\hat{A}}}{Pr_{\hat{N}}} \right)^{0,25} . \quad (33)$$

Расчетная скорость движения воздуха, входящая в выражения (21), равна средней алгебраической от скоростей на входе и выходе из канала разрядного устройства электроозонатора [2]:

$$v_{\hat{A}} = (v_{\hat{A}1} + v_{\hat{A}2})/2 , \quad (34)$$

где v_{B2} – скорость воздуха на выходе из канала разрядного устройства, м/с.

Для определения v_{B2} воспользуемся уравнением неразрывности потока воздуха в канале:

$$G_{\hat{A}} = v_{\hat{A}1} r_{\hat{A}1} S_{\hat{A}} = v_{\hat{A}2} r_{\hat{A}2} S_{\hat{A}} = const , \quad (35)$$

где G_B – массовый расход воздуха, кг/с; ρ_{B1} и ρ_{B2} – плотность воздуха при температуре t_{B1} и t_{B2} соответственно, кг/м³.

Искомую скорость воздуха v_{B2} выразим из последнего уравнения с учетом формулы (29):

$$v_{\hat{A}2} = v_{\hat{A}1} \frac{r_{\hat{A}1}}{r_{\hat{A}2}} = \frac{Q_{\hat{A}}}{S_{\hat{A}}} \frac{r_{\hat{A}1}}{r_{\hat{A}2}} . \quad (36)$$

Площадь поверхности стекла диэлектрических барьеров, участвующая в конвективном теплообмене, равна

$$S_{\hat{N}} = 2b_{\hat{A}} l . \quad (37)$$

Таким образом, для определения параметров воздуха на выходе из канала разрядного устройства тепловую модель воздуха необходимо дополнить передаточной функцией $W_{B2}(s)$, определяющей температуру воздуха t_{B2} на выходе, которая может быть найдена с помощью следующего выражения

$$t_{\hat{A}2} = 2t_{\hat{A}} - t_{\hat{A}1} . \quad (38)$$

В результате проведенных выше исследований термодинамических процессов в канале разрядного устройства структурная схема его тепловой

модели с переменными параметрами может быть представлена в виде, изображенном на рисунке 6.

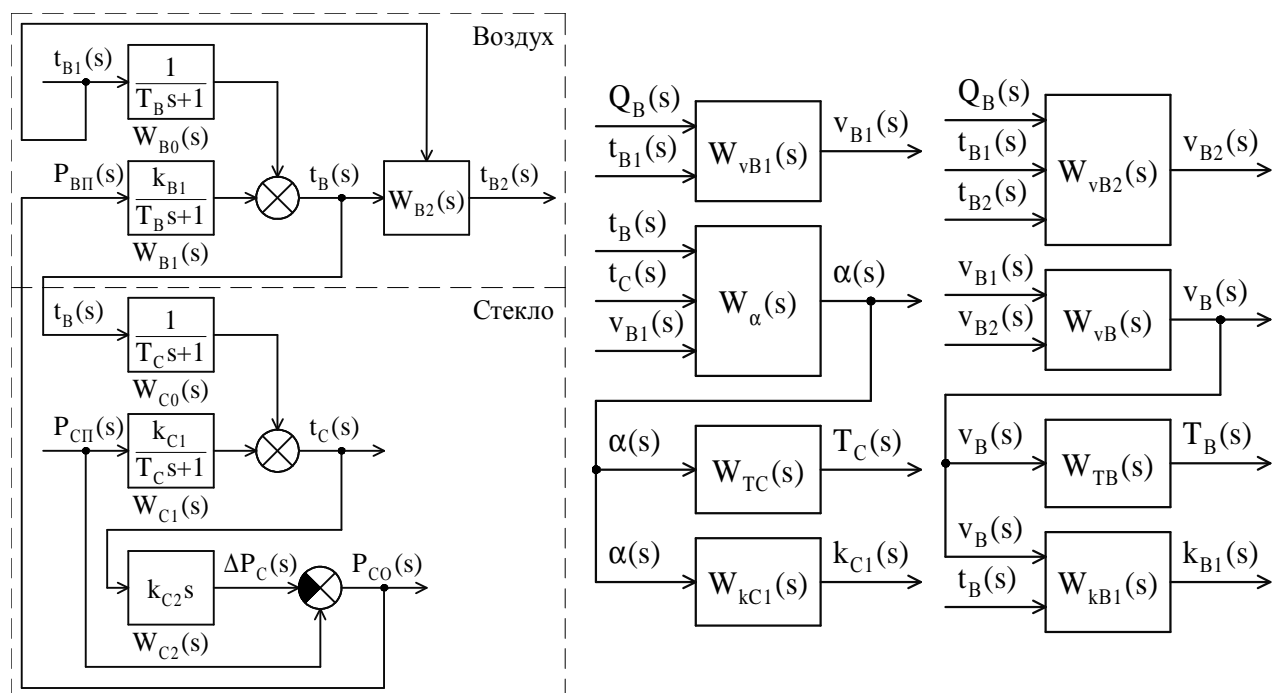


Рисунок 6. Структурная схема тепловой модели канала разрядного устройства электроозонатора с переменными параметрами

Структурная схема моделирования тепловой модели канала разрядного устройства электроозонатора в среде программного комплекса "Моделирование в технических устройствах" (ПК "МВТУ") представлена на рисунке 7. Переходная характеристика нагрева разрядного устройства электроозонатора показана на рисунке 8.

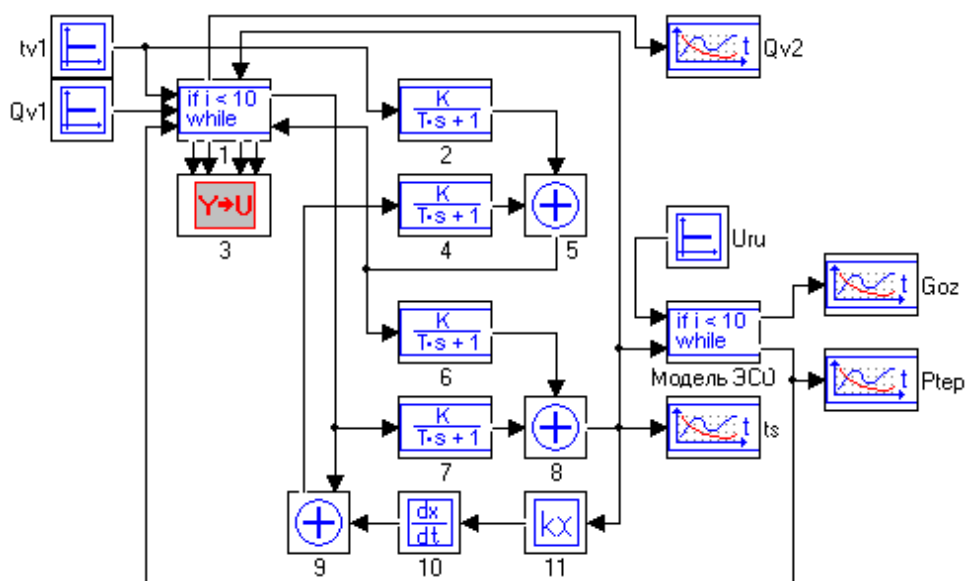


Рисунок 7 . Структурная схема моделирования разрядного устройства электроозонатора в среде ПК «МВТУ»

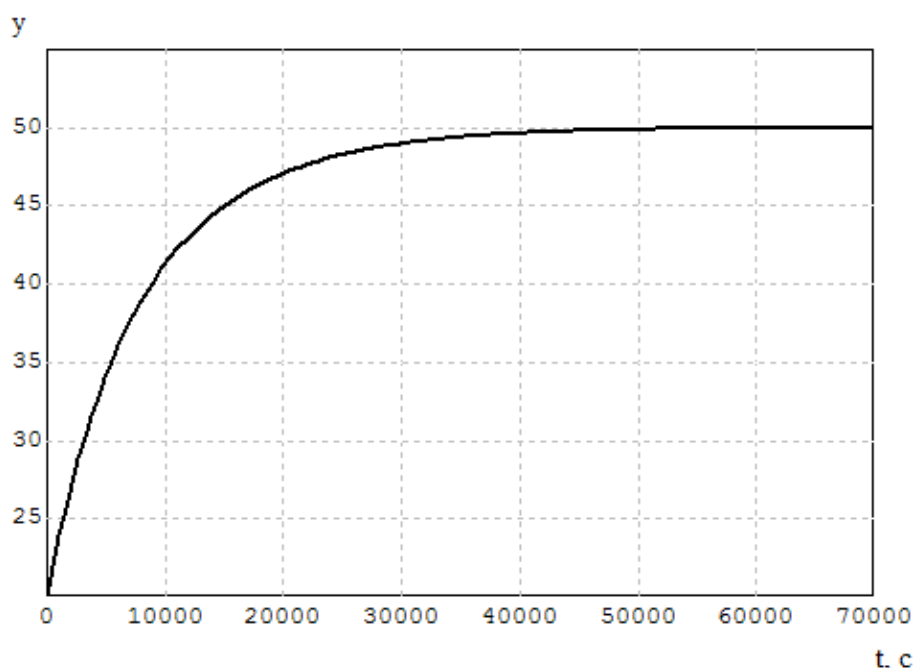


Рисунок 8. Переходная характеристика температуры стекла разрядного устройства при максимальной мощности

На основании исследования модели в программном комплексе МВТУ получена номограмма, представленная на рисунке 9, обосновывающая выбор конструктивных параметров разрядного устройства электроозонатора. В установившемся режиме превышение расчетной температуры воздуха в канале обратно пропорционально его скорости движения, а для поверхности

стекла диэлектрических барьеров – обратно пропорционально скорости движения воздуха в степени 1,4.

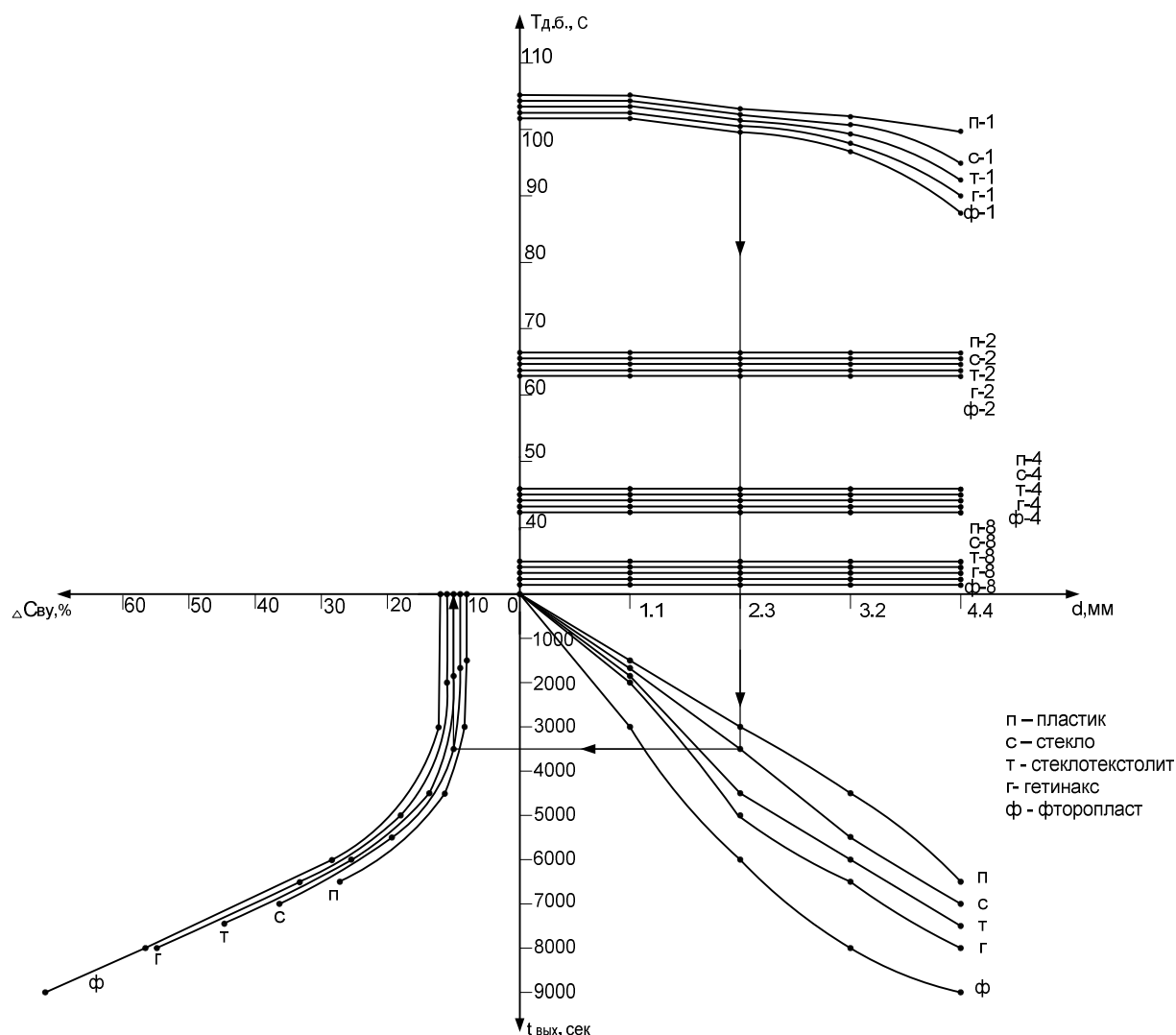


Рисунок 9. Номограмма, определяющая конструктивные параметры разрядного устройства

Таким образом, разработанная тепловая модель канала разрядного устройства электроозонатора учитывает изменение физических свойств воздуха с ростом его температуры и влияние подачи воздуха на температуру диэлектрических барьеров. Кроме того, с ее помощью возможно обоснование рациональной подачи воздуха в разрядное устройство электроозонатора, исходя из максимально допустимой температуры стекла диэлектрических барьеров.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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. 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 %. Результаты исследований могут быть использованы для обоснования параметров конструкций разрядных устройств электроозонаторов, для обработки пчелиных семей и других технологических процессов агропромышленного комплекса.

Список литературы

1. Овсянников Д.А. Влияние нагрева разрядного устройства на параметры электроозонатора для обработки пчел / Д.А. Овсянников, С.А. Николаенко // Материалы международной научно-практической конференции «Основы достижения устойчивого развития сельского хозяйства». – Волгоград: ВГСХА, 2006. – С. 145–148.
2. Овсянников Д.А. Влияние температуры диэлектрических барьеров на производительность электроозонатора / Д.А. Овсянников, С.А. Николаенко // Материалы международной научно-практической конференции «Новые технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности с использованием электрофизических факторов и озона». – Ставрополь, 2006. – С. 85–87.
3. 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.
4. Овсянников Д.А. Экспериментальное исследование усовершенствованной конструкции разрядного устройства системы озонирования пчелиных семей / Д.А. Овсянников, С.А. Николаенко // Материалы международной научно-практической конференции «Основы достижения устойчивого развития сельского хозяйства». – ВГСХА Волгоград, 2006. – С. 75–78.
5. Овсянников Д.А. Математическая модель нагрева разрядного устройства электроозонатора / Д.А. Овсянников, С.А. Николаенко // Материалы пятой Всероссийской конференции «Энерго- и ресурсосберегающие технологии и установки». – Краснодар, 2007. – С. 111–115.
6. Овсянников Д.А. Энергетические процессы в системах электроозонирования пчелиных семей / Д.А. Овсянников, С.А. Николаенко // Материалы пятой Всероссийской конференции «Энерго- и ресурсосберегающие технологии и установки». – Краснодар, 2007. – С. 36–40.
7. 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.
8. 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.
9. Пат. 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.
10. Свид. РФ № 2010620348. Зависимости технологических, электрических и энергетических параметров электроозонатора от температуры нагрева диэлектрических барьеров и напряжения питания / 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.