

УДК 631.361.43: 664.788

## НОМОГРАМНИЙ МЕТОД АНАЛІЗУ РЕЗУЛЬТАТІВ БАГАТОФАКТОРНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ

Шпиганович Т.О., к.т.н,

Болтянський Б.В., к.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел.: +38 (0619) 42-13-06, 42-05-70

**Анотація** - роботу присвячено розробці номограмного методу аналізу результатів багатofакторного експерименту, який дає можливість побачити одночасно вплив на параметр оптимізації всіх змінних незалежних факторів, що беруть участь у рівнянні регресії.

**Ключові слова** – номограма, аналіз, результати, багатofакторний експеримент, параметр, вплив, оптимізація.

*Постановка проблеми.* При графічному методі аналізу рівняння регресії побачити одночасно вплив сполучення всіх змінних факторів, що беруть участь в експерименті, на параметр оптимізації, коли він перебуває в заданій області значень, не має можливості. Особливо, якщо факторів більше, ніж два. Тому при графічному методі аналізу рівняння регресії допускаються певні припущення [1].

Тому розробка й вдосконалення малоенергоємних і надійних методів аналізу результатів багатofакторного експерименту, які дають можливість побачити одночасно вплив на параметр оптимізації всіх змінних незалежних факторів, що беруть участь у рівнянні регресії, є актуальним і важливим завданням.

*Аналіз останніх досліджень.* Нині завдання визначення значень меж коливань незалежних змінних факторів, що забезпечують знаходження параметра оптимізації в заданій області, вирішують без урахування сукупного впливу парних сполучень факторів. Це значно ускладнює застосування на практиці отриманих результатів і їхнє корегування для заданого рівня параметра, що оптимізується.

Аналіз результатів останніх досліджень показує, що окремі питання, які характеризують ефективність обробки результатів багатofакторного експерименту, вивчені недостатньо, а саме, відсутня методика візуалізації й проведення аналізу одночасно взаємодіючих змінних факторів.

*Формулювання цілей статті.* Метою даної роботи є розробка номограмного методу аналізу результатів багатofакторного експерименту, представленого у вигляді рівняння регресії, що адекватно описує процес попередньої сепарації зерна.

*Основна частина.* Номограмний метод аналізу рівняння регресії дає можливість побачити одночасно вплив на параметр оптимізації всіх змінних незалежних факторів, що беруть участь у рівнянні регресії, тобто, як вони діють на реальний технологічний процес [2, 3].

Стає можливим визначення впливу зміни межі коливання кожного зі змінних факторів на величину параметра оптимізації. Використання номограмного методу аналізу дає можливість усвідомлено змінювати межі відхилення кожного з досліджуваних факторів у багатofакторному експерименті з урахуванням можливостей технологічної системи для одержання заданої області значень параметра оптимізації.

Запропонований нами номограмний метод аналізу результатів багатofакторного експерименту підвищує точність знаходження меж варіювання факторів в області оптимізації технологічного процесу. На рис. 1 показана схема побудови номограми для аналізу результатів трьохфакторного експерименту.

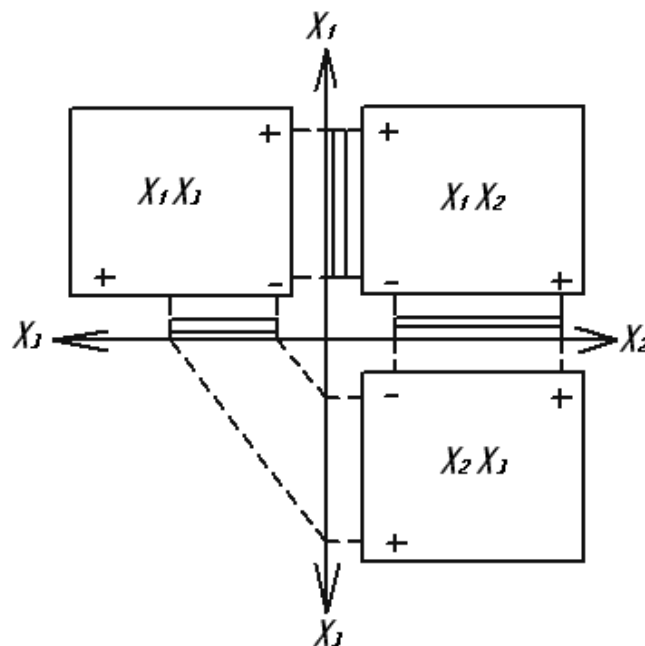


Рис. 1. Схема побудови номограми для аналізу результатів трьохфакторного експерименту.

На схемі головні ординати й абсциси виділені жирними лініями й на них відкладені розкодовані значення змінних факторів у натуральних одиницях вимірів. Квадратами в цих координатах позначені графічні зображення рішень рівняння регресії, які являють собою двовимірні перетини поверхні відгуку на горизонтальну

площину й залежно від сполучення двох змінних факторів, що діють у багатофакторному експерименті.

Для побудови номограми необхідно, щоб візуалізація приватних рівнянь регресії програмою «Maple» виконувалася в одному масштабі. Монтаж номограми необхідно вести з дотриманням кодових напрямків (+), і (-), а також сполученням кодованих факторних осей по вертикалі й горизонталі.

За допомогою комп'ютерної програми «Maple» і розробленої методики побудуємо номограму для аналізу й дослідження рівняння регресії (1) ефективності виділення зернівок  $\varepsilon$  (%) у щілинні отвори розподільного конуса дробарки прямого удару з попередньою сепарацією зерна, що отримано у результаті реалізації повного чотирьохфакторного експерименту.

$$Y = 92,2 + 7,65X_1 + 8,501X_2 + 2,68X_3 - 3,71X_4 - 4,22X_1X_3 - 6,07X_2X_3 - 0,12X_3X_4 - 6,62X_1^2 - 9,85X_2^2 - 5,36X_3^2. \quad (1)$$

Пристрій для попередньої сепарації зерна [3] складається з трьох брахистохронних сепаруючих поверхонь з щілинними отворами між ними та трьох конусів з таутохронними напрямними, які забезпечують спрямований рух зерна на прямий удар (рис. 2).

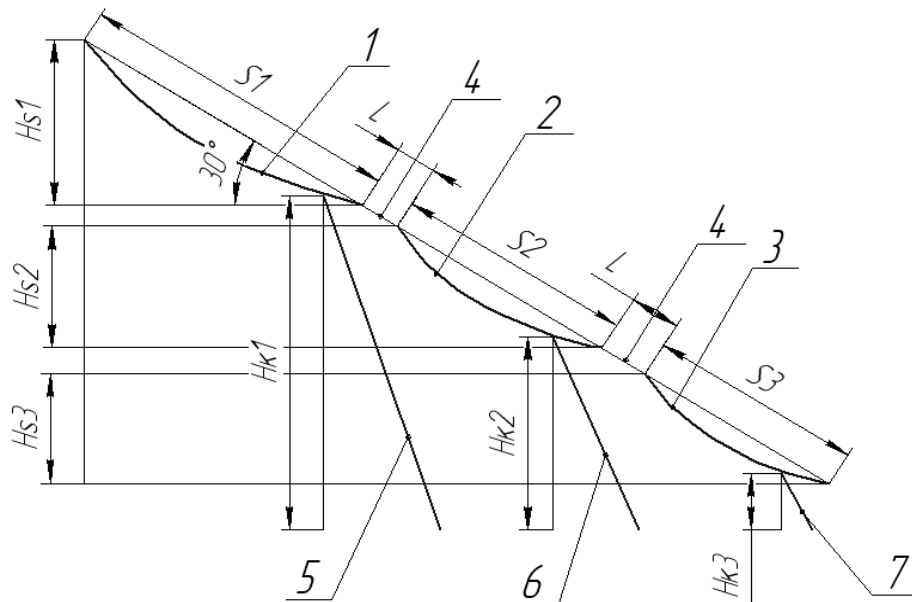


Рис. 2. Схема пристрою для попередньої сепарації зерна: 1, 2, 3 – відповідно перша, друга та третя брахистохронні сепаруючі поверхні довжиною  $S_1, S_2, S_3$ ; 4 - щілинні отвори; 5, 6, 7 - відповідно перший, другий та третій конус з таутохронними напрямними

висотою  $H_{K1}$ ,  $H_{K2}$ ,  $H_{K3}$ ;  $H_{S1}$ ,  $H_{S2}$ ,  $H_{S3}$  – відповідно перша, друга та третя висота брахистохронних сепаруючих поверхонь.

На рисунку 3 показана номограма для аналізу та визначення оптимальних параметрів факторів, що забезпечують ефективність виділення зернівок у щілинні отвори розподільного конуса дробарки не нижче 84%.

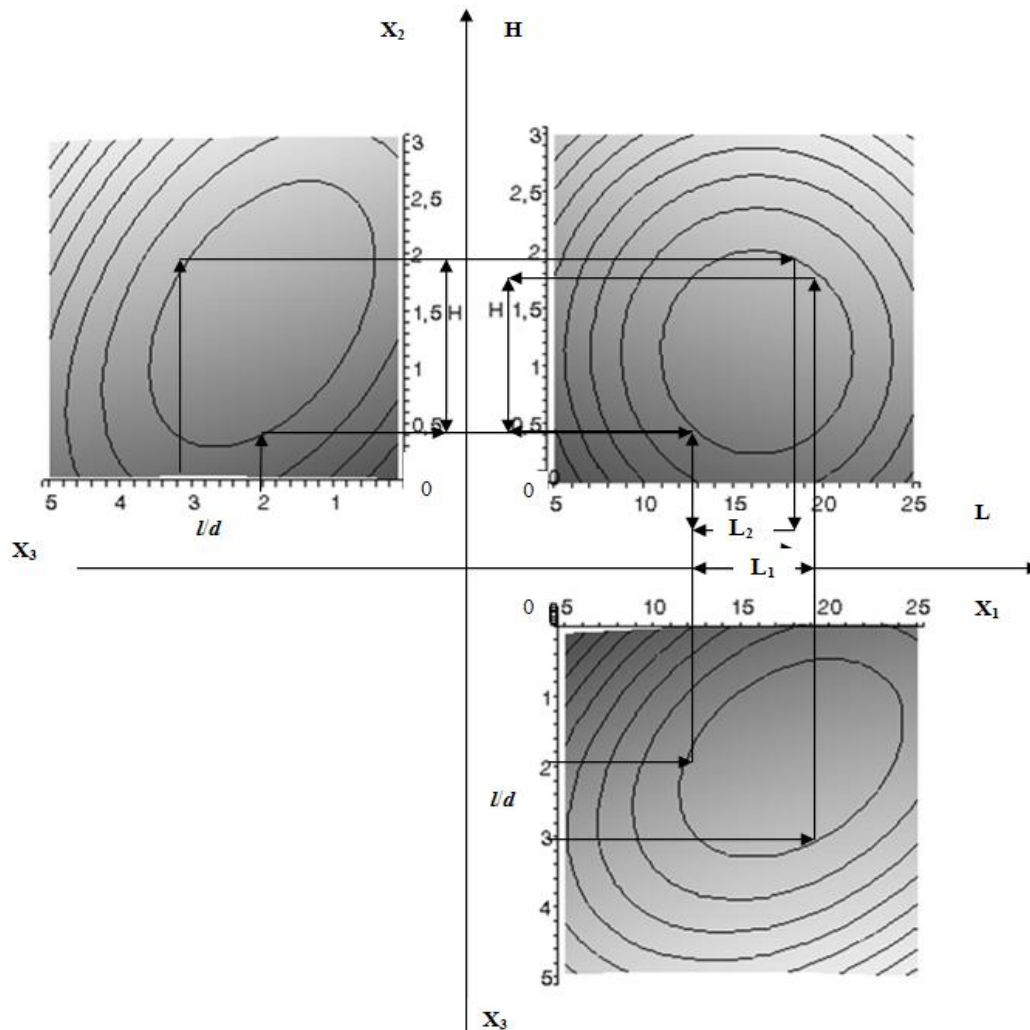


Рис. 3. Номограма для аналізу та визначення оптимальних параметрів факторів, що забезпечують ефективність виділення зернівок у щілинні отвори розподільного конуса дробарки не нижче 84%.

Стаavimo завдання визначити, при яких допустимих межах коливань змінних факторів (довжині щілини  $X_1 = L$ , мм; висоті щілини  $X_2 = H$ , мм; співвідношенні довжини та діаметру зернівки  $X_3 = l/d$  при критичній швидкості зернівки  $X_4 = v = 0,8$  м/с) багатofакторного експерименту параметр оптимізації (ефективність виділення зернівок у щілинні отвори розподільного конуса дробарки  $\varepsilon$ , %) не буде нижче

84 %. Завдання ставиться для умов виділення зернівок з  $l/d = 2...3$ , що відповідає еквівалентному радіусу  $r_e = 2,5...2,9$  мм. Завдання вирішуємо двома шляхами з наступним об'єднанням області оптимізації й інтервалів варіювання факторів.

Перший шлях. На осі ординат правого нижнього квадрата відкладаємо інтервал  $l/d = 2...3$  і проводимо горизонтальні лінії до перетину з контурною лінією в центрі двовимірних перетинів поверхні відгуку  $L-l/d$ .

Далі піднімаємося до перетину з віссю  $L$ , одержуємо інтервал варіювання  $L_1 = 12,8...19,7$  і точки перетину з контурною лінією в центрі двовимірних перетинів поверхні відгуку  $L-H$  (верхній правий квадрат). З отриманих точок проводимо горизонтальні лінії до перетину з віссю  $H$ , одержуємо інтервал варіювання  $H_1 = 0,43...1,79$  мм.

Другий шлях. На осі абсцис лівого верхнього квадрата відкладаємо інтервал  $l/d = 2...3$  і проводимо вертикальні лінії до перетинання з контурною лінією в центрі двовимірних перетинів поверхні відгуку  $H-l/d$ . Далі із точок перетинання проводимо горизонтальні лінії до перетинання з віссю  $H$ , одержуємо інтервал варіювання  $H_2 = 0,43...2,0$  мм. Далі аналогічно першому шляху одержуємо інтервал варіювання  $L_2 = 12,8...18,4$  мм.

Таким чином, поєднуючи отримані інтервали варіювання факторів, одержуємо, що для виділення зернівок з  $l/d = 2...3$ , що відповідає еквівалентному радіусу  $r_e = 2,5...2,9$  мм й довжині розгінної ділянки поверхні розподільного конусу  $S_0 = 0,1$  м з ефективністю 80...90% необхідно мати:  $L = 12...19$  мм та  $H = 0,4...2,0$  мм.

Відхилення теоретичних значень  $L$  та  $H$  від експериментальних у всьому діапазоні зміни параметрів знаходиться до 9%, що підтверджує адекватність отриманих даних.

*Висновки.* Розроблений номограмний метод аналізу дослідження результатів багатфакторного експерименту для визначення меж коливань незалежних змінних факторів забезпечує знаходження параметра оптимізації технологічної системи в заданій області значень із мінімальною похибкою.

#### Література.

1. *Джашеев К.А.-М.* Номограммный метод анализа результатов многофакторного эксперимента/ *К.А.-М Джашеев* // М.: Современные наукоемкие технологии, 2008. - №8. - С. 32 – 41.
2. *Шпиганович Т.О.* Вдосконалення процесу попередньої сепарації зерна в дробарці прямого удару: автореф. дис. на отримання наук.

ступ. канд. техн. наук: спец. 05.05.11./ *Т.О. Шпиганович.* – Сімферополь. – 2012. – 20с.

3. *Шпиганович Т.О.* Математичне моделювання сепарації зерна через щілинні отвори між розгінними ділянками розподільного конуса /*Т.О. Шпиганович* // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2011. - Вип.11, т.1. - С. 256-267.

## **НОМОГРАММНЫЙ МЕТОД АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ МНОГОФАКТОРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА**

Шпиганович Т.А., Болтянский Б.В.

### *Аннотация*

**Работа посвящена разработки номограммного метода анализа результатов многофакторного эксперимента, который дает возможность увидеть одновременно влияние на параметр оптимизации всех сменных независимых факторов, которые принимают участие в уравнении регрессии.**

## **NOMOGRAMMIC METHOD OF MULTIFACTOR EXPERIMENT RESULTS ANALYSIS**

T. Shpiganovich, B. Boltjanskij

### *Summary*

**The work is dedicated to working-out of the nomogrammic method of multifactorexperiment results analysis, which gives the possibility to watch simultaneously the influence on the parameter of optimization all the changeable independent factors, which are the parts of the regression equation.**