

ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ СЕПАРАТОРА З РЕГУЛЬОВАНИМ КУТОМ НАХИЛУ РЕШІТ НА ОЧИЩЕННІ НАСІННЄВИХ СУМІШЕЙ РІПАКУ

Бакум М.В. к.т.н, доц., Горбатовський О.М. асист.

*(Харківський національний технічний університет сільського
господарства імені Петра Василенка)*

Обґрунтовані параметри процесу розділення насіннєвих сумішей ріпаку на тихохідних коливних решітних станах зерноочисних машин з регульованим кутом нахилу решіт та визначені оптимальні режими їх роботи.

Постановка задачі. Ріпак – високоякісна олійна культура, яка характеризується багатогранними функціональними властивостями. Він високо цінується як кормова рослина за соковитість, високу перетравлюваність та малу кількість клітчатки (11-13%). Посіви ріпаку дають високі врожаї зеленої маси (до 90 т/га) і швидко відростають після скошування або спасування. Зелену масу ріпаку добре поїдають всі сільськогосподарські тварини. В 100 кг зеленої маси міститься 15,7 кормових одиниць поживних речовин.

Жмих та шрот, які отримують під час переробки насіння ріпаку на олію, є якісною складовою комбікормів. За кормовою цінністю жмих ріпаку прирівнюється до вівса, але перетравлюваного протеїну містить в 3 рази більше, ніж у останнього. Один кілограм шроту прирівнюється до 0,9 кормових одиниць за вмістом поживних речовин [1].

Однією з проблем, що стримує розширення посівів ріпаку, є відсутність високоякісного посівного матеріалу. Насіння цієї культури відноситься до дрібнонасіннєвих сумішей, параметри процесу очищення яких обґрунтовані ще не в повній мірі.

Метою досліджень є обґрунтування параметрів процесу сепарації насінневих сумішей ріпаку на тихохідних коливних решітних станах зерноочисних машин.

Результати досліджень. Аналіз виконаних досліджень показує, що на якість процесу сепарації насіння на решетах найбільш суттєво впливають: розміри отворів решіт, величина подачі вихідного матеріалу, частота коливань решітного стану та кут позовжнього нахилу решіт [1 – 3].

Форма і розміри отворів решіт залежать від розмірних характеристик основної культури і домішок, а варіюванням значень решітних факторів можна досягти максимального результату сепарації (максимального виходу W_{\max} очищеної фракції, мінімальних втрат B_{\min} основної культури у відходи, або мінімальної засміченості η_{\min} очищеної фракції).

Факторами для аналізу зміни показників розділення насінневих сумішей прийняті питома подача вихідного матеріалу Q , частота коливань решітного стану ω та кут позовжнього нахилу решіт $\alpha_{\text{позд}}$.

При визначенні впливу кожного з зазначених факторів на процес сепарації насінневої суміші ріпаку, та оптимального їх співвідношення використаний метод планування багатфакторного експерименту [4, 5].

Для опису поверхні області оптимуму результатів дії цих факторів було прийняте рототабельне центрально-композиційне планування Бокса для трьохфакторного експерименту другого рівня. В якості критеріїв оптимізації процесу очищення прийняті: вихід W очищеного матеріалу у сходову фракцію та засміченість η очищеної (сходової) фракції. Матриці планування експериментів, реалізовані для відповідних критеріїв ефективності у 3-кратній повторності, наведені у таблицях 1 – 2. При цьому розмір вибірки для випадкових величин η та W дорівнює $N=20$.

Позначення, наведені в таблицях 1 – 2, характеризують дійсні значення факторів, які аналізуються: $x_{1,д}$ – питому подачу вихідного матеріалу Q (кг/год·дм), $x_{2,д}$ – частоту коливань решітного стану ω (с⁻¹), $x_{3,д}$ – кут

поздовжнього нахилу решіт $\alpha_{\text{позд}}$ (град.) та відповідні кодовані значення – $x_{1,к}$, $x_{2,к}$, $x_{3,к}$.

Обробку даних виконували на ЕОМ з використанням математичних пакетів “Statistica-6.0” та “MathCAD-2001” за умов апроксимації відповідних критеріїв ефективності поліномом другого порядку в залежності від трьох зазначених факторів процесу сепарації.

Таблиця 1 – Реалізація плану-експерименту для визначення оптимальних значень параметрів роботи насіннеочисної машини СМ-0,15 з мінімальною засміченістю насіння ріпаку в очищеній (сходовій) фракції

№ п/п	Питома подача вихідного матеріалу Q		Частота коливань решітного стану ω		Кут поздовжнього нахилу $\alpha_{\text{позд}}$		Засміченість очищеної фракції η , %				
	$x_{1,д}$	$x_{1,к}$	$x_{2,д}$	$x_{2,к}$	$x_{3,д}$	$x_{3,к}$	Експериментальні значення				Теоретичні значення
							1	2	3	Середн є	
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	16,000	1,000	37,500	1,000	6,000	1,000	8,23	7,27	8,92	8,14	8,55
2	8,000	-1,000	37,500	1,000	6,000	1,000	9,23	7,52	8,03	8,26	8,37
3	16,000	1,000	27,500	-1,000	6,000	1,000	10,12	8,86	8,35	9,11	9,24
4	8,000	-1,000	27,500	-1,000	6,000	1,000	7,02	8,99	7,24	7,75	7,51
5	16,000	1,000	37,500	1,000	2,000	-1,000	9,22	8,17	7,27	8,22	8,69
6	8,000	-1,000	37,500	1,000	2,000	-1,000	8,37	6,79	7,82	7,66	7,76
7	16,000	1,000	27,500	-1,000	2,000	-1,000	10,44	8,26	8,96	9,22	9,35
8	8,000	-1,000	27,500	-1,000	2,000	-1,000	8,09	6,47	6,56	7,04	6,87
9	18,728	1,682	32,500	0,000	4,000	0,000	10,55	9,46	8,76	9,59	9,03
10	5,272	-1,682	32,500	0,000	4,000	0,000	7,36	6,71	5,61	6,56	6,79
11	12,000	0,000	40,910	1,682	4,000	0,000	9,95	8,92	8,04	8,97	8,44
12	12,000	0,000	24,090	-1,682	4,000	0,000	8,86	8,17	7,18	8,07	8,27
13	12,000	0,000	32,500	0,000	7,364	1,682	10,11	8,06	8,20	8,79	8,66
14	12,000	0,000	32,500	0,000	0,636	-1,682	9,43	7,54	8,35	8,44	8,24
15	12,000	0,000	32,500	0,000	4,000	0,000	8,68	6,93	6,83	7,48	7,38
16	12,000	0,000	32,500	0,000	4,000	0,000	8,11	6,81	7,37	7,43	7,38

17	12,000	0,000	32,500	0,000	4,000	0,000	8,21	6,79	6,84	7,28	7,38
18	12,000	0,000	32,500	0,000	4,000	0,000	7,98	6,62	7,45	7,35	7,38
19	12,000	0,000	32,500	0,000	4,000	0,000	8,26	7,02	6,53	7,27	7,38
20	12,000	0,000	32,500	0,000	4,000	0,000	8,51	7,16	6,56	7,41	7,38

Таблиця 2 – Реалізація плану-експерименту для визначення оптимальних значень параметрів роботи насінноочисної машини СМ-0,15 з максимальним виходом очищеного матеріалу ріпаку в очищену (сходову) фракцію

№ п/п	Питома подача вихідного матеріалу Q		Частота коливань решітного стану ω		Кут поздовжнього нахилу $\alpha_{позд}$		Вихід очищеного матеріалу у сходову фракцію W, %				
	X _{1,д}	X _{1,к}	X _{2,д}	X _{2,к}	X _{3,д}	X _{3,к}	Експериментальні значення				Теоретичні значення
							1	2	3	Середн ε	
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	16,000	1,000	37,500	1,000	6,000	1,000	91,53	92,17	93,41	92,37	92,41
2	8,000	-1,000	37,500	1,000	6,000	1,000	94,59	94,71	95,94	95,08	95,58
3	16,000	1,000	27,500	-1,000	6,000	1,000	93,56	94,98	95,59	94,71	94,57
4	8,000	-1,000	27,500	-1,000	6,000	1,000	92,08	93,25	93,97	93,10	93,26
5	16,000	1,000	37,500	1,000	2,000	-1,000	89,72	90,80	91,97	90,83	90,99
6	8,000	-1,000	37,500	1,000	2,000	-1,000	92,09	93,82	94,29	93,40	93,06
7	16,000	1,000	27,500	-1,000	2,000	-1,000	93,14	94,40	94,55	94,03	94,25
8	8,000	-1,000	27,500	-1,000	2,000	-1,000	91,06	92,04	92,78	91,96	91,84
9	18,728	1,682	32,500	0,000	4,000	0,000	92,03	92,92	93,57	92,84	91,90
10	5,272	-1,682	32,500	0,000	4,000	0,000	91,43	92,69	93,74	92,62	92,54
11	12,000	0,000	40,910	1,682	4,000	0,000	93,24	93,64	94,79	93,89	93,58
12	12,000	0,000	24,090	-1,682	4,000	0,000	93,31	94,75	95,47	94,51	94,36
13	12,000	0,000	32,500	0,000	7,364	1,682	94,26	95,33	95,62	95,07	94,65
14	12,000	0,000	32,500	0,000	0,636	-1,682	91,38	92,67	92,85	92,30	92,27
15	12,000	0,000	32,500	0,000	4,000	0,000	92,21	92,51	93,59	92,77	92,76
16	12,000	0,000	32,500	0,000	4,000	0,000	91,90	93,04	93,25	92,73	92,76
17	12,000	0,000	32,500	0,000	4,000	0,000	92,12	92,32	93,63	92,69	92,76
18	12,000	0,000	32,500	0,000	4,000	0,000	91,59	93,18	93,45	92,74	92,76

19	12,000	0,000	32,500	0,000	4,000	0,000	92,14	92,33	93,87	92,78	92,76
20	12,000	0,000	32,500	0,000	4,000	0,000	92,02	92,33	94,02	92,79	92,76

Результати розрахунків дозволили отримати рівняння регресії, що характеризують процес розділення насінневої суміші ріпаку на решетах з прямокутними отворами шириною 1,5 мм.

Рівняння регресії для визначення параметрів роботи насіннеочисної машини з мінімальною засміченістю очищеної фракції отримано у такому вигляді:

$$\eta = 7,379 + 0,665 \cdot x_{1,k} + 0,049 \cdot x_{2,k} + 0,125 \cdot x_{3,k} + 0,188 \cdot x_{1,k}^2 - 0,388 \cdot x_{1,k} \cdot x_{2,k} - 0,187 \cdot x_{1,k} \cdot x_{3,k} + 0,345 \cdot x_{2,k}^2 - 0,010 \cdot x_{2,k} \cdot x_{3,k} + 0,379 \cdot x_{3,k}^2, \quad (1)$$

де $x_{1,k}$, $x_{2,k}$, $x_{3,k}$ – фактори у кодованому вигляді.

Рівняння регресії щодо виходу очищеного матеріалу має вигляд:

$$W = 92,763 - 0,190 \cdot x_{1,k} - 0,232 \cdot x_{2,k} + 0,710 \cdot x_{3,k} - 0,192 \cdot x_{1,k}^2 - 1,120 \cdot x_{1,k} \cdot x_{2,k} - 0,275 \cdot x_{1,k} \cdot x_{3,k} + 0,428 \cdot x_{2,k}^2 + 0,275 \cdot x_{2,k} \cdot x_{3,k} + 0,246 \cdot x_{3,k}^2. \quad (2)$$

Коефіцієнт множинної кореляції для першого рівняння регресії дорівнює $R_k = 0,94713$, а для другого – $R_k = 0,97256$. При цьому коефіцієнт детермінації для першого рівняння – $R_k^2 = 89,705\%$, а для другого – $R_k^2 = 94,587\%$.

В таблицях 1 – 2 додатково наведені результати визначення середніх експериментальних значень критеріїв ефективності та відповідних теоретичних значень, обчислених за отриманими рівняннями регресії.

Необхідною передумовою статистичного аналізу рівнянь регресії є приналежність відповідної вихідної величини нормальному закону розподілу та однорідність дисперсій дослідів для них.

Відповідність гіпотези про нормальність закону розподілення критеріїв ефективності (вихідної величини) η та W , які є випадковими величинами, перевіряли методом порівняння критеріїв асиметрії та ексцесу (оскільки в даному випадку вибірка $N = 20 < 50$) за відповідними їх похибками [6].

За розрахунками, виконаними за допомогою математичного пакету “Statistica-6.0”, модуль асиметрії розподілу та ексцесу кожної випадкової величини менші за відповідні стандартні похибки (граничні значення середнього квадратичного відхилення S_{As} і S_{Ec}) асиметрії As та ексцесу Ec , тобто:

– для засміченості очищеної фракції:

$$\begin{aligned} |As| &= 0,336129 < 3 \cdot |S_{As}| = 0,512103 ; \\ |Ec| &= 0,707926 < 5 \cdot |S_{Ec}| = 0,992384 , \end{aligned} \quad (3)$$

– для виходу очищеної фракції W :

$$\begin{aligned} |As| &= 0,232361 < 3 \cdot |S_{As}| = 0,512103 ; \\ |Ec| &= 0,029197 < 5 \cdot |S_{Ec}| = 0,992384 . \end{aligned} \quad (4)$$

Тому розподіл випадкових величин для обох критеріїв ефективності (засміченості η та виходу W), визначених для очищеної фракції, вважається таким, що відповідає нормальному закону розподілення.

Перевірка однорідності дисперсій експериментів, за умови, що кількість спостережень (повторень) у кожному досліді є сталою величиною, виконували з використанням G -критерію Кохрена [4].

Як показали результати цієї перевірки, розрахункове значення критерію Кохрена для виходу W очищеного матеріалу становить $G_{\text{розр}} = 0,068$, а для засміченості насіння ріпаку в сходовій фракції – $G_{\text{розр}} = 0,077$. Згідно довідникових даних [4], для достовірної імовірності $p = 0,95$ (рівень значущості $q = 0,05$), кількості незалежних значень дисперсій $N = 20$ шт. та степені вільності вибірки експериментальних даних $f_N = 2$, табличне (граничне) значення критерію Кохрена становить $G_{\text{табл}} = 0,270$. Оскільки, $G_{\text{розр}} = 0,068 < G_{\text{табл}} = 0,270$ та $G_{\text{розр}} = 0,077 < G_{\text{табл}} = 0,270$, то однорідність дисперсій для зазначених випадкових величин забезпечується, тобто різниця між значеннями спостережень перебуває в межах необхідної точності досліду і не перевищує 5%.

Отримані нерівності також засвідчують можливість повторного відтворення результатів дослідів і, як наслідок цього, отримання аналогічних рівнянь регресії, що обумовлюється другою перевіркою статистичного аналізу.

Перевірка значущості коефіцієнтів рівняння регресії виконувалась з використанням критерію Ст'юдента [5, 6].

Результати перевірки засвідчують, що при довірчій імовірності $p = 0,95$, жодне зі значень коефіцієнтів рівняння регресії (2), яке визначає вихід очищеного матеріалу у сходову фракцію, не виходить за межі відповідних допустимих довірчих інтервалів та граничних значень рівнів значущості, а тому всі десять коефіцієнтів цього рівняння є значущими. В рівнянні регресії (1), яке характеризує засміченість очищеної фракції, абсолютне значення коефіцієнту, що визначає величину взаємодії частоти коливань решітного стану та кута поздовжнього нахилу решета, наведеного у кодованому вигляді, становить $|a_{к,23}| = 0,010$. За умов, коли рівень значущості q змінюється в межах від 0,05 до 0,10, абсолютне значення довірчого інтервалу, який враховує похибку вимірів засміченості матеріалу у сходовій фракції, що дорівнює $SE = 0,128032$, для цього коефіцієнту, перевищує відповідне граничне значення. Тому даний коефіцієнт вважається незначущим, і його можна не враховувати під час обчислень зазначеного критерію ефективності. Решта коефіцієнтів рівняння регресії (1) залежності засміченості η від трьох факторів – Q , ω та $\alpha_{позд}$ не перевищують граничних значень величини достовірності q , які встановлені на рівні 5%, тобто вони є значущими.

Враховуючи співвідношення між дійсними та кодованими значеннями факторів [7]:

$$x_{1,к} = \frac{Q - 12,0}{4,0}; \quad x_{2,к} = \frac{\omega - 32,5}{5,0}; \quad x_{3,к} = \frac{\alpha_{позд} - 4,0}{2,0}, \quad (5)$$

та результати попередньої перевірки на значущість коефіцієнтів, рівняння регресії (1) та (2) запишемо у декодованому вигляді:

$$\eta = -21,662 + 0,891 \cdot Q + 0,243 \cdot \omega + 0,344 \cdot \alpha_{\text{позд}} + 0,012 \cdot Q^2 - 0,019 \cdot Q \cdot \omega - 0,023 \cdot Q \cdot \alpha_{\text{позд}} + 0,014 \cdot \omega^2 + 0,095 \cdot \alpha_{\text{позд}}^2; \quad (6)$$

$$W = 56,167 + 1,910 \cdot Q + 0,516 \cdot \omega - 0,126 \cdot \alpha_{\text{позд}} - 0,012 \cdot Q^2 - 0,056 \cdot Q \cdot \omega - 0,034 \cdot Q \cdot \alpha_{\text{позд}} + 0,017 \cdot \omega^2 + 0,028 \cdot \omega \cdot \alpha_{\text{позд}} + 0,062 \cdot \alpha_{\text{позд}}^2, \quad (7)$$

де Q – питома подача вихідного матеріалу, кг/год·дм;

ω – частота коливань решітного стану, с⁻¹;

$\alpha_{\text{позд}}$ – кут поздовжнього нахилу решіт, град.

Адекватність одержаних рівнянь регресії перевіряли за допомогою F -критерію Фішера [5 – 7]. Результати перевірки зведені у таблицю 3.

На підставі обробки результатів вимірів та обчислень, встановлено, що з 95%-ною імовірністю нульова гіпотеза про невідповідність теоретичних залежностей результатам експериментальних досліджень відхиляється, тобто адекватність опису рівняннями (5, 6) результатів вимірів забезпечується, оскільки: для засміченості очищеної фракції: $F_{\text{розр}} = 2,371 < F_{\text{табл}} = 2,531$, а для виходу очищеної фракції $W - F_{\text{розр}} = 2,135 < F_{\text{табл}} = 2,661$.

За допомогою градієнтного методу [6] визначені оптимальні параметри режиму роботи решітної насіннеочисної машини при очищенні насіння ріпаку з найменшою засміченістю η_{min} та найбільшим виходом очищеного матеріалу W_{max} в сходову фракцію.

При цьому, для досягнення найбільшого виходу очищеної фракції з насінневої суміші ріпаку на решетах з прямокутними отворами шириною 1,5 мм, необхідно встановити: питому подачу вихідного матеріалу – $Q = 19,62$ кг/год·дм; частоту коливань решітного стану $\omega = 22,50$ с⁻¹; кут поздовжнього нахилу решіт $\alpha_{\text{позд}} = 2,07^{\circ}$. За таких значень параметрів, критерії ефективності становлять: вихід очищеної фракції $W = 98,73\%$, а засміченість – $\eta = 12,65\%$.

Оптимальними параметрами для досягнення мінімальної засміченості очищеного матеріалу з насінневої суміші ріпаку на решетах з прямокутними отворами шириною 1,5 мм є: $Q = 4,0$ кг/год·дм; $\omega = 26,48$ с⁻¹; $\alpha_{\text{позд}} = 2,65^{\circ}$. При цьому, вихід $W = 90,06\%$, а засміченість – $\eta = 6,14\%$.

Таблиця 3 – Результати перевірки адекватності рівнянь регресії з визначення засміченості та виходу очищеного матеріалу у сходову фракцію

№ п/п	Критерій ефективності	Дисперсія			Кіль-ть дослідів N	Кіль-ть повторів для кожного досліді m_s	коефіцієнтів рівняння регресії b_{reg}	Число степенів вільності			F -критерій Фішера	
		відновлення	адекватності рівняння	Достовірна імовірність p				дисперсії відновлення	дисперсії адекватності f_{an}	Табличне	Розрахункове	
1	Засміченість очищеної фракції η у сході	0,691	0,292	0,95	20	3	9	40	11	2,531	2,371	
2	Вихід очищеної фракції W у схід	0,987	0,462	0,95	20	3	10	40	10	2,661	2,135	

При визначенні найбільшого виходу очищеної фракції за умов мінімальної її засміченості оптимальними параметрами є: $Q = 4,0$ кг/год·дм; $\omega = 37,50$ с⁻¹; $\alpha_{\text{позд}} = 4,0^0$. При цьому, вихід очищеного матеріалу становить $W = 94,81\%$, а засміченість – $\eta = 7,97\%$.

Отримані результати підтверджуються двомірними графіками перерізів критеріїв ефективності при фіксованих значеннях окремих параметрів, наведеними на рисунках 1 і 2.

Рівняння регресії (5 та 6) можуть бути використані для визначення виходу очищеної фракції W та її засміченості η в залежності від питомої подачі вихідного матеріалу Q , частоти коливань решітного стану ω та кута позовжнього нахилу $\alpha_{\text{позд}}$ решета з прямокутними отворами шириною 1,5 мм у наступному діапазоні: $4,0 \leq Q \leq 20,0$ (кг/год·дм); $22,50 \leq \omega \leq 42,50$ (с⁻¹) та $0,0 \leq \alpha_{\text{позд}} \leq 8,0^0$.

На рисунках 3 – 5 наведені графіки поверхні відгуку та ліній рівнів для виходу очищеної фракції W від зміни факторів – Q , ω та $\alpha_{\text{позд}}$. Аналіз наведених графічних залежностей вказує на тісний функціональний зв'язок, що існує між зазначеними факторами та критерієм W .

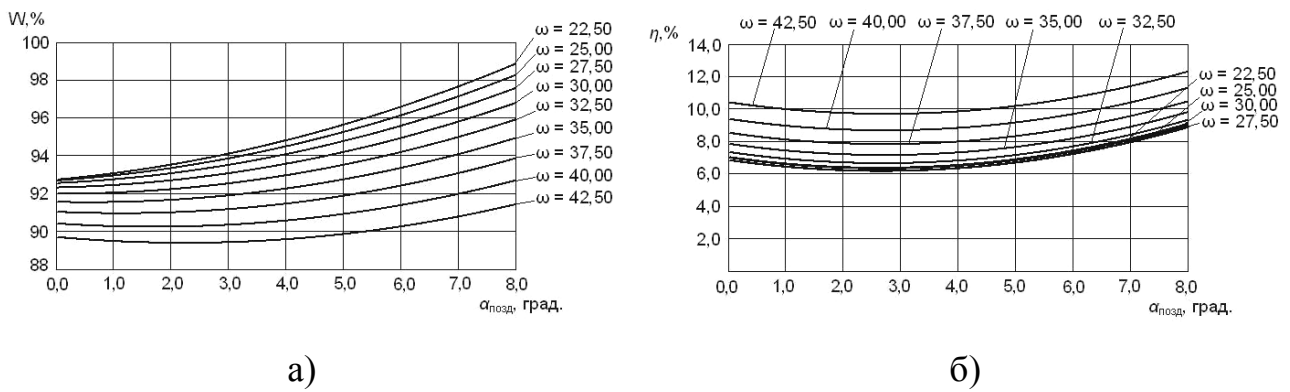


Рисунок 1 – Графіки впливу кута поздовжнього нахилу решета $\alpha_{\text{позд}}$ та двомірних перерізів частоти коливань решітного стану ω за умов фіксованого значення питомої подачі вихідної суміші $Q = 4,0$ кг/год·дм на: а – вихід очищеного матеріалу W у сходову фракцію; б – засміченість η очищеної фракції

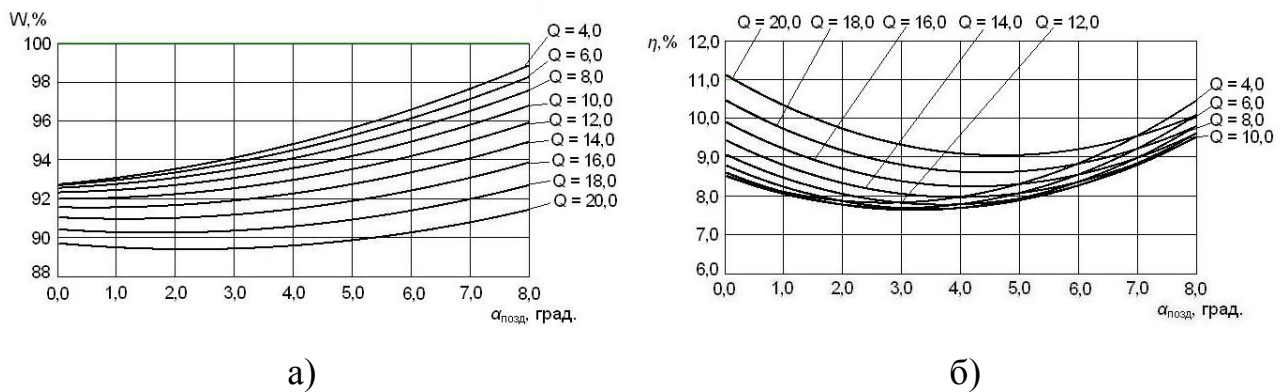


Рис. 2 – Графіки впливу кута поздовжнього нахилу решета $\alpha_{\text{позд}}$ та двомірних перерізів питомої подачі вихідної суміші Q за умов фіксованого значення частоти коливань решітного стану $\omega = 37,5$ с⁻¹ на: а – вихід очищеного матеріалу W у сходову фракцію; б – засміченість η очищеної фракції

При цьому, як бачимо з рис. 3, одночасне збільшення питомої подачі Q та частоти коливань ω , за умов фіксування значення кута нахилу решіт $\alpha_{\text{позд}}$ на мінімальному рівні ($\alpha_{\text{позд}} = 0,0^0$), підвищує вихід очищеної фракції на початковому етапі до середніх значень їх діапазонів, в яких знаходяться їх оптимальні співвідношення. Це пояснюється тим, що при цих параметрах погіршуються умови для просівання часточок матеріалу крізь решето, внаслідок чого вміст сходової фракції зростає. Подальше одночасне збільшення цих факторів сприяє зниженню виходу очищеного матеріалу у сходову

фракцію, причому це зменшення відбувається більш інтенсивно, ніж зростання на початковому етапі.

Відповідно до рис. 3, підвищення виходу очищеної фракції можна досягти збільшенням значень питомої подачі Q та зменшенням частоти коливань решітного стану ω або навпаки, але при цьому суттєво зростає засміченість η очищеного матеріалу в сходовій фракції, що обмежує можливість якісного очищення матеріалу при найбільшому виході W .

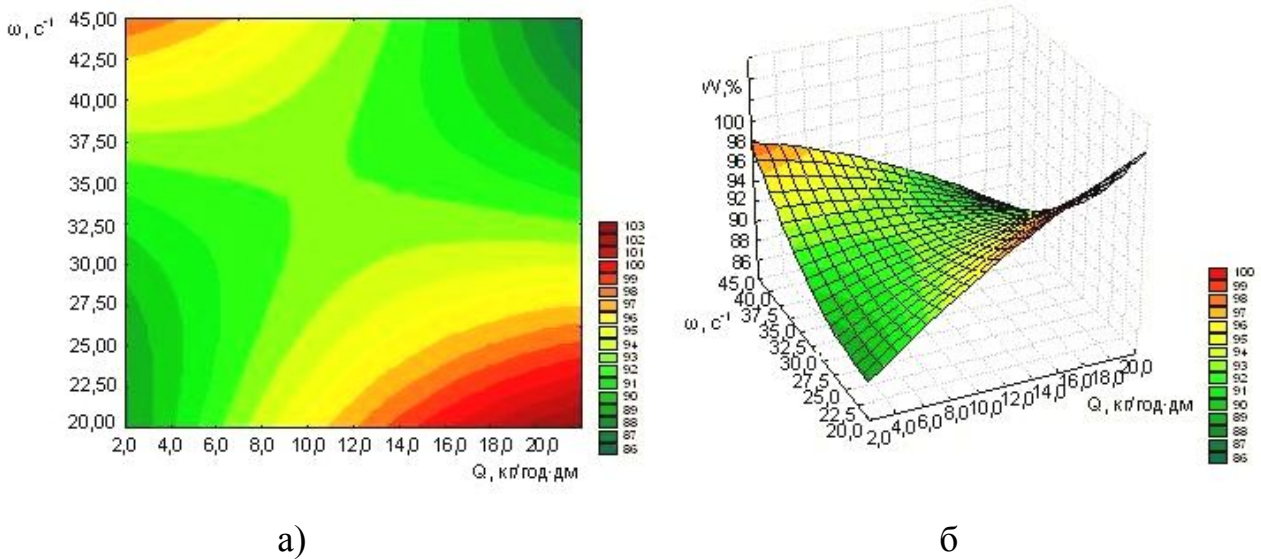


Рис. 3 – Графіки залежності виходу очищеного матеріалу W у сходову фракцію від питомої подачі вихідної суміші Q та частоти коливань решітного стану ω за умов фіксування значення кута поздовжнього нахилу решета $\alpha_{\text{позд}}$ на рівні $0,0^{\circ}$: а – лінії рівнів критерію ефективності W ; б – поверхня відгуку критерію ефективності W

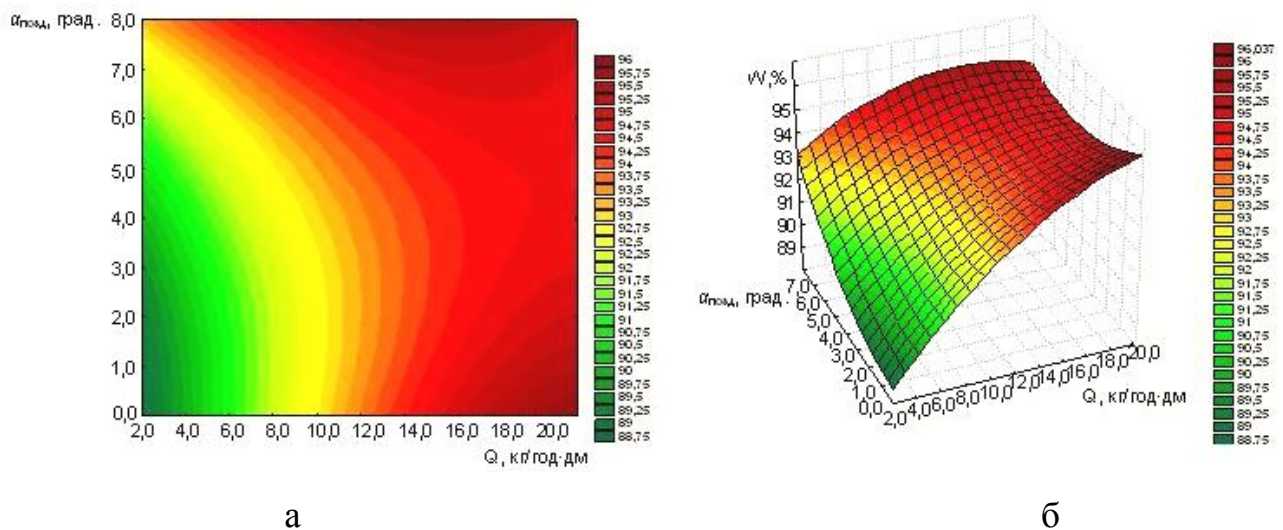


Рис. 4 – Графіки залежності виходу очищеного матеріалу W у сходову фракцію від питомої подачі вихідної суміші Q та кута поздовжнього нахилу решета $\alpha_{\text{позд}}$ за умов фіксованого значення частоти коливань решітного стану ω на рівні $27,5 \text{ c}^{-1}$: а – лінії рівнів критерію ефективності W ; б – поверхня відгуку критерію ефективності W

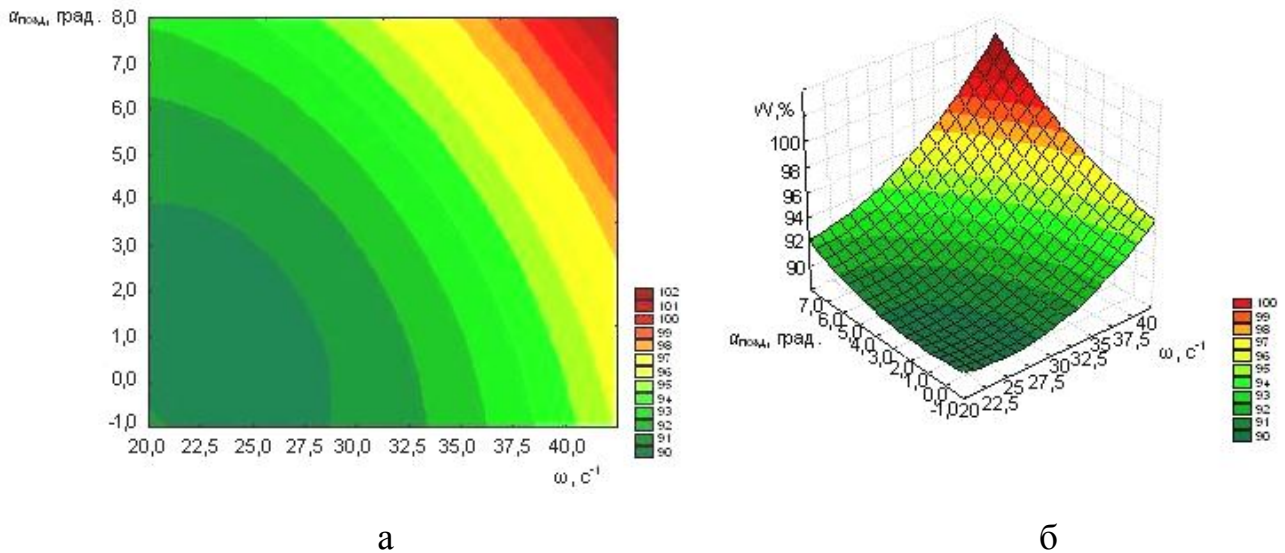


Рис. 5 – Графіки залежності виходу очищеного матеріалу W у сходову фракцію від частоти коливань решітного стану ω та кута поздовжнього нахилу решета $\alpha_{\text{позд}}$ за умов фіксованого значення питомої подачі вихідної суміші Q на рівні $4,0 \text{ кг/год·дм}$: а – двомірні перерізи випадкових величин W ; б – поверхня відгуку випадкових величин W .

На рис. 4 наведені поверхня відгуку залежності виходу очищеного матеріалу у сходову фракцію від Q та $\alpha_{\text{позд}}$ та лінії рівнів їх перерізів за умов фіксованого значення частоти коливань ω на рівні $27,5 \text{ c}^{-1}$.

Аналіз графіків (рис. 4) показує, що в області мінімальних значень Q із збільшенням нахилу решіт до $\alpha_{\text{позд}} = 2,5^0$ покращуються умови просівання прохідової фракції через решето з прямокутними отворами шириною $1,5 \text{ мм}$. Подальше збільшення кута забезпечує підвищення виходу очищеної фракції за рахунок зростання швидкості переміщення насінневої суміші по решету, але засміченість матеріалу в сході також збільшується.

Окреме підвищення питомої подачі вихідного матеріалу при фіксованому значенні кута нахилу забезпечує більш інтенсивне зростання виходу очищеної фракції. За умов одночасного збільшення Q та $\alpha_{\text{позд}}$, величина W зростає не пропорційно для обох факторів, і досягає максимальних значень на верхньому рівні питомої подачі $Q = 40,0$ кг/год·дм та практично середньому рівні кута нахилу $\alpha_{\text{позд}} = 5,0^{\circ}$.

Як бачимо з рис. 5, область мінімальних значень ω та $\alpha_{\text{позд}}$ забезпечує найменший вихід очищеного матеріалу у сходову фракцію. Це пояснюється створенням на цьому режимі більш сприятливих умов для просівання матеріалу крізь отвори решета. Подальше одночасне збільшення цих факторів до максимальних значень, або кожного окремо, призводить до збільшення виходу W . Причому, слід відмітити, що у випадку одночасного зростання ω та $\alpha_{\text{позд}}$ вихід збільшується практично пропорційно кожному з зазначених факторів.

Висновки. 1. Одержані рівняння регресії (5, 6) можна використовувати для визначення виходу очищеної фракції насінневої суміші ріпаку та її засміченості важковідокремлюваними бур'янами (просом курячим та мишієм сизим) в залежності від питомої подачі вихідного матеріалу, частоти коливань решітного стану та кута поздовжнього нахилу решета з прямокутними отворами шириною 1,5 мм, а також проектування нових решітних станів насіннеочисних машин.

2. Оптимальними параметрами для отримання мінімальної засміченості очищеного матеріалу з насінневої суміші ріпаку на решетах з прямокутними отворами шириною 1,5 мм є: питома подача вихідного матеріалу – $Q = 4,0$ кг/год·дм; частота коливань решітного стану – $\omega = 26,48$ с⁻¹; кут поздовжнього нахилу решіт – $\alpha_{\text{позд}} = 2,65^{\circ}$. При цьому, вихід $W = 90,06\%$, а засміченість – $\eta = 6,14\%$.

3. Оптимальними параметрами для досягнення найбільшого виходу очищеної фракції з насінневої суміші ріпаку на решетах з прямокутними отворами шириною 1,5 мм є: $Q = 19,62$ кг/год·дм; $\omega = 22,50$ с⁻¹; $\alpha_{\text{позд}} = 2,07^{\circ}$. За

таких значень параметрів, критерії ефективності становлять: вихід очищеної фракції $W = 98,73\%$, а засміченість – $\eta = 12,65\%$.

4. Оптимальними параметрами для досягнення найбільшого виходу очищеної фракції з насінневої суміші ріпаку за умов мінімальної його засміченості на решетах з прямокутними отворами шириною 1,5 мм є: $Q = 4,0$ кг/год·дм; $\omega = 37,50$ с⁻¹; $\alpha_{\text{позд}} = 4,0^0$. За цих обставин $W = 94,81\%$, а засміченість – $\eta = 7,97\%$.

Список літератури

1. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Том 3, розділ 7. Очистка і сортування насіння. – Харків: Око, 2006. – 408 с.
2. Гортинский В.В., Демский А.Б., Борыкин М.А. Процессы сепарирования на зерноперерабатывающих предприятиях. – М.: Колос, 1980. – 304 с.
3. Кожуховский И.Е. Зерноочистительные машины. Конструкции, расчет и проектирование. Изд. второе, перераб. – М.: Машиностроение, 1974. – 200 с.
4. Пилипчик М.І., Кірик М.Д., Григор'єв А.С. та ін. Математичне планування багатофакторного експерименту: Навч. посібник. – Л.: УкрДЛТУ, 2004. – 54 с.
5. Налимов В.В. Теория эксперимента. – М.: Наука, 1976. – 208 с.
6. Пилипчик М.І., Григор'єв А.С., Шостак В.В. Основи наукових досліджень: Підручник. – К.: Знання, 2007. – 270 с.
7. Нечаєв В.П., Берідзе Т.М., Кононенко В.В. та ін. Теорія планування експерименту: Навч. посібник. – К.: Кондор, 2005. – 232 с.

Аннотация

Оптимизация параметров сепаратора с регулируемым углом наклона решет на очистке семенных смесей рапса

Бакум Н.В., Горбатовский А.Н.

Обоснованы параметры процесса разделения семенных смесей рапса на тихоходных колеблющихся решетных станах зерноочистительных машин с регулируемым углом наклона решет и определены оптимальные режимы их работы.

Abstract

The optimization of separator parameter with the managed angle of sieve slope on cleaning of rape grain mixture.

M. Bakum, O. Horbatovsky

The parameters of division process of rape grain mixture on the slow hesitating sieve figures of grain separator with the managed angle of sieve slope and the optimum modes of their operations are grounded.