

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. +38(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 домішків 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 обчісування рослин на корені.

*Аналіз останніх досліджень.* 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,  $\text{хв}^{-1}$ ;

$x_2$  – 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:

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

Дорівнюючи часткові похідні до нуля одержали систему рівнянь [4]:

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

Перетворюючи систему (4) одержимо:

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

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 вста-

новленого 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  $X_{1S}$ ,  $X_{2S}$ ,  $X_{3S}$ ,  $X_{4S}$ ,  $X_{5S}$  і 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 будемо залежності (рис. 1).

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

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

Після диференціювання маємо:

$$\begin{aligned} \frac{\partial y}{\partial x_1} &= -2.155 - 4.32 \cdot x_1 - 2.76 \cdot x_2 - 1.68 \cdot x_3 + 3.51 \cdot x_4; \\ \frac{\partial y}{\partial x_2} &= -3.965 - 2.76 \cdot x_1 - 11.92 \cdot x_2 + 2.7 \cdot x_4 + 0.39 \cdot x_5; \\ \frac{\partial y}{\partial x_3} &= 0.6375 - 1.68 \cdot x_1 - 10.14 \cdot x_2 + 2.75 \cdot x_4 - 2.21 \cdot x_5; \\ \frac{\partial y}{\partial x_4} &= -2.9825 + 3.51 \cdot x_1 + 2.7 \cdot x_2 + 2.75 \cdot x_3 - 19.34 \cdot x_4; \\ \frac{\partial y}{\partial x_5} &= 0.825 + 0.39 \cdot x_2 - 2.21 \cdot x_3 - 35.9934 \cdot x_4. \end{aligned} \quad (8)$$

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  $X_{1S}$ ,  $X_{2S}$ ,  $X_{3S}$ ,  $X_{4S}$ ,  $X_{5S}$  і знаходимо оптимальне значення вихідного параметру (фракційний склад):  $Y_{S2} = 75,6824$ .

За результатами розрахунків будемо залежності (рис. 2).

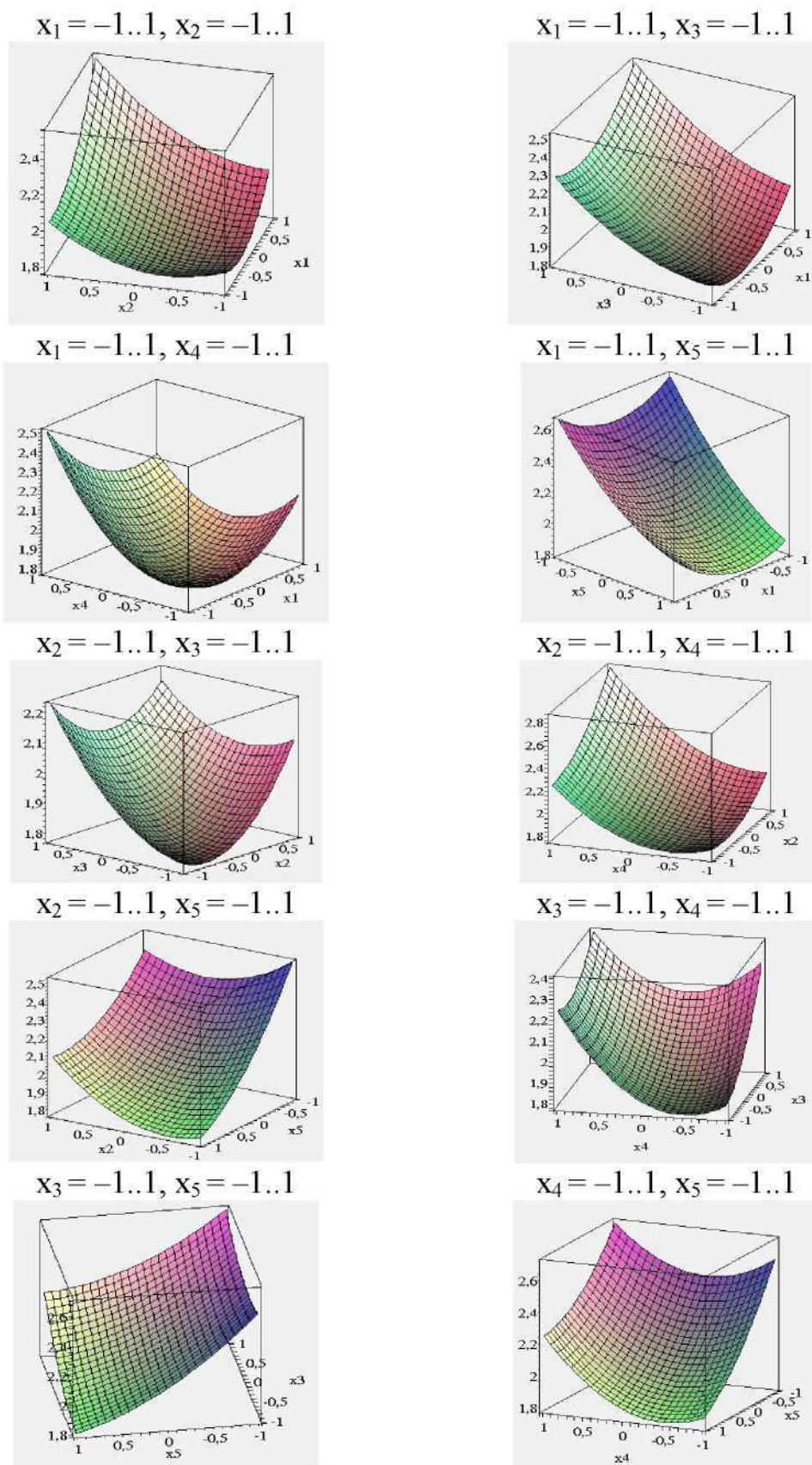


Рис. 1.

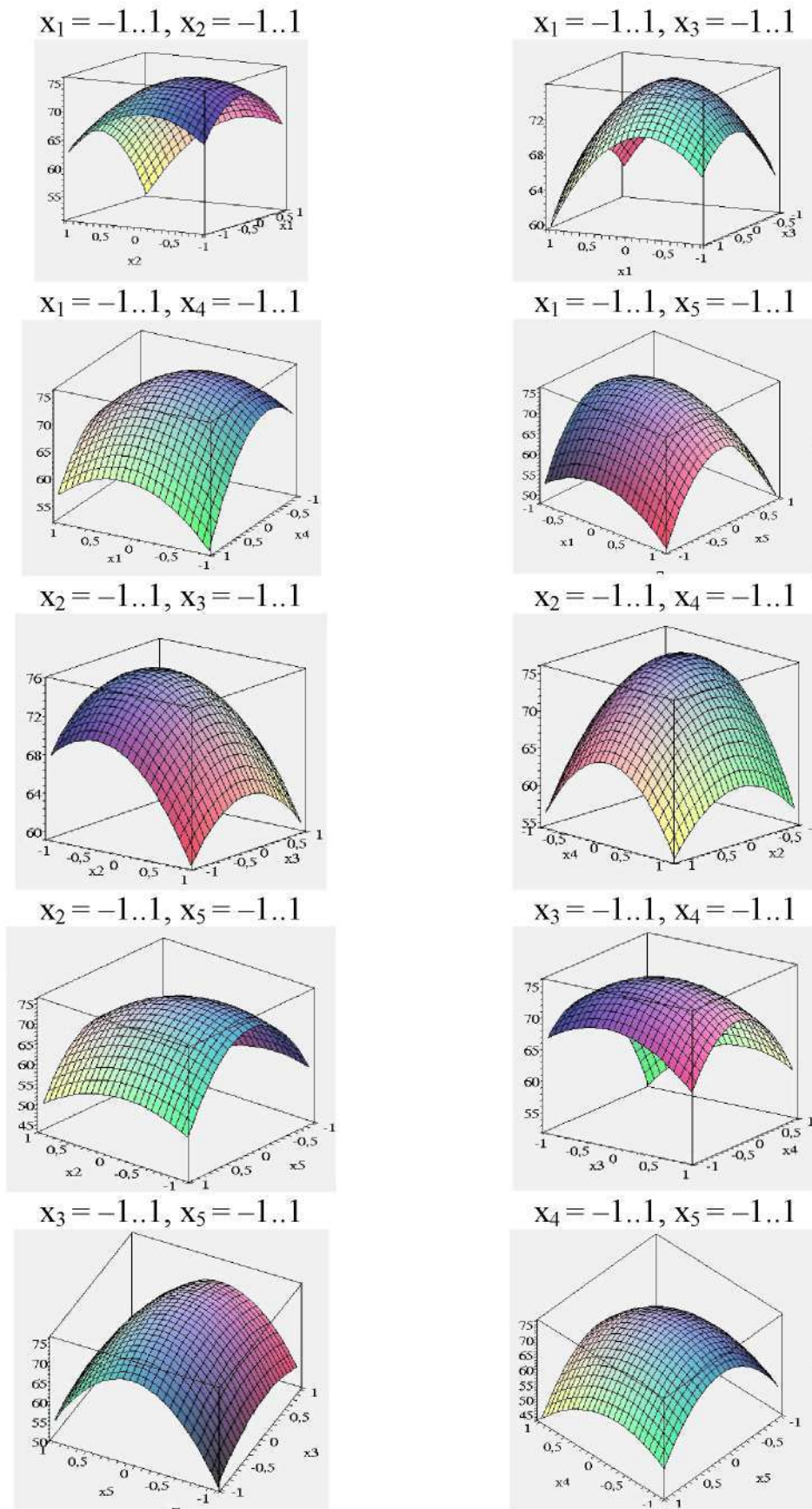


Рис. 2.



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

Встановлено, що раціональні значення  $n = 373,39...374,28 \text{ хв}^{-1}$ ;  $H = 0,82...0,911 \text{ м}$ ;  $V = 2,87...1,828 \text{ м/с}$ ,  $l = 0,1155...0,139 \text{ м}$ ;  $h = 0,010...0,0151 \text{ м}$ .

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 обчісуючого робочого органу з пружними елементами (без піддону) дорівнюють 2,5%.

2. Виявлено, що обчісаний 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 обчісуючого робочого органу з пружними елементами, а саме  $n = 373,39...374,28 \text{ хв}^{-1}$ ;  $H = 0,82...0,911 \text{ м}$ ;  $V = 2,87...1,828 \text{ м/с}$ ,  $l = 0,1155...0,139 \text{ м}$ ;  $h = 0,010...0,0151 \text{ м}$ .

#### 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. Результати польових досліджень машини для збирання рицини методом очісування на корені / В.А. Дідур, О.М. Леженкін, С.В. Голо-

він. – Праці ТДАТУ. – Мелітополь, 2010. – Вип.9., т. 6.

6. Пат.50849 Україна МКІ<sup>7</sup> 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., Лисенков А.Н. 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.Box, D.W.BehnKen // Home New. – Technometrics, 1960, V.2, №4.

9. Налимов В.В., Чернова Н.А. Статистические методы планирования экспериментальных экспериментов / В.В. Налимов, Н.А. Чернова. – М.: Наука, 1965. – 340 с.

10. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю.П. Адлер, Е.В.Маркова, Ю.В. Грановский. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Наука, 1976. – 279 с.

11. 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 очосующего 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.**