УДК 631.361.43: 664.788

ВИЗНАЧЕННЯ СУТТЄВИХ ФАКТОРІВ ПОДРІБНЕННЯ ЗЕРНА ДРОБАРКОЮ ПРЯМОГО УДАРУ З ВЕРТИКАЛЬНИМ РОТОРОМ

Гвоздєв О.В., к.т.н.
Ялпачик О.В., інженер
Таврійський державний агротехнологічний університет

Робота присвячена розробці алгоритму експертних процедур та методики визначення суттєвих факторів методом Дельфі процесу подрібнення зерна дробаркою прямого удару з вертикальним ротором.

***Ключові слова**: алгоритм, зерно, подрібнення, суттєві фактори, метод Дельфи.*

Постановка проблеми. У сучасних ринкових умовах сільськогосподарське виробництво орієнтоване на енерго та ресурсозбереження. Внаслідок цього постійно зростають вимоги до якості подрібнення, зниженню витрати енергії, металу.

На сьогоднішній день назріла необхідність створення нових видів подрібнювачів, більш простих у виготовленні, переважаючих за якісними та економічними показниками попередні зразки та принципово іншими технологічними процесами [1]. До процесу подрібнення зерна пред'являються досить жорсткі вимоги. Це пов'язано зі значними енерговитратами на процес подрібнення, великими об’ємами робіт і зоотехнічними вимогами до якості отриманих продуктів.

Тому створити нові види подрібнювачів можливо лише за допомогою наукових досліджень, складовою частиною яких є експерименти. Це один з основних способів одержання нових наукових знань. Більше 2/3 усіх трудових ресурсів науки затрачається на експерименти. Тому експеримент повинен бути проведений за можливістю в найкоротший термін з мінімальними витратами при найвищій якості отриманих результатів.

Аналіз останніх досліджень. В останні роки стали активно розроблятися прогнози розвитку техніки за перспективними інженерними проектами, на основі якісного й кількісного дослідження динаміки патентної інформації (за коефіцієнтами повноти винаходу й рівня техніки, за генеральними означальними таблицями, шляхом морфологічного аналізу, методом Дельфі). Такі прогнози дозволяють оцінювати інтенсивність зміни параметрів машин і обладнання з точним виявленням суттєвих факторів як на макрорівні (перехід на нові принципи дії, трансформація загального компонування й т.ін.), так і на мікрорівні (модернізація окремих елементів і вузлів) [2].

Максимальну ефективність процесу подрібнення зернового матеріалу в дробарці прямого удару з вертикальною віссю обертання можна досягти при

раціональних співвідношеннях конструктивних параметрів розробленої дробарки між собою, чого неможливо досягти при окремому вивченні їх впливу. З метою встановлення їх взаємного впливу необхідно застосувати методику математичного планування експерименту, задачею якої є одержання статистичної математичної моделі об'єкту досліджень у вигляді рівнянь регресії.

Побудова і дослідження статистичної математичної моделі зводиться до наступного:

- попереднє дослідження об'єкту;
- вибір критерію оптимізації, впливових чинників і побудова моделі;
- оцінка адекватності і відтворюваності одержаної математичної моделі;
- використання моделі для оптимізації досліджуваного процесу.

Найпоширенішими методами прогнозування та визначення факторів для проведення експерименту є: прогнозування за стандартними функціональними залежностями тимчасових рядів; метод найменших квадратів; метод експонентного згладжування; метод імовірнісного моделювання; метод адаптивного згладжування; прогнозування експертними методами (метод Дельфи); морфологічний аналіз [2, 3, 4].

Постановка завдання. Метою даної роботи є розробка алгоритму експертних процедур та методики визначення суттєвих факторів процесу подрібнення зерна дробаркою прямого удару з вертикальним ротором методом Дельфі.

Результати дослідження. Нами розроблений спосіб подрібнення зерна прямим ударом та дробарка прямого удару з вдосконаленою системою сепарування зерна та продуктів подрібнення [1]. Новизна технічного рішення захищена чотирма патентами України на винахід № 76556, №86897, №93312, № 95435 та чотирма деклараційними патентами на корисні моделі №61505А, №3304, №11099, №50426. Для проведення експерименту за визначенням ефективності процесу подрібнення зерна дробаркою прямого удару з вертикальним ротором необхідно вибрати суттєві фактори. Критерієм оптимізації було обрано модуль подрібнення зерна. Відбір факторів для проведення оптимізованих досліджень здійснювався на підставі попереднього огляду літературних джерел, теоретичного аналізу процесів подрібнення зерна, взаємодії його з робочими елементами і апріорного ранжування або так званого методу Дельфі [1, 4, 5].

Метод Дельфі є найпоширенішим серед евристичних методів прогнозування. У ньому використовуються процедури опитування експертів, статистична обробка результатів експертиз, і не потрібне проведення спеціального експерименту. При цьому передбачається, що реальне значення оцінюваного фактора (параметра) перебуває усередині діапазону значень, висловлених експертами, а «узагальнене», колективною думкою є більш достовірним.

Укрупнений алгоритм експертних процедур, що базуються на методі Дельфі, представлений на рисунку 1.

В експертну групу включаються фахівці, пов'язані із проектуванням, виготовленням і експлуатацією машин дослідного класу. Чисельність групи повинна становити 7...12 фахівців. Нами прийнято 8 фахівців.

Рис.1. Алгоритм експертних процедур, що базуються на методі Дельфі

Для проведення експертної оцінки групі з 8 фахівців були запропоновані анкети, у яких зазначені фактори, їхні розмірності і імовірні рівні варіювання (таблиця 1) [1, 4, 5].

Оцінювалися наступні фактори: X_1 - частота обертання ротора n, хв$^{-1}$; X_2 - швидкість падіння зернового матеріалу $\boldsymbol{v}$, м/с; X_3 - подача зернового матеріалу Q, кг/с; X_4 - висота падіння зернового матеріалу $\boldsymbol{H}$, мм; X_5 - кількість пальців ротора m, шт; X_6 - кут падіння зернового матеріалу $\boldsymbol{\alpha_n}$, град. Фахівці мали можливість призначити місце або ранг кожному факторові, а також доповнити анкети іншими, не включеними в розгляд факторами, або внести зміни в інтервали варіювання.

Експерти виставляють оцінки за 6-бальною системою. Оцінка в 6 балів дається найефективнішому з факторів; нижча оцінка дається найменш ефективному з факторів. Усього в анкетах за результатами експертної оцінки

виявилося 6 факторів, включених у матрицю рангів (алгоритм розрахунку коефіцієнта конкордації ***W***).

Таблиця1

Анкета експертної оцінки факторів, що впливають на ефективність процесу подрібнення зерна дробаркою прямого удару з вертикальним ротором, і результати опитування

Позначення	Фактори	Рівні варіювання		Фахівці							
		верхній	нижній	1	2	3	4	5	6	7	8
X_1	Частота обертан-ня ротора *n*, хв$^{-1}$	2500	1500	6	5	6	6	5	6	6	5
X_2	Швидкість падін-ня зернового матеріалу *v*, м/с	0,80	0,40	2	3	1	1	3	1	2	1
X_3	Подача зернового матеріалу Q, кг/с	0,28	0,17	3	4	4	5	4	5	5	4
X_4	Висота падіння зернового матері-алу *H*, м	0,3	0,1	4	2	3	3	2	3	3	3
X_5	Кількість пальців ротора *m*, шт	12	6	5	6	5	4	6	4	4	6
X_6	Кут падіння зер-нового матеріалу α_n, град.	90	60	1	1	2	2	1	2	1	2

Погодженість думок експертів перевіряється за допомогою коефіцієнта конкордації ***W*** за співвідношенням [2,3]

$$W = \frac{12S}{m^2(n^3 - n)}, \qquad (1)$$

де ***S*** - сума квадратів відхилень; ***m*** - число опитуваних фахівців; ***n*** - число факторів.

Сума квадратів відхилень обчислюється за формулою

$$S = \sum_{i=1}^{n}\left(\sum_{j=1}^{m} a_{ij} - L\right)^2, \qquad (2)$$

де a_{ij} - ранг ***i***-го фактора у ***j***-го фахівця; ***L***- середнє значення суми рангів за кожним фактором, яке рівне

$$L = \frac{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} a_{ij}}{n}. \qquad (3)$$

Коефіцієнт конкордації варіює у діапазоні від 0 до 1. Чим більша його величина, тим більша погодженість і невипадковість думок експертів.

Обчислення коефіцієнтів конкордації зручніше проводити, користуючись матрицею результатів оцінки у вигляді алгоритму (таблиця 2) [6].

$$L = \frac{168}{6} = 28;\ S = \sum_{i=1}^{n} \Delta_i^2 = 946;\ m^2 = 64;\ n^3 - n = 6^3 - 6 = 210,$$

$$W = \frac{12S}{m^2(n^3 - n)} = \frac{12 \cdot 946}{64 \cdot 210} = 0{,}845.$$

У результаті розрахунків отримане значення коефіцієнта конкордації $W = 0{,}845$, що свідчить про погодженість і невипадковість думок фахівців.

У результаті апріорного ранжирування методом Дельфі, згідно таблиці 2, перші 3 місця зайняли наступні фактори, що суттєво впливають на ефективність процесу подрібнення зерна дробаркою прямого удару з вертикальним ротором: частота обертання ротору *n,* хв$^{-1}$; подача зернового матеріалу Q, кг/с; кількість пальців ротора *m*, шт.

Таблиця 2

Матриця рангів - алгоритм визначення коефіцієнта конкордації експертної оцінки факторів, що впливають на ефективність процесу подрібнення зерна дробаркою прямого удару з вертикальним ротором

Фахівці	Фактори					
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
1	6	2	3	4	5	1
2	5	3	4	2	6	1
3	6	1	4	3	5	2
4	6	1	5	3	4	2
5	5	3	4	2	6	1
6	6	1	5	3	4	2
7	6	2	5	3	4	1
8	5	1	4	3	6	2
$\sum_{j=1}^{j=m} a_{ij}$	45	14	34	23	40	12
$\Delta_i = \sum_{j=1}^{j=m} a_{ij} - L$	17	-14	6	-5	12	-16
Δ_i^2	289	196	36	25	144	256

Висновки. Розроблений алгоритм експертних процедур та методика визначення суттєвих факторів, що впливають на ефективність процесу подрібнення зерна дробаркою прямого удару з вертикальним ротором, методом Дельфі показали, що на ефективність процесу подрібнення зерна дробаркою прямого удару з вертикальним ротором суттєво впливають наступні фактори: частота обертання ротора; подача зернового матеріалу та кількість пальців ротора, які дозволяють при рівній імовірності всіх рівнів кожного випадкового фактора проведення з достатньою точністю повнофакторного експерименту.

Список використаних джерел:

1. Гвоздєв О.В. Вдосконалення процесу подрібнення зерна./ О.В.Гвоздєв, Т.О. Шпиганович, О.В. Ялпачик.// Зб. наук. праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. 2011. №9. – С. 143 – 150.

2. Сухарев Э.А. Параметрическая оптимизация машин и оборудования: Учебное пособие / Э.А. Сухарев – Ровно: НУВХП, 2007. – 179 с.

3. Бабицкий Л.Ф. Основы научных исследований / Л.Ф. Бабицкий, М.В. Булгаков, Д.Г. Войтюк, В.И. Рябец – К.: НАУ, 1999. – 228 с.

4. Панфилов В.А. Научные основы развития технологических линий пищевых производств / В.А. Панфилов. – М.: Агропромиздат, 1986. – 245 с.

5. Адлер Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю.П. Адлер, В.В. Маркова, Ю.В. Грановский. – М.: Наука, 1971. – 283 с.

6. Мельников С.В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С.В. Мельников, В.Р. Алешкин, П.М. Рощин. – Л.: Колос, 1972. – 200 с.

Гвоздев А.В., Ялпачик Е.В. Определение существенных факторов измельчения зерна дробилкой прямого удара с вертикальным ротором

Работа посвящена разработке алгоритма экспертных процедур и методики определения существенных факторов методом Дельфи процесса измельчения зерна дробилкой прямого удара с вертикальным ротором.

Ключевые слова: алгоритм, зерно, измельчения, существенные факторы, метод Дельфи.

Gvozdev A.V., Yalpachik E.V. Determination of significant reduction factors grain direct hit vertical rotor

The work is devoted to the development of an algorithm expert procedures and methods for determining the essential factors of the Delphi Method of grain crushing mill direct blow to the vertical rotor.

Keywords: algorithm, grain milling, relevant factors, the method of Delphi.