

ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ТА РАЦІОНАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В АПК

УДК 637.433.4

ОПРОМІНЕННЯ НЕРУХОМОГО ЯЙЦЯ ТОЧКОВИМ ДЖЕРЕЛОМ

Міленін Д. М., Лисиченко М. Л., Завгородній О. І.

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

Запропоновано методику розрахунку опроміненості поверхні шкаралупи яйця в процесі лазерної обробки інкубаційного яйця, при використанні точкового джерела випромінювання для забезпечення якісної активізації мікрофлори.

Постановка проблеми. Птахівництво, як галузь сільськогосподарського виробництва має високі перспективи з умови високого коефіцієнта використання корму у порівнянні з іншими видами тваринницької продукції та відносно легку відновлюваність поголів'я. Крім того, розвитку галузі сприяє і низьке забезпечення білком тваринницького походження значної кількості населення планети [1].

Ефективність виробництва продукції птахівництва, особливо м'ясного напрямку, в значній мірі залежить від якості добового молодняка, при цьому, особливу увагу слід звертати на умови здійснення процесу інкубації [2].

За результатами попередніх досліджень встановлено, що для виробництва якісного добового молодняка птиці необхідно ретельно знезаражувати поверхню інкубаційного яйця перед закладенням в шафу інкубатора [3].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Сучасна інкубація – є високотехнологічним процесом, який реалізує найсучасніші досягнення науки і техніки і дозволяє зародку реалізувати закладанні генетично параметри птиці [4]. Розвиток лазерних технологій в сільського господарстві дозволяє суттєво підвищити ефективність вказаного процесу [5].

Так, з'ясовано, що значна частина бактерій, яка знаходиться на поверхні шкаралупи яйця, знаходиться у стані анабіозу і у разі застосування тільки хімічної речовини знищується не повністю [6].

Мета статті. Розробити методику розрахунку опроміненості поверхні шкаралупи яйця розфокусованим лазерним променем для розрахунку необхідної дози при обертанні його на конвеєрі в процесі обробки.

Основні матеріали дослідження. Приймаємо, що опромінення відбувається у відповідності зі схемою на рис. 1. описаної вище. Позначимо: J_i - сила випромінювання джерела (Bm), E - опроміненість (Bm/m^2).

Як відомо [7], наведені величини пов'язані між собою залежністю:

$$E = \frac{J_i \cos \gamma}{r_i^2} = \frac{J_i \cos \gamma}{PM^2} \quad (1)$$

де r_i - відстань від джерела до об'єкта, що опромінюється.

Виділимо на опроміненій поверхні малу площину dF , яка містить точку $M(x, y, z)$. Нехай \vec{n} – одиничний вектор, проведений з крапки M нормально до площини dF , а \vec{n}_i – одиничний вектор, проведений з крапки колінійно вектору \vec{MP} (направлений з крапки M в бік джерела). Кут між векторами \vec{n} та \vec{n}_i позначаємо літерою γ .

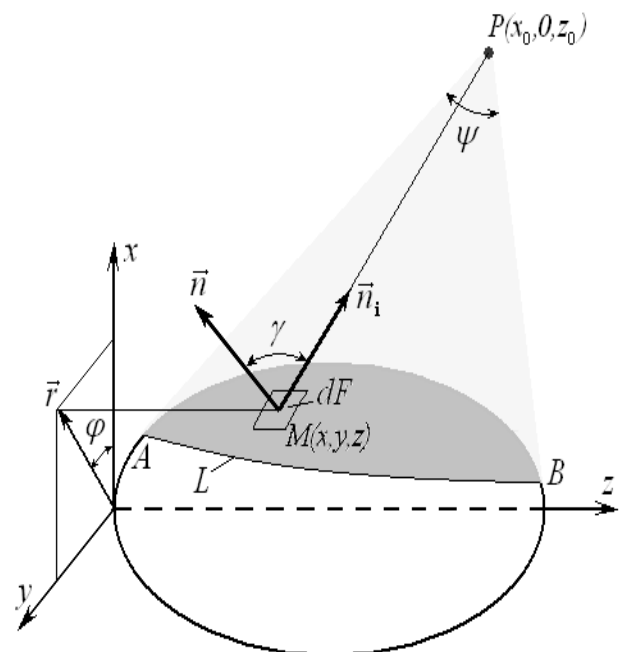


Рисунок 1 - Розрахункова схема процесу опромінення яйця

Після нескладних перетворень отримаємо вираз для визначення опроміненості точок поверхні нерухомого еліпсоїда:

$$E(\varphi, z) = J_i (x_0 \cos \varphi - r(z) - r_z'(z_0 - z)) / \sqrt{[1 + (r_z')^2] [x_0^2 - 2x_0 r(z) \cos \varphi + r^2(z) + (z_0 - z)^2]} \quad (3)$$

Слід мати на увазі, що циліндричні координати φ , z в цьому виразі повинні відповідати точкам внутрішньої області лінії L (рис. 1). Можна також скористатися прямокутними координатами y , z , для чого необхідно виконати заміну:

$$\cos \varphi = \frac{\sqrt{r^2(z) - y^2}}{r(z)} \quad (3)$$

Тоді кожна вибрана точка поверхні еліпсоїда, що має координати на горизонтальній площині yOz , повинна потрапляти всередину еліпса.

Певне уявлення про ступінь опроміненості поверхні еліпсоїда дають стовпчасті діаграми на рис. 2. Вони побудовані на еліпсі, як на плоскій основі. Розрахунок опроміненості проводився лише для тих клітин розбиття прямокутника $z - C \leq z \leq \tilde{z} + C$, $-B \leq y \leq B$ площині yOz , які розташовувалися всередині зазначених еліпсів.

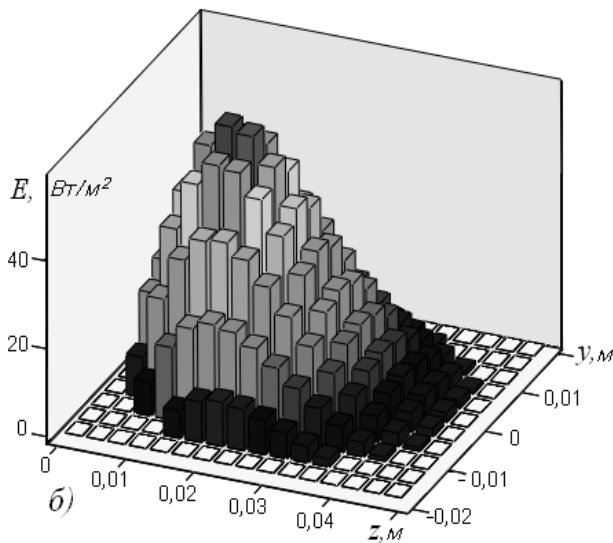
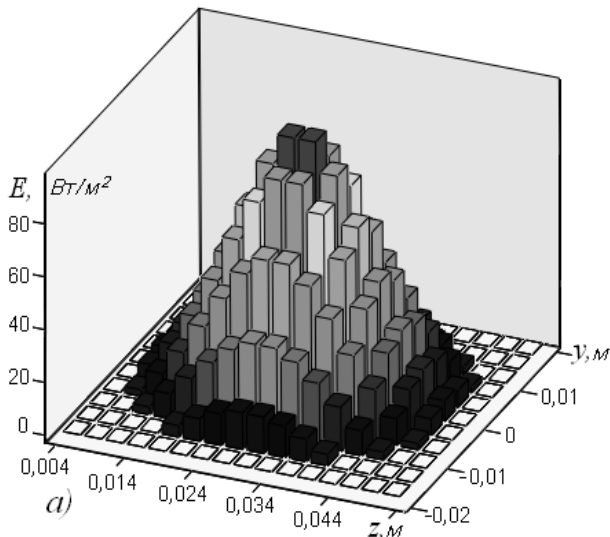


Рисунок 1 - Діаграми опромінення нерухомого еліпсоїда, побудовані на проекціях опромінюється плями на площину yOz при:

- а) $z_0 = \tilde{n}$, б) $z_0 = 0$, а також $x_0 = 2b$,
 $b = 0,0226\text{м}$; $\tilde{n} = 0,0293\text{м}$; $J_i = 50\text{МВт}$

Певне уявлення про ступінь опроміненості поверхні еліпсоїда дають стовпчасті діаграми на рис. 2. Вони побудовані на еліпсі, як на плоскій основі. Розрахунок опроміненості проводився лише для тих клітин розбиття прямокутника $z - C \leq z \leq \tilde{z} + C$, $-B \leq y \leq B$ площині yOz , які розташовувалися всередині зазначених еліпсів.

Діаграми показують симетричний розподіл опроміненості відносно вертикальної площини xOz , наявність локальних максимумів і зменшення опроміненості до нуля на кордоні області, що і слід було очікувати. Більше значення локального максимуму спостерігається при розміщенні джерела над центральною частиною еліпсоїда (рис. 2, а). При зсуві джерела уздовж осі Oz (паралельно осі симетрії еліпсоїда) екстремум зміщується в ту ж сторону, одночасно убуваючи (рис. 2, б).

Очевидно, що саме екстремуми мають переважне значення при дотриманні допустимих доз опромінення. Оскільки ж має місце зазначена вище симетрія, то функцію (2) доцільно звести до одного аргументу - Z , провівши її усереднення по куту. Щоб відрізнити змінну підінтегральної функції і межі інтегрування, позначимо значення кута ϕ на лінії L буквою φ . Тоді кут φ матимемо:

$$\varphi(z) = \arccos \frac{b[cz_0 + (c - z_0)z]}{cx_0 \sqrt{2cz - z^2}} \quad (4)$$

Отже, кут ϕ змінюється в проміжку $-\varphi(z) \leq \phi \leq \varphi(z)$. Однак, враховуючи парність підінтегральної функції по ϕ , межі інтегрування можна спростити:

$$E(z) = \frac{1}{\varphi(z)} \int_0^{\varphi(z)} E(\phi, z) d\phi = \frac{J_i}{\varphi(z)} \times \int_0^{\varphi(z)} \frac{[x_0 \cos \phi - r(z) - r_z'(z_0 - z)]}{[1 + (r_z')^2][x_0^2 - 2x_0 r(z) \cos \phi + r^2(z) + (z_0 - z)^2]} d\phi \quad (5)$$

Рішення інтеграла (5) проводилося в середовищі "Mathcad", в якій пропонується на вибір чотири численних алгоритму інтегрування: "Метод Ромберга" (Ромберга) - для більшості функцій, що не містять особливостей; "Адаптивний метод" (Адаптивна) - для функцій, швидко мінливих на інтервалі інтегрування; "Межа в нескінченності" (нескінченний межа) - для інтегралів з нескінченними межами; "Особлива кінцева точка" (Singular Endpoint) - для інтегралів з сингулярністю на кінці.

Третій метод зі зрозумілих причин для нашого випадку не підходить. Решта дають однакові результати, але адаптивний має деяку перевагу у швидкості.

Він же пропонується і авто вибором системи, тому тут і надалі (особливо для кратного інтегрування) будемо використовувати саме його.

На рис. 3 на підставі розрахунку побудовані графіки функції (5) при фіксованих положеннях джерела опромінення, а на рис. 4 - залежність максимального значення (E_{max}) опроміненості від координати розташування джерела по горизонтальній осі Oz . Для обчислення зазначеного максимального значення використовувалася вбудована функція "Mathcad" - "Maximize".

Якісно графіки на рис. 3 підтверджують результати, отримані за рис. 2, але проводити кількісний аналіз за такими графіками істотно простіше.

Залежність на рис. 4 являє собою лінію локальних максимумів. У свою чергу ця лінія теж має максимум, який за визначенням слід вважати глобальним. Як бачимо, він має місце, коли джерело випромінювання розташований над центром еліпсоїда.

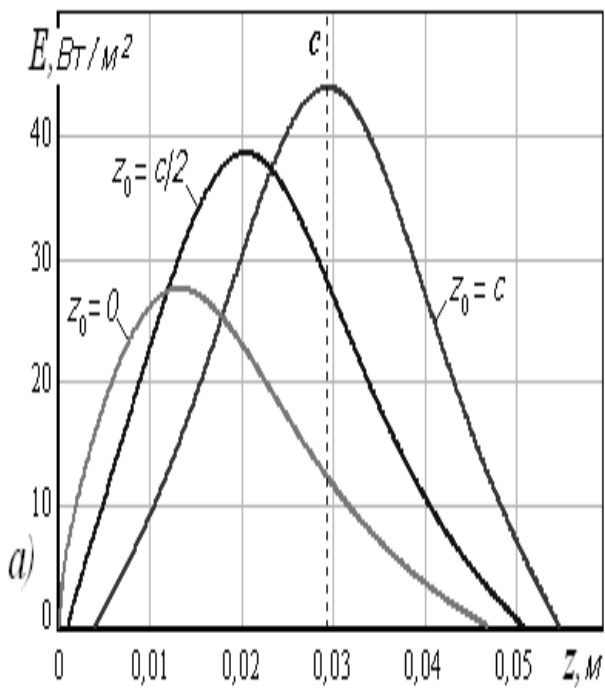


Рисунок 3 – Зміна середньої опроміненості по довженні еліпсоїда при:

$$b = 0,0226 \text{ м}; \tilde{n} = 0,0293 \text{ м}; J_i = 50 \text{ мВт}; x_0 = 2b$$

Формули (2), (5) зручні для визначення опроміненості окремих ділянок еліпсоїда. Але вони не дають можливості оцінити опроміненість, яку отримує вся освітлена поверхня еліпсоїда одночасно. У таких випадках в якості оцінки прийнято вводити середнє значення показника. Для цього необхідно визначити силу світлового потоку J , сприйняту всією поверхнею (плямою) опромінення і розділити її на площу цієї поверхні.

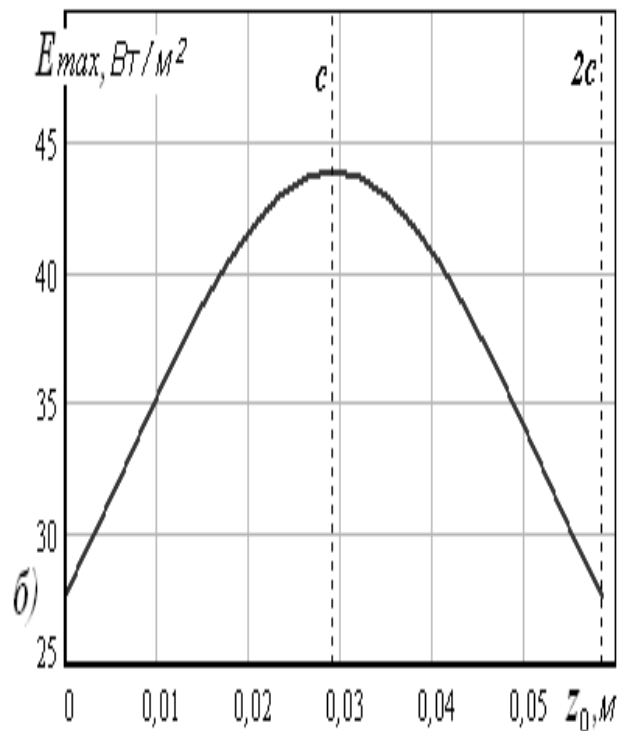


Рисунок 4 – Зміна максимальної опроміненості еліпсоїда в залежності від горизонтальних координат розташування джерела при:

$$b = 0,0226 \text{ м}; \tilde{n} = 0,0293 \text{ м}; J_i = 50 \text{ мВт}; x_0 = 2b$$

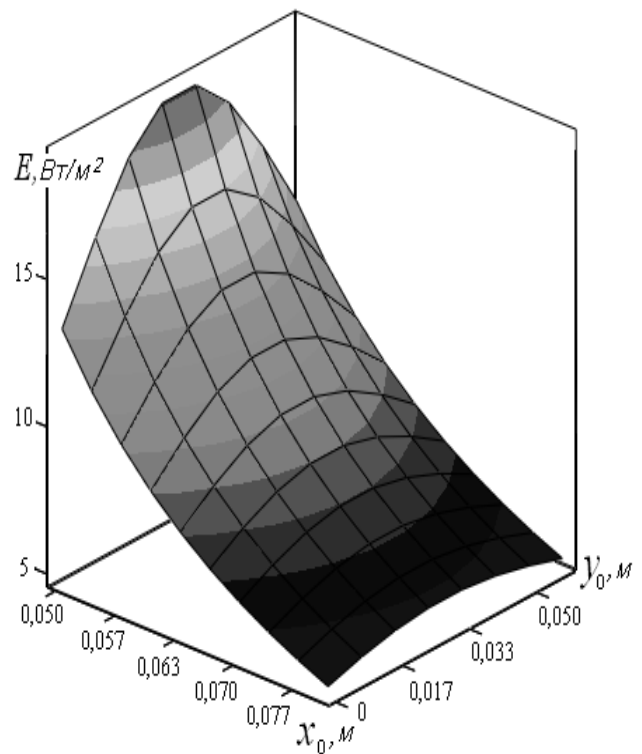


Рисунок – 5 Зміна середньої опроміненості еліпсоїда в залежності від розташування джерела випромінювання при:

$$b = 0,0226 \text{ м}; \tilde{n} = 0,0293 \text{ м}; J_i = 50 \text{ мВт};$$

Площа елементарної площадки, виділеної на поверхні еліпсоїда (рис 1) дорівнює:

$$dF = \sqrt{1 + (r'_z)^2} r(z) d\phi dz. \quad (6)$$

Звідси випливає вираз для визначення площі плями опромінення:

$$S_n = 2 \int_{z_1}^{z_2} dz \int_0^{\phi(z)} \sqrt{1 + (r'_z)^2} r(z) d\phi. \quad (7)$$

Внутрішній інтеграл легко береться, оскільки підінтегральна функція не залежить від кута. У цьому зв'язку формулу (7) можна переписати у зручному для використання вигляді:

$$S = 2 \frac{b}{c^2} \int_{z_1}^{z_2} \sqrt{(2cz - z^2)c^2 + (c - z)^2 b^2} \times \\ \times \arccos \left[\frac{b \cdot cz_0 + (c - z_0)z}{c \cdot x_0 \sqrt{2cz - z^2}} \right] dz \quad (8)$$

Елементарна сила випромінювання dJ , що падає на площину dF очевидно дорівнює $E(\phi, z)dF$. Враховуючи співвідношення (2) і (6), для визначення середньої опроміненості еліпсоїда остаточно отримаємо:

$$E = 2 \frac{J_i}{S} \int_{z_1}^{z_2} dz \times \\ \times \int_0^{\phi(z)} \frac{[x_0 \cos \phi - r(z) - r'_z(z)(z_0 - z)] r(z)}{[x_0^2 - 2x_0 r(z) \cos \phi + r^2(z) - (z_0 - z)^2]^{\frac{3}{2}}} d\phi \quad (9)$$

Вираз (9) показує, що середнє значення опроміненості залежить від розташування джерела випромінювання. Ця залежність показана на рис. 5

Висновки. Таким чином, найбільш істотний вплив на опроміненість має віддалення (x_0) джерела від опромінюваної поверхні: з його збільшенням середнє значення опроміненості різко падає. Наближення до центральної частини еліпсоїда ($z_0 = c = 0,0293$) збільшує опроміненість але ця особливість при віддаленні джерела (зростанні координати z_0) слабшає.

Список використаних джерел

1. Internationale DLG – Fachavstellung fun Tierhaltung und Management / Euro Tier – Neuheitung - Magazin: 11-14 No – Vember 2008 Messegeland Hannover – Max –Eyth – Veriag Frankfurt, 2008 / - S. 24.
2. Кочеш И. И. Птацеводство / И. И. Кочеш, М. Г. Петраш, С. Б. Смигунов – М.: Колос, 2004. – 407 с
3. Міленін Д. М. Лазерна обробка інкубаційних яєць // Матер. XXXV науч. – практ. конф. "Примене-

ние лазеров в медицине и биологии" (25-28 мая 2011 г.) – Харьков: ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2011.- С. 235-236.

4. Тагіров М. Т. Инкубация яиц сельскохозяйственной птицы: метод. рек. / М. Т. Тагіров, Н. В. Шомина, А. Б. Артеменко, ін. – Харьков: ІП НААН, 2009. – 132 с.

5. Міленін Д. М. Підвищення ефективності знезараження інкубаційних яєць / Д. М. Міленін, М. Л. Лисиченко, О. В. Терещенко, О. Б. Артеменко // Матер. XXXVI науч. – практ. конф. "Применение лазеров в медицине и биологии" (5-8 октября 2011 г.) Судак: ХНУ ім. Каразіна, 2011. – С. 139-140.

6. Міленін Д. М. Ефективність лазерної обробки інкубаційних яєць / Д. М. Міленін, М. Л. Лисиченко // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенко. Технічні науки. "Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України" – Харьков: ХНТУСГ, 2012. – Вип. 129. – С. 84 – 87

7. Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю. Б. Айзенберга – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 472 с.

Аннотация

ОБЛУЧЕНИЕ НЕПОДВИЖНОГО ЯЙЦА ТОЧЕЧНЫМ ИСТОЧНИКОМ

Миленин Д. Н., Лисиченко Н. Л.,
Завгородний А. И.

Предложена методика расчета облученности поверхности скорлупы яйца в процессе лазерной обработки инкубационных яиц, при использовании точечного источника излучения для обеспечения качественной активизации микрофлоры.

Abstract

EXPOSURE TO STILL EGGS POINT SOURCE

D. Milenin, N. Lysychnko,
A. Zavgorodniy

The method of calculating the surface irradiance shell eggs during laser processing of hatching eggs, with the use of a point source of radiation to provide high-quality revitalization micro flora.