

ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ТА РАЦІОНАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В АПК

УДК 621.316

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО МІСЦЯ РОЗМІЩЕННЯ ДЖЕРЕЛА ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Міленін Д. М.

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

Обґрунтування доцільного місця розташування джерела лазерного випромінювання для суцільного опромінювання шкаралупи при предінкубаційній обробці поверхні яйця.

Постановка проблеми. Птахівництво сьогодні не можливо уявити без сучасних технологій. Одна з таких технологій пропонує під час закладки яєць до інкубатору проводити лазерне опромінювання [1]. В процесі обробки важливе розташування лазерного джерела, для забезпечення повного опромінювання поверхні [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомо, що ефективність виробництва продукту птахівництва особливо м'ясного напрямку, в значній мірі залежить від якості добового молодняка, який отримують птахофабрики з інкубатора [1].

Інкубація яєць один з важливих етапів виробництва здорового та рентабельного молодняка птиці. Процес інкубації неможливо уявити без ефективного знезараження поверхні шкаралупи яйця перед закладенням в шафу інкубатора. Тому удосконалення процесу знезараження інкубаційних яєць є актуальною [2].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Сучасна птахофарбрика представляє собою комплекс виробництв зібраних на невеликій території, які об'єднують собі батьківське стадо, інкубаторії, промислове стадо, кормоцех, сховище готової продукції та інше. Сукупність птиці на невеликій території сприяє збільшенню кількості мікроорганізмів, причому, в більшості вони є патогенними. Найнебезпечнішим місцем на птахофабриках є інкубаторії, так, при потраплянні в шафу інкубатора починається їх активне розмноження. При проникненні крізь шкаралупу яйця вони будуть джерелом зараження ембріону, що значно знижує виводимість, збільшує кількість завмерших у перші дні життя курчат [3, 4].

Важливу роль в процесі вирощування здорового молодняка має санітарно гігієнічні заходи та застосування екологічно безпечних технологій для підвищення ефективності дезинфікуючих засобів [5].

Останнім часом отримали розвиток лазерні технології в медицині [6] та в сільському господарстві [7].

Проведені раніше власні дослідження показали високу ефективність застосування когерентного (лазерного) оптичного випромінювання. Для активізації мікрофлори яка знаходиться в анабіозі, а потім їх знезараження хімічними розчинами [8]. Технічна реалізація вказаного процесу відбувається завдяки пересування яєць на стрічці транспортера, а обертання

яєць здійснювалось в місці розміщення джерел, лазерного випромінювання. Однак, для гарантованої активізації мікрофлори необхідно визначити місце розташування джерела випромінювання і тривалості обертання яйця.

Мета статті. Забезпечити опромінювання поверхні шкаралупи доцільним розташування джерела лазерного випромінювання та інкубаційного яйця.

Основні матеріали дослідження. Особливістю роботи лазерних установок є те, що вони забезпечені насадками, в яких регулювання кута поширення пучка випромінюваних променів не передбачена. Це слід враховувати в процесі опромінювання, так як наближення джерела до об'єкта може привести до суттєвого звуження площі опромінювання.

З різних точок простору в загальному випадку еліпсоїд спостерігається під різними кутами. Але можна стверджувати, що навколо еліпсоїда існує деяка поверхню, де ці кути приймають задане однакове значення. У вертикальній площині симетрії xOz безліч точок, з яких еліпсоїд проглядається під одним і тим же кутом, утворює лінію (згадана поверхню може бути отримана обертанням цієї лінії).

Заради виключення ускладнень в тексті домовимося далі замість повного вираження – "лінія огляду еліпсоїда під рівними кутами" писати просто "лінія огляду".

Розрахункова схема побудови лінії огляду показана на рис. 1. Нехай $M(X, Z)$ – довільна точка лінії огляду з поточними координатами X, Z . За умовою кут ψ при русі точки M вздовж лінії огляду залишається постійним, а промені MK_1 і MK_2 є дотичними до контуру еліпсоїда (в точках K_1 і K_2). Вони залежать тепер від поточних координат точки M :

$$z_{1,2}(X, Z) = [c^3 X^2 - cb^2(c - Z)Z \pm \sqrt{[c^3 X^2 - cb^2(c - Z)Z]^2 - [b^2(c - Z)^2 + c^2 X^2](bcZ)^2}] / \sqrt{[b^2(c - Z)^2 + c^2 X^2]}. \quad (1)$$

Знак "плюс" в цьому виразі має координату z_2 , а знак "мінус" - z_1

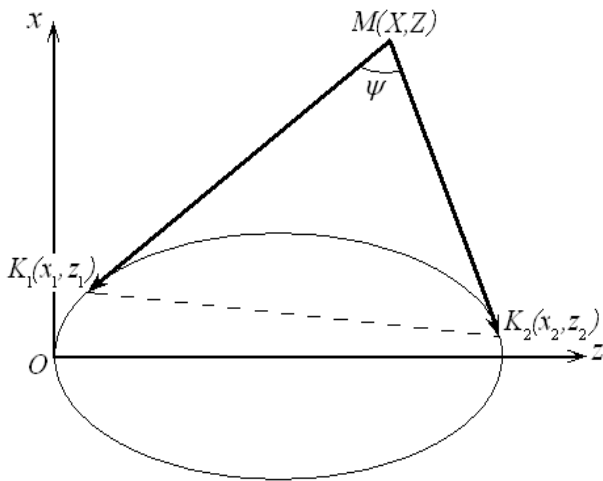


Рисунок 1 – Розрахункова схема лінії огляду еліпсоїда під рівними кутами.

Знаючи координати $z_{1,2}(X, Z)$, інші координати $x_{1,2}(X, Z)$ точок K_1 і K_2 можна знайти з рівняння еліпса (2.2):

$$x_{1,2}(X, Z) = \pm \frac{b}{c} \sqrt{c^2 - (z_{1,2}(X, Z) - c)^2}. \quad (2)$$

Простежимо, в яких випадках координати $x_{1,2}(X, Z)$ відповідно до рівняння (2) повинні приймати різні знаки. Практичну цікавість викликає ситуація, коли точка M знаходиться над еліпсоїдом ($x > 0$) (рис. 1). Зі схеми випливає, що точка дотику K_1 буде перебувати у верхній півплощині ($x_1 > 0$) прийнятої системи координат, коли точка M буде знаходитися в правій півплощині ($Z > 0$). Ця ж точка K_1 буде знаходитися в нижній півплощині ($x_1 < 0$), коли точка M буде знаходитися в лівій півплощині ($Z < 0$).

Аналогічно, знак координати залежить від того, де знаходиться точка по відношенню до вертикалі $x = 2c$: якщо зліва ($Z < 2c$), то "плюс", а якщо справа ($Z > 2c$), то "мінус" (c - велика піввісь еліпса). У зв'язку з цим для шуканих

$$x_1(X, Z) = \frac{b}{c} \sqrt{c^2 - (z_{1,2}(X, Z) - c)^2} \text{ sign } Z; \quad (3)$$

$$x_2(X, Z) = \frac{b}{c} \sqrt{c^2 - (z_{1,2}(X, Z) - c)^2} \text{ sign}(2c - Z). \quad (4)$$

Вважаючи координати точок K_1 , K_2 і M відомими, запишемо вектори $\overline{MK_1}$ та $\overline{MK_2}$ за координатами його початку і кінця:

$$\begin{aligned} \overline{MK_1} &= (x_1(X, Z) - X, z_1(X, Z) - Z) \\ \overline{MK_2} &= (x_2(X, Z) - X, z_2(X, Z) - Z) \end{aligned} \quad (5)$$

Косинус кута між цими векторами дорівнює [1]:

$$\begin{aligned} \cos \psi &= [(x_1(X, Z) - X)(x_2(X, Z) - X) + \\ &+ (z_1(X, Z) - Z)(z_2(X, Z) - Z)] / \\ & / \left[\sqrt{(x_1(X, Z) - X)^2 + (z_1(X, Z) - Z)^2} \times \right. \\ & \left. \times \sqrt{(x_2(X, Z) - X)^2 + (z_2(X, Z) - Z)^2} \right]. \quad (6) \end{aligned}$$

Перепишемо це рівність у вигляді:

$$\begin{aligned} F(X, Z) &= [(x_1(X, Z) - X)[(x_2(X, Z) - X) + (z_1(X, Z) - Z) \\ &(z_2(X, Z) - Z)] / \left[\sqrt{(x_1(X, Z) - X)^2 + (z_1(X, Z) - Z)^2} \right. \\ & \left. \sqrt{(x_2(X, Z) - X)^2 + (z_2(X, Z) - Z)^2} \right] - \cos \psi \quad (7) \end{aligned}$$

вираз $F(X, Z) = 0$ пов'язує між собою поточні координати X, Z точки M і кут ψ , поэтому его можно считать неявным уравнением линии обзора при значении угла обзора, равном ψ . Рішення цього рівняння може бути отримано чисельно знаходженням однієї координати по заданій іншій. У середовищі "Mathcad" для цього є вбудована функція "root($f(x), x$)", де $f(x)$ і x - відповідно вираз, що прирівнюються до нуля і шукане невідоме. Результати розрахунку, проведені за допомогою зазначеної функції, представлені графіком на рис. 2. Лінія огляду 2 на малюнку побудована для еліпсоїда 1. Як бачимо при куті огляду $\psi = 22^\circ$ і заданих розмірах піввісь еліпсоїда $c = 29 \text{ мм}$, $b = 23 \text{ мм}$ лінія огляду піднята над віссю його симетрії приблизно на 152 мм.

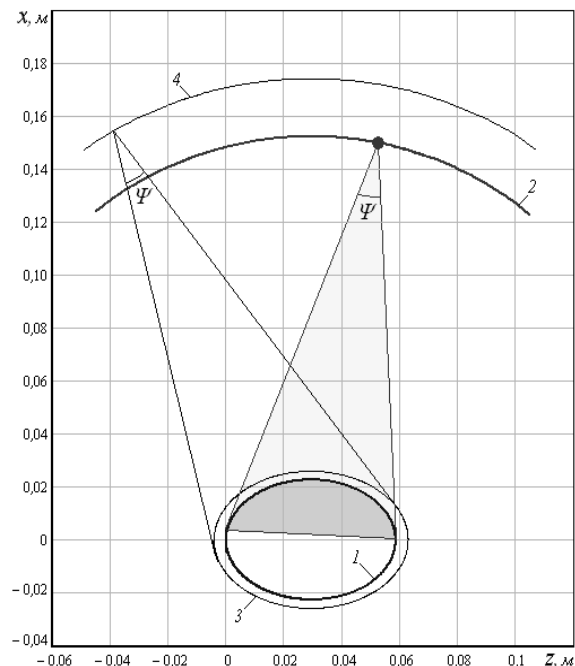


Рисунок 2 – Побудова лінії розміщення джерела випромінювання при:
 $c = 0,029 \text{ м}$; $\varepsilon = 0,634$; $S_c = 0,0014 \text{ м}$; $\psi = 22^\circ$.

Рациональне розміщення джерела випромінювання пов'язане з лінією огляду еліпсоїда. Якщо, наприклад, опустити джерело (при постійному куті ψ) нижче лінії огляду, то область, яка опромінюється звузиться. Якщо ж підняти джерело вище цієї лінії, то область, яка опромінюється, не зменшиться, але частина променів пройде повз еліпсоїда. У цьому випадку джерело буде використано неефективно - з втратами енергії. Отже, найбільш раціональним є розміщення джерела безпосередньо на лінії огляду. Однак слід мати на увазі, що ми розглядаємо деякий "середній" еліпсоїд, розміри якого отримані в результаті статистичної обробки багатьох вимірів. В силу симетрії нормального розподілу щодо математичного очікування приблизно половина еліпсоїдів-яєць виявиться менш великої, ніж розглянутий і буде оброблена без втрат площі опромінювання. Друга ж половина виявиться більшою і буде опромінена на площі меншій, ніж технологічно доступна. З точки зору кінцевого ефекту обробки таке явище небажане, тому в технологічний процес необхідно внести зміни через корекцію положення джерела випромінювання. Скористаємося для цього правилом "трьох сигм" і побудуємо лінію огляду для еліпсоїда, що має розміри:

$$C = c + 3S_c, \quad B = C\sqrt{1 - \varepsilon^2}, \quad (8)$$

де S_c – виправлене вибіркоче значення середньоквадратичного відхилення великої піввісі.

На рис. 2 такий еліпсоїд і його лінія огляду показані, відповідно, показчиками 3 і 4. За правилом "трьох сигм" практично все розмаїття яєць за габаритами (з ймовірністю 0,9973) буде охоплено прийнятими розмірами (0.66). Отже, якщо помістити джерело на лінії 4, то майже вся маса яєць буде оброблена без втрат площі опромінювання. Відзначимо ще, якщо джерело розміщувати ліворуч лівого або праворуч від правого торців еліпсоїда, то у протилежного торця збільшиться область, яка при обертанні не проходить через пляму опромінювання. З огляду на це для розміщення джерела можна рекомендувати частину лінії 4, що лежить безпосередньо над еліпсоїдом в межах великої вісі ($0 < z < 2c$).

Необхідно врахувати, що розміри яєць, як випадкові величини нормального розподілу, групуються навколо їх математичного очікування. Тому більшість яєць мають розміри, близькі до середніх і моделюються еліпсоїдом з розмірами b, c (позиція 1 на рис. 2). Тому технологічні розрахунки (دوزи опромінювання, частоти обертання і ін.) необхідно проводити саме для цього еліпсоїда. Для нього лінія 4 не є лінією огляду. На підставі викладеного вона може трактуватися як "лінія раціонального розміщення джерела випромінювання".

На рис. 3 показано зміна коефіцієнта $\mu = S_{ob}/S$ при русі джерела уздовж лінії раціонального розміщення (S_{ob}, S – опромінювана і повна площа еліпсоїда).

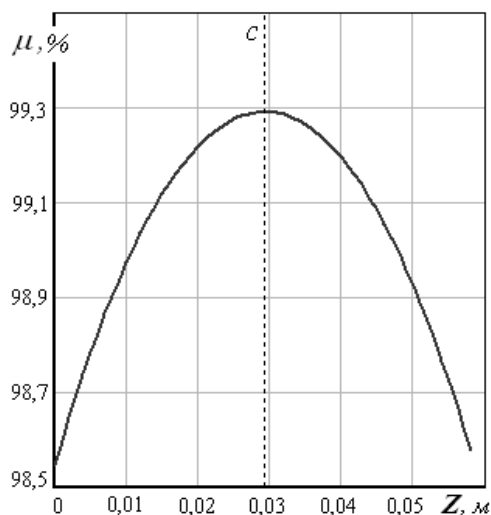


Рисунок 3 – Зміна показника μ при русі джерела вздовж лінії 4 (рис. 2)

Як бачимо, максимальна площа опромінювання відповідає значенню координати розміщення джерела по вісі еліпсоїда, рівному $Z = c$. Проведені обчислення показують, що середня доза опромінювання при цьому русі змінюється незначно - в межах 1,5%. Однак, необхідна абсолютна величина цієї дози може бути отримана за рахунок регулювання частоти обертання еліпсоїда, а показник μ при зазначеному русі залежить тільки від координати Z . Отже, незважаючи на пологість максимуму показника μ , становище джерела випромінювання, відповідне цьому максимуму, найбільш прийнятний. Таким чином, оптимальним слід вважати положення джерела випромінювання над центральною частиною еліпсоїда. Приклад розрахунку технологічних параметрів процесу опромінювання при $Z = c$.

При фіксованому значенні координати (на рівні центру симетрії еліпсоїда) для визначення іншої оптимальної координати – X замість чисельного рішення рівняння (7) можна запропонувати більш простий прийом. Нехай на схемі, показаній на рис. 4, точка M лежить на лінії огляду еліпсоїда. Знайдемо спочатку вертикальну координату x_0 цієї точки.

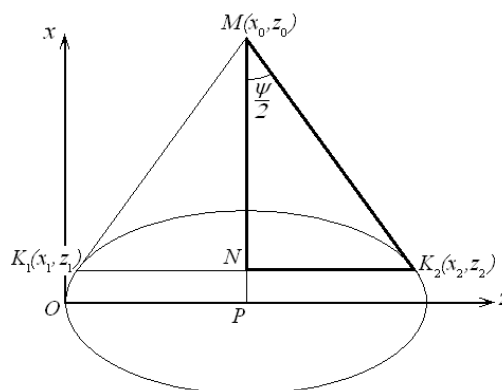


Рисунок 4 – Розрахункова схема визначення оптимального піднесення джерела над віссю симетрії еліпсоїда

$$z_2 = c + c \sqrt{1 - \left(\frac{b}{x_0}\right)^2}. \quad (9)$$

Тоді катет K_2N трикутника K_2MN буде дорівнює:

$$K_2N = z_2 - c = c \sqrt{1 - \left(\frac{b}{x_0}\right)^2}. \quad (10)$$

Відрізок знайдемо як координату точки дотику, для чого підставимо координату (2.67) в рівняння еліпса (2.2)

$$PN = \frac{b}{c} \sqrt{c^2 - (z_2 - c)^2} = \frac{b}{c} \sqrt{c^2 - c^2 \left[1 - \left(\frac{b}{x_0}\right)^2\right]} = \frac{b^2}{x_0} \quad (11)$$

З урахуванням значення відрізка PN знайдемо катет MN трикутника:

$$MN = x_0 - PN = \frac{x_0^2 - b^2}{x_0}. \quad (12)$$

За двома катетами трикутника K_2MN знаходимо

$$\operatorname{tg} \frac{\psi}{2} = \frac{K_2N}{MN} = \frac{x_0 c}{x_0^2 + b^2} \sqrt{1 - \left(\frac{b}{x_0}\right)^2} = \frac{c}{\sqrt{x_0^2 - b^2}}. \quad (13)$$

Звідси легко визначити:

$$x_0 = \sqrt{b^2 + c^2 \operatorname{ctg}(\psi/2)}. \quad (14)$$

Тепер шукана координата X_{on} знайдеться з цієї ж залежності, якщо піввісі b , c замінити в ній півосями B , C . Одночасно скористаємося співвідношеннями (8):

$$\begin{aligned} X_{on} &= (c + 3S_c) \sqrt{1 - \varepsilon + \operatorname{ctg}(\psi/2)}, \\ Z_{on} &= c \end{aligned} \quad (15)$$

Тут наведені обидві координати оптимального розміщення джерела.

Висновки. Знайдено рівняння лінії раціонального розміщення джерела, з точок якої еліпсоїд видно під одним і тим же кутом, рівним куту поширення пучка променів з насадки лазера. При цьому середні розміри еліпсоїда були збільшені на "три сигма", що гарантувало опромінювання майже всього розмірного ряду еліпсоїдів-яєць (99,73%) без втрат площі опромінюваної поверхні.

Список використаних джерел.

1. Патент на корисну модель №72084, України. МПКА 01K45/00 (2012.01). Спосіб обробки інкуба-

ційних яєць / Д. М. Міленін, М. Л. Лисиченко, О. В. Терещенко, О. Б. Артеменко (Україна) - № у 2011 15208; Заявлено 22.12.2011; Опубл 10.08.2012 // Бюл. № 5 – 4 с.

2. Бутиков Е. И. Оптика: учеб. пособ. [для студ. физ. спец. вузов] / Бутиков Е. П., под. ред. проф. Калитеевского Н. И. – М.: "Высшая школа", 1986. – 512 с.

1. Кочеш И. И. Птицеводство / И. И. Кочеш, М. Г. Петраш, С. Б. Смигунов – М.: Еолос, 2004. – 407 с.

2. Бессарабов Б. Ф. Инкубация яиц сельскохозяйственной птицы. Учебное пособие/ Б. Ф. Бессарабов, А. А. Крыканов, А. А. Киселев – М.: Лань, 2015. – С.176.

3. Высоцкий А. Э. Сравнительная биоцидная активность дезинфектанта "Сандим – Д" //Труды Всерос. НИИ ветеринарной санитарии, гигиены и экологии – М.: ВНИИВСГиЭ, 2005. – Т.117. – С. 176-181.

4. Wesierska E. Effect of concentrated microwave field on bacteria reduction and physical properties of egg white / E. Wesierska, T. Trziska// Mejd. Weter. 2007. – Vol. 63, №4. – P. 421-424.

5. Кочиш И. И. Экологически безопасные способы стимуляции роста и развития бройлера в онтогенезе / И. И. Кочеш, М. С. Найденский, Е. С. Елизаров, О. И. Кочеш – М.: ФГОУ ВПО "МГАВМиБ им. Скрябина", 2007. – 104 с.

6. Низкоинтенсивная лазерная терапия / Под. ред. С. В. Москвина, В. А. Буйлика – М.: ТОО фирма "Техника", 2000. – 724 с.

7. Лисиченко М. Л. Низькоенергетичні лазерні електротехнології в тваринництві: Дис. докт. техн. наук: 05.09.16. – Харків, 2006. – 401 с.

Аннотация

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО РАЗМЕЩЕНИЕ ИСТОЧНИКА ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Миленин Д. М.

Обоснование целесообразного места расположения источника лазерного излучения для сплошного облучения скорлупы при прединкубационной обработке поверхности яйца.

Abstract

DETERMINATION OF OPTIMAL PLACEMENT LASER SOURCE

D. Milenin

Justification suitable place laser light source arrangement for the continuous exposure of the shell when processing before incubation egg surface.