

УДК 631.361.43: 664.788

## ВИЗНАЧЕННЯ СУТТЄВИХ ФАКТОРІВ ГРАВІТАЦІЙНОЇ СЕПАРАЦІЇ ЗЕРНА МЕТОДОМ ДЕЛЬФИ

Ялпачик Ф.Ю., к.т.н.,  
Шпиганович Т.О., інженер,  
Хомутіна Н.М., магістрант  
*Таврійський державний агротехнологічний університет*  
Тел. (0619) 42-13-06

**Анотація** - Робота присвячена розробці алгоритму експертних процедур та методики визначення суттєвих факторів процесу гравітаційної сепарації зерна методом Дельфи.

**Ключові слова** – алгоритм, зерно, сепарація, суттєві фактори, метод Дельфи.

*Постановка проблеми.* Найбільш важливою складовою частиною наукових досліджень є експерименти. Це один з основних способів одержання нових наукових знань. Більше 2/3 всіх трудових ресурсів науки затрачається на експерименти. Тому експеримент повинен бути проведений по можливості в найкоротший термін з мінімальними витратами при найвищій якості отриманих результатів.

*Аналіз останніх досліджень.* В останні роки стали активно розроблятися прогнози розвитку техніки по перспективних інженерних проектах, на основі якісного й кількісного дослідження динаміки патентної інформації (за коефіцієнтами повноти винаходу й рівня техніки, по генеральних означальних таблицях, шляхом морфологічного аналізу, методом Дельфи). 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) [1].

Найпоширенішими методами прогнозування та визначення факторів для проведення експерименту є: прогнозування по стандартних функціональних залежностях тимчасових рядів; метод найменших квадратів; метод експонентного згладжування; метод імовірнісного моделювання; метод адаптивного згладжування; прогнозування експертними методами (метод Дельфи); морфологічний аналіз [1, 2, 3].

*Постановка завдання.* Метою даної роботи є розробка алгоритму експертних процедур та методики визначення суттєвих факторів процесу гравітаційної сепарації зерна методом Дельфи.

*Основна частина.* Нами розроблений спосіб подрібнення зерна прямим ударом з попередньою його сепарацією, та дробарка прямого удару з вдосконаленою системою сепарування зерна та продуктів подрібнення, новизна технічного рішення яка захищена чотирма патентами України на винахід № 76556, №86897, №93312, № 95435 та чотирма деклараційними патентами на корисні моделі №61505А, №3304, №11099, №50426. Для проведення експерименту по визначенню ефективності виділення зернівок у щілинний отвір пристрою для попередньої сепарації зерна необхідно вибрати суттєві фактори. Відбір факторів для проведення оптимізованих досліджень здійснювався на підставі попереднього огляду літературних джерел, теоретичного аналізу процесів сепарації зерна, взаємодії його з робочими елементами сепараторів і апріорного ранжування або так званого методу Дельфи [1, 4, 5].

Метод Дельфи 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», колективна думка є більш достовірним.

Укрупнений алгоритм експертних процедур, що базуються на методі Дельфи, представлений на рис. 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.

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

Оцінювалися наступні фактори:  $X_1$  - довжина щілини  $L$ , мм;  $X_2$  - критична швидкість зернівки  $v$ , м/с;  $X_3$  - довжина розгінної ділянки  $S_0$ , мм;  $X_4$  - висота щілини  $H$ , мм;  $X_5$  - співвідношення довжини та діаметру зернівки,  $l/d$ ;  $X_6$  - кут ухилу кривої на початку руху зернівки,  $\alpha_n$ , град.;  $X_7$  - кут ухилу кривої наприкінці руху зернівки,  $\alpha_k$ , град.;  $X_8$  - коефіцієнт тертя,  $f$ .

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 по 8-бальній системі. Оцінка в 8 балів дається найефективнішому з факторів; нижча оцінка дається найменш ефективному з факторів.

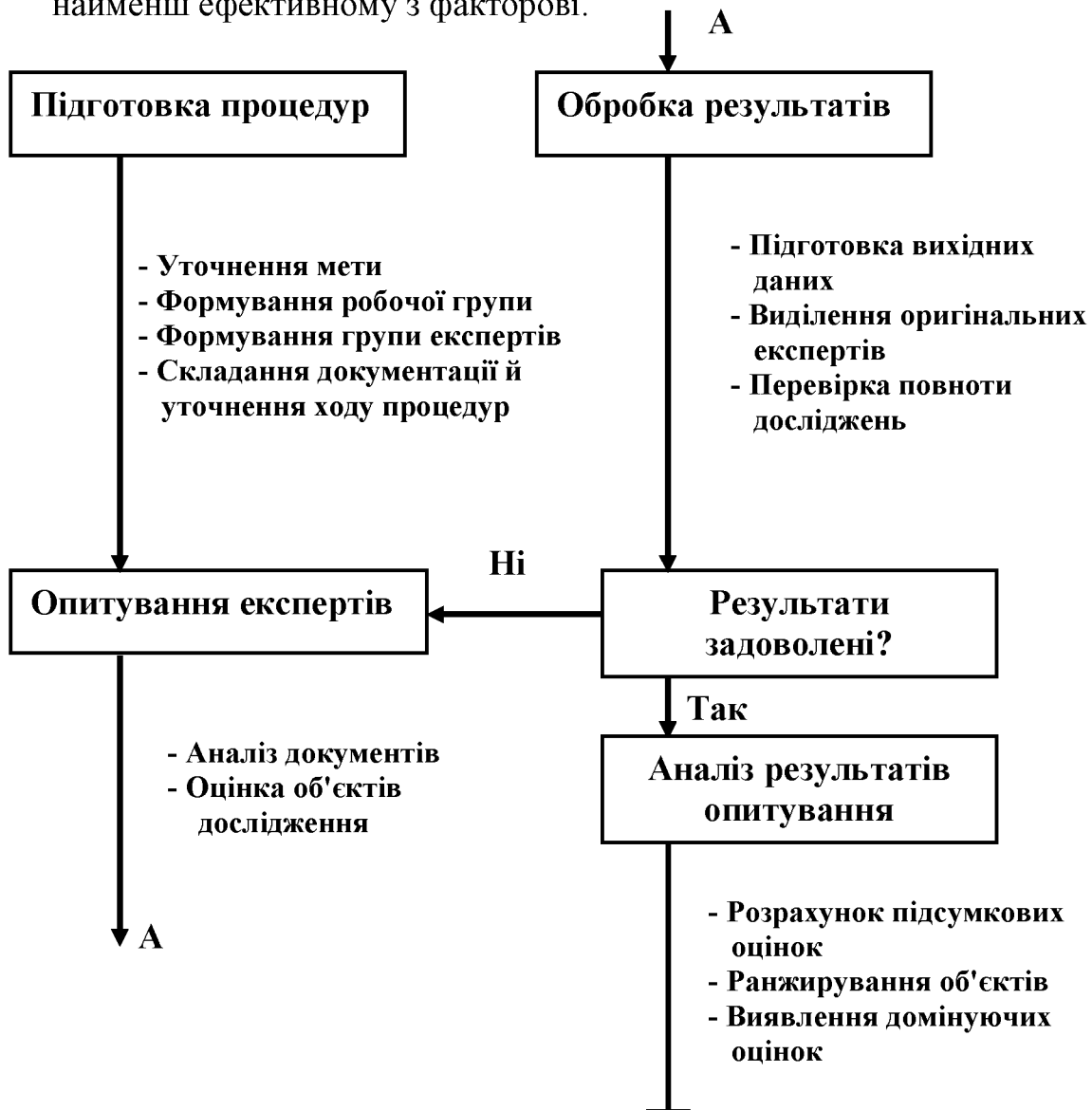


Рис.1. Алгоритм експертних процедур, що базуються на методі Дельфі.

Усього в анкетах за результатами експертної оцінки виявилося 8 факторів, включених у матрицю рангів (алгоритм розрахунку коефіцієнта конкордації  $W$ ).

Погодженість думок експертів перевіряється за допомогою коефіцієнта конкордації  $W$  по співвідношенню [1, 4, 5]

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

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

Таблиця 1 – Анкета експертної оцінки факторів, що впливають на ефективність виділення зернівок у щілинний отвір пристрою для попередньої сепарації зерна і результати опитування

Поз- на- чен- ня	Фактори	Рівні варіювання		Фахівці							
		верх- ній	ниж- ній	1	2	3	4	5	6	7	8
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
x <sub>1</sub>	Довжина щілини <i>L</i> , мм	20	10	7	8	8	7	8	8	8	7
x <sub>2</sub>	Критична швидкість зернівки <i>v</i> , м/с	0,80	0,40	5	7	7	5	4	6	5	5
x <sub>3</sub>	Довжина розгінної ділянки <i>S</i> <sub>0</sub> , мм	200	100	4	3	4	4	5	3	4	3
x <sub>4</sub>	Висота щілини <i>H</i> , мм	2,0	0	8	6	6	8	7	7	7	8
x <sub>5</sub>	Співвідношення довжини та діа- метру зернівки, <i>l/d</i>	3	1	6	5	5	6	6	5	6	6
x <sub>6</sub>	Кут ухилу кривої на початку руху зернівки, $\alpha_n$ , град.	80	60	2	1	2	2	1	2	3	2
x <sub>7</sub>	Кут ухилу кривої наприкінці руху зернівки, $\alpha_k$ , град.	40	20	3	4	3	1	3	4	2	4
x <sub>8</sub>	Коефіцієнт тертя, <i>f</i>	0,38	0,34	1	2	1	3	2	1	1	1

Сума квадратів відхилень обчислюється по формулі

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

де  $a_{ij}$  - ранг  $i$ -го фактора у  $j$ -го фахівця;

$L$ - середнє значення суми рангів по кожному фактору, яке рівне

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

Коефіцієнт конкордації варіює в діапазоні від 0 до 1. Чим більше його величина, тим більше погодженість і не випадкованість думок експертів.

Обчислення коефіцієнтів конкордації зручніше проводити, користуючись матрицею результатів оцінки у вигляді алгоритму (таблиця 2) [5].

Таблиця 2 - Матриця рангів - алгоритм визначення коефіцієнта конкордації експертної оцінки факторів ефективності виділення зернівок у щілинний отвір пристрою для попередньої сепарації зерна

Фахівці	Фактори							
	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	x <sub>4</sub>	x <sub>5</sub>	x <sub>6</sub>	x <sub>7</sub>	x <sub>8</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	7	5	4	8	6	2	3	1
2	8	7	3	6	5	1	4	2
3	8	7	4	6	5	2	3	1
4	7	5	4	8	6	2	1	3
5	8	4	5	7	6	1	3	2
6	8	6	3	7	5	2	4	1
7	8	5	4	7	6	3	2	1
8	7	5	3	8	6	2	4	1
$\sum_{j=1}^{j=m} a_{ij}$	61	44	30	57	45	15	24	12
$\Delta_i = \sum_{j=1}^{j=m} a_{ij} - L$	25	8	-6	21	9	-21	-12	-24
$\Delta_i^2$	625	64	36	441	81	441	144	576

$$L = \frac{288}{8} = 36; S = \sum_{i=1}^n \Delta_i^2 = 2048; m^2 = 64; n^3 - n = 8^3 - 8 = 504,$$

$$W = \frac{12S}{m^2(n^3 - n)} = \frac{12 \cdot 2048}{64 \cdot 504} = 0,896.$$

У результаті розрахунків отримане значення коефіцієнта конкордації  $W = 0,896$ , що свідчить про погодженість і не випадковість думок фахівців.

Після обчислення коефіцієнта конкордації визначали його значення за критерієм Пірсона  $\chi^2$ , тому що величина  $m(n - 1)W$  має  $\chi^2$  - розподіл із числом ступенів волі  $f = n - 1$ .

Розрахункове значення  $\chi^2$  - розподілу визначали по формулі.

З даних таблиці 4.2 знаходимо, що для 5 % - вого рівня значимості при  $f = 8 - 1 = 7$  ступенів волі величина [4]

$$\chi_{розр}^2 = \frac{12S}{m \cdot n(n+1)} = \frac{12 \cdot 2408}{8 \cdot 8 \cdot 9} = 50,17.$$

Відповідне табличне значення для  $f = 7$   $\chi_{табл}^2 = 14,067$  для 0,05 рівня значимості [4].

У такий спосіб маємо  $\chi_{табл}^2 = 14,067 < \chi_{розр}^2 = 50,17$ .

В результаті апіорного ранжирування методом Дельфи, згідно таблиці 2, перші 4 місця зайняли наступні фактори, що суттєво впливають на ефективності сепарування зерна крізь щілинні отвори розподільного конуса: довжина щілини  $L$ , мм; висота щілини  $H$ , мм; співвідношення довжини та діаметру зернівки  $l/d$  та критична швидкість зернівки  $v$ , м/с.

*Висновки.* Розроблений алгоритм експертних процедур та методика визначення суттєвих факторів процесу гравітаційної сепарації зерна методом Дельфи показали, що на ефективність сепарування зерна крізь щілинні отвори розподільного конуса суттєво впливають наступні фактори: довжина щілини; висота щілини; співвідношення довжини та діаметру зернівки та критична швидкість зернівки, які дозволяють при рівній імовірності всіх рівнів кожного випадкового фактора проведення з достатньою точністю повнофакторного експерименту.

Література:

1. Сухарев Э.А. Параметрическая оптимизация машин и оборудования: Учебное пособие / Э.А. Сухарев – Ровно: НУВХП, 2007. – 179 с.
2. Бабицкий Л.Ф. Основы научных исследований / Л.Ф. Бабицкий, М.В. Булгаков, Д.Г. Войтюк, В.И. Рябец – К.: НАУ, 1999. – 228 с.
3. Панфилов В.А. Научные основы развития технологических линий пищевых производств / В.А. Панфилов. – М.: Агропромиздат, 1986. – 245 с.

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

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

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ СУЩЕСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ ГРАВИТАЦИОННОЙ СЕПАРАЦИИ ЗЕРНА МЕТОДОМ ДЕЛЬФИ**

Ялпачик Ф.Е., Шпиганович Т.А., Хомутина Н.М.

*Аннотация* - работа посвящена разработки алгоритма экспертных процедур и методики определения существенных факторов процесса гравитационной сепарации зерна методом Дельфи.

## **DEFINITION OF ESSENTIAL FACTORS OF GRAVITATIONAL SEPARATION OF GRAIN METHOD DELFI**

F. Yalpachik, T. Shpiganovich, N. Homutina

### *Summary*

Work is devoted workings out of algorithm of expert procedures and a technique of definition of essential factors of process of gravitational separation of grain by a method of Delfi.