ВИХРОВИЙ ГІДРАВЛІЧНИЙ ТЕПЛОГЕНЕРАТОР

Р. А. Серебряков

Анотація. *Викладено основні принципи роботи вихрових гідравлічних теплогенераторів (ВГТ), запропоновано варіант теоретичних основ роботи ВГТ і розроблено методику оцінки ефективності роботи ВГТ.*

Ключові слова: ***альтернативне джерело енергії, вихор, кавітатор, теплогенератор, ефективність***

VORTEX HYDRAULIC HEAT GENERATOR

R. Serebryakov

Annotation. *The article describes the basic principles of hydraulic vortex generators, a variant of the theoretical foundations of the work of the VGT and method of evaluating the performance of VGT.*

Key words: ***alternative power source, vortex,cavitator, heat exchanger, efficiency***

УДК 631.53.027.34

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ОПРОМІНЕННЯ НАСІННЯ СФЕРИЧНОЇ ФОРМИ ЛАЗЕРНИМ ПРОМЕНЕМ

В. В. Сухін, аспірант *
М. Л. Лисиченко, доктор технічних наук
Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. Петра Василенка
e-mail: vitaly.suhin@yandex.ru

Анотація. *Запропоновано математичну модель опромінення насіння сферичної форми лазерним променем для визначення величини опроміненості його точок поверхні, від значень якої залежить енергія проростання, схожість та загальна врожайність тієї або іншої сільськогосподарської культури.*

Ключові слова: ***лазер, насіння, математична модель, сферична форма***

Рослинництво є базовою галуззю виробництва сільськогосподарської продукції, найважливішим джерелом продовольчих ресурсів людства, основа його цивілізації [1].

---

*Науковий керівник – доктор технічних наук, професор М. Л. Лисиченко

© В. В. Сухін, М. Л. Лисиченко, 2016

Відомо, що якість насіннєвого матеріалу значною мірою визначає якість і кількість отриманого врожаю. Сільськогосподарські виробники пред'являють до насіння певні вимоги, встановлені державним стандартом. Виробництво насіння включає ряд технологічних операцій: післязбиральне зберігання, передпосівна обробка, знезараження та посів [2].

Спеціалісти сільськогосподарського виробництва та вчені постійно шукають способи й засоби для підвищення посівних якостей насіння [3].

Нині для підвищення схожості та життєздатності на посівний матеріал впливають за допомогою різних видів передпосівної обробки. Найбільш розповсюджені на практиці: замочування, термообробка, хімічне протравлення, обробка біопрепаратами. Останніми роками дедалі більший інтерес наука і практика проявляють до фізичних методів обробки насіння. На сьогодні застосовують понад 40 фізичних способів впливу на насіння: гамма-випромінювання, ультразвук, водневo-плазмова обробка, рентгенівське випромінювання, магнітні поля та ін. [4].

Аналіз публікацій закордонних і вітчизняних авторів свідчить про позитивний вплив лазерного випромінювання на проростання насіння, ріст і розвиток рослин, підвищення врожайності сільськогосподарських культур. Використання лазера є економічно вигідним та екологічно чистим [5].

Мета досліджень – розробка математичної моделі опромінення насіння сферичної форми (горох, соя та ін.) лазерним променем.

Матеріали та методика досліджень. Для початку розробки математичної моделі даного процесу використаємо відомий світлотехнічний закон зворотних квадратів, який встановлює залежність опроміненості поверхні E (*Вт/м*^{2}) від сили J_i (*Вт*) та кута α розміщення джерела випромінювання, а також відстані між джерелом та об'єктом опромінення r_i (*м*) і має такий характер [6]:

$$E = \frac{J_i \cos\alpha}{r_i^2} = \frac{J_i \cos\alpha}{AM^2} \qquad (1)$$

де J_i – сила джерела випромінювання, *Вт;*

α – кут між джерелом та об'єктом опромінення, град;

r_i – відстань від джерела до об'єкта опромінення, м.

Для подальшого моделювання даного процесу побудуємо розрахункову схему на прикладі, наведеному в статті [7]. Схема зображена на рис.1.

Недоліком цієї схеми для модулювання даного процесу є кут розфокусування лазерного променю, наявність якого для опромінення об'єктів дуже малого розміру, яким є насіння, не є необхідним.

Результати досліджень. На опроміненій поверхні насіння, представленій для моделювання у вигляді сфери, виділимо елементарну площадку dS, яка містить точку $A(\rho;\theta;\alpha)$. З даної точки проведемо одиничний вектор $\vec{n}$ нормально до площини dS, а також одиничний вектор $\vec{n_i}$ – колінеарно вектору $\overline{MA}$. Кут між даними векторами позначимо за δ.

Враховуючи форму об’єкта опромінення, яким є сфера, застосуємо її канонічне рівняння з центром на початку координатної системи, яке має наступний вигляд:

$$x^2 + y^2 + z^2 = R^2 \ . \tag{2}$$

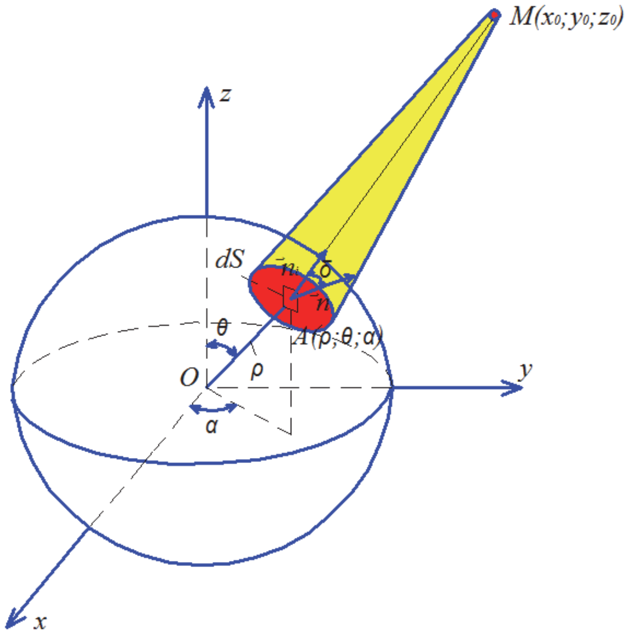

Рис. 1. Розрахункова схема опромінення насіння сферичної форми лазерним променем

Далі визначаємо координати вектора $\overrightarrow{MA}$, вважаючи його кінці відомими, але при цьому зробивши перехід від сферичних до декартових координат точки поверхні за наступними виразами:

$$\begin{cases} x = \rho \cdot \sin\theta \cdot \cos\alpha \\ y = \rho \cdot \sin\theta \cdot \sin\alpha \\ z = \rho \cdot \cos\theta \end{cases} \tag{3}$$

Виходячи з цього, координати вектора $\overrightarrow{MA}$ будуть визначатися так:

$$\overrightarrow{MA} = (x_0 - x; y_0 - y; z_0 - z) \, . \tag{4}$$

Далі проведемо нормування вектора $\overrightarrow{MA}$, яке необхідне для визначення одиничного вектора $\vec{n_i}$ колінеарного вектора $\overrightarrow{MA}$ наступним чином:

$$\vec{n_i} = \frac{\overrightarrow{MA}}{\left|\overrightarrow{MA}\right|} = \frac{(x_0 - x; y_0 - y; z_0 - z)}{\sqrt{(x_0 - x)^2 + (y_0 - y)^2 + (z_0 - z)^2}} \tag{5}$$

Для визначення одиничного вектора нормалі $\vec{n}$ побудуємо дотичну площину в точці $A(\rho;\theta;\alpha)$ поверхні сфери та зробимо перехід від явної до не-явної функції поверхні опромінення:

$$x^2 + y^2 + z^2 - R^2 = 0 \, . \tag{6}$$

Далі проведемо визначення часткових похідних функції поверхні опромінення таким чином:

$$\left.\frac{\partial u}{\partial x}\right|_{y,z=const} = (x^2 + y^2 + z^2 - R^2)'_x = 2x\,, \qquad (7)$$

$$\left.\frac{\partial u}{\partial y}\right|_{x,z=const} = (x^2 + y^2 + z^2 - R^2)'_y = 2y\,, \qquad (8)$$

$$\left.\frac{\partial u}{\partial z}\right|_{x,y=const} = (x^2 + y^2 + z^2 - R^2)'_z = 2z\,. \qquad (9)$$

В отримані часткові похідні функції поверхні підставляємо певні значення координат точки $A(\rho;\theta;\alpha)$, яка належить до елементарної площадки dS:

$$\frac{\partial u}{\partial x}(\mathrm{A}) = \frac{\partial u}{\partial x}(x,y,z) = 2x\,, \qquad (10)$$

$$\frac{\partial u}{\partial y}(\mathrm{A}) = \frac{\partial u}{\partial y}(x,y,z) = 2y\,, \qquad (11)$$

$$\frac{\partial u}{\partial z}(\mathrm{A}) = \frac{\partial u}{\partial z}(x,y,z) = 2z\,. \qquad (12)$$

Отримані значення часткових похідних в даній точці $A(\rho;\theta;\alpha)$ поверхні опромінення підставимо у формулу, і, провівши ряд елементарних перетворень, отримаємо рівняння дотичної площини в даній точці:

$$x\cdot(x - x_0) + y\cdot(y - y_0) + z\cdot(z - z_0) = 0\,. \qquad (13)$$

Виходячи з цього, одиничний вектор нормалі $\vec{n}$ дотичної площини в точці А опромінюючої поверхні буде мати наступний вигляд:

$$\vec{n} = (2x;2y;2z)\,. \qquad (14)$$

Маючи значення одиничного вектора нормалі $\vec{n}$ та одиничного вектора $\vec{n_i}$, можна визначити скалярний добуток даних векторів таким чином:

$$(\vec{n},\vec{n_i}) = 2x\cdot\left(\frac{x_0 - x}{\left|\overrightarrow{MA}\right|}\right) + 2y\cdot\left(\frac{y_0 - y}{\left|\overrightarrow{MA}\right|}\right) + 2z\cdot\left(\frac{z_0 - z}{\left|\overrightarrow{MA}\right|}\right) \qquad (15)$$

Знаючи скалярний добуток даних векторів, проведемо визначення кута $\cos\delta$ між ними:

$$\cos\delta = \frac{2x\cdot\left(\frac{x_0 - x}{\left|\overrightarrow{MA}\right|}\right) + 2y\cdot\left(\frac{y_0 - y}{\left|\overrightarrow{MA}\right|}\right) + 2z\cdot\left(\frac{z_0 - z}{\left|\overrightarrow{MA}\right|}\right)}{\left|\vec{n}\right|\cdot\left|\vec{n_i}\right|}\,. \qquad (16)$$

Взявши зворотну від тригонометричної функції $\cos$, визначимо кут δ між цими векторами:

$$\delta = \arccos(\delta)\,. \qquad (17)$$

Провівши ряд нескладних перетворень та враховуючи наведені вище вирази, отримаємо функціональну залежність опроміненості поверхні сфери в залежності від кута δ і координат джерела й точки об'єкта опромінення:

$$E(\delta,\mathrm{r}) = J_i \cdot (2x \cdot (x_0 - x) + 2y \cdot (y_0 - y) + 2z \cdot (z_0 - z)) \cdot \sqrt{\frac{(x_0 - x)^2 + (y_0 - y)^2 + (z_0 - z)^2}{\left|\overrightarrow{n}\right| \cdot ((\frac{x_0 - x}{\left|\overline{MA}\right|})^2 + (\frac{y_0 - y}{\left|\overline{MA}\right|})^2 + (\frac{z_0 - z}{\left|\overline{MA}\right|})^2)}} \qquad (18)$$

Визначаючи поверхневу опроміненість для даного об'єкта, скористаємося поверхневим інтегралом першого роду, який дасть змогу провести інтегрування по поверхні й визначити загальну або часткову опроміненість сфери. У даному випадку, потрібно визначити опроміненість поверхні сфери, яка знаходиться в I – октанті, виходячи з цього, для спрощення, проведемо заміну канонічного рівняння сфери на рівняння півсфери, яке має наступний вигляд:

$$z = \sqrt{R^2 - x^2 + y^2} \ . \qquad (19)$$

Далі визначимо часткові похідні по даній функції:

$$\left.\frac{\partial z}{\partial x}\right|_{y=const} = (\sqrt{R^2 - x^2 - y^2})'_x = \frac{-x}{\sqrt{R^2 - x^2 - y^2}}, \qquad (20)$$

$$\left.\frac{\partial z}{\partial y}\right|_{x=const} = (\sqrt{R^2 - x^2 - y^2})'_y = \frac{-y}{\sqrt{R^2 - x^2 - y^2}} \ . \qquad (21)$$

Потім отримані часткові похідні функції підставимо до формули, за якою визначаємо елемент площі поверхні сфери:

$$dS = \sqrt{1 + (\frac{\partial z}{\partial x})^2 + (\frac{\partial z}{\partial y})^2} \ . \qquad (22)$$

Далі, отриманий вираз елемента площі поверхні сфери та функціональну залежність опроміненості E від кута δ і координат точок поверхні опромінення, при фіксованих значеннях координат джерела випромінювання, підставимо у формулу:

$$I = \iint_D E(\delta, r) \cdot \frac{R^2}{\sqrt{R^2 - x^2 - y^2}} dxdy \ . \qquad (23)$$

Для зручності розрахунку даного інтегралу переходять від декартових до полярних координат точок поверхні сфери та встановлюють область інтегрування залежно від тієї або іншої частини даної поверхні. Отримана формула дає змогу визначати загальну або часткову опроміненість поверхні сфери для того або іншого її октанту.

Висновки

Отже, у результаті побудови математичної моделі, отримана функціональна залежність опроміненості поверхні насіння, яке має сферичну форму, від кута δ і координат точок на опромінюючій поверхні $A(\rho;\theta;\alpha)$ та координат джерела випромінювання $\mathrm{M}(x_0; y_0; z_0)$. Окрім цього, сформовано вирази для визначення загальної або часткової опроміненості поверхні насіння тієї або іншої сільськогосподарської культури.

Список літератури

1. Зінченко О. І. Рослинництво / Зінченко О. І., Салатенко В. Н., Білоножко М. А. – К. : Аграрна освіта, 2001. – 591 с.
2. Наумов Г. Ф. Биологическая стимуляция семян подсолнечника как приём улучшения их посевных качеств и урожайности / Г. Ф. Наумов, Л. Ф. Носова // Селекция и семеноводство. – 1984. – Вып. 56. – С. 89–93.
3. Кильмакаев Т. А. Методы предпосевной обработки семян / Т. А. Кильмакаев. – Успехи современной биологии. – 1991. – Т. 111. – Вып. 1. – С. 134–37.
4. Журба П. Лазерные технологии промышленного возделывания сельскохозяйственных культур / П. Журба, Е. Журба // Технологическое оборудование и технологии. – 2010. – № 3. – С. 34–38.
5. Киселёв Е. П. Влияние обработки лазера на посевные качества семян и урожай томата / Е. П. Киселёв, В. И. Зайков, Н. И. Чернышев, Н. С. Аликина // Семеноводство и семеноведение овощных культур. – 2013. – № 2. – С. 42–46.
6. Справочная книга по светотехнике / под ред. Ю. Б. Айзенберга. – М. : Энергоатомиздат, 1983. – 472 с.
7. Міленін Д. М. Опромінення нерухомого яйця точковим джерелом / Д. М. Міленін, М. Л. Лисиченко, О. І. Завгородній // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. Технічні науки. «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України». – Х. : ХНТУСГ, 2015. – Вип. 164. – С. 58–61.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОБЛУЧЕНИЯ СЕМЯН СФЕРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ ЛАЗЕРНЫМ ЛУЧОМ

В. В. Сухин, Н. Л. Лисиченко

Аннотация. *Предложена математическая модель облучения семян сферической формы лазерным лучом для определения величины облученности его точек поверхности, от значений которой зависит энергия прорастания, всхожесть и общая урожайность той или иной сельскохозяйственной культуры.*

Ключевые слова: *лазер, семена, математическая модель, сферическая форма*

MATHEMATICAL MODEL OF SEED IRRADIATION BY THE SPHERICAL SHAPE OF THE LASER BEAM

V. Sukhin, M. Lysychenko

Annotation. *A mathematical model of a spherical shape radiation seed laser beam to determine the amount of radiation to the points on the surface, from which germination depends on the values, the germination and the overall yield of a crop.*

Key words: *laser, seeds, mathematical model, spherical shape*