



УДК 519.254.255

ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ТА РЕЖИМІВ РОБОТИ ОБЧІСУЮЧОГО РОБОЧОГО ОРГАНУ З ПРУЖНИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ ДЛЯ ЗБИРАННЯ РИЦИНИ

Леженкін О.М., д.т.н., (РФ)

Головін С.В., інженер

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел.: (0619) 42-14-38

Анотація – робота присвячена обґрунтуванню оптимальних параметрів та режимів роботи обчислюючого робочого органу з пружними робочими елементами для збирання рицини.

Ключові слова – параметри, режими, обчислюючий робочий орган, рицина, збирання.

Постановка проблеми. Рицина – цінна технічна культура. Цінність визначається високим вмістом олії в насінні – 50...57%. Вона містить 81...96% гліцеридів рицинолевої кислоти, яку не виявлено в інших оліях. Рицина не висушує ґрунт, очищає поле від бур'янів. Корені і стебла швидко розкладаються, збагачуючи ґрунт органічними і мінеральними речовинами, тому вона є добрим попередником для зернових культур. Рицина досягає нерівномірно. Спочатку досягають нижні грона на головному стеблі, пізніше на розгалуженнях першого і наступного порядків. Збирати рицину починають, коли коробочки у центральних гронах стають коричневими і підсихають при вологості плодових оболонок насіння не більше 12%. Сорти, плоди яких не розтріскуються, збирають напряму спеціальними рициновими комбайнами ККС-4 і ККС-6. В результаті одержують близько 80% насіння та до 20% коробочок. Існуючі машини для збирання рицини здійснюються пропуск всієї наземної частини рослини крізь молотарку та сепаруючий пристрій, що викликає надлишок витрат енергії на деформацію стеблин і інших вегетативних частин рослин. Створення машини для збирання рицини з технологічним процесом, який передбачав би операцію обриву коробочок рицини з рослини на корені, наступне відокремлення плодів від дрібних домішок і подальшу їх доробку, дозволило б запобігти зазначених недоліків. В зв'язку з цим виникла задача розробити та обґрунтувати робочий орган для збирання рицини методом обчисування рослин на корені.

Аналіз публікацій. Розробкою технічних засобів збирання рицини займалися Черепухін В.Д. [1], Рой О.А. [2], Квач В.Г. [3] та інші. Але, дані дослідження присвячені, головним чином, комбайновій технології збирання рицини. Дослідження засобів для роздільного збирання рицини методом обчісування на корені приведені в роботах [4, 5]. Будова робочого органу для обчісування рицини приведена в [6].

Постановка завдання. В загальному вигляді математична модель має вигляд [11]

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_5x_5 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + \\ + b_{14}x_1x_4 + b_{15}x_1x_5 + b_{23}x_2x_3 + b_{24}x_2x_4 + b_{25}x_2x_5 + b_{34}x_3x_4 + \\ + b_{35}x_3x_5 + b_{45}x_4x_5 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2 + b_{44}x_4^2 + b_{55}x_5^2, \quad (1)$$

де x_1 - частота обертання обчісуючого барабана, xv^{-1} ;
 x_2 - глибина занурення обчісуючого барабану в масу, м;
 x_3 - зазор між обчісуючими пальцями, м;
 x_4 - довжина обчісуючих пальців, м;
 x_5 - швидкість руху обчісуючого агрегату, м/с.

В конкретному випадку модель технологічного процесу обчісування рицини із застосуванням робочого органу з пружними робочими елементами має вигляд [4] (вихідна функція – втрати насіння рицини, піддон відсутній)

$$y = 1,9467 + 0,036x_1 + 0,062x_2 + 0,017x_3 + 0,1x_4 - 0,136x_5 + \\ + 0,085x_1x_2 + 0,02x_1x_3 - 0,148x_1x_4 + 0,0375x_1x_5 - 0,083x_2x_3 + \\ + 0,09x_2x_4 + 0,095x_2x_5 - 0,078x_3x_4 + 0,0625x_3x_5 + 0,0725x_4x_5 + \\ + 0,146x_1^2 + 0,125x_2^2 + 0,092x_3^2 + 0,209x_4^2 + 0,1x_5^2, \quad (2)$$

З метою обґрунтування параметрів та режимів роботи обчісуючого модулю необхідно визначити оптимальні їх значення.

Основна частина. Для визначення оптимальних значень вхідних параметрів вихідне рівняння (2) диференціюють по кожній незалежній змінній:

$$\frac{\partial y}{\partial x_1} = 0.036 + 0.292 \cdot x_1 + 0.085 \cdot x_2 + 0.02 \cdot x_3 - 0.148 \cdot x_4 + 0.025 \cdot x_5; \\ \frac{\partial y}{\partial x_2} = 0.062 + 0.085 \cdot x_1 + 0.25 \cdot x_2 - 0.083 \cdot x_3 + 0.09 \cdot x_4 + 0.095 \cdot x_5; \\ \frac{\partial y}{\partial x_3} = 0.017 + 0.02 \cdot x_1 - 0.083 \cdot x_2 + 0.184 \cdot x_3 - 0.078 \cdot x_4 + 0.0625 \cdot x_5; \quad (3) \\ \frac{\partial y}{\partial x_4} = 0.1 - 0.148 \cdot x_1 + 0.09 \cdot x_2 - 0.078 \cdot x_3 + 0.418 \cdot x_4 + 0.0725 \cdot x_5; \\ \frac{\partial y}{\partial x_5} = -0.136 + 0.025 \cdot x_1 + 0.095 \cdot x_2 + 0.0625 \cdot x_3 + 0.0725 \cdot x_4 + 0.2 \cdot x_5.$$

Прирівнюємо часткові похідні системи (3) до нуля [4]:

$$\begin{cases} 0.036 + 0.292 \cdot x_1 + 0.085 \cdot x_2 + 0.02 \cdot x_3 - 0.148 \cdot x_4 + 0.025 \cdot x_5 = 0; \\ 0.062 + 0.085 \cdot x_1 + 0.25 \cdot x_2 - 0.083 \cdot x_3 + 0.09 \cdot x_4 + 0.095 \cdot x_5 = 0; \\ 0.017 + 0.02 \cdot x_1 - 0.083 \cdot x_2 + 0.184 \cdot x_3 - 0.078 \cdot x_4 + 0.0625 \cdot x_5 = 0; \\ 0.1 - 0.148 \cdot x_1 + 0.09 \cdot x_2 - 0.078 \cdot x_3 + 0.418 \cdot x_4 + 0.0725 \cdot x_5 = 0; \\ -0.136 + 0.025 \cdot x_1 + 0.095 \cdot x_2 + 0.0625 \cdot x_3 + 0.0725 \cdot x_4 + 0.2 \cdot x_5 = 0. \end{cases} \quad (4)$$

Перетворюючи систему (4) одержимо:

$$\begin{cases} 0.292 \cdot x_1 + 0.085 \cdot x_2 + 0.02 \cdot x_3 - 0.148 \cdot x_4 + 0.025 \cdot x_5 = -0.036; \\ 0.085 \cdot x_1 + 0.25 \cdot x_2 - 0.083 \cdot x_3 + 0.09 \cdot x_4 + 0.095 \cdot x_5 = -0.062; \\ 0.02 \cdot x_1 - 0.083 \cdot x_2 + 0.184 \cdot x_3 - 0.078 \cdot x_4 + 0.0625 \cdot x_5 = -0.017; \\ 0.148 \cdot x_1 - 0.09 \cdot x_2 + 0.078 \cdot x_3 - 0.418 \cdot x_4 - 0.0725 \cdot x_5 = 0.1; \\ 0.025 \cdot x_1 + 0.095 \cdot x_2 + 0.0625 \cdot x_3 + 0.0725 \cdot x_4 + 0.2 \cdot x_5 = 0.136. \end{cases} \quad (5)$$

При апроксимації функції відгуку поліномом другого ступеня (5) і диференціюванні його за кожною незалежною перемінною отримана система п'яти лінійних рівнянь. Знаходимо визначник цієї системи

$$\Delta = \begin{vmatrix} 0.292 & 0.085 & 0.02 & -0.148 & 0.025 \\ 0.085 & 0.25 & -0.083 & 0.09 & 0.095 \\ 0.02 & -0.083 & 0.184 & -0.078 & 0.0625 \\ 0.148 & -0.09 & 0.078 & -0.418 & -0.0725 \\ 0.025 & 0.095 & 0.0625 & 0.0725 & 0.2 \end{vmatrix} = -0.0126.$$

Визначник системи не дорівнює нулю, отже поверхня відгуку має центр. Вирішуючи систему (4) знаходимо координати центра S_1 . Їх чисельні значення рівні відповідно $X_{1S} = -0.16534$, $X_{2S} = -1.27783$, $X_{3S} = -1.64695$, $X_{4S} = -0.689385$, $X_{5S} = 2.07221$.

Аналізуючи отримані координати центру маємо, що три значення $X_{2S} = -1.27783$, $X_{3S} = -1.64695$ та $X_{5S} = 2.07221$ виходять за межі встановленого діапазону значень. Тому, в подальшому, користуючись рекомендаціями приймаємо максимальні значення в цих точках, а саме: $X_{2S} = -1$, $X_{3S} = -1$ та $X_{5S} = 1$.

Підставляємо величини X_{1S} , X_{2S} , X_{3S} , X_{4S} , X_{5S} знаходимо оптимальне значення вихідного параметру (втрати коробочок) $Y_{1S} = 1,79128$.

Приймаючи почергово значення кожного фактору, маємо залежності втрат насіння рицини від вхідних параметрів:

$$\begin{aligned} Y &= 1.79688 + 0.0580289 \cdot x_1 + 0.146 \cdot x_1^2; \\ Y &= 1.81974 + 0.15194 \cdot x_2 + 0.125 \cdot x_2^2; \\ Y &= 1.91095 + 0.210151 \cdot x_3 + 0.092 \cdot x_3^2; \\ Y &= 1.83534 + 0.205797 \cdot x_4 + 0.209 \cdot x_4^2; \\ Y &= 2.04393 - 0.351132 \cdot x_5 + 0.1 \cdot x_5^2. \end{aligned} \quad (6)$$

За результатами розрахунків будуємо залежності (рис. 1).

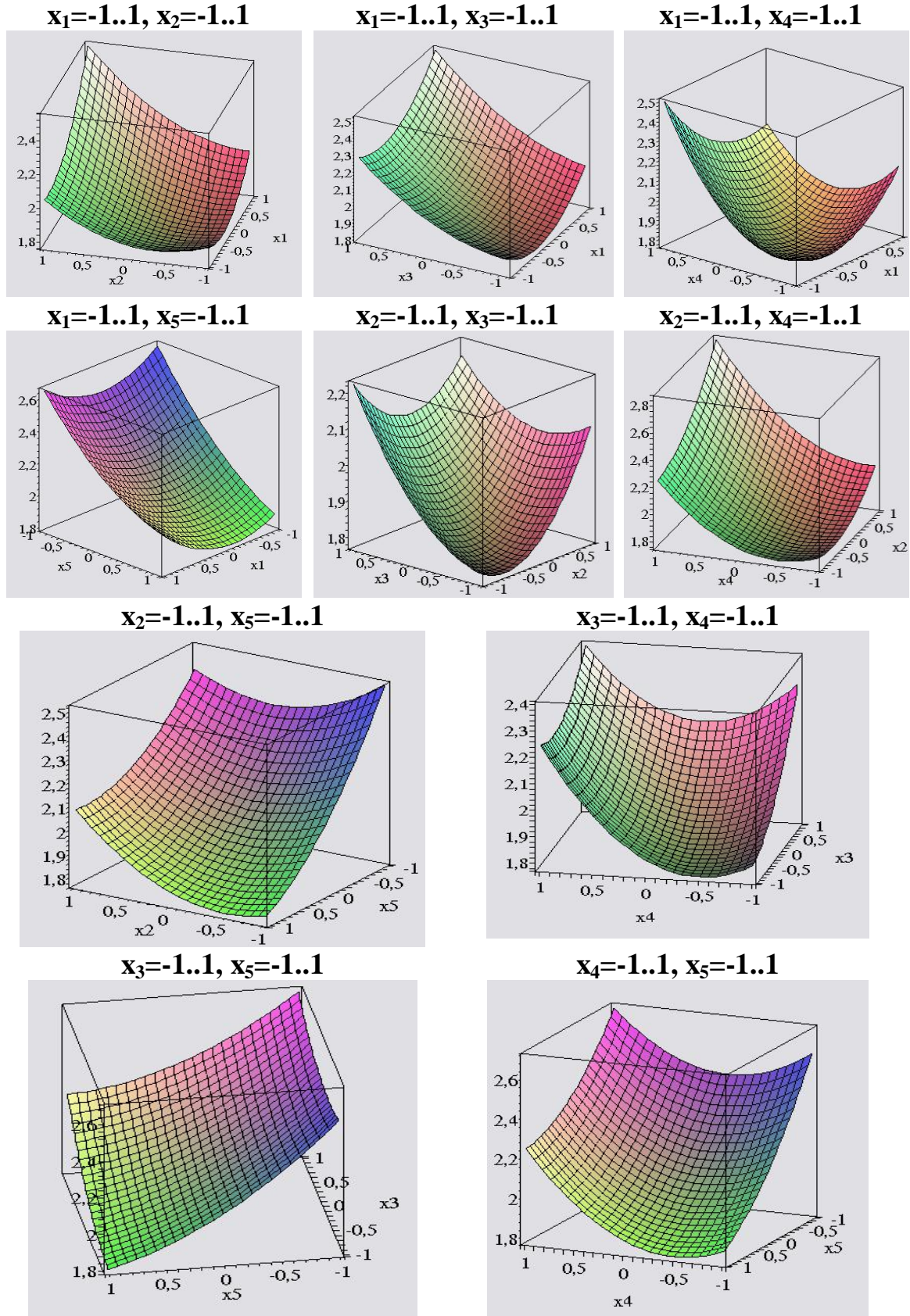


Рис. 1. Поверхні відклику залежності втрат насіння рицини.

Аналіз фракційного складу проводився по аналогічній методиці. В результаті була отримана математична модель складу обчесаного вороху (піддон відсутній) у вигляді рівняння регресії другого порядку

$$y = 74.49 - 2.155x_1 - 3.965x_2 + 0.6375x_3 - 2.9825x_4 + 0.825x_5 - \\ - 2.76x_1x_2 - 1.68x_1x_3 + 3.51x_1x_4 + 2.7x_2x_4 + 2.39x_2x_5 + 2.75x_3x_4 - (7) \\ - 2.21x_3x_5 - 7.06x_1^2 - 5.96x_2^2 - 5.07x_3^2 - 9.67x_4^2 - 17.9967x_5^2.$$

Після диференціювання маємо:

$$\frac{\partial y}{\partial x_1} = -2.155 - 14.12 \cdot x_1 - 2.76 \cdot x_2 - 1.68 \cdot x_3 + 3.51 \cdot x_4; \\ \frac{\partial y}{\partial x_2} = -3.965 - 2.76 \cdot x_1 - 11.92 \cdot x_2 + 2.7 \cdot x_4 + 0.39 \cdot x_5; \\ \frac{\partial y}{\partial x_3} = 0.6375 - 1.68 \cdot x_1 - 10.14 \cdot x_2 + 2.75 \cdot x_4 - 2.21 \cdot x_5; \\ \frac{\partial y}{\partial x_4} = -2.9825 + 3.51 \cdot x_1 + 2.7 \cdot x_2 + 2.75 \cdot x_3 - 19.34 \cdot x_4; \\ \frac{\partial y}{\partial x_5} = 0.825 + 0.39 \cdot x_2 - 2.21 \cdot x_3 - 35.9934 \cdot x_4. \quad (8)$$

Після перетворень знаходимо координати центра S_2 . Їх чисельні значення рівні відповідно $X_{1S} = -0.143$, $X_{2S} = -0.3507$, $X_{3S} = 0.0258$, $X_{4S} = -0.22542$, $X_{5S} = -0.002$.

Підставляємо значення X_{1S} , X_{2S} , X_{3S} , X_{4S} , X_{5S} знаходимо оптимальне значення вихідного параметру (фракційний склад) $Y_{S2} = 75,6824$. За результатами розрахунків будуємо залежності (рис.2).

Рівняння (2) і (7) послужили основою для пошуку раціональних режимів збирання за допомогою математичного пакета програм Математика.

Встановлено, що раціональні значення мають величину:

$$n = 373,39 \dots 374,28 \text{ хв}^{-1};$$

$$H = 0,82 \dots 0,911 \text{ м};$$

$$V = 2,87 \dots 1,828 \text{ м/с};$$

$$l = 0,1155 \dots 0,139 \text{ м};$$

$$h = 0,010 \dots 0,0151 \text{ м}.$$

При цьому втрати коробочок рицини становлять 2,5%, фракційний склад – коробочки і вільне зерно з третинками становлять 63,6%, рослинна маса – 32,7%, а домішки – 3,7%.

Висновок.

1. Встановлено, що втрати коробочок при використанні обчислюючого робочого органу з пружними елементами (без піддону) дорівнюють 2,5%.

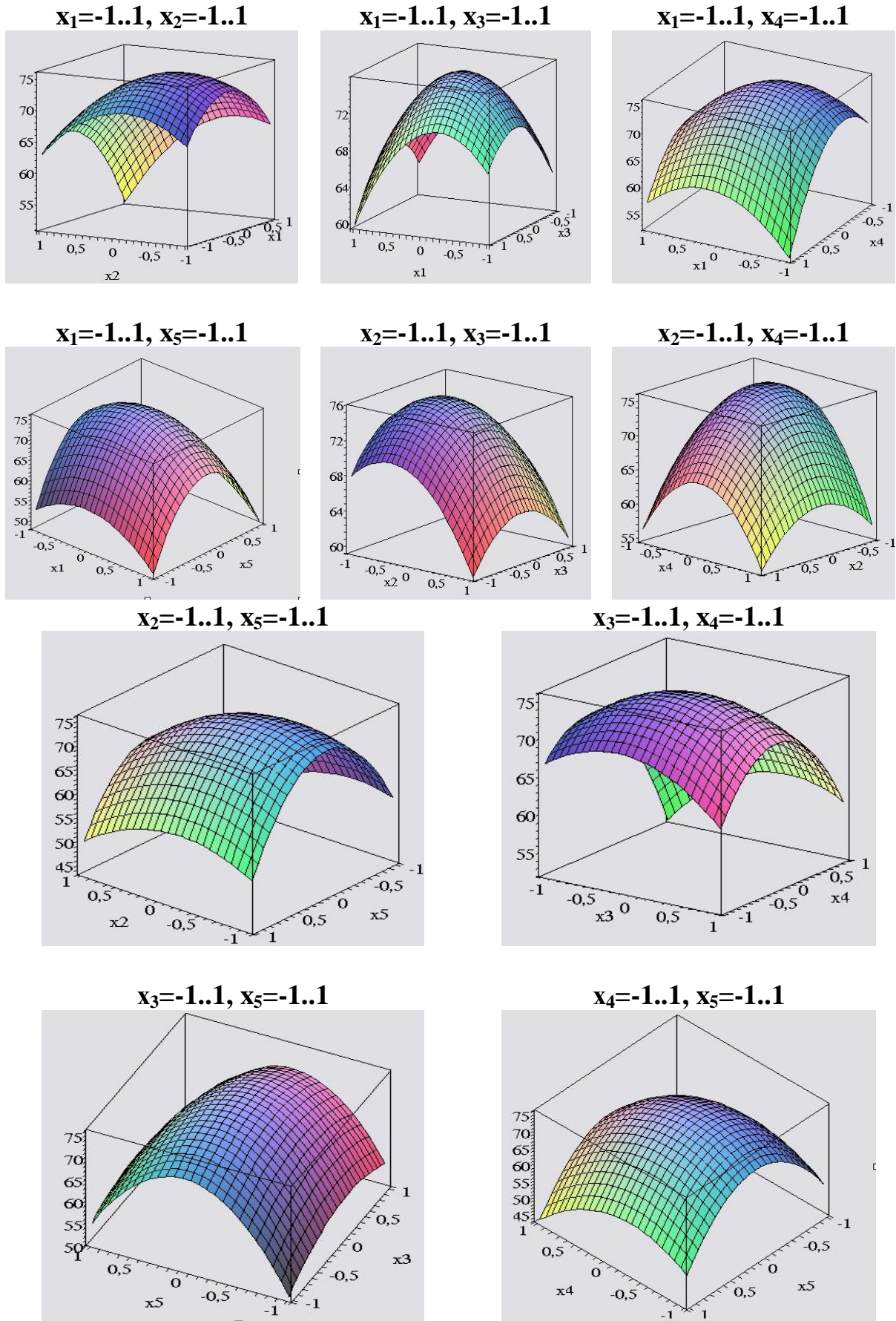


Рис. 2. Поверхні відклику фракційного складу насіння рицини.

2. Виявлено, що обчесаний ворох рицини складається з коробочок і вільного зерна – 63,6%, рослинної маси – 32,7%, домішків – 3,7%.

3. В результаті проведених досліджень отримані раціональні значення параметрів та режимів роботи обчисуючого робочого органу з пружними елементами, а саме:

$$n = 373,39 \dots 374,28 \text{ хв}^{-1};$$

$$H = 0,82 \dots 0,911 \text{ м};$$

$$V = 2,87 \dots 1,828 \text{ м/с},$$

$$l = 0,1155 \dots 0,139 \text{ м};$$

$$h = 0,010 \dots 0,0151 \text{ м}.$$

Література.

1. Черепухин В.Д. Физико-механические свойства вороха клещевины в связи с механизацией его очистки / В.Д. Черепухин // Науч.-техн. бюл. ВНИИ масл. культур. - 1974. - №3. – С. 60-65.
2. Рой А.А. Исследование технологического процесса обмолота клещевины / Рой Александр Андреевич: автореф. дис...д.техн. наук. - Волгоград, 1969. – 57 с.
3. Квач В.Г. Двухфазная уборка клещевины / В.Г. Квач, В.Д. Черепухин, В.В. Сайченко // Техника в сельском хозяйстве. - 1979. - №10. – С.16-18.
4. Головін С.В. Моделі регресії очисуючого модулю для збирання рицини з використанням пружних елементів / С.В. Головін. - Праці ТДАТУ / Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Моделювання технологічних процесів в АПК». - Мелітополь, 2010. - Вип.10., Т. 8. – С. 289-297.
5. Дідур В.А. Результати польових досліджень машини для збирання рицини методом очісування на корені / В.А. Дідур, О.М. Леженкін, С.В. Головін. - Праці ТДАТУ. - Мелітополь, 2010. - Вип.10., Т. 5. – С. 63-73.
6. Пат.50849 Україна МКІ⁷ А01D41/08 А01D45/30 Пристрій для збирання рицини / С.В. Головін, О.М. Леженкін, В.А. Дідур, ТДАТУ // Промислова власність. – 2010. – Бюл.№12.
7. Маркова Е.В. Планирование эксперимента в условиях неоднородностей / Е.В.Маркова, А.Н.Лисенков. – М.: Наука, 1973. – 220 с.
8. Thre Level for the Study ob Quantitative Variables. / G.E.P. Vox, D.W. BehnKen // Home New. – Technometrics, 1960, V.2, №4.
9. Налимов В.В. Статистические методы планирования экспериментальных экспериментов / В.В. Налимов, Н.А. Чернова. – М.: Наука, 1965. – 340 с.
10. Адлер Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский. – 2-е изд.,

пере раб. и доп. – М.: Наука, 1976. – 279 с.

11. Мельников С.В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С.В. Мельников, В.Р. Алешкин, П.М. Роцин. – Л.: Колос, 1980. – 165 с.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ ОЧОСУЮЩЕГО РАБОЧЕГО ОРГАНА С УПРУГИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ ДЛЯ УБОРКИ КЛЕЩЕВИНЫ

Леженкин А.Н., Головин С.В.

Аннотация - работа посвящена обоснованию оптимальных параметров и режимов работы очосяющего рабочего органа с упругими рабочими элементами для уборки клещевины.

OPTIMIZATION OF PARAMETERS AND OPERATING MODES BREAKAGE WORKING BODY WITH ELASTIC ELEMENTS FOR CASTOR-BEAN TREE CLEANING

A. Lezhenkin, S. Golovin

Summary

Work is devoted a substantiation of optimum parameters and operating modes breakage working body with elastic working elements for castor-bean tree cleaning.