

УДК 632.9:631.302

Лукач В.С., к.п.н., доцент,  
Кушніренко А.Г., к.т.н., доцент,  
Татарін С.В., студент,  
Макарець В.В., студент,  
ВП НУБіП України ‘‘Ніжинський агротехнічний інститут’’

**ІМІТАЦІЙНІ МОДЕЛІ ЕКВІПОТЕНЦІЙНИХ ПОВЕРХОНЬ НАПРУЖЕНОСТІ  
МАГНІТНОГО ПОЛЯ ІНДУКТОРА ІЗ ЗМІННИМ РАДІУСОМ НАВИТКИ  
ВИКОНАНОЇ НА ЗРІЗАНОМУ КОНУСНОМУ КАРКАСІ**

*Анотація.* Електротехнології передпосівного обробітку насіння сільськогосподарських культур в електромагнітному полі розглядається як система, яку можна теоретично та експериментально змоделювати і на основі отриманої моделі проаналізувати зв'язки основних чинників параметрів електротехнологічного обладнання та фізіологічних властивостей біологічного об'єкту. Наведено результати теоретичних та експериментальних досліджень імітаційного моделювання напруженості магнітного поля робочої зони технологічного вузла установки, який має змінний радіус навитки виконаної на зрізаному конусному каркасі, та перевірка на адекватність теоретичної моделі із експериментальною.

*Ключові слова:* передпосівний обробіток насіння сільськогосподарських культур в електромагнітному полі, моделі картин електромагнітного поля, робоча зона індуктора, який має змінний радіус навитки виконаної на зрізаному конусному каркасі.

*Постановка проблеми.* Електротехнології передпосівного обробітку насіння сільськогосподарських культур в електромагнітному полі наведено в індукторі, який має змінний радіус навитки виконаної на зрізаному конусному каркасі, можна теоретично змоделювати. Отримані моделі дозволять визначити технологічні параметри обробітку, які забезпечують отримання стабільної прибавки врожаю.

*Аналіз останніх досліджень та публікацій.* Відомо теоретичні та експериментальні моделі картин поля в робочій зоні індуктора, який має суцільну одношарову навитку виконаної на зрізаному конусному каркасі. Моделі картин поля утвореного в індукторі із змінним радіусом, у наукових працях не виявлено.

*Мета дослідження.* Теоретично та експериментально дослідити картини електромагнітного поля в робочій зоні індуктора із змінним радіусом навитки та перевірити їх на адекватність.

*Методика дослідження.* Теорія електромагнітного поля Д.К. Максвелла, принцип суперпозиції електромагнітних полів від різних частин навитки. Методи імітаційного моделювання та метод індукційного вимірювання напруженості магнітної складової електромагнітного поля.

*Основна частина.* Загальний вигляд а) та розрахункова схема індуктора із змінним радіусом навитки виконаної на зрізаному конусному каркасі б) приведено на рис.1 [1].

**ЛУКАЧ В.С., КУШНІРЕНКО А.Г., ТАТАРІН С.В., МАКАРЕЦЬ В.В.  
ІМІТАЦІЙНІ МОДЕЛІ ЕКВІПОТЕНЦІЙНИХ ПОВЕРХОНЬ НАПРУЖЕНОСТІ  
МАГНІТНОГО ПОЛЯ ІНДУКТОРА ІЗ ЗМІННИМ РАДІУСОМ НАВИТКИ  
ВИКОНАНОЇ НА ЗРІЗАНОМУ КОНУСНОМУ КАРКАСІ**

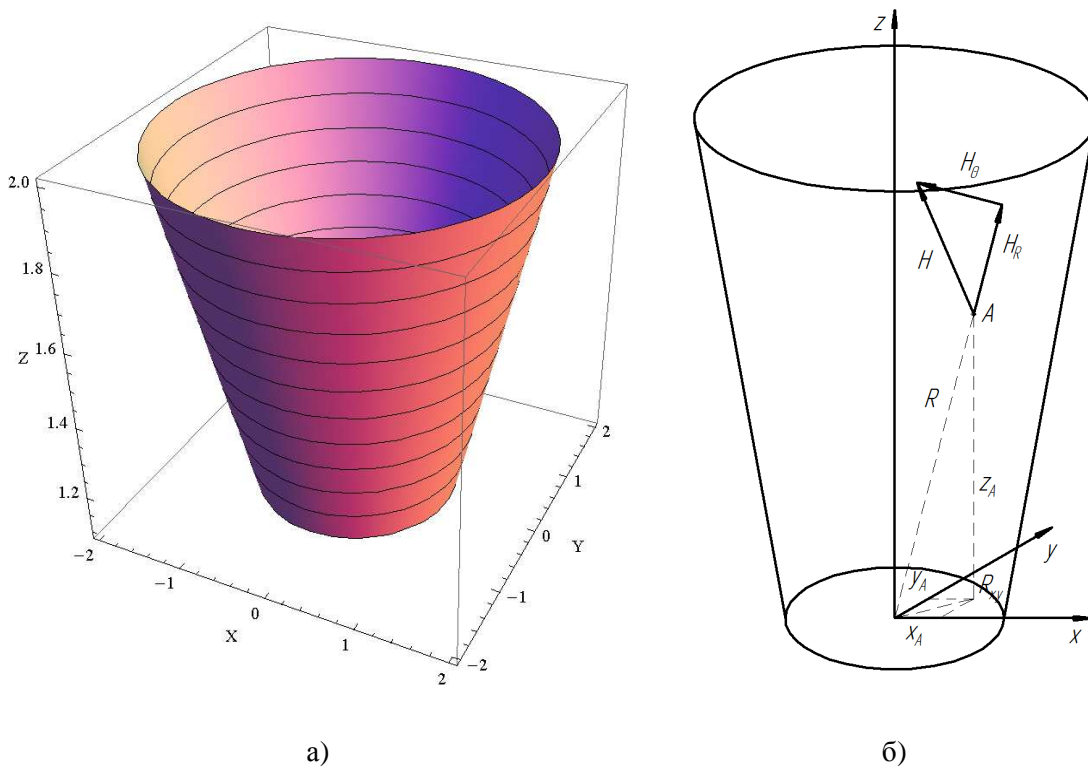


Рис. 1 а) загальний вигляд та б) розрахункова схема індуктора із змінним радіусом навитки виконаної на зрізаному конусному каркасі

Для індуктора із змінним радіусом навитки в точці А складові напруженість магнітного поля (радіальна і поперечна) та напруженість магнітного поля визначається за відомою методикою [2-3]:

$$H_R = \frac{I \cdot n \cdot S \cdot \cos \theta}{2\pi \cdot R^3} \quad (1)$$

$$H_\theta = \frac{I \cdot n \cdot S \cdot \sin \theta}{4\pi \cdot R^3} \quad (2)$$

$$H = \sqrt{H_R^2 + H_\theta^2} \quad (3)$$

Із розрахункової схеми для індуктора із змінним радіусом навитки виконаної на зрізаному конусному каркасі визначаємо:

$$R_{xy}^2 = R_x^2 + R_y^2 \quad (4)$$

$$R_{xy} = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} \quad (5)$$

$$R^2 = R_{xy}^2 + R_z^2 = R_x^2 + R_y^2 + R_z^2 \quad (6)$$

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2 + R_z^2} \quad (7)$$

Позначимо  $R_x = X_a$ ,  $R_y = Y_a$ ,  $R_z = Z_a$  та визначимо наступні величини:

$$\cos\theta = \frac{Z_a}{R} = \frac{Z_a}{\sqrt{X_a^2 + Y_a^2 + Z_a^2}}, \quad (8)$$

$$\cos^2\theta = \frac{Z_a^2}{X_a^2 + Y_a^2 + Z_a^2} \quad (9)$$

$$\sin\theta = \frac{R_{xy}}{R} = \frac{\sqrt{X_a^2 + Y_a^2}}{\sqrt{X_a^2 + Y_a^2 + Z_a^2}} \quad (10)$$

$$\sin^2\theta = \frac{X_a^2 + Y_a^2}{X_a^2 + Y_a^2 + Z_a^2} \quad (11)$$

$$S = \pi R_i^2 \quad (12)$$

Підставивши знайдені величини у вирази 1, 2, 3 отримуємо:

$$H_R = \frac{I \cdot n \cdot R_i^2 Z_a}{2(X_a^2 + Y_a^2 + Z_a^2)^2} \quad (13)$$

$$H_\theta = \frac{I \cdot n \cdot R_i^2 \sqrt{X_a^2 + Y_a^2}}{4(X_a^2 + Y_a^2 + Z_a^2)^2} \quad (14)$$

$$H = \frac{I \cdot n \cdot R_i^2 \cdot \sqrt{X_a^2 + Y_a^2 + 4Z_a^2}}{2 \cdot (X_a^2 + Y_a^2 + 4 \cdot Z_a^2)^2} \quad (15)$$

Якщо у вирази 13, 14, 15 замість  $R_i$  і  $Z_a$  підставити їх значення для індуктора із змінним радіусом навитки

$$R_i = R(Z) = \sqrt{\left(\frac{4}{3} R_i - Z\right) Z} \quad (16)$$

$$Z_a' = (Z_a + R_i) \quad (17)$$

та з врахуванням перенесення осей координат із центру індуктора на периферію, отримуємо:

$$H_R = \frac{\ln\left(\frac{1}{3} R_i - Z_a\right) (Z_a + R_i)^2}{2[X_a^2 + Y_a^2 + (Z_a + R_i)^2]^2} \quad (18)$$

$$H_e = \frac{\ln\left(\frac{1}{3} R_i - Z_a\right) (Z_a + R_i) \sqrt{X_a^2 + Y_a^2}}{2[X_a^2 + Y_a^2 + (Z_a + R_i)^2]^2} \quad (19)$$

$$H = \frac{\ln\left(\frac{1}{3} R_i - Z_a\right) (Z_a + R_i) \sqrt{Z_a^2 + Y_a^2 + 4Z_a^2}}{2[X_a^2 + Y_a^2 + 4(Z_a + R_i)^2]^2} \quad (20)$$

Вирази 18-20 є теоретична модель напруженості магнітного поля індуктора із змінним радіусом навитки.

Теоретичні моделі еквіпотенційних поверхонь мають вигляд:

$$H(100\%) = 0 + 0.1X^2 + 0.1Y^2 \quad (21)$$

**ЛУКАЧ В.С., КУШНІРЕНКО А.Г., ТАТАРІН С.В., МАКАРЕЦЬ В.В.  
ІМІТАЦІЙНІ МОДЕЛІ ЕКВІПОТЕНЦІЙНИХ ПОВЕРХОНЬ НАПРУЖЕНОСТІ  
МАГНІТНОГО ПОЛЯ ІНДУКТОРА ІЗ ЗМІННИМ РАДІУСОМ НАВИТКИ  
ВИКОНАНОЇ НА ЗРІЗАНОМУ КОНУСНОМУ КАРКАСІ**

---

$$H(95\%) = 3.5 + 0.1X^2 + 0.1Y^2 \quad (22)$$

$$H(90\%) = 5.3 + 0.15X^2 + 0.15Y^2 \quad (23)$$

Побудова графічного зображення моделі еквіпотенційних поверхонь розрахункових (теоретичних) значень векторів напруженості магнітного поля в робочій зоні індуктора виконано у полі програми Wolfram Matematika 6.

Імітаційна модель еквіпотенційних поверхонь теоретичних значень векторів напруженості магнітного поля в робочій зоні індуктора із змінним радіусом навитки приведена на рис. 2.

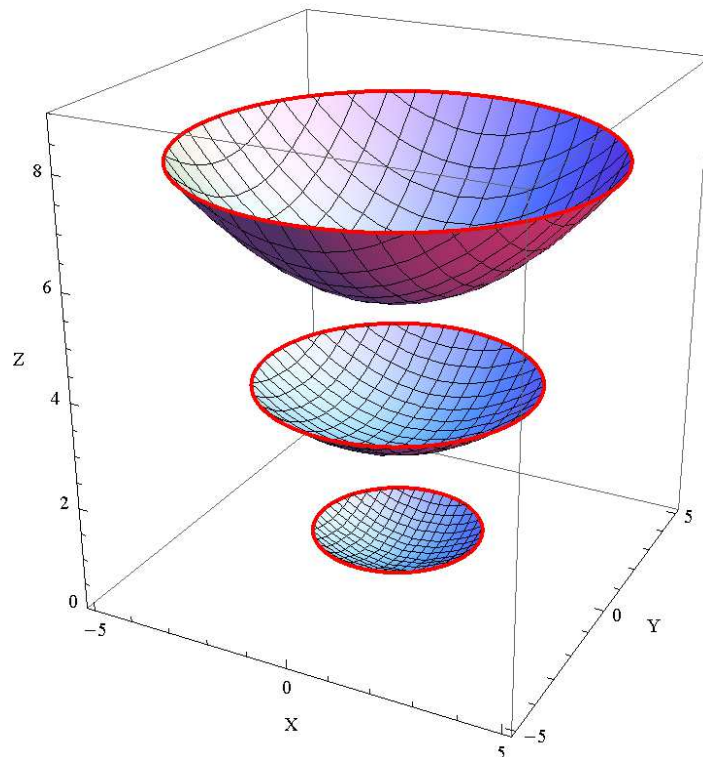


Рис. 2. Імітаційна модель еквіпотенційних поверхонь теоретичних значень векторів напруженості магнітного поля в робочій зоні індуктора із змінним радіусом навитки

Еквіпотенційні поверхні експериментальних значень векторів напруженості магнітного поля в робочій зоні індуктора із змінним радіусом навитки приведено на рис. 3.

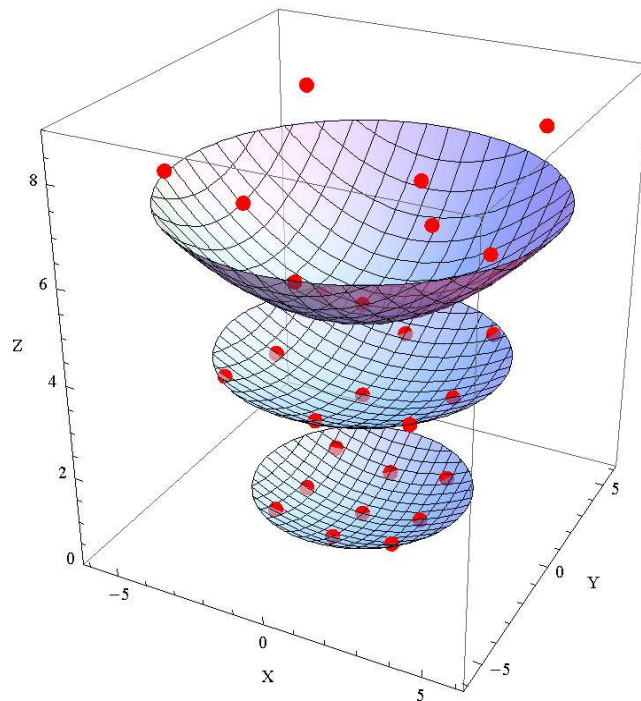


Рис. 3. Імітаційна модель еквіпотенційних поверхонь експериментальних значень векторів напруженості магнітного поля в робочій зоні індуктора із змінним радіусом навитки виконаної на зрізаному конусному каркасі

Експериментальні моделі еквіпотенційних поверхонь напруженості магнітного поля в робочій зоні індуктора із змінним радіусом навитки виконаної на зрізаному конусному каркасі мають вигляд:

$$H(100\%) = 0 + 0.1X^2 + 0.1Y^2 \quad (24)$$

$$H(95\%) = 3.3 + 0.1X^2 + 0.1Y^2 \quad (25)$$

$$H(90\%) = 5.0 + 0.15X^2 + 0.15Y^2 \quad (26)$$

Перевірку отриманої імітаційної моделі 2 на адекватність виконується за методикою нульової гіпотези  $H_0$  виконується за наступною програмою:

В програму введено теоретичні та експериментальні значення вузлових чотирьох точок (значення які не повторюються).

Табличне значення t-критерію Стьюдента на 5%-ому рівні при числі степенів свободи для даного випадку  $\nu = 8$  становить  $t_{0.05} = 2,38$ , а за результатами розрахунку  $t_{\text{фак}} = 2,56$ .

*Висновки.* Оскільки виконується умова  $t_{\text{фак}} = 2,56 \geq t_{0.05} = 2,38$  теоретичні імітаційні моделі  $H(\%) = f(X, Y)$  вважаються адекватними із експериментальними даними.

**ЛУКАЧ В.С., КУШНІРЕНКО А.Г., ТАТАРІН С.В., МАКАРЕЦЬ В.В.  
ІМІТАЦІЙНІ МОДЕЛІ ЕКВІПОТЕНЦІЙНИХ ПОВЕРХОНЬ НАПРУЖЕНОСТІ  
МАГНІТНОГО ПОЛЯ ІНДУКТОРА ІЗ ЗМІННИМ РАДІУСОМ НАВИТКИ  
ВИКОНАНОЇ НА ЗРІЗАНОМУ КОНУСНОМУ КАРКАСІ**

---

**Список літератури**

1. Лукач В. С. Пристрій для передпосівного обробітку насіння в електромагнітному полі. Патент на винахід № 65240 А, Україна, МПК<sup>7</sup> А 01 С 1 / 00 / В. С. Лукач, А. Г. Кушніренко, В. Ф. Ярошенко, В. І. Міщенко, Н. В. Ніженець. – К.: ДП УІВ, Опубл. 16.05.2005. Бюл. № 5. – 6 с.
3. Тамм І.Е. Основы теории электричества / И.Е. Тамм. – М.: Наука, 1989. – 504с.
4. Татур Т.А. Основные теории электромагнитного поля. Справочное пособие. / Т.А. Татур:– М.: Высшая школа, 1989. – 271с.

**Bibliography**

1. Lukacs VS device for preplant treatment of seeds in the electromagnetic field. Patent number 65240 A, Ukraine, МПК7 А 01 С 1/00 / V.S. Lukacs, A.G. Kushnirenko, V.F. Yaroshenko, V.I. Mishchenko, N.V. Nizhenets. – K.: SC UIV, Publ. 16.05.2005. Bull. Number 5. – 6 p.
3. Tamm I.E. Fundamentals of the theory elektrichestva / I.E. Tamm. - Moscow: Nauka, 1989. – 504s.
4. TATOUR T.A. Basic theory elektromagnitnoho field. Reference Textbook. / T.A. TATOUR: - Moscow: Higher School, 1989. – 271s.

**A SIMULATION MODEL EQUIPOTENTIAL SURFACE TENSION INDUCTOR  
MAGNETIC FIELD WITH VARIABLE RADIUS NAVYTKY**

A.G. Kushnirenko

**Summary**

Electrotechnology preplant treatment of seed crops in the electromagnetic field is considered as a system that can be modeled theoretically and experimentally, and as a basis for a model to analyze the key factors parameters communications equipment and electro-physiological properties of a biological object. The results of theoretical and experimental studies and simulation of the magnetic field of the working area of technological node installation that has a variable radius navytky and test the adequacy of the theoretical model with experimental.

**Key words:** Pre-cultivation of seed crops in the electromagnetic field, electromagnetic field model pictures, work area inductor that has a variable radius navytky.