

УДК 63:535.21

КОРОННО-РОЗРЯДНИЙ ЕЛЕКТРООЗОНАТОР ДЛЯ БЕЗПЕРЕРВНОЇ ДЕЗІНФЕКЦІЇ ЯЄЦЬ В ІНКУБАТОРІ

О.М. Бархатов, кандидат технічних наук

І.М. Ковальчук, О.О. Румянцев, старші викладачі

Ю.В. Сливка, А.О. Попов, студенти

*Харківський національний технічний університет сільського господарства
ім. Петра Василенка*

Запропоновані рекомендації щодо інженерних розрахунків параметрів та конструюванню електроозонаторів для системи озонування повітряного середовища інкубатора.

Електроозонатор, коронно-розрядний озонатор, електрофільтра-ція, електрофізичні методи дезінфекції.

Птахівництво – динамічна галузь сільського господарства України, що розвивається. В промисловому птахівництві в умовах високої концентрації поголів'я птиці, інтенсивних методів її утримання появились фактори, що приводять до накопичення мікроорганізмів, змін складу мікрофлори (біоценозу), а в кінцевому випадку підвищення ролі умовно-патогенної мікрофлори в патології птиці.

Проблеми захисту господарств від заносу та поширення інфекційних захворювань набувають не аби яку актуальність. За літературними даними, збитки, що спричиняються птахівництву інфекційними захворюваннями, доходять до 15–25 % собівартості продукції птахівництва.

Велике значення в процесі інкубації мають ветеринарні заходи, так як поширення інфекцій через інкубаторій у наш час прийняло досить широкий розмах. Температурно-вологий режим в інкубаторі є сприятливим для розмноження мікроорганізмів. Мікроорганізми здатні проникати під шкарлупу та визивати загибель ембріонів і зараження молодняку. Від одного зараженого яйця може перезаразитися вся партія курчат у процесі інкубації.

Передінкубаційна та періодична дезінфекція яєць у процесі інкубації не виключає можливість мікробного зараження яєць, лотків, поверхонь інкубатора мікроорганізмами, що поступають з приточним повітрям. Тому виникає необхідність у безперервному знезараженні яєць в інкубаційній шафі в процесі інкубації.

Нормальний розвиток ембріонів птиці можливе тільки при конкретних зовнішніх умовах. Інтенсивний ембріональний розвиток птиці забезпечує не тільки хорошу виводимість, але і покращує постембріональний розвиток курчат, а доросла птиця набуває більш високу продуктивність.

Таким чином, питання безперервної дезінфекції яєць доцільно розглядати сумісно з питанням створення оптимального озоново-повітряного середовища в інкубаторі, що стимулює ембріональний розвиток птиці.

За останні роки розробляються різноманітні електрофізичні методи дезінфекції повітряного середовища, яєць та стимуляції ембріонального розвитку птиці. До них можна віднести ультрафіолетове опромінення, аероіонізацію, озонування і електрофільтрацію повітря.

Одним із перспективних електрофізичних методів є озонування повітряного середовища.

Озон має сильну дезінфікуючу властивість, екологічно сумісний із процесами, що легко й швидко нейтралізується.

Аналіз робіт з дослідження утворення озону в коронному розряді, наявних у літературі, з урахуванням механізму утворення озону показав, що напруженість електричного поля та розподіл електронів у внутрішній зоні є визначальними параметрами процесу утворення озону в коронному розряді.

Основним параметром, що визначає концентрацію озону в інкубаційній шафі, є продуктивність електроозонатора по озону, яка залежить від конструктивних і режимних параметрів електроозонатора.

Мета досліджень – визначити підходи щодо вдосконалювання технології інкубації яєць у промисловому птахівництві шляхом безперервного знезаражування яєць в озонно-повітряному середовищі в процесі інкубації.

Матеріали та методика досліджень. Використовуючи основні теоретичні положення очищення повітря з використанням озону, проведений аналіз процесів озонування повітряного середовища в полі коронного розряду.

Розглянуті критерії порівняльної оцінки електроозонаторів та процесів озонування повітряного середовища в інкубаційній шафі, обладнаної коронно-розрядним електроозонатором-електрофільтром.

Результати досліджень. Для порівняльної оцінки електроозонаторів розроблені критерії, що дозволяють обґрунтовано підходити до вибору електроозонаторів для різних технологічних процесів:

1. *Технологічний критерій* (критерій продуктивності електроозонатора по озону), що дозволяє оцінити можливості електроозонатора, забезпечити необхідну концентрацію озону в повітряному середовищі заданого обсягу

$$K_{\text{поз}} = (C_2 - C_1)Q, \quad (1)$$

де C_1, C_2 – концентрація озону на вході і виході пристрою відповідно, мг/м³; Q – об'ємна витрата повітря в апараті, м³/с.

2. *Критерій ефективності конструкції пристрою.* Даний критерій оцінює габарити електроозонатора, тобто наскільки ефективно використовується робочий обсяг електроозонатора та визначається як

$$K_{\text{ек}} = \frac{K_{\text{поз}}}{V_A} = \frac{(C_2 - C_1)Q}{V_A} = \frac{(C_2 - C_1)S_A \cdot u}{S_A \cdot l_A} = \frac{(C_2 - C_1)u}{l_A}, \quad (2)$$

де V_A – робочий об'єм пристрою, м³;

S_A – площа робочого входного перетину пристрою, м²;

l_A – довжина активної частини пристрою, м;

u – швидкість повітряного потоку в робочій частині пристрою, м/с.

3. Критерій енергетичної ефективності.

Даний критерій дозволяє порівнювати пристрої за питомими енерговитратами на виробництво озону в одиницю часу та визначається як

$$K_{ee} = \frac{P_n}{K_{\text{ПОЗ}}}, \quad (3)$$

де P_n – потужність електроозонатора, Вт.

Розглянута робота системи «інкубаційна шафа – електроозонатор» з точки зору процесів утворення озоново-повітряної суміші на основі керування матеріального балансу озону в інкубаційній шафі:

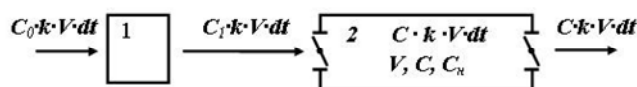


Рис. 1. Структурна схема озонування повітря в інкубаційній шафі:

1 – озонатор; 2 – інкубаційна шафа; k – кратність повітрообміну; V – об'єм інкубаційної камери; C – поточна концентрація озону в повітряному середовищі інкубатора; C_0 – концентрація озону в повітрі зовнішнього середовища; C_1 – концентрація озону на виході електроозонатора; C_n – початкова концентрація озону в повітрі інкубаційної шафи

На основі структурної схеми, рівняння матеріального балансу озону в камері інкубатора для інтервалу часу $t, t + dt$ буде мати такий вигляд

$$dm = dm_1 + dm_2 - dm_3 - dm_4, \quad (4)$$

де dm – зміна кількості озону в шафі;

dm_1 – кількість озону, що надходить до шафи з приточним повітрям;

dm_2 – кількість озону, що генерується до шафи електроозонатором;

dm_3 – кількість озону, що видаляється з камери з витяжним повітрям;

dm_4 – кількість озону, що витрачається в інкубаційній шафі.

Розв'язок рівняння (4) розглянемо при наступних допущеннях: озон, що надходить до шафи, миттєво переміщується в повітряному середовищі шафи і його концентрація однакова по всьому обсягу інкубаційної шафи.

Тоді можна записати наступну систему рівнянь:

$$\begin{cases} dm = vdC; \\ dm_1 = C_1 \cdot k \cdot v \cdot dt \\ dm_3 = C \cdot k \cdot v \cdot dt \\ dm_4 = K \cdot C \cdot v \cdot dt \end{cases} \quad (5)$$

де K – коефіцієнт, що враховує витрату озону в шафі та залежить від температури й вологості повітря в шафі, стану її внутрішньої поверхні й кількості яєць.

Для dm_2 можна записати:

$$dm_2 = C_1 \cdot k \cdot v \cdot dt. \quad (6)$$

Вираження (6) справедливо при допущенні, що продуктивність озонатора по озону постійна в часі, при незмінних режимних і конструктивних параметрах електроозонатора.

Підставимо (5) і (6) в (4) одержимо вихідне диференціальне рівняння виду

$$v \cdot dC = C_0 \cdot k \cdot v \cdot dt + C_1 \cdot k \cdot v \cdot dt - C \cdot k \cdot v \cdot dt - C \cdot K \cdot v \cdot dt. \quad (7)$$

Вирішення рівняння (7) при початкових умовах $t=0$, $C=C_n$, дає аналітичний вираз зміни концентрації озону в повітряному середовищі інкубаційної шафи в часі

$$C = \frac{(C_0 + C_1)k[1 - e^{-(k+K)t}] + C_i \cdot e^{-(k+K)t}}{(k + K)}. \quad (8)$$

Ураховуючи, що в реальних умовах у повітряному середовищі інкубаційної шафи концентрація озону практично дорівнює нулю, отже, у момент початку роботи електроозонатора буде дорівнює нулю і початкова концентрація озону. Тоді при $C_0=0$, $C_n=0$ вираз (8) матиме наступний вид:

$$C = \frac{C_1[1 - e^{-(k+K)t}]}{(k + K)}. \quad (9)$$

Аналіз рівняння (9) показує, що значення концентрації озону в повітрі камери, що встановилося, при $t \rightarrow \infty$ рівно

$$C_{уст} = \frac{C_1 k}{(k + K)}. \quad (10)$$

У загальному випадку кількість озону, що генерується коронно-розрядним електроозонатором, за інших рівних умов, прямо пропорційно струму, тому можна записати

$$C_1 \cdot Q = kI, \quad (11)$$

де k_I – коефіцієнт пропорційності; I – струм коронного розряду;

Q – об'ємна витрата повітря.

Ураховуючи, що $Q = k v$, (11) можна записати як

$$C_1 k v = k_1 I. \quad (12)$$

Підставивши вираз (12) в (10) та вирішивши рівняння відносно I , одержимо аналітичне вираження для визначення величини струму корони електроозонатора, який забезпечує необхідний рівень концентрації озону в повітряному середовищі інкубаційної шафи

$$I = \frac{C_{uu} v (k + K)}{k_1}, \quad (13)$$

де C_{uu} – рекомендована концентрація озону в шафі.

Аналіз рівняння (13), показує, що концентрація озону у середині шафи, при умові стабільної продуктивності електроозонатора, залежить від кратності циркуляції повітря k та коефіцієнта витрати озону в шафі K .

Таким чином, при відомій концентрації озону, що рекомендується технологіями для інкубаційних шаф, розраховуються основні параметри коронно-розрядного електроозонатора: міжелектродна відстань h ; відстань між коронуючими електродами d ; кількість каналів озонатора N ; активна довжина озонатора L_{oz} ; загальна довжина коронуючих електродів L_e :

$$L_e = Q(L_{oz} - d) / (2vdh), \quad (14)$$

де v – швидкість повітряного потоку в робочій зоні електроозонатора.

Для проведення комплексних випробувань пристрою в лабораторних умовах використовувався експериментальний стенд, в основу якого був покладений дослідний зразок «коронно-розрядного озонатора-електро-фільтра» з вентилятором. Схема експериментального стенду з набором вимірювальних приладів, що використовувались представлено на рис. 2.

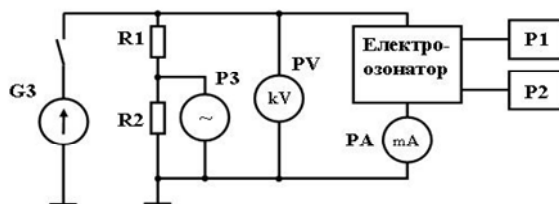


Рис. 2. Схема експериментального стенду з набором вимірювальних приладів:
 G3 – ПВС-60/10; PV – кіловольтметр С196; PA – міліамперметр М830Е; P1 – аналізатор озону 3.02-П; P2 – лічильник аерозолів ПКГТА 0,3-00:2; P3 – осцилограф С1-68; R1, R2 – дільник напруги

На основі отриманих експериментальних даних та аналізу літературних джерел щодо конструювання електропристроїв сільськогосподарського призначення було визначено раціональне значення h і d коронно-розрядної системи електроозонатора:

- міжелектродна відстань $h = 25$ мм;
- відстань між коронуючими електродами $d = 50$ мм.

Таким чином, рекомендоване співвідношення між h і d буде перебувати в межах:

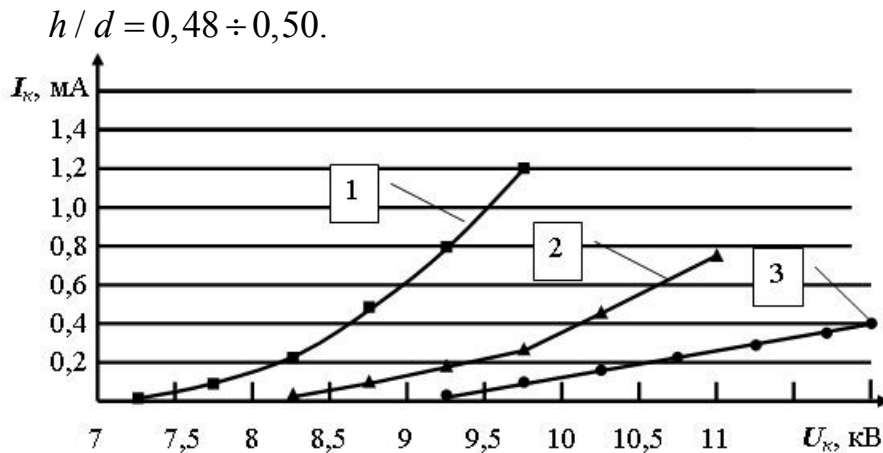


Рис. 3. ВАХ дослідного зразка пристрою:

U_k – напруга корони; I_k – струм корони; 1 – коронно-розрядний озонатор-електрофільтр; 2 – при використанні голчастих електродів; 3 – при використанні дротяних електродів

Озоново-струмова характеристика коронно-розрядного озонатора є однією з основних для даного типу пристроїв. Наявність даної характеристики дозволяє визначити необхідний режим роботи електроозонатора залежно від технологічного процесу в якому передбачається його використання.

Висновки

1. З метою підвищення виводимості й профілактики хвороб птахів необхідно проводити в інкубаційних шафах безперервну дезобробку яєць і повітря в процесі інкубації. Практичний інтерес представляє розробка та дослідження системи електроозонування повітряного середовища, на основі коронного розряду, що забезпечує необхідну концентрацію озону в повітрі інкубатора.

2. Розроблені критерії порівняльної оцінки озонаторів, що дозволяють робити обґрунтований вибір озонаторів для різних технологічних процесів АПК.

3. Отримана аналітична залежність зміни концентрації озону в повітряному середовищі інкубаційної шафи, яка обладнана системою озонування повітря, у часі.

4. Розроблена інженерна методика розрахунків основних конструктивних параметрів коронно-розрядного електроозонатора.

Список літератури

1. Ковальчук І. М. Дегазація і дезінфекція приміщень з допомогою озона / І. М. Ковальчук, В. Д. Зінченко, В. І. Голота // Труды семинара «Інноваційні технології і технічні рішення для боротьби з тероризмом» (Україна, Харків, 4-5 липня 2002 року). – С. 84 - 85.
2. Ковальчук І. М. Деклараційний патент на винахід «Пристрій для санітарно-гігієнічної обробки повітря» / І. М. Ковальчук, В. Д. Зінченко, В. І. Голота // Бюлетень. – 2004. – №6. – Київ, Україна.
3. Ковальчук І. М. Плазмохімічні технології в очищенні повітря / І. М. Ковальчук, В. Д. Зінченко, О. Н. Уварова // Матеріали ІІІ Міжнародної науково-практичної конференції «Динаміка наукових досліджень», 21-30 червня 2004. – Т. 33. – Екологія – Дніпропетровськ: Наука і освіта, 2004. – С. 30 - 32.
4. Еськова С. М. Исследование воздушной среды цеха инкубации / С. М. Еськова, С. Д. Матвеев, Д. В. Астафьев //Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции «Перспективы развития агропромышленного комплекса России». – Москва: МГАУ, 2008. – С. 102 - 105.
5. Астафьев Д. В. Применение озона в технологии хранения инкубационных яиц / Д. В. Астафьев, С. Д. Матвеев. Сборник материалов Международной научно-практической конференции «Проблемы инновационного и конкурентоспособного развития агроинженерной науки на современном этапе». – Алма-ата, 2008. – С. 160 - 162.

Предложены рекомендации по инженерных расчетах параметров и конструированию электроозонаторов для системы озонирования воздушной среды инкубатора.

Електроозонатор, коронно-розрядний озонатор, електрофільтрація, електрофізическі методи дезінфекції.

The recommendations for engineering calculations and design parameters for the system elektroozonatoriv ozonation air sulfur-ment incubator.

Elektroozonator, corona ozone-bit, elektrofiltratsiya, electrical methods of disinfection.