

УДК 631.171

С.В. Міненко, асп., С.М. Герук, доц., канд. техн. наук  
*Житомирський національний агроекологічний університет*

## Експериментальні дослідження комбінованого сепаратора картопляного вороху

Приведені результати експериментальних досліджень комбінованого сепаратора картопляного вороху, які були направлені на визначення оптимальних конструктивних параметрів розрихлювача-вирівнювача як його складової частини. Теоретичні та експериментальні дослідження показують, що основний вплив на параметри оптимізації мають кут нахилу півдисків розрихлювача та швидкість руху агрегату.

**розрихлювач-вирівнювач, коефіцієнт сепарації, дослід, рівняння регресії**

**Постановка проблеми.** При копанні картоплі основною операцією є сепарація картопляного вороху, що пов'язана з використанням значних енергозатрат на відділення бульб картоплі від ґрунту та інших домішок [1,2,3]. Процес ускладнюється необхідністю забезпечити неушкодженість бульб, оскільки це впливає на їх збереженість [7,8].

Найпоширенішим видом пристосувань для сепарації картопляного вороху є пруткові елеватори, що мають високу продуктивність та надійність в роботі. Але разом з тим, при їх використанні спостерігається ряд недоліків: неможливість керування процесом сепарації картопляного вороху, неповне використання робочої поверхні елеваторів, швидкий знос при роботі в абразивному середовищі, залипання прутків при роботі на вологих ґрунтах [2,3].

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** З метою покращення якості роботи пруткового елеватора, як основного сепаруючого пристрою більшості картоплезбиральних машин, що застосовуються на теренах України, було запропоновано конструкцію розрихлювача, який встановлений над елеватором [4].

Такий розрихлювач-вирівнювач (рис.1.) дасть змогу рівномірно розподіляти картопляний ворох за шириною елеватора, що поліпшить його сепаруючу здатність, а також зменшить кількість твердих грудкових утворень, що потрапляють на елеватор.

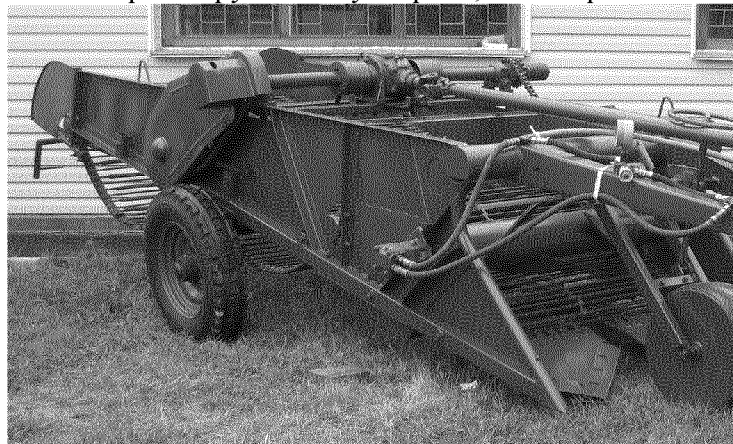


Рисунок 1 – Лабораторно-польова установка з розрихлювачем-вирівнювачем

**Завдання досліджень.** Отримання експериментальних залежностей впливу факторів на коефіцієнт сепарації картопляного вороху та визначення їх оптимальних значень в результаті реалізації багатofакторного експерименту.

**Методика досліджень.** Вирішення поставлених завдань досягається шляхом проведення трьохфакторного експерименту за планом Бокса-Бенкена [4,5] та відповідної математичної обробки отриманих статистичних даних з використанням прикладних комп'ютерних програм.

**Результати досліджень.** Для отримання експериментальних математичних залежностей впливу конструктивно-кінематичних факторів на коефіцієнт сепарації картопляного вороху і визначення його оптимальних параметрів була застосована методика планування багатofакторного експерименту і реалізований трьохрівневий план другого порядку Бокса-Бенкена [4,5]. З експериментальної точки зору D-оптимальні плани заслуговують досить високої уваги, так як вимагають варіювання факторів тільки на трьох рівнях замість п'яти рівней як у ротатбельних, ортогональних та інших. В процесі випробувань були визначені умови випробувань згідно [7,8].

В результаті теоретичних досліджень і пошукових дослідів встановлено, що основний вплив на параметр оптимізації (коефіцієнт сепарації) здійснюють наступні фактори: конструктивний – кут нахилу півдисків розрихлювача ( $\alpha$ ); кінематичний – частота обертання розрихлювача ( $n_{роз}$ ); технологічний – швидкість руху агрегату по полю ( $v_{агр}$ ). За параметр оптимізації при цьому прийнято коефіцієнт сепарації ( $\eta_c$ ).

Перед початком експерименту проводилось кодування факторів за відомими формулами [4,5] (табл. 1).

Таблиця 1 – Інтервали та рівні варіювання факторів

Показники	Кодове позначення	Фактори та їх позначення		
		Кут встановлення півдисків, $\alpha$	Частота обертання $n_{роз}, c^{-1}$	Швидкість руху агрегату $v_{агр}, км/год$
Позначення фактора	$x_i$	$x_1$	$x_2$	$x_3$
Верхній рівень	+1	35	120	0,69
Основний рівень	0	30	100	0,9
Нижній рівень	-1	25	80	1,18
Інтервал варіювання	$\varepsilon$	5	20	0,245

Результати реалізації плану Бокса-Бенкена представлені в таблиці 2.

В результаті розрахунків коефіцієнтів регресії отримана математична модель другого порядку в наступному вигляді:

$$y = 0,9 + 0,058x_1 + 0,0388x_2 - 0,0425x_3 - 0,015x_1x_2 + 0,0225x_1x_3 + 0,0075x_2x_3 - 0,05x_1^2 - 0,015x_2^2 - 0,0175x_3^2 \quad (1)$$

Статистичний аналіз рівняння (1) показав, що модель адекватна так як  $F_{роз} = 0,532 < F_{табл} = 2,1$ , і коефіцієнт значимі з 95%-ою ймовірністю.

Таблиця 2 – Матриця планування експериментів і результатів дослідів

№ точки плану	$x_0$	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_1x_2$	$x_1x_3$	$x_2x_3$	$x_1^2$	$x_2^2$	$x_3^2$	Результати дослідів			Середнє значення $Y_{cp}$
											$Y_1$	$Y_2$	$Y_3$	
1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0,94	0,89	0,9	0,91
2	1	-1	-1	0	1	0	0	1	1	0	0,69	0,8	0,7	0,73
3	1	1	-1	0	-1	0	0	1	1	0	0,83	0,9	0,82	0,85
4	1	-1	1	0	-1	0	0	1	1	0	0,86	0,85	0,84	0,85
5	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0,91	0,85	0,88	0,88
6	1	-1	0	-1	0	1	0	1	0	1	0,82	0,83	0,84	0,83
7	1	1	0	-1	0	-1	0	1	0	1	0,95	0,94	0,9	0,93
8	1	-1	0	1	0	-1	0	1	0	1	0,65	0,64	0,78	0,69
9	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0,83	0,9	0,88	0,87
10	1	0	-1	-1	0	0	1	0	1	1	0,86	0,87	0,91	0,88
11	1	0	1	-1	0	0	-1	0	1	1	0,96	0,91	0,92	0,93
12	1	0	-1	1	0	0	-1	0	1	1	0,8	0,75	0,82	0,79
13	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,91	0,91	0,88	0,9
14	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,92	0,92	0,89	0,91
15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,9	0,9	0,87	0,89

Для використання рівняння регресії (1) в якості розрахункової формули та інтерпретації результатів дослідів провели його розкодування:

$$\eta_c = -1,1713 + 0,1301\alpha + 0,0126n_{poz} - 0,3528v_{azp} - 0,00015\alpha n_{poz} + 0,0184\alpha v_{azp} + 0,0015n_{poz} v_{azp} - 0,00\alpha^2 - 0,000037n_{poz}^2 - 0,2915v_{azp}^2 \quad (2)$$

Для забезпечення інтерпретації отриманих результатів дослідження поверхні відгуку був використаний метод двохмірних перерізів. Побудова поверхні відгуку і їх двохмірних перерізів виконувались прикладною програмою Mathsoft Mathcad 13. в отриману раніше математичну модель (1) підставлялись закодовані значення всіх факторів, крім одного, причому в першу чергу досліджувалися ті перерізи, які мають найбільше практичне значення. В подальшому в отриманому виразі визначався центр поверхні відгуку і проводилось канонічне перетворення моделі другого порядку.

Поверхню відгуку і її двохмірних переріз, що описується рівнянням (1) за факторами, кут нахилу півдисків розрихлювача та частота обертання розрихлювача, представлено на рис.2., а саме рівняння в канонічній формі запишеться як:

$$Y - 0,933 = -0,0135X_1^2 - X_2^2 \quad (3)$$

Кут повороту нових координатних осей в центрі поверхні відгуку для нашого випадку  $\alpha = 0^\circ 25'$ . Поверхня відгуку та її двохмірний переріз зображений на рис 2.

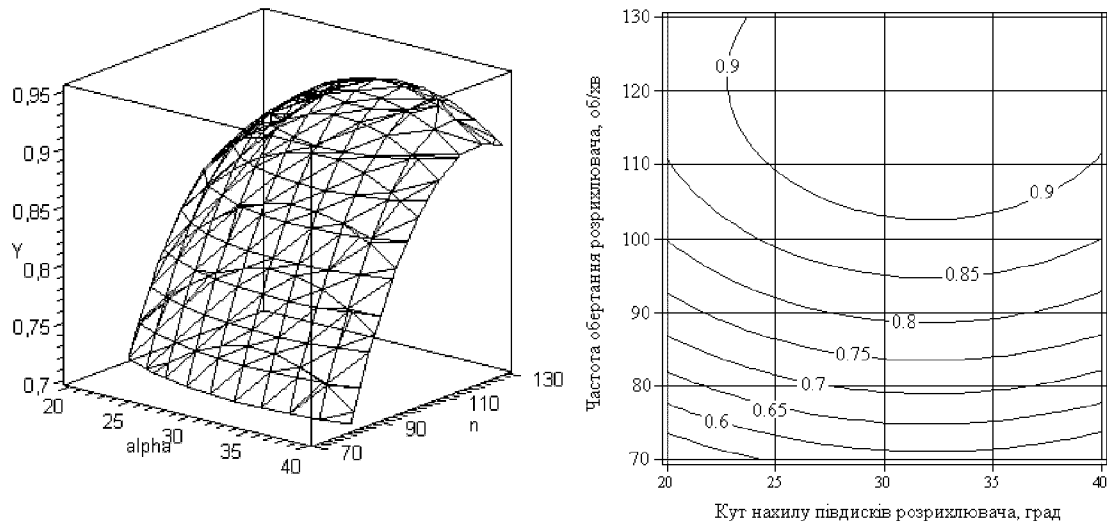


Рисунок 2 – Графік поверхні відгуку і її двохмірний переріз, при  $x_3 = 0$

Проаналізувавши даний двохмірний переріз, що показує спільний вплив взаємодії факторів ( $x_1$  та  $x_2$ ) в області екстремуму за показником коефіцієнта сепарації в точці з  $\eta_c = 0,933$  при величині факторів відповідно  $\alpha \approx 32^\circ$  та  $n_{роз} = 120$  об/хв. Уточнюємо, що область екстремуму знаходиться в межах  $\alpha = 25...35^\circ$  і  $n_{роз} = 110...130$  об/хв.

Поверхня відгуку і її двомірний переріз, що описаний рівнянням (1) за факторами: кут нахилу півдисків та швидкість руху агрегату представлено на рис.3., а саме рівняння в канонічній формі запишеться як:

$$Y - 0,931 = -0,0139X_1^2 - 0,0535X_3^2. \quad (4)$$

Кут повороту осей координат в центрів поверхні відгуку для рівняння (4) рівний  $\alpha = -0^\circ 41'$ .

Поверхня відгуку та її двомірний переріз за рівнянням (4) зображений на рис 3.

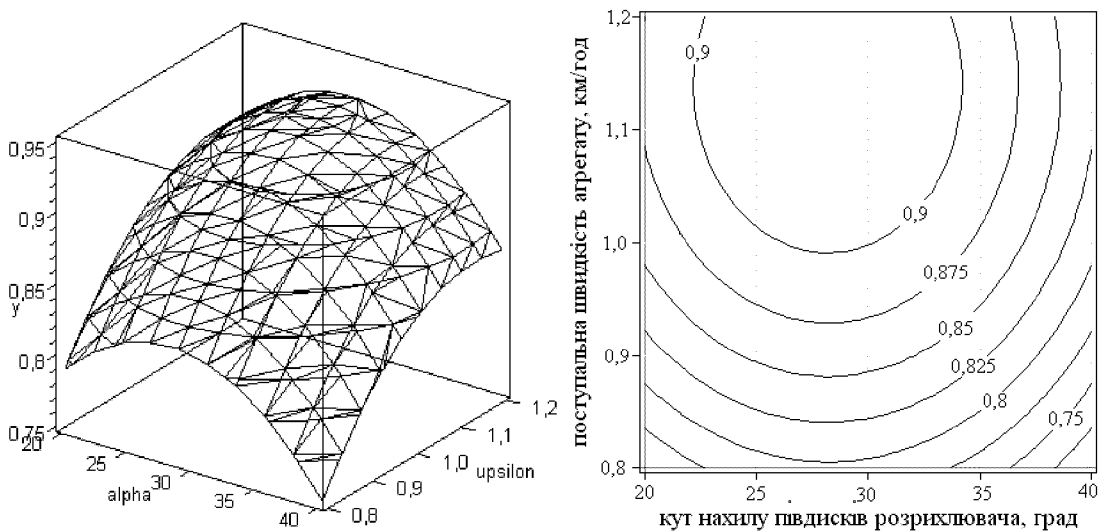


Рисунок 3 – Графік поверхні відгуку і її двохмірний переріз, при  $x_2 = 0$ .

Аналіз даного двохмірного перерізу (рис.3), який відображає спільний вплив взаємодії факторів ( $x_1$  та  $x_3$ ) в області екстремуму за показником коефіцієнта сепарації в точці з  $\eta_c = 0,931$  при величині факторів відповідно  $\alpha \approx 28^\circ$  та  $v_{agr} = 1,5$  км/год. показує, що область екстремуму знаходиться в межах  $\alpha = 25...35^\circ$  і  $v_{agr} = 1,1...1,3$  км/год.

Поверхня відгуку і її двомірний переріз, що описаний рівнянням (1) за факторами: кут нахилу півдисків та швидкість руху агрегату представлено на рис.2., а саме рівняння в канонічній формі запишеться як:

$$Y - 0,941 = -0,0123X_2^2 - 0,0202X_3^2. \quad (5)$$

Кут повороту осей координат в центрів поверхні відгуку для рівняння (5) рівний  $\alpha = 3^\circ$ .

Поверхня відгуку та її двомірний переріз за рівнянням (5) зображений на рис 4.

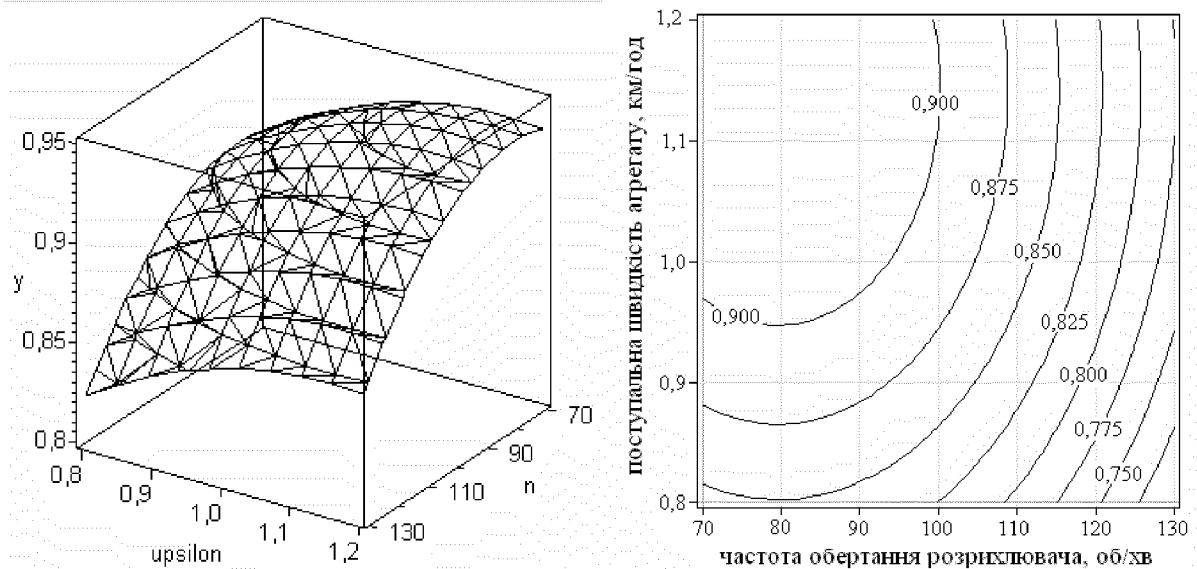


Рисунок 4 – Графік поверхні відгуку і її двохмірний переріз, при  $x_1 = 0$

Аналіз даного двохмірного перерізу (рис.4), який відображає спільний вплив взаємодії факторів ( $x_2$  та  $x_3$ ) в області екстремуму за показником коефіцієнта сепарації в точці з  $\eta_c = 0,941$  при величині факторів відповідно  $n_{роз} \approx 80$  об/хв та  $v_{agr} \approx 1,15$  км/год. показує, що область екстремуму знаходиться в межах  $n_{роз} = 70...90$  об/хв. і  $v_{agr} = 1,0...1,2$  км/год.

**Висновки.** В результаті застосування методики планування багатofакторного експерименту встановлені оптимальні значення факторів, що вивчаються: кут встановлення півдисків розрихлювача-вирівнювача  $\alpha = 31^\circ$ , частота обертання розрихлювача-вирівнювача  $n_{роз} = 120$  об/хв., швидкість руху агрегату  $v_{agr} = 1,1$  км/год, при середній урожайності 163,1 ц/га.

Випробування проводились на супіщаному ґрунті з твердістю 0,35...1,67 МПа і відносній вологості 19 %, при глибині копання 0,20 м.

## Список літератури

1. Бекетов П.В. Снижение потерь картофеля и овощей при уборке и хранении. – М.: Россельхозиздат, 1986. – 220 с.
2. Верещагин Н.И. и др. Уборка картофеля в сложных условиях / Н.И. Верещагин, К.А. Пшеченков, В.С. Герасимов. – М.: Колос, 1983. – 208 с.
3. Сучасні тенденції розвитку с.-г. техніки. В.В. Адамчук, Г.Л. Баранов, О.С. Барановський та ін. За ред. В.І. Кравчука та ін. – К.: Агр. наука, 2004. – 394 с.
4. Пат. 30102 Україна, МПК А 01 D 19/00. Сепаруючий пристрій картоплезбиральної машини / Герук С.М., Міненко С.В.; заявник та патентопримач ДНУЗ «Державний агрокологічний університет». – № u200711875; заяв. 29.10.2007; опубл. 11.02.2008, Бюл. №3.
5. Адлер Ю.П. Введение в планирование эксперимента. «Металлургия», М., 1969.
6. Мельников С. В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / Мельников С.В., Алешкин В.Р., Рощин П.М.. – Ленинград : Колос, 1972. – 200 с.
7. ГОСТ 28713-90 (СТ СЭВ 5628-89) Машины и тракторы сельскохозяйственные и лесные. Машины для уборки картофеля. Методы испытаний. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 13 с.
8. ОСТ 10.3.5-87. Машины для уборки и сортирования картофеля. Программа и методика испытаний. – М.: ЦНИИТЭН, 1988. – 92 с.

*С. Міненко, С. Герук*

### **Экспериментальные исследования комбинированного сепаратора картофельного вороха**

Приведены результаты экспериментальных исследований комбинированного сепаратора картофельного вороха, которые были направлены на определение оптимальных конструктивных параметров рыхлителя-выравнивателя, как его составной части. Теоретические и экспериментальные исследования показывают, что основное влияние на параметры оптимизации имеют угол наклона полудисков рыхлителя и скорость движения агрегата.

*S. Minenko, S. Geruk*

### **Experimental researches of the combined separator potato lots**

The results of experimental researches of the combined separator of potato lots are resulted, which were directed on determination of optimum structural parameters of scarifier-equalizer, as to his component part. Theoretical and experimental researches show that basic influence on the parameters of optimization is had an angle of slope of semidisks of scarifier and rate of movement of aggregate.

Одержано 12.09.09