

І.В. ТАРАЙМОВИЧ

(Луцький національний технічний університет)

Про вплив параметрів вихідного матеріалу та сепаратора вороху льону на ефективність сепарації

The article reveals the influence of the initial materials primary parameters and flax-heap separator on the effectiveness of separation, while using the mathematical method of planning the experiment.

Значення параметрів вороху льону, отриманого за комбайнового способу збирання, мають значну розбіжність, внаслідок тривалості строків збирання льону-довгунця. При цьому склад вороху льону, його вологість і вміст плутанини залежать не лише від стиглості льону, а й стану льонозбиральної техніки та забур'яненості посівів.

Результати попередніх досліджень дають можливість дійти висновку, що ефективність сепарації визначається, насамперед, кількістю виділеного вороху насіння льону, за мінімальних енергетичних затрат на проведення даної операції й максимально виключивши пошкодження та втрати насіння. У такому випадку, завдяки раціонально проведеній сепарації вороху льону, отримаємо якісний посівний матеріал, який дасть змогу суттєво підвищити вихід високосортного довгого волокна [1, 2]. Тому певну доцільність можуть мати результати досліджень з визначення особливостей впливу параметрів вихідного матеріалу та сепаратора вороху льону на ефективність сепарації.

Аналіз попередніх досліджень процесу сепарації вороху льону засвідчив, що основний вплив на даний процес мають початкові параметри вороху льону (вологість та вміст плутанини) і сепаратора вороху льону (початкова висота шару вороху та співвідношення куткових швидкостей розтягувальних секцій сепаратора вороху льону) [3, 4]. Встановлені фактори стали визначальними у дослідженнях за математичного методу планування експерименту.

Основною метою такого дослідження, виконаного автором статті, була побудова математичної моделі, яка забезпечує виявлення оптимальних параметрів вихідного матеріалу та сепаратора вороху льону для раціонального проведення процесу сепарації. Параметром оптимізації під час проведення багатофакторного експерименту слугував показник Y , який враховує кількість виділених коробочок та вільного насіння льону. Фізичне значення вибраного параметра оптимізації полягає в тому, що чим більший вихід виділених коробочок та вільного насіння, тим раціональніше організовано процес.

У загальному вигляді математичну модель на основі чотирьох факторів можна подати таким виразом:

$$y = f(X_1; X_2; X_3; X_4), \quad (1)$$

де Y – кількість виділених коробочок та вільного насіння льону;

$X_1; X_2; X_3; X_4$ – відповідно, вологість вороху льону (%),

вміст плутанини у воросі льону (%), початкова висота шару вороху льону (см), співвідношення куткових швидкостей розтягувальних секцій сепаратора вороху льону.

Всі необхідні досліди виконано відповідно до матриці повного факторного експерименту формату 3^4 [5,6], яку наведено в табл.1.

Зв'язок між кодіваними і натуральними значеннями факторів встановлювався залежностями:

$$x_1 = \frac{W - W_0}{\epsilon_1}; \quad x_2 = \frac{Q - Q_0}{\epsilon_2}; \quad x_3 = \frac{H - H_0}{\epsilon_3}; \quad x_4 = \frac{k - k_0}{\epsilon_4}, \quad (2)$$

де W_0, Q_0, H_0, k_0 – значення факторів на основному рівні, відповідно вологості вороху льону, вмісту плутанини у воросі, початкової висоти шару вороху і співвідношень куткових швидкостей розтягувальних секцій сепаратора вороху льону;

$\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3, \epsilon_4$ – інтервал варіювання фактора.

ТАБЛИЦЯ 1 — Матриця планування чотирифакторного експерименту

Номер п/п	Основні фактори та їх співвідношення													
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_1X_2	X_1X_3	X_1X_4	X_2X_3	X_2X_4	X_3X_4	X_1^2	X_2^2	X_3^2	X_4^2
1	+1	+1	0	0	+1	0	0	0	0	0	+1	+1	0	0
2	-1	+1	0	0	-1	0	0	0	0	0	+1	+1	0	0
3	+1	-1	0	0	-1	0	0	0	0	0	+1	+1	0	0
4	-1	-1	0	0	+1	0	0	0	0	0	+1	+1	0	0
5	0	0	+1	+1	0	0	0	0	0	+1	0	0	+1	+1
6	0	0	-1	+1	0	0	0	0	0	-1	0	0	+1	+1
7	0	0	+1	-1	0	0	0	0	0	-1	0	0	+1	+1
8	0	0	-1	-1	0	0	0	0	0	+1	0	0	+1	+1
9	+1	0	0	+1	0	0	+1	0	0	0	+1	0	0	+1
10	-1	0	0	+1	0	0	-1	0	0	0	+1	0	0	+1
11	+1	0	0	-1	0	0	-1	0	0	0	+1	0	0	+1
12	-1	0	0	-1	0	0	+1	0	0	0	+1	0	0	+1
13	0	+1	+1	0	0	0	0	+1	0	0	0	+1	+1	0
14	0	-1	+1	0	0	0	0	-1	0	0	0	+1	+1	0
15	0	+1	-1	0	0	0	0	-1	0	0	0	+1	+1	0
16	0	-1	-1	0	0	0	0	+1	0	0	0	+1	+1	0
17	+1	0	+1	0	0	+1	0	0	0	0	+1	0	+1	0
18	-1	0	+1	0	0	-1	0	0	0	0	+1	0	+1	0
19	+1	0	-1	0	0	-1	0	0	0	0	+1	0	+1	0
20	-1	0	-1	0	0	+1	0	0	0	0	+1	0	+1	0
21	0	+1	0	+1	0	0	0	0	+1	0	0	+1	0	+1
22	0	-1	0	+1	0	0	0	0	-1	0	0	+1	0	+1
23	0	+1	0	-1	0	0	0	0	-1	0	0	+1	0	+1
24	0	-1	0	-1	0	0	0	0	+1	0	0	+1	0	+1
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Примітка. Знаком «+» визначено максимальне значення фактора (верхній рівень), знаком «-» – мінімальне (нижній рівень).

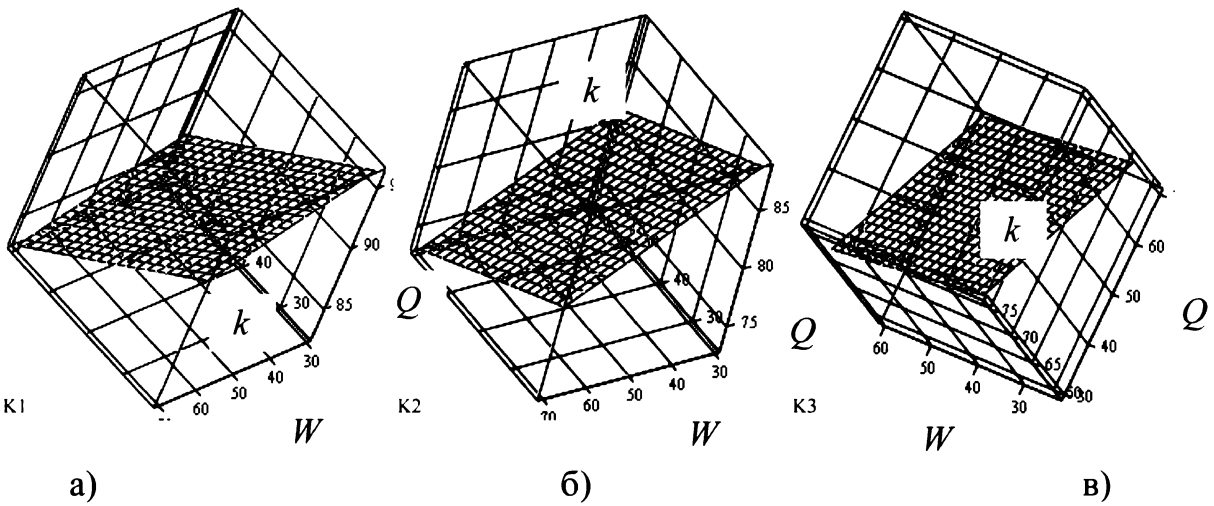


Рис. 1 – Поверхні відгуку виділеного вороху насіння із загальної маси вороху льону A , % залежно від вологості вороху льону W , %, вмісту плутанини Q , %, початкової висоти шару H , см та співвідношення кутових швидкостей розтягувальних секцій сепаратора вороху льону k : а) – $W=23\%$, $Q=30\%$; б) – $W=41,5\%$, $Q=50\%$; в) – $W=60\%$, $Q=70\%$

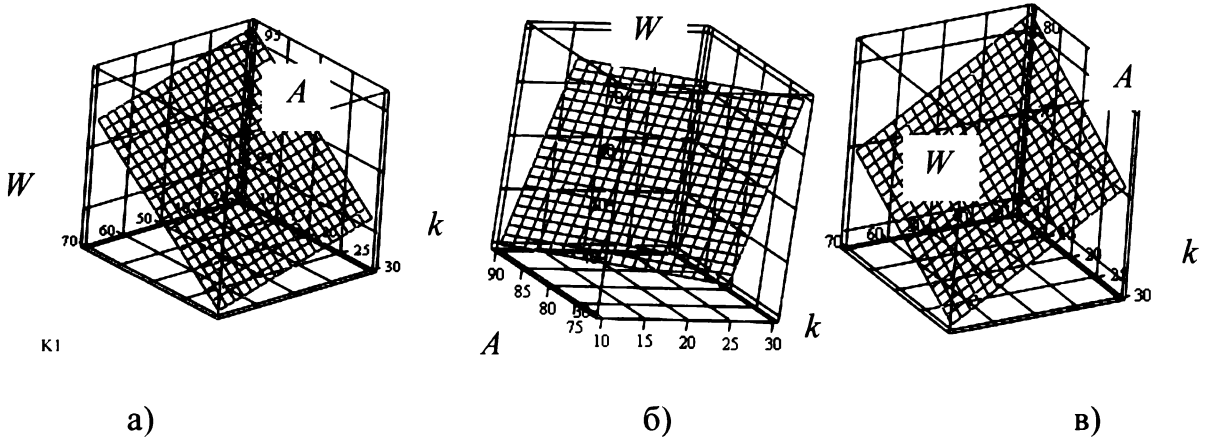


Рис. 2 – Поверхні відгуку виділеного вороху насіння із загальної маси вороху льону A , % залежно від вологості вороху льону W , %, вмісту плутанини Q , %, початкової висоти шару H , см та співвідношення кутових швидкостей розтягувальних секцій сепаратора вороху льону k : а) – $Q=30\%$, $H=10$ см; б) – $Q=50\%$, $H=20$ см; в) – $Q=70\%$, $H=30$ см

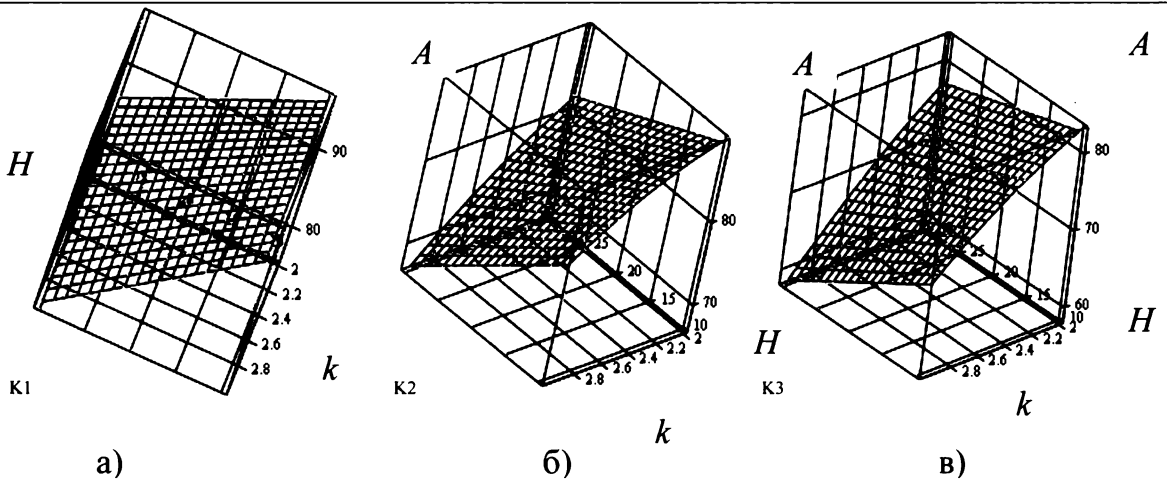


Рис. 3 – Поверхні відгуку виділеного вороху насіння із загальної маси вороху льону A , % залежно від вологості вороху льону W , %, вмісту плутанини Q , %, початкової висоти шару H , см та співвідношення кутових швидкостей розтягувальних секцій сепаратора вороху льону k : а) – $H=10$ см, $k=2,0$; б) – $H=20$ см, $k=2,5$; в) – $H=30$ см, $k=3,0$

Кодування натуральних значень факторів подано в табл. 2.

ТАБЛИЦЯ 2 — Кодування натуральних значень факторів

Рівні варіювання	Фактори			
	Вологість вороху льону, W, %	Вміст плутанини, Q, %	Висота шару матеріалу, H, см	Співвідношення куткових швидкостей розтягувальних секцій, k
	x_1	x_2	x_3	x_4
Верхній (+1)	60	70	30	3
Основний (0)	41,5	50	20	2,5
Нижній (-1)	23	30	10	2
Інтервал варіювання ϵ	18,5	20	10	0,5

Натуральні числові значення параметру оптимізації – в табл. 3.

ТАБЛИЦЯ 3 — Натуральні числові значення кількості виділених коробочок і вільного насіння

Номер п/п	Значення відсотку виділених коробочок та вільного насіння льону				
	поточні, Y			середні, $Y_{ср}$	прогнозовані, $Y_{вид}$
	Y_1	Y_2	Y_3		
1	70,8	72,5	71,1	71,467	73,219
2	81,14	80,8	81,1	81,013	80,382
3	81,3	82,1	80,6	81,333	81,422
4	92	89,9	90,91	90,937	95,04
5	67	67,65	67,95	67,533	67,359
6	80,55	81,1	81,9	81,183	80,758
7	82,1	82,9	83,1	82,7	81,825
8	89,95	91,1	90,9	90,65	89,524
9	70,9	71,05	69,8	70,583	70,476
10	78,25	77,5	78,1	77,95	77,64
11	83,2	83,85	82,5	83,183	82,093
12	89,9	90,55	91,05	90,5	89,256
13	71,5	72,1	72,5	72,033	71,526
14	80,75	82,55	81,5	81,6	79,729
15	81,5	81,9	80,6	81,333	82,075
16	88,20	87,95	90	88,717	90,279
17	72,15	74,15	73,5	73,267	73,225
18	75,55	76	74,9	75,483	78,03
19	82,65	83,5	84,5	83,55	81,416
20	89,75	91,55	90,15	90,483	90,938
21	67,6	68,55	69	68,383	67,811
22	78,2	79,55	79	78,917	80,306
23	82,85	83,1	81,95	82,633	83,719
24	85,85	83,9	84	84,583	87,330
25	80,4	80,9	79,8	80,367	80,902
26	81,5	81	81,25	81,25	80,902
27	80,95	81,3	81,15	81,15	80,902

Середні арифметичні значення параметра оптимізації, які наведено в табл. 3, розраховували за формулою:

$$y_{\text{до}} = \frac{\sum_{n=1}^m y_n}{m}, \quad (3)$$

де y_n – значення параметра оптимізації;
 n – кількість проведених дослідів ($n=27$);
 m – кількість повторностей в кожному досліді експерименту ($m=3$).

Прогнозовані значення параметра оптимізації розраховували за рівнянням регресії, яке можна подати таким виразом:

$$y = 81,024 - 3,498x_1 - 3,771x_2 - 5,019x_3 - 5,619x_4 - 1,346x_1x_3 - 1,046x_1x_4 - 1,904x_2x_4 - 1,262x_3x_4 + 0,494x_1^2 - 0,652x_2^2 - 0,915x_3^2, \quad (4)$$

де X_1 – кодоване значення вологості вороху льону;
 X_2 – кодоване значення вмісту плутанини у ворості льону;
 X_3 – кодоване значення висоти шару вороху льону;
 X_4 – кодоване значення співвідношення куткових швидкостей розтягувальних секцій сепаратора вороху льону.

Остаточне рівняння з факторами в натуральному вигляді:

$$y = 81,024 - 3,498 \cdot \frac{W - 41,5}{18,5} - 3,771 \cdot \frac{Q - 50}{20} - 5,019 \cdot \frac{H - 20}{10} - 5,619 \cdot \frac{k - 2,5}{0,5} + 1,346 \cdot \frac{(W - 41,5) \cdot (H - 20)}{185} - 1,904 \cdot \frac{(Q - 50) \cdot (k - 2,5)}{10} - 1,262 \cdot \frac{(H - 20) \cdot (k - 2,5)}{25} + 0,494 \cdot \frac{(W - 41,5)^2}{342,25} - \frac{(Q - 50)^2}{400} - 1,036 \cdot \frac{(k - 2,5)^2}{0,25} \quad (5)$$

Адекватність моделі (4) перевірено із застосуванням критерію Фішера, за методикою, викладеною в [5,6].

За рівнянням регресії (5), отриманим внаслідок експерименту на ЕОМ, побудовано графічні залежності (рис.1–3) для визначення динаміки процесу сепарації вороху льону.

Аналіз отриманих результатів свідчить, що всі розглянуті фактори справляють суттєвий вплив на процес виділення насіннєвих коробочок і вільного насіння льону з шару вороху льону.

ВИСНОВКИ

Застосування математичного методу планування експерименту дало можливість виявити вплив початкових параметрів вихідного матеріалу на ефективність сепарації та встановити оптимальні параметри робочого органу для розтягування сепаратора вороху льону.

Такий метод дає змогу виявити принципові можливості поліпшення якості виділення коробочок та вільного насіння з шару матеріалу на сепараторі вороху льону.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. І.В. Плющ. Аналіз факторів формування якості льноволокна. Сільськогосподарські машини. Зб. наук. ст., вип.12 – Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛДТУ. – 2004. – 212с., стор. 115...121.
2. Дідух В.Ф., Тараймович І.В. Технологічні особливості післязбирального обробітку льновороху. Вісник Харківського техн. університету сільськогосподарства ім. П. Василенка. Вип. 59 «Механізація сільськогосподарського виробництва», том 1. – Харків. – 2007. – 491с., стор.157–160.
3. І.В. Тараймович. Конструктивні особливості засобів сепарації вороху льону перед сушінням. Сільськогосподарські машини. Зб. наук. ст., вип. 16 – Луцьк: Ред. – вид. відділ ЛДТУ. – 2007. – 254с., стор. 155–159.
4. В.Ф.Дідух, І.В.Тараймович, І.М.Дударев. Обґрунтування технології первинної переробки льону-довгунца.//Науково-виробничий журнал «Легка промисловість», № 2(214) (квітень-червень), 2008. – С. 42.
5. Хайлис Г.А., Ковалев М.М. Исследования сельскохозяйственной техники и обработка опытных данных. – М.: Колос, 1994. – 169с.
6. Хайлис Г.А., Коновалюк Д.М. Основи проектування і дослідження сільськогосподарських машин: Навч. посібник – К.: НМКВУ, 1992. – 320с.