

УДК 631.358:633.521

© І.М. Дударев, к.т.н.

Луцький національний технічний університет

Т.П. Герасимик, А.В. Хомич, к.т.н.

Любешівський технічний коледж Луцького НТУ

О.Г. Мекуш, к.фіз.-мат.н.

Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки

## **ОБҐРУНТУВАННЯ РЕЖИМУ РОБОТИ ПРИСТРОЮ ДЛЯ ОБМОЛОЧУВАННЯ СТРІЧКИ ЛЬОНУ**

*У статті представлено результати теоретичних досліджень з обґрунтування раціонального режиму роботи пристрою для обмолочування стрічки стебел льону олійного.*

### **ПРИСТРІЙ, ОБМОЛОЧУВАННЯ, СТРІЧКА, ЛЬОН ОЛІЙНИЙ, РЕЖИМ РОБОТИ.**

**Постановка проблеми.** Проблемним питанням технології збирання льону олійного, що вирощений в умовах Західного Полісся України, є відокремлення від стебел насінневої частини урожаю без їх пошкодження та втрати. Це пов'язано з тим, що відомі технології збирання цієї культури передбачають збирання тільки насінневої частини урожаю. Проведені науковцями дослідження вказують на можливість використання волокна льону олійного для виробництва кручених виробів, нетканих матеріалів та ін. Тому актуальним є розробка засобів для відокремлення насінневої частини урожаю льону олійного без пошкодження та втрат стеблової частини урожаю, а також обґрунтування раціональних режимів їх роботи.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Обґрунтуванню конструкцій та режимів роботи засобів для відокремлення насінневої частини урожаю льону присвячені роботи таких науковців як М.М.Ковальов, Б.П. Можаров, О.О. Налобіна, С.Г. Порфірев, Т.В.Терлецький, Г.А. Хайліс, М.І. Шликов та ін. Більшість досліджень стосується обґрунтування параметрів засобів для обчислення та обмолоту льону-довгунця. Льон олійний має анатомічні та морфологічні особливості, що відмінні від льону-довгунця. Це зумовлює необхідність їх врахування при розробці конструкцій пристроїв для відокремлення насінневої частини урожаю від стеблової. Співавторами статті запропонована конструкція пристрою для обмолочування стрічки льону олійного [1], яка потребує обґрунтування

раціональних режимів роботи, які б забезпечували якісне виконання технологічного процесу обмолоту з врахуванням агротехнічних вимог.

**Мета дослідження** – обґрунтувати раціональний режим роботи пристрою для обмолоту стрічки льону олійного за якого досягалося б мінімальне пошкодження насінневої та стеблової частин урожаю.

**Результати дослідження.** У роботі [2] представлені результати проведення багатофакторного експерименту у вигляді математичних моделей кількісних показників, які характеризують пошкодження насіння  $\eta_n$  та відхід стебел у лляний ворох  $\eta_c$  (де  $\eta_n$  – показник, що характеризує пошкодження насіння, %;  $\eta_c$  – показник, що характеризує відхід стебел у лляний ворох, %) під час роботи запропонованого пристрою в залежності від кількості стебел на 1 пог. м стрічки  $x_1$ , коефіцієнта ущільнення верхівкової частини стрічки  $x_2$ , кутової швидкості обертання барабана  $x_3$ , відносної вологості насінневих коробочок  $x_4$ . Для встановлення залежності між показниками  $\eta_n$  та  $\eta_c$  скористаємося методикою побудови множини Парето з використанням рівнянь регресії [3, 4].

Нехай необхідно побудувати множину Парето для критеріїв  $\eta_n$  та  $\eta_c$ . Для цього скористаємося методом чисельної побудови множини Парето, що запропонований Н.Н. Моїсєєвим [3]. Згідно з цим методом необхідно послідовно розв'язати низку задач математичного програмування.

Для апроксимації множини Парето введемо два додатних числа  $\lambda$  та  $\mu$ , таких, що:

$$\lambda + \mu = 1. \quad (1)$$

Складемо новий критерій:

$$f = \lambda\eta_n + \mu\eta_c \rightarrow \min. \quad (2)$$

Знаходження екстремуму оптимізаційної задачі (2) здійснюється методами багатомірної оптимізації. Необхідна умова екстремуму функції багатьох змінних полягає у тому, що градієнт функції  $f$  у критичній точці рівний нулю, тобто:

$$\nabla f(x_*) = 0 \text{ або } \frac{\partial f(x_*)}{\partial x_i} = 0, \quad i = 1, \dots, n. \quad (3)$$

Якщо функція має точки екстремуму, то вони знаходяться серед критичних точок. У випадку поліномів другого степеня критичні точки знаходяться з рівнянь:

$$\frac{\partial f}{\partial x_i} = \lambda(a_i + 2a_{ii}x_i + \sum_{j=1}^n a_{ij}x_j) + \mu(b_i + 2b_{ii}x_i + \sum_{j=1}^n b_{ij}x_j) = 0. \quad (4)$$

Розв'язуючи систему з  $n$  лінійних рівнянь по числу  $n$  факторів, отримаємо  $n$  координат оптимальної точки у відносних одиницях.

Нехай відомі два рівняння регресії у кодованому вигляді:

- показник, що характеризує пошкодження насіння:

$$\eta_n = 2,022 + 0,358x_1 + 0,369x_2 + 0,378x_3 + 0,667x_4 + 0,367x_2x_3 - 0,229x_1^2 + 0,312x_2^2; \quad (5)$$

- показник, що характеризує відхід стебел у лляний ворох:

$$\eta_c = 1,055 + 0,306x_1 + 0,425x_2 + 0,606x_3 + 0,492x_4 - 0,3x_2x_4 + 0,58x_4^2, \quad (6)$$

де  $x_1$  – кількість стебел на 1 пог. м стрічки;  $x_2$  – коефіцієнт ущільнення верхівкової частини стрічки;  $x_3$  – кутова швидкість обертання барабана;  $x_4$  – відносна вологість насінневих коробочок.

Після диференціювання рівнянь (5) та (6) з врахуванням чисел  $\lambda$  та  $\mu$ , отримаємо чотири рівняння:

$$\frac{\partial f}{\partial x_1} = 0,358\lambda - 0,458x_1\lambda + 0,306x_3\mu = 0; \quad (7)$$

$$\frac{\partial f}{\partial x_2} = 0,369\lambda + 0,367x_3\lambda + 0,624x_2\lambda + 0,425\mu - 0,3x_4\mu = 0; \quad (8)$$

$$\frac{\partial f}{\partial x_3} = 0,378\lambda + 0,367x_2\lambda + 0,606\mu = 0; \quad (9)$$

$$\frac{\partial f}{\partial x_4} = 0,667\lambda + 0,492\mu - 0,3x_2\mu + 1,16x_4\mu = 0. \quad (10)$$

Розв'язуємо рівняння (7) – (10) з чотирма невідомими за допомогою системи MathCAD [5]. За отриманими значеннями  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$ ,  $x_4$  були визначені значення досліджуваних критеріїв оптимізації  $\eta_n$  та  $\eta_c$  (табл.).

Отримані дані дають графічну залежність (множину Парето), що представлена на рис.1. Аналізуючи графічну залежність можна прийти до висновку, що найменше пошкодження насіння  $\eta_n = 0,79\%$  та незначний відхід стебел у лляний ворох  $\eta_c = 1,48\%$  досягаються за наступного режиму роботи пристрою: кількість стебел на погонний метр стрічки  $n_{cm} = 1100$  шт./м пог.; кутова швидкість обертання

барабана  $\omega = 5,2 \text{ с}^{-1}$ ; коефіцієнт ущільнення верхівкової частини стрічки  $k < 3$ ; відносна вологості насінневих коробочок  $W < 15\%$ .

Таблиця – Результати чисельного методу

Параметр	Значення параметра						
$\lambda$	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6	0,55	0,5
$\mu$	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
$\eta_n, \%$	0,13	0,52	0,79	0,99	1,18	1,36	1,57
$\eta_c, \%$	3,65	2,24	1,48	0,99	0,64	0,34	0,03

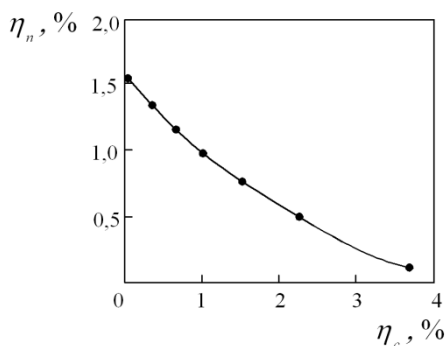


Рис.1 – Множина Парето для критеріїв  $\eta_n$  та  $\eta_c$

**Висновок.** За результатами оптимізації двох рівнянь регресії за допомогою чисельного методу з побудовою множини Парето обґрунтовано раціональний режим роботи пристрою для обмолочування стрічки стебел льону олійного. За цього режиму досягається мінімальне пошкодження насіння та незначний відхід стебел у лляний ворох.

#### Література

1. Пат. №66576 Україна, МПК A01D45/06. Пристрій для обмолочування льону / І.М. Дударев, А.В. Хомич. Заяв. 14.06.2011; опубл. 10.01.2012; Бюл. № 1.
2. Хомич А.В. Обґрунтування процесу обробки стрічки льону в технологіях отримання волокна: дис...канд. тех. наук: 05.18.01 / Хомич Анатолій Васильович; Луцький нац. технічний ун-т. – Луцьк, 2012. – 155 с.

3. Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа: учеб. пособие для вузов / Н.Н. Моисеев. – М.: Наука, 1981. – 488 с.

4. Федоренко И.Я. Численный метод построения множества Парето при использовании уравнений регрессии / И.Я. Федоренко, В.В. Садов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета, № 11 (99), 2013. – С. 99-103.

5. Методи оптимізації і комп'ютерні технології [Текст] : методичні вказівки до лабораторних занять для студентів спеціальності 8.05050313 “Обладнання переробних і харчових виробництв” машинобудівного факультету денної форми навчання / уклад. І.М. Дударев. – Луцьк: Луцький НТУ, 2014. – 56 с.

*Рецензент д.т.н., проф. В.Ф. Дідух*