

УДК 632.9:631.302

СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ЕКСПЕРИМЕНТУ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК "ТЕХНОЛОГІЧНА СИСТЕМА – БІОЛОГІЧНИЙ ОБ'ЄКТ"

В.С. Лукач, кандидат педагогічних наук,

А.Г. Кушніренко, кандидат технічних наук

*Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і
природокористування 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
сіськогосподарських культур, електромагнітне поле, параметри
обробітку.*

Процес передпосівного обробітку насіння сіськогосподарських 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. У лабораторії електрофізичних методів обробки сіськогосподарської 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".

Мета роботи – 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 100 г 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 – 678 А/м. В індукторі утворювали електромагнітне поле напруженістю 110 А/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 Matematika 6.

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 "}]

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:

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

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

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

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

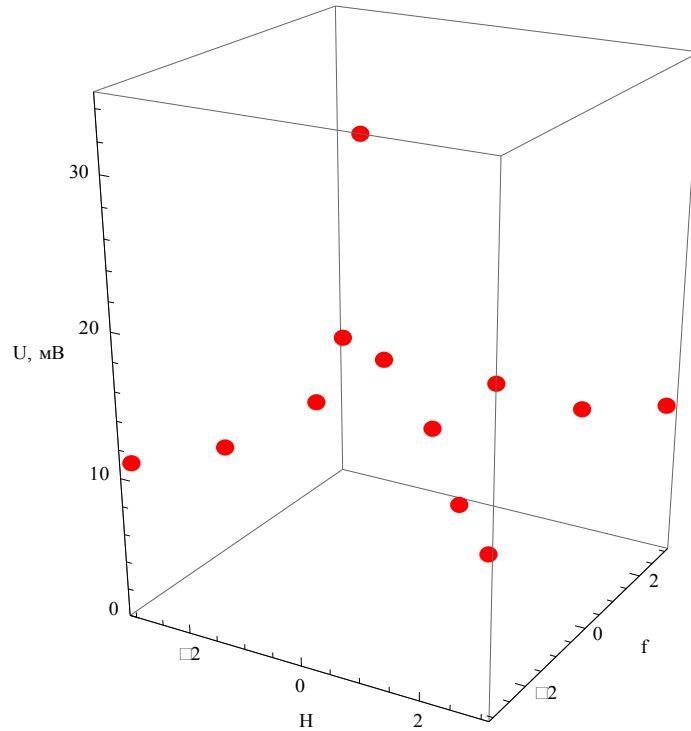


Рис. 1. Розташування експериментальних точок у вибраній системі координат

Результат отримано на мові програмування. Остаточний вигляд моделі:

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

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, " } ] .
```

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 " } ]
```

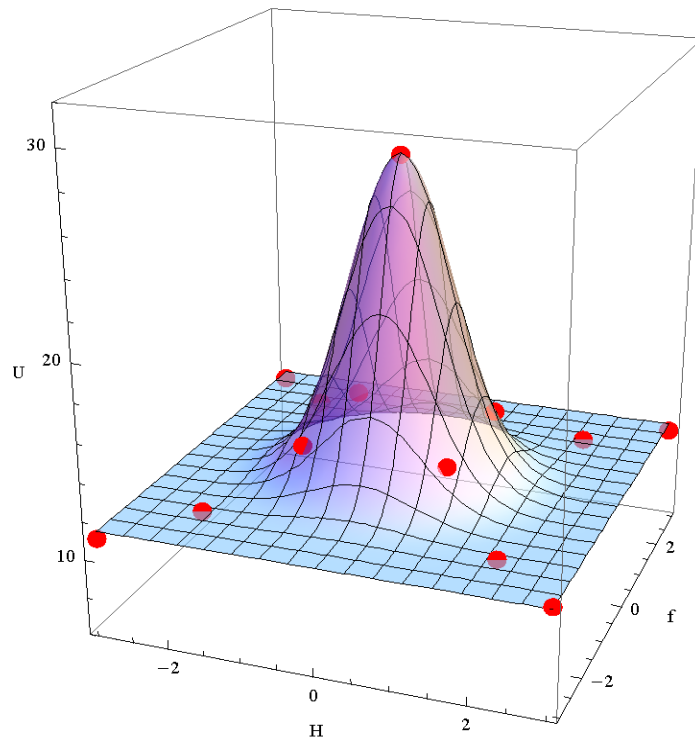


Рис. 2. Графічне зображення моделі зв'язків "технологічна система – біологічний об'єкт" побудованої по експериментальним точкам (експериментальна модель)

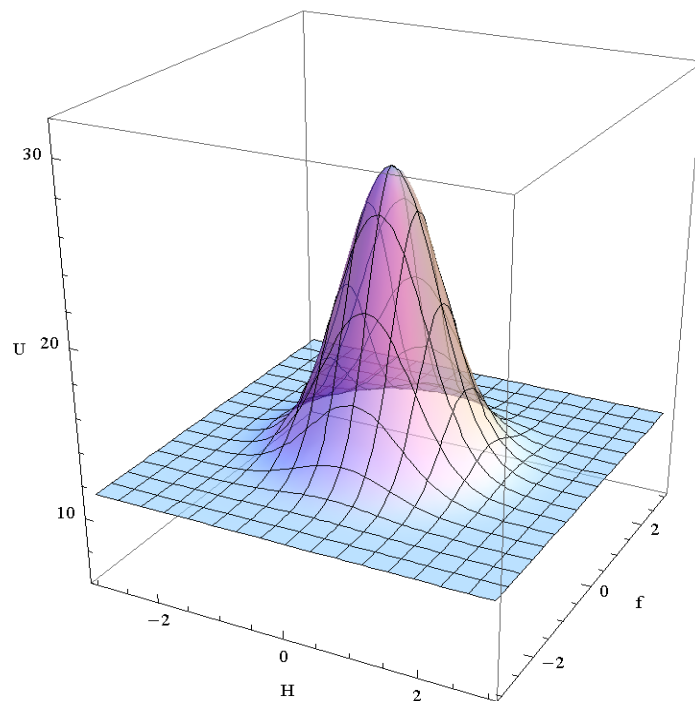


Рис. 3. Графічне зображення моделі 2 зв'язків "технологічна система – біологічний об'єкт" побудованої за виразом $U_o = 1.036 \cdot (11 + 16e^{-H^2 - f^2})$ (теоретична модель)

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.}]}]}].
```

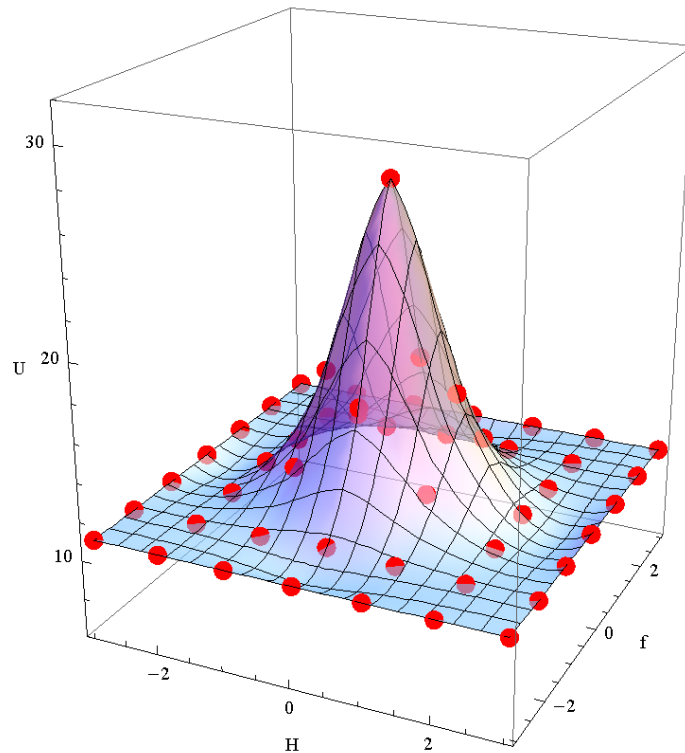


Рис. 4. Графічне зображення моделі 2 зв'язків “технологічна система – біологічний об'єкт” побудованої за виразом $U_{\delta} = 1.036 \cdot (11 + 16e^{-H^2 - f^2})$ з нанесенням теоретичних (розрахункових) точок

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},
```

ANOVA Table	{Model,	1,	2864.81,	2864.81,	7.12834,	0.116313},
	{Error,	2,	803.78,	401.89},		
	{Total,	3,	3668.59}.			

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

Табличне значення t-критерію Стьюдента 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 $U_o = 1.036 \cdot (11 + 16e^{-H^2 - f^2})$ 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, МПК⁷ 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, МПК⁷ 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.

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