



УДК 632.9:631.302

**СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ЕКСПЕРИМЕНТУ ДОСЛІДЖЕННЯ  
ЕНЕРГЕТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК  
«ТЕХНОЛОГІЧНА СИСТЕМА – БІОЛОГІЧНИЙ ОБ'ЄКТ»**

*Лукач В.С., к.пед.н., доц. кафедри менеджменту ВП НУБіП України «Ніжинський агротехнічний інститут»*

*Кушніренко А.Г., доц. кафедри автоматизації та електричних технологій агропромислового виробництва ВП НУБіП України «Ніжинський агротехнічний інститут»*

*Шевченко Н.О., співробітник ВП НУБіП України «Ніжинський агротехнічний інститут»*

*Статистичний аналіз результатів двофакторного експерименту при дослідженні енергетичних характеристик «технологічна система – біологічний об'єкт» та побудова імітаційної моделі*

*Імітаційна модель, передпосівний обробіток насіння сільськогосподарських культур, електромагнітне поле, параметри обробітку.*

**Постановка проблеми.** Процес передпосівного обробітку насіння сільськогосподарських культур в електромагнітному полі можна розглядати як систему, яку можна змодельовати і на основі отриманої моделі проаналізувати зв'язки основних чинників електротехнології та біологічного об'єкту. Це дозволить проаналізувати вплив кожного з вихідних чинників на біологічний об'єкт та визначити параметри обробітку, які забезпечують отримання стабільної прибавки врожаю.

**Аналіз останніх досліджень.** В лабораторії електрофізичних методів обробки сільськогосподарської продукції і матеріалів Ніжинського агротехнічного інституту розроблено та виготовлено електротехнологічний комплекс для передпосівного обробітку насіння в електромагнітному полі і запропоновано спосіб оцінки ефективності обробітку [ 1,2 ]. Проведені експериментальні дослідження енергетичних характеристик «технологічна система – біологічний об'єкт»

**Формулювання мети статті.** Виконати статистичний аналіз результатів експерименту дослідження енергетичних характеристик «технологічна система – біологічний об'єкт» та побудувати імітаційну модель зв'язків.

**Методика досліджень.** Дослідження проводились на обладнанні електротехнологічного комплексу для передпосівного обробітку насіння в електромагнітному полі. В якості об'єкта дослідження взято 100г посадкового насіння кукурудзи. Дослідний зразок насіння помістили у внутрішню порожнину резонатора, який виготовлено у вигляді котушки індуктивності. Вертикальна вісь резонатора перпендикулярна до векторів напруженості полів утворених електромагнітом та індуктором. До резонатора приєднано вимірювальний прилад. За допомогою електромагніту утворювали постійне магнітне поле напруженістю в діапазоні 522-678А/м. В індукторі утворювали електромагнітне поле напруженістю 110А/м із зміною частоти в діапазоні 650-950Гц. Сплановано та проведено двофакторний експеримент по встановленню зв'язків «технологічна система – біологічний об'єкт».

Статистичний аналіз результатів експерименту дослідження виконано у полі програми Wolfram Matematyka 6.

## СЕКЦІЯ 1

### «Інформаційно-технологічне суспільство в змісті сучасної освіти» «Моделі розвитку технічних інновацій в змісті сучасної освіти»»



**Основна частина. Результати експерименту:**

H, А/м: 678, 652, 626, 600, 574, 548, 522;  
f, Гц: 950, 900, 850, 800, 750, 700, 650;  
U, мВ: 11, 11.4, 13.9, 27.9, 13.9, 11.4, 11.

Статистичний аналіз результатів експерименту виконано в наступній послідовності.

1. Вибір напрямку осі та кодування фізичних значень в умовні:

H, А/м: 678, 652, 626, 600, 574, 548, 522;  
X +3 +2 +1 0 -1 -2 -3;

f, Гц: 950, 900, 850, 800, 750, 700, 650;  
Y +3 +2 +1 0 -1 -2 -3;

U, мВ: 11 11.4 13.9 27.9 13.9 11.4 11  
Z 11 11.4 13.9 27.9 13.9 11.4 11

2. Результати експерименту записують в наступній формі

Data = {{3,3,11}, {2,2,11.4}, {1,1,13.9},  
{-3,-3,11}, {-2,-2,11.4}, {-1,-1,13.9},  
{3,-3, 11.5}, {2,-2, 11.4}, {1,-1, 13.9},  
{-1,1,13.9}, {-2,2, 11.4}, {-3,3,11},  
{0,0,27.9}};

3. Для виконання кореляційного аналізу (визначення типу залежності) необхідно нанести експериментальні точки у вибраній системі координат за програмою:

Show[Plot3D[ , {x,-3,3},{y,-3,3},BoxRatios -> {1,1,1.2},  
PlotStyle -> Opacity[.6], PlotRange -> {6,32}], Graphics3D[{Red,  
PointSize[0.03], Map[Point, data]}], AxesLabel -> {{« H, « , « f, «,» U,мВ «}}

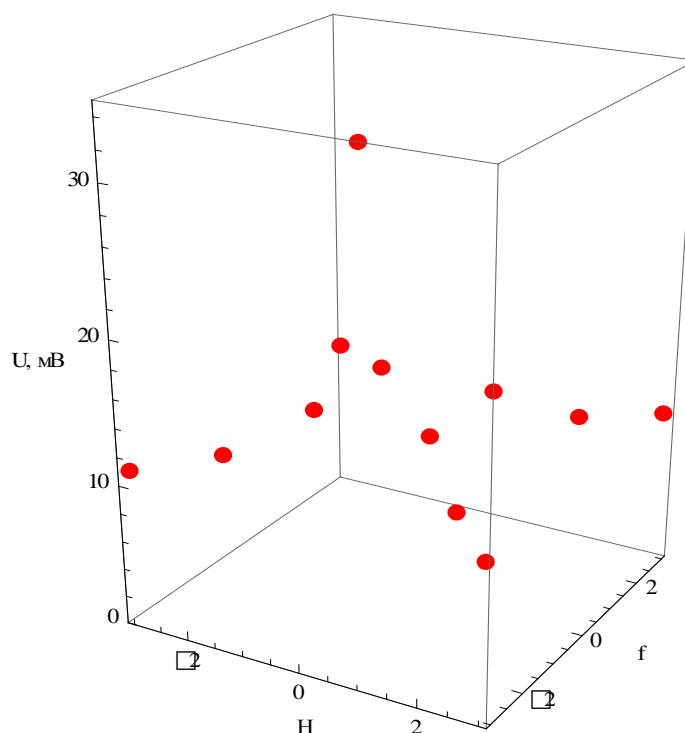


Рис. 1. Розташування експериментальних точок у вибраній системі координат



**Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції  
професорсько-викладацького складу, науковців, аспірантів і студентів  
«Роль інститутів освіти та науки у формуванні інноваційної культури суспільства»**

Із рис. 1 видно, що залежність типу  $U=f(H,f)$  має експоненціальний характер в степені  $-x^2-y^2$ . Тобто математична модель має вигляд:

$$U_0 = a \cdot (v + c \cdot e^{-H^2 - f^2}) \quad (1)$$

4. Регресивний аналіз (визначення коефіцієнтів  $a$ ,  $v$  і  $c$  моделі 1) виконується за наступною програмою:

```
plane = Fit[data, a + {v Exp[- x^2 - y^2]}, {x,y}]
```

$$1.03591 (11 + 16 e^{-x^2 - y^2})$$

Результат отримано на мові програмування. Остаточний вигляд моделі:

$$U_0 = 1.036 \cdot (11 + 16 e^{-H^2 - f^2}) \quad (2)$$

5. Побудова графічного зображення моделі зв'язків «технологічна система – біологічний об'єкт» побудованої з нанесенням експериментальних точок (експериментальна модель) виконується за наступною програмою:

```
Show [ Plot 3D [plane , { x, -3, 3 } , { y, -3, 3 } , Box Ratios → { 1, 1, 1.2 } , Plot Style →  
Opacity [ .6 ] , Plot Range → { 6, 32 } ] , Graphics 3D [ { Red, Point Size [ 0.03 ] , Map [ Point ,  
data ] } ] , Axes Label → { « H », « f », « U », « } ]
```

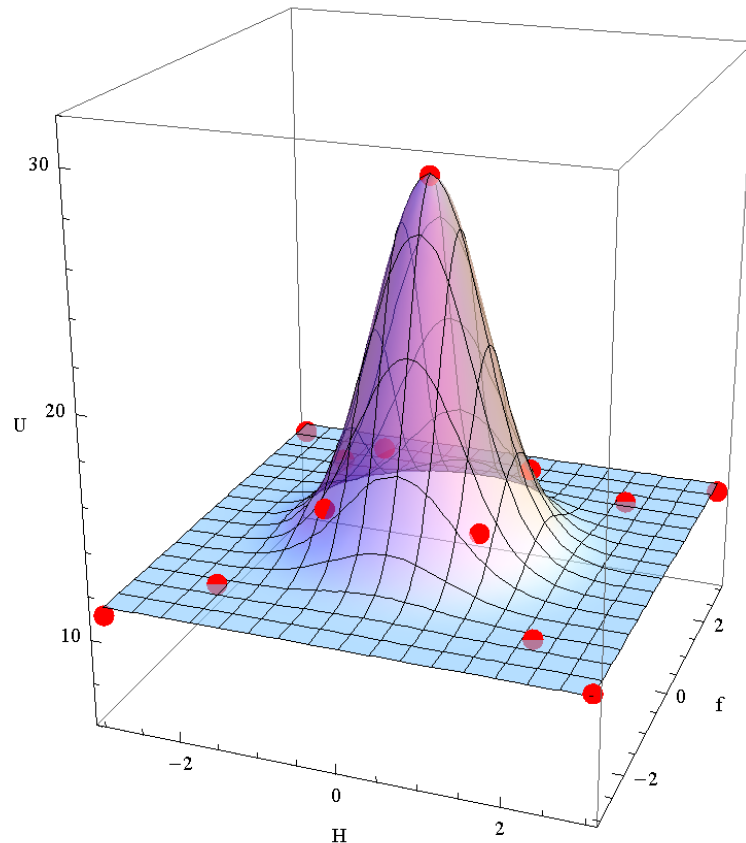


Рис. 2. Графічне зображення моделі зв'язків «технологічна система – біологічний об'єкт» побудованої по експериментальним точкам (експериментальна модель)

## СЕКЦІЯ 1

**«Інформаційно-технологічне суспільство в змісті сучасної освіти»  
«Моделі розвитку технічних інновацій в змісті сучасної освіти»»**



6. Графічне зображення моделі 2 виконується за такою програмою:

```
Plot3D[ 1.036 {11+{16 Exp[- x^2- y^2]}}, {x,-3,3}, {y,-3,3}, BoxRatios → {1,1,1.2}, PlotStyle → Opacity[.6], PlotRange → {6,32}, AxesLabel → {«H»,»f»,»U»} ]
```

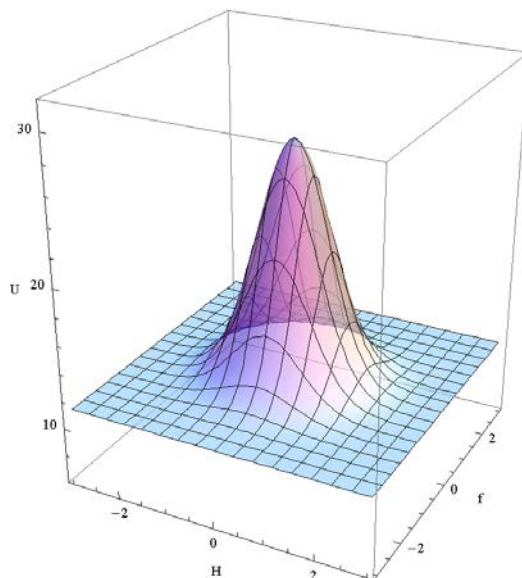


Рис. 3. Графічне зображення моделі 2 зв'язків «технологічна система – біологічний об'єкт» побудованої за виразом  $U_{\delta} = 1.036 \cdot (11 + 16e^{-H^2 - f^2})$  (теоретична модель)

7. Графічне зображення моделі 2 зв'язків «технологічна система – біологічний об'єкт» побудованої за виразом  $U_{\delta} = 1.036 \cdot (11 + 16e^{-H^2 - f^2})$  з нанесенням теоретичних (розрахункових) точок виконується за наступною програмою:

```
f=ListInterpolation[Table[11+16 Exp[- x^2- y^2], {x,-3,3,1.}, {y,-3,3,1.}], {{-3,3}, {-3,3}}]
InterpolatingFunction[{{-3.,3.}, {-3.,3.}}, <>] Show[{Plot3D[f[x,y], {x,-3,3}, {y,-3,3}, BoxRatios→{1,1,1.2} , PlotStyle→Opacity [.6], PlotRange→ {6,32}], Graphics3D
[{{Red,PointSize [0.03],Table[Point [{x,y,11+16 Exp[- x^2- y^2]}] , {x,-3,3,1.}, {y,-3,3,1.}}]}]]
```

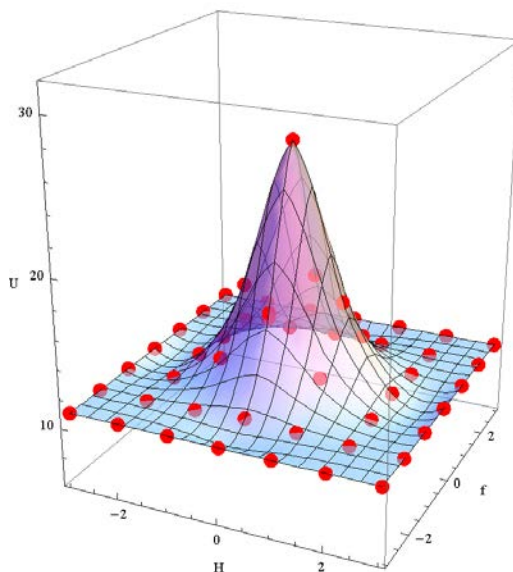


Рис. 4. Графічне зображення моделі 2 зв'язків «технологічна система – біологічний об'єкт» побудованої за виразом  $U_{\delta} = 1.036 \cdot (11 + 16e^{-H^2 - f^2})$  з нанесенням теоретичних (розрахункових) точок



8. Перевірка отриманої імітаційної моделі 2 на адекватність здійснюється за методикою нульової гіпотези  $H_0$  і виконується за наступною програмою:

```
Needs[«NonlinearRegression`»]  
Regress[{27,13.17,11.01,11},x,x,Weights→{27.9,13.9,11.4,11}]  
Estimate, SE, TStat, PValue},  
{ParameterTable→ 1 30.6909, 5.2313, 5.86678, 0.0278458},  
X -5.88108, 2.20274, -2.6699, 0.116313}  
RSquared→0.780902,AdjustedRSquared→0.671353,EstimatedVariance→401.89,  
DF, SumOfSq, MeanSq, FRatio, PValue},  
{Model, 1, 2864.81, 2864.81, 7.12834, 0.116313},  
ANOVATable {Error, 2, 803.78, 401.89},  
{Total, 3, 3668.59}
```

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

Табличне значення t-критерію Стюдента на 5%-вому рівні при числі степенів свободи для даного випадку  $\nu = 3$  становить  $t_{0.05}=3,18$ , а за результатами розрахунку  $t=7,128$ .

**Висновки.** Оскільки виконується умова  $t_{0.05}=3,18 \geq t=7,128$  імітаційна модель  $U_\rho = 1.036 \cdot (11 + 16e^{-H^2 - f^2})$  вважається адекватною із експериментальними даними.

#### 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.
2. Лукач В.С. Спосіб оцінки ефективності передпосівної обробки насіння. Деклараційний патент на корисну модель № 17411 А, Україна, МПК<sup>7</sup> А 01 С 1 / 00 / В. С. Лукач, В. Ф. Ярошенко, І.П. Радько, Л.А. Кушніренко. – К.: ДП УІВ, Опубл. 15.09.2006. Бюл. № 9. – 4 с.

*Статистический анализ результатов двофакторного эксперимента при исследовании энергетических характеристик «технологическая система – биологический объект» и построение имитационной модели.*

***Имитационная модель, предпосевное возделывание семян сельскохозяйственных культур, электромагнитное поле, параметры возделывания.***

*Statistical analysis of results of two-factors experiment at research of power descriptions of «the technological system is a biological object» and construction of simulation model.*

***Simulation model, preseed till of seed of agricultural cultures, electromagnetic field, parameters of till.***