

УДК 62-932.2

UDC 62-932.2

05.00.00 Технические науки

Technical sciences

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
ПРОЦЕССА ОЗОНИРОВАНИЯ
ЯЙЦЕСКЛАДОВ ПТИЦЕФАБРИК****MATHEMATICAL MODELING OF ELECTRO
TECHNOLOGICAL OZONIZATION OF EGG
STORES OF POULTRY FARMS**

Волошин Александр Петрович
старший преподаватель
*Кубанский государственный аграрный универси-
тет, Краснодар, Россия*

Voloshin Aleksandr Petrovich
senior lecturer
Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

Санитарная обработка яиц – необходимая мера борьбы с бактериями, грибами и другими микроорганизмами. От качества санитарной обработки инкубационных яиц зависят такие показатели, как выводимость яиц и сохранность суточного молодняка. Ведущие ученые нашей страны доказали высокую эффективность применения озона для обработки инкубационных яиц. Для получения положительного результата от применения перспективного способа санитарной обработки инкубационных яиц озоном необходимо создать равномерную концентрацию озона по всему объему помещения яйцесклада, так как снижение концентрации озона от заданного значения в любой точке пространства может привести к недостаточному воздействию на болезнетворные организмы и как следствие – к снижению процента вывода цыплят. Значительное превышение концентрации от заданного значения может привести к губительному воздействию на зародыш. В результате математического моделирования электротехнологического процесса озонирования яйцескладов птицефабрик получена математическая модель электротехнологического процесса озонирования яйцескладов птицефабрик, учитывающая разложение озона на поверхности яиц и стен яйцесклада, а также обосновывающая требуемое управляющее воздействие при различных исходных данных, таких как: требуемая концентрация озона в яйцескладе, количество яиц, геометрические размеры яйцесклада, подача вентилятора, параметры конструкции разрядного устройства, расположение электроозонатора в помещении яйцесклада

Sanitization of eggs is an essential way to fight bacteria, fungi and other microorganisms. Hatchability of eggs and the safety of day-old chicks are dependent on the quality of eggs processing. Leading scientists of our country have proved high efficacy of ozone application for processing of hatching eggs. To obtain a positive result by this method of sanitizing hatching eggs ozone, it is necessary to create a uniform concentration of ozone around the egg store volume. Decrease in ozone concentration from the set point may result in insufficient exposure to pathogens and because of this, may reduce hatchability. Significant excess of ozone concentration from the set point can kill the embryo. Because of mathematical modeling of electro eggs ozone treatment process, there was a mathematical model of the process of electroozonation of egg stores of poultry farms. This model takes into account decomposition of ozone on the surface of eggs and decomposition of ozone on the walls of an egg store. This mathematical model proves the desired control action at different initial data, such as: the required concentration of ozone in the egg store, the number of eggs, egg store geometric dimensions, the fan power, the design parameters of the discharge unit, the location of the ozone generator in the room

Ключевые слова: ОЗОНАТОР,
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ
ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
ОЗОНИРОВАНИЯ ЯЙЦЕСКЛАДОВ
ПТИЦЕФАБРИК, ЯЙЦЕСКЛАД,
КОНЦЕНТРАЦИЯ ОЗОНА

Keywords: OZONE GENERATOR,
MATHEMATICAL MODEL OF OZONIC
TECHNOLOGICAL PROCESS IN THE EGG
STORE, EGG STORE, CONCENTRATION OF
OZONE

Doi: 10.21515/1990-4665-121-098

Основными параметрами обработки для создания равномерной концентрации озона $C_{оз.я}$ являются: мощность разрядного устройства электро-

озонатора $P_{эл}$, концентрация озono-воздушной смеси $C_{оз.вых}$, подача вентилятора электроозонатора q , экспозиция обработки t , количество ярусов контейнеров $N_{яр}$, а также количество яиц $N_{я}$.

Возмущающими воздействиями являются: температура воздуха $t_{возд}$, площадь стен помещения яйцесклада $S_{ст}$, площадь поверхности яиц $S_{я}$. Такое количество параметров представляет большую сложность для равномерного распределения концентрации озono-воздушной смеси в каждой точке пространства помещения яйцесклада. Снижение концентрации от заданного значения в любой точке пространства может привести к недостаточному воздействию на болезнетворные организмы и как следствие – к снижению процента вывода цыплят. Значительное превышение концентрации от заданного значения может привести к губительному воздействию на зародыш.

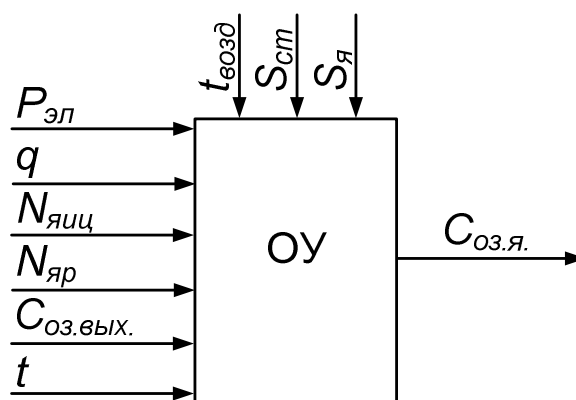


Рисунок 1 – Функциональная схема яйцесклада, как объекта управления.

Для успешного управления электротехнологическим процессом озонирования яйцескладов птицефабрик необходимо создать модель распределения концентрации озона с использованием двух датчиков. Один датчик располагается на выходе из электроозонатора, а второй в самой удалённой точке. Целью первого датчика является стабилизация концентрации озона заданной технологическим процессом (достаточной для уни-

чтожения патогенных микроорганизмов присутствующих на скорлупе яиц). Второй датчик будет отслеживать концентрацию на удалении от электроозонатора. По разнице показаний двух датчиков следует увеличивать или уменьшать подачу электроозонатора для создания равномерного распределения озона по помещению яйцесклада (рис. 2).

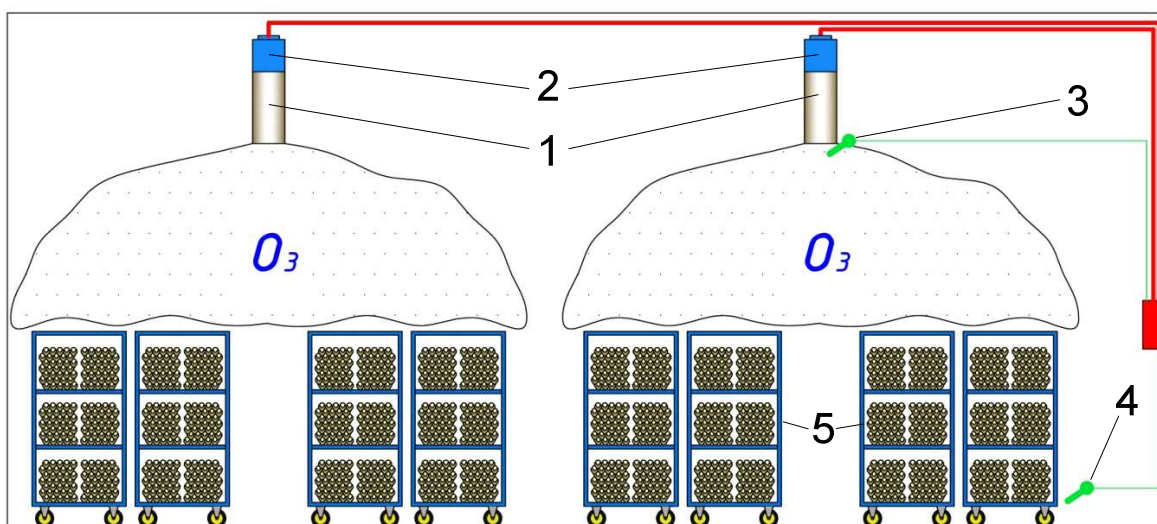


Рисунок 2 – Схема предлагаемого электротехнологического процесса озонирования яйцескладов птицефабрик: 1 – разрядное устройство электроозонатора, 2 – вентилятор, 3 – датчик концентрации озона в непосредственной близости от электроозонатора, 4 – датчик концентрации озона на удалении от электроозонатора, 5 – контейнеры с яйцами.

Функциональная схема предлагаемого электротехнологического процесса озонирования яйцескладов птицефабрик представлена на рисунке 3. На схеме, электроозонатор является управляющим устройством УУ формирующим входное воздействие на объект управления ОУ (помещение яйцесклада).

ПР – это программный регулятор, необходимый для формирования сигнала управления, который подаётся на УУ. В зависимости от этого УУ выдаёт необходимое количество озоновоздушной смеси $Q_{вент}$ с определённым значением концентрации озона на выходе $C_{O_3, вых.}$. Два датчика концен-

трации озона представлены на функциональной схеме как измерительные органы ВО1 и ВО2.

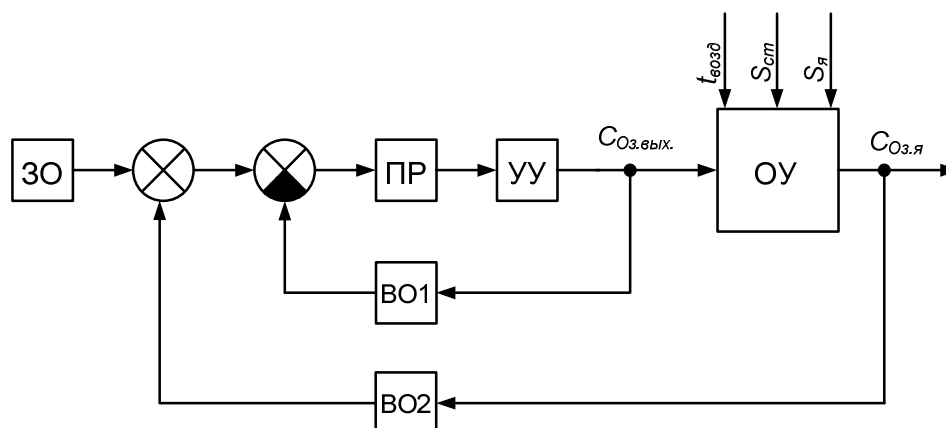


Рисунок 3 – Функциональная схема электротехнологического процесса озонирования яйцескладов птицефабрик.

Задающим воздействием является необходимое значение концентрации озона. Задающий орган ЗО отвечает за входной сигнал (заданный уровень концентрации озона).

Для того чтобы узнать какая концентрация озона будет в удалённой точке помещения яйцесклада $C_{оз.я}$ при различных значениях подачи вентилятора $Q_{вент.}$ и подаваемого на электроозонатор напряжения $U_{оз.}$ необходимо произвести математическое моделирование.

В ходе математического моделирования необходимо определить следующие рациональные параметры:

- количество зон, на которые следует поделить помещение яйцесклада для эффективного проведения электротехнологического процесса озонирования;
- количество яиц в каждой зоне;
- параметры электроозонаторов в каждой из зон;
- расположение электроозонатора в каждой из зон.

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

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

где, C_{O_3} – концентрация озона на выходе из электроозонатора, мг/м³;

$C_{ПР}$ – потери озона через дверные, оконные проёмы или ворота, мг/м³;

$C_{ВЕНТ}$ – потери через вентиляцию, мг/м³;

$C_{СТ}$ – потерь связанных с разложением озона на стенах яйцесклада, мг/м³;

$C_{Я}$ – потерь связанных с разложением озона на инкубационных яйцах, мг/м³.

Изменение концентрации озона в помещении от времени описывается уравнением:

$$\frac{dC}{dt} = \frac{100q}{V} - \frac{L_{ВЕНТ}C}{V} - \frac{DS_{ПР}C}{VL_{ПР}}, \quad (2)$$

где, C – объемная концентрация озона, %;

q – расход озона, м³/ч;

$L_{ВЕНТ}$ – вентиляционный расход, м³/ч;

D – коэффициент диффузии озона м²/ч;

$S_{ПР}$ – площадь открытого проема (двери и т.д.), м²;

$L_{ПР}$ – характерное расстояние от электроозонатора до открытого проема, м;

V – объем помещения, м³.

Уравнение (2) представляет собой дифференциальное уравнение Бернулли. Найдем его общее решение. После чего, рассмотрим задачу с

плавающей точкой, т.е. задачу Коши. А также, найдем частное решение дифференциального уравнения, удовлетворяющее начальным данным.

$$\frac{dC}{dt} = \frac{100q}{V} - C \left(\frac{L_{BEHT}}{V} - \frac{DS_{IP}}{VL_{IP}} \right), \quad (3)$$

Сделаем замену переменной C . Пусть $C = uv$, тогда, $C' = u'v + v'u$,
имеем:

$$u'v + v'u = \frac{100q}{v} - uv \left(\frac{L_{BEHT}}{V} + \frac{DS_{IP}}{VL_{IP}} \right), \quad (4)$$

$$u'v + u \left(v' + v \left(\frac{L_{BEHT}}{V} + \frac{DS_{IP}}{VL_{IP}} \right) \right) = \frac{100q}{v}, \quad (5)$$

$$u \left(v' + v \left(\frac{L_{BEHT}}{V} + \frac{DS_{IP}}{VL_{IP}} \right) \right) = 0, \quad (6)$$

$$v' + v \left(\frac{L_{BEHT}}{V} + \frac{DS_{IP}}{VL_{IP}} \right) = 0 \quad u = 0, \quad (7)$$

$$\frac{dv}{v} = - \left(\frac{L_{BEHT}}{V} + \frac{DS_{IP}}{VL_{IP}} \right) dt, \quad (8)$$

Проинтегрируем обе части. Имеем:

$$\ln v = - \left(\frac{L_{BEHT}}{V} + \frac{DS_{IP}}{VL_{IP}} \right) t, \quad (9)$$

Отсюда, выразим переменную v :

$$v = e^{- \left(\frac{L_{BEHT}}{V} + \frac{DS_{IP}}{VL_{IP}} \right) t}, \quad (10)$$

$$u'e^{- \left(\frac{L_{BEHT}}{V} + \frac{DS_{IP}}{VL_{IP}} \right) t} = \frac{100q}{v}, \quad (11)$$

Имеем:

$$u = \frac{100qe^{\left(\frac{L_{BEHT}}{V} + \frac{DS_{IP}}{VL_{IP}} \right) t}}{V \left(\frac{L_{BEHT}}{V} + \frac{DS_{IP}}{VL_{IP}} \right)} + a, \quad (12)$$

Отсюда, общее решение дифференциального уравнения имеет вид:

$$C = uv = \frac{100q}{V \left(\frac{L_{BEHT}}{V} + \frac{DS_{PP}}{VL_{PP}} \right)} + ae^{-\left(\frac{L_{BEHT}}{V} + \frac{DS_{PP}}{VL_{PP}} \right)t}, \quad (13)$$

$$C = \frac{100q}{\left(L_{BEHT} + \frac{DS_{PP}}{L_{PP}} \right)} + ae^{-\left(\frac{L_{BEHT}}{V} + \frac{DS_{PP}}{VL_{PP}} \right)t}, \quad (14)$$

Данное уравнение позволяет построить график зависимости изменения концентрации озона C_{O_3} от времени t в воздухе при нормальных условиях (рисунок 4):

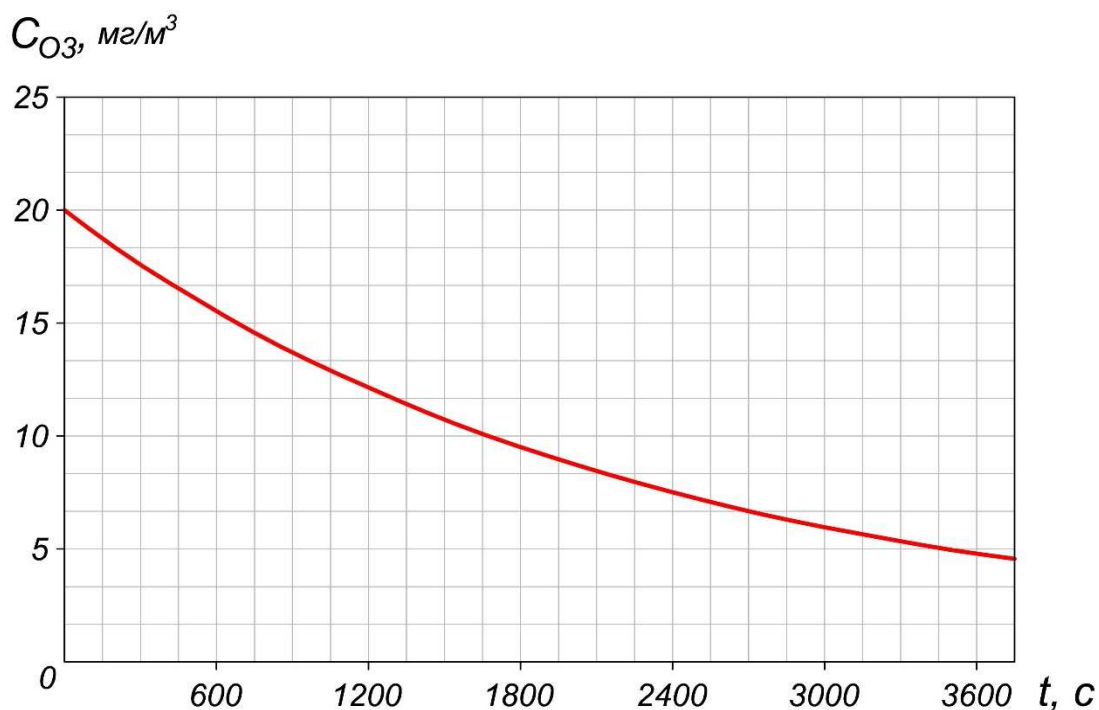


Рисунок 4 – График зависимости изменения концентрации озона C_{O_3} от времени t в воздухе при нормальных условиях.

Как видно, с увеличением времени концентрация озона в помещении яйцесклада C_{O_3} падает. Через час она уменьшится в 4 раза. Постоянная времени $\tau = 25$ минут.

Данное уравнение не учитывает поглощение озона стенами помещения $C_{O_3,ст.}$ и числом яиц N , а также не учитывает распределение озона на расстоянии от электроозонатора.

Распределение концентрации озона C_{O_3} по объему помещения яйцесклада и ее изменение во времени t описывается уравнением диффузии:

$$\frac{\partial C_{O_3}}{\partial t} = D_x \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + D_y \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} + D_z \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} + D_x \frac{\partial Q}{\partial V_{см}} - \text{div}(\vec{v} \cdot C_{O_3}), \quad (15)$$

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

D – диффузии озона, м²/ч;

Q – объемный расход вещества, м³/ч;

v – скорость воздушного потока в помещении, м/ч;

x, y, z – пространственные координаты, м;

t – время, ч;

$V_{см}$ – объем озоновоздушной смеси, м³/ч.

$$Q = q \cdot L_{ВЕНТ} \cdot C_{O_3}, \quad (16)$$

где, q – подача воздуха, м³/ч;

$L_{ВЕНТ}$ – вентиляционный расход, м³/ч.

Рассмотрим одномерный случай распространения озона. Фундаментальное решение однородного уравнения с постоянными, не зависящими от x и t , D .

$$C_f(x,0) = \delta(x), \quad (17)$$

$$C_f(\infty,t) = 0, \quad (18)$$

где:

$$\langle x^2 \rangle = \int_{-\infty}^{+\infty} x^2 C_f(x,t) dx = 2Dt, \quad (19)$$

В случае произвольного распределения $C(x,0)$, общее решение данного уравнения:

$$C(x, t) = \int_{-\infty}^{+\infty} C(x', 0) C_f(x - x', t) dx' = \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{C(x', 0)}{\sqrt{4\pi Dt}} \cdot e^{\left(\frac{-(x-x')^2}{4Dt}\right)} dx' , \quad (20)$$

$$C_f(x, t) = \sqrt{\frac{1}{4\pi Dt}} \cdot e^{\left(\frac{-x^2}{4Dt}\right)} , \quad (21)$$

В итоге получаем уравнение диффузии в направлении оси x :

$$C_{O_3} = V \sqrt{\frac{q}{4\pi Dt}} \cdot e^{\frac{-x^2}{Dt}} , \quad (22)$$

Данное уравнение позволяет построить график зависимости концентрации озона от координаты x . Уравнение не учитывает поглощение озона стенами помещения и числом яиц N .

Найдём массу озона m_{O_3} в помещении яйцесклада. Плотность озона ρ составляет [17]:

$$\rho = 2,144 \cdot 10^6 \text{ мг/м}^3$$

Масса озона в этом случае составит:

$$m_{O_3} = \rho \cdot V_{O_3} , \quad (23)$$

Так как куриное яйцо приближенно имеет форму эллипса, то масса озона, поглощенная яйцом, вычисляется по формуле:

$$m_{O_3, Я} = \rho \left(4\pi \left(\frac{(a \cdot b)^{1,6075} + (b \cdot c)^{1,6075} + (a \cdot c)^{1,6075}}{3} \right)^{\frac{1}{1,6075}} \cdot \left(\frac{5}{6} \cdot N \cdot k_{Я} \right) \right) , \quad (2.24)$$

где, a, b, c – полуоси эллипсоида (рисунок 5), м;

$k_{Я}$ – коэффициент поглощения озона яйцами ($k = 0,0001$);

N – количество яиц, шт.

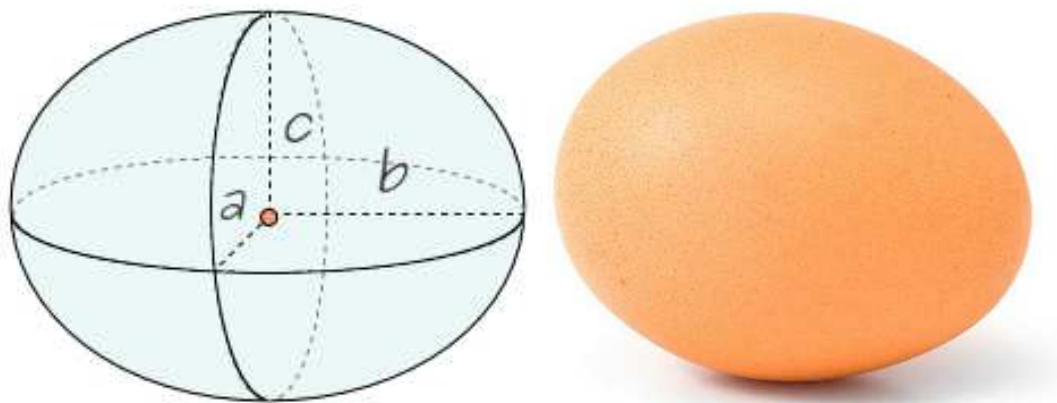


Рисунок 5 – Представление яйца, как эллипсоида с тремя полуосями.

В формуле (24) необходимо учесть, что при различных координатах x , количество яиц в зоне электроозонирования будет разным.

В случае, когда электроозонатор установлен сверху, при высоте потолка в 3 м, расстояние между электроозонатором и контейнером составляет 1,34 м (0,3 м – высота корпуса электроозонатора, высота контейнера составляет 1,36 м).

Поэтому количество обрабатываемых озоном яиц будет находиться по формуле:

$$N = \frac{x - x_{O3-K}}{N_{ЯР}} \cdot N_K \cdot N_{Я}, \quad (25)$$

где, x_{O3-K} – расстояние от электроозонатора до контейнера, м;

$N_{ЯР}$ – количество ярусов (для контейнера КТПЯ-05.00.00.00-01 $N_{ЯР} = 3$ шт.), шт.;

N_K – количество контейнеров, шт.;

$N_{Я}$ – количество яиц в одном ярусе (для контейнера КТПЯ-05.00.00.00-01 $N_{Я} = 1080$ шт.), шт.

Подставляя (25) в (24) получим:

$$m_{O_3Я} = \rho \left(4\pi \left(\frac{(a \cdot b)^{1,6075} + (b \cdot c)^{1,6075} + (a \cdot c)^{1,6075}}{3} \right)^{\frac{1}{1,6075}} \cdot \left(\frac{5}{6} \cdot \frac{x - x_{O_3-K}}{N_{ЯР}} \cdot N_K \cdot N_{Я} \cdot k_{Я} \right) \right), \quad (26)$$

Если электроозонатор расположен на одной из стен яйцесклада, то формула (25) будет иметь вид:

$$N = \frac{x - x_{O_3-K}}{N_K} \cdot N_{ЯР} \cdot N_{Я}, \quad (27)$$

Подставляя (27) в (24) получим:

$$m_{O_3Я} = \rho \left(4\pi \left(\frac{(a \cdot b)^{1,6075} + (b \cdot c)^{1,6075} + (a \cdot c)^{1,6075}}{3} \right)^{\frac{1}{1,6075}} \cdot \left(\frac{5}{6} \cdot \frac{x - x_{O_3-K}}{N_K} \cdot N_{ЯР} \cdot N_{Я} \cdot k_{Я} \right) \right), \quad (28)$$

Помещение яйцесклада имеет форму параллелепипеда, то есть площадь поверхности стен яйцесклада найдём по формуле:

$$S_{СТ} = 2((a_1 \cdot c_1) + (b_1 \cdot c_1) + (a_1 \cdot b_1)), \quad (29)$$

где, a_1, b_1, c_1 – стороны параллелепипеда (длина, ширина и высота помещения соответственно), м.

Масса озона, поглощенная стенами яйцесклада будет равна:

$$m_{O_3СТ} = \rho [2k_{СТ} ((a_1 \cdot c_1) + (b_1 \cdot c_1) + (a_1 \cdot b_1))], \quad (30)$$

где, $k_{СТ}$ – коэффициент поглощения озона стенами ($k_{СТ} = 0,042$).

Таким образом, остаточная масса озона $m_{O_3.ОСТ}$ с учетом поглощения части озона яйцами $m_{O_3Я}$ и стенами $m_{O_3СТ}$ равна:

$$m_{O_3.ОСТ} = m_{O_3} - m_{O_3Я} - m_{O_3СТ}, \quad (31)$$

Тогда концентрация озона по координате x с учётом поглощения части озона яйцами $m_{O_3Я}$ и стенами $m_{O_3СТ}$ определяется зависимостью:

$$C_{O_3X} = V \sqrt{\frac{q}{4\pi Dt}} \cdot e^{\frac{-x^2}{Dt}} - \frac{m_{O_3Я} + m_{O_3СТ}}{V}, \quad (32)$$

Остаточная концентрация озона за время t определяется функцией:

$$C_{O_3} = \frac{100 \cdot q}{\left(L_6 + \frac{DS_{ПП}}{L_{ПП}} \right)} + ae^{-\left(\frac{L_{ВЕНТ}}{V} + \frac{DS_{ПП}}{VL_{ПП}} \right) t} - \frac{m_{O_3Я} + m_{O_3СТ}}{V}, \quad (33)$$

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

$$\begin{cases} C_{O_3X} = V \sqrt{\frac{q}{4\pi Dt}} \cdot e^{-\frac{x^2}{Dt}} - \frac{m_{O_3Я} + m_{O_3СТ}}{V} \\ C_{O_3} = \frac{100 \cdot q}{\left(L_6 + \frac{DS_{ПП}}{L_{ПП}} \right)} + ae^{-\left(\frac{L_{ВЕНТ}}{V} + \frac{DS_{ПП}}{VL_{ПП}} \right) t} - \frac{m_{O_3Я} + m_{O_3СТ}}{V}, \end{cases} \quad (34)$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработана математическая модель электротехнологического процесса озонирования яйцескладов птицефабрик, учитывающая разложение озона на поверхности яиц и стен яйцесклада, а также обосновывающая требуемое управляющее воздействие при различных исходных данных, таких как: требуемая концентрация озона в яйцескладе, количество яиц, геометрические размеры яйцесклада, подача вентилятора, параметры конструкции разрядного устройства, расположение электроозонатора в помещении яйцесклада.

Список литературы

1. Лунин В.В. Физическая химия озона. / В.В. Лунин, М.П. Попович, С.Н. Ткаченко // - М: Изд-во МГУ, 1998. - 480 с.
2. Лытнев А.С. Результаты экспериментальных исследований модернизированной конструкции разрядного устройства пластинчатого типа / А.С. Лытнев, А.П. Волошин // Материалы VI международной научно-практической конференции «Актуальные

проблемы энергетики АПК»: / Под общ. ред. Трушкина В.А. – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2015. – 327 с. С. 30-33.

3. Нормов Д.А. Математическое моделирование физических процессов в электроозонаторах барьерного типа / Д.А. Нормов // КубГАУ.: «Труды Кубанского государственного аграрного университета» №3(12), 2008. - С 231-235.

4. Овсянников Д.А. Математическая модель нагрева разрядного устройства электроозонатора / Овсянников Д.А., Николаенко С.А. – Материалы пятой Всероссийской конференции «Энерго- и ресурсосберегающие технологии и установки». – Краснодар, 2007. – 4 с.

5. Оськин С.В. Электротехнологии в сельском хозяйстве: учебник для студентов вузов / С.В. Оськин. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – 501с.

6. 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.

7. 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.

8. Сторчевой В.Ф. Математическое моделирование стационарных процессов ионизатора-озонатора. Природообустройство №2. - М.: РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. 2012. С. 78-82.

References

1. Lunin V.V. Fizicheskaja himija ozona. / V.V. Lunin, M.P. Popovich, S.N. Tkachenko // - М: Izd-vo MGU, 1998. - 480 s.

2. Lytnev A.S. Rezul'taty jeksperimental'nyh issledovanij modernizirovannoj konstrukcii razrjadnogo ustrojstva plastinchatogo tipa / A.S. Lytnev, A.P. Voloshin // Materialy VI mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Aktual'nye problemy jenergetiki АПК»: / Pod obshh. red. Trushkina V.A. – Saratov: ООО «CeSAin», 2015. – 327 s. S. 30-33.

3. Normov D.A. Matematiceskoe modelirovanie fizicheskikh processov v jelektroozonatorah bar'ernogo tipa / D.A. Normov // KubGAU.: «Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta» №3(12), 2008. - S 231-235.

4. Ovsjannikov D.A. Matematiceskaja model' nagreva razrjadnogo ustrojstva jelektroozonatora / Ovsjannikov D.A., Nikolaenko S.A. – Materialy pjatoj Vserossijskoj konferencii «Jenergo- i resursosberegajushhie tehnologii i ustanovki». – Krasnodar, 2007. – 4 s.

5. Os'kin S.V. Jelektrotehnologii v sel'skom hozjajstve: uchebnik dlja studentov vuzov / S.V. Os'kin. – Krasnodar: KubGAU, 2016. – 501s.

6. Pat. RF № 2417159, МПК S2 S01V13/11 (2006.01) Jelektroozonator / D.A. Ovsjannikov, S.A. Nikolaenko, S.S. Zubovich, A.P. Voloshin, D.S. Cokur; zajavitel' i

patentobladatel' KGAU. – № 2009126863 zajavl. 13.07.2009; opubl. 27.04.2011. Bjul. № 2. – 5 s.

7. Pat. RF № 2429192, MPK S2 S01V13/11 (2006.01) Jelektroozonator / D.A. Ovsjannikov, S.A. Nikolaenko, S.S. Zubovich, A.P. Voloshin, D.S. Cokur; zajavitel' i patentobladatel' KGAU. – № 20091330067 zajavl. 2.09.2009; opubl. 20.09.2011. Bjul. № 26. – 6 s.

8. Storchevoj V.F. Matematicheskoe modelirovanie stacionarnyh processov ionizatora-ozonatora. Prirodoobustrojstvo №2. - M.: RGAU-MSHA im. K.A. Timirjazeva. 2012. S. 78-82.